

# **Einbindung von Solar- und Windkraft-Anlagen in dezentrale Energieversorgungssysteme**

## **Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktoringenieur  
(Dr.-Ing.)**

Von Dipl.-Ing. Andreas Lange

geb. am 12. Februar 1971 in Berlin

genehmigt durch die Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Käferstein,  
Institut für Apparate- und Umwelttechnik und Betreuer der Arbeit

Prof. Dr.-Ing. habil. Zbigniew Styczynski,  
Institut für Elektrische Energiesysteme

PD. Dr.-Ing. habil. Rüdiger Sonntag,  
Institut für Apparate- und Umwelttechnik

Promotionskolloquium am 10. Februar 2005

in memoriam meinem Großvater  
Erich Lange

## Danksagung

Auch wenn als Autor nur ein Name aufgeführt wird, ist mir doch bewußt, daß ohne die Hilfe und Unterstützung der Betreuer, Freunde sowie Verwandten die Bewerkstelligung dieser Arbeit ungleich schwerer gewesen wäre; das betrifft sowohl die fachliche Beratung als auch den sozialen Rückhalt.

Zunächst möchte ich mich bei PD Dr.-Ing. habil. R. Sontag für die fachliche, geduldige und aufopferungsvolle Betreuung über die ganzen Jahre hinweg recht herzlich bedanken. Ohne ihn wäre diese Arbeit nicht denkbar gewesen. Ein ebensogroßen Dank für die jahrelange Betreuung gilt Prof. Dr.-Ing. habil. P. Käferstein. Seine Hinweise waren für die Struktur und Ausrichtung der Arbeit wertvoll. Zudem verstand er es, mich zu einem Ende der Bearbeitung zu bewegen und so die Dissertation fertig zu stellen. Für die Begutachtung der Dissertation gilt mein Dank Prof. Dr.-Ing. habil. Z. Styczynski.

Dem Institut für Apparate- und Umwelttechnik und speziell beim Institutsleiter Prof. Dr.-Ing. habil. L. Mörl, der freundlicherweise den Vorsitz der Prüfungskommission übernahm, möchte ich mich recht herzlich für die jahrelange Unterstützung bedanken. In diesem Hause ist ein einzigartiges Arbeitsumfeld, was unabdingbar für die Fertigstellung einer Promotion ist.

Udenkbar wäre die Arbeit ohne die finanzielle und ideelle Unterstützung durch das Studienwerk der Rosa-Luxemburg-Stiftung gewesen. In diesem Zusammenhang möchte ich mich ausdrücklich bei meinem Vertrauensdozenten Prof. Dr. rer. nat. V. Lüderitz bedanken, der mir immer mit einem wertvollem Rat zur Seite stand.

Mein Dank gilt aus tiefstem Herzen meiner Freundin Christine Rockrohr. Die liebevolle und herzliche Unterstützung ist, so meine ich, äußerst selten. Das gleiche gilt für ihre Familie Renate, Kurt, Susanne. Ebenso herzlich bedanke ich mich bei meiner Mutter und ihrer Familie für die liebevolle Hilfe.

An dieser Stelle möchte ich meinen Großeltern Margot und Erich Lange danken. Ohne sie wäre mein gesamtes Leben anders verlaufen. Ich werde mich daran immer erinnern. Ihre Ratschläge sind für mich noch immer wertvolle Wegweiser.

Meinen Freunden Dipl.-phys. Stalingrado Rodriguez, André Sommer, Dr. rer. nat. Frank Bertram sowie Frank Schumpich gilt mein herzlichster Dank für die vielen Ratschläge.

Alle die ich nicht namentlich erwähnte mögen es mir nicht nachtragen. Sie waren mir ebenfalls eine wertvolle Hilfe. Ihre Unterstützung werde ich nicht vergessen.

## ***Zusammenfassung***

Die dezentrale Energieversorgung wird aufgrund der gesetzlichen Rahmenbedingungen, der Liberalisierung des Energiemarktes und nicht zuletzt wegen der Endlichkeit fossiler Energieträger weiter an Bedeutung gewinnen. Hinzu kommt, daß die Diversität der Energieversorgungstechnologien und der Primärenergieträger zunimmt. Vor allem die Nutzung erneuerbarer Energien hat die Problematik der Diskrepanz von Dargebot (z. B. Solarenergie, Windgeschwindigkeit) und Endenergienachfrage (Elektrizität, Wärme und Klimatisierungskälte) verdeutlicht. Des weiteren ist der Standort für den Einsatz und die Dimensionierung der regenerativen Energieumwandlungsanlagen von großer Bedeutung.

In der vorliegenden Dissertation wird die simulative Optimierung gekoppelter Energieumwandlungsanlagen zur dezentralen Energieversorgung auf unterschiedlicher Energieträgerbasis untersucht. Dazu werden, ausgehend vom derzeitigen Stand der Energieversorgung, verschiedene Energieversorgungssysteme (Blockheizkraftwerk, Solarthermie, Photovoltaik, Windkraft und Absorptionskältemaschine) gekoppelt und bei wechselnden Betriebsweisen, für mehrere zeitliche Verläufe des Strom-, Wärme- und Kälteverbrauchs unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Dynamik der regenerativen Anlagenkomponenten simuliert.

Die Bewertung des dezentralen Energieversorgungssystems erfolgt auf energetischer, exergetischer, ökonomischer und ökologischer Basis. Dazu werden Kennzahlen definiert und miteinander verglichen. Die Ergebnisse zeigen einerseits die Vorteile der Kopplung unterschiedlicher Komponenten im Hinblick auf die Einsparung an fossilen Energieträgern und andererseits die Problematik der Energiespeicherung zum Ausgleich der Diskrepanz von Energieangebot und -nachfrage. Zudem ist der Einsatz der Regenerativkomponenten mit höheren Kosten für die Verbraucher verbunden. Dem steht eine Senkung der jährlichen Gesamtkosten bei niedrigeren Wärmeverbräuchen gegenüber.

## ***Abstract***

Due to general legal conditions, the liberalisation of the energy market and not least because of the limitness of fossil sources of energy, the decentral energy supply will gain importance. There is also the fact that the diversity of the technology for energy supply and primary energy carriers increases. Especially the use of renewable energy illustrates the problem of the discrepancy between supply (e.g. solar energy, wind velocity) and end-energy demand (electricity, heat, cold for air-conditioning). Furthermore, location for the operation and dimensioning of the renewable energy-conversion-installation are of tremendous importance.

In the present dissertation, the simulative optimisation of coupled energy-conversion-installations for the decentral energy supply based on different energy carriers is investigated. For this purpose, different energy supply systems (communal heating/power station, absorption - refrigerating-machine, solar thermal, photo-voltaic, and wind energy power plant) are coupled and simulated for several temporal tendencies like electricity-, heat-, and cold consumption under changing operation conditions and consideration of the different dynamic of the regenerative components.

The evaluation of the decentral energy supply system is founded on an energetic, exergetic, economical, and ecological base. Thereto characteristic are defined and compared with each other. On the one side the results show the advantages of coupling different components with regard to saving fossil energy sources. On the other side the problem of energy saving to compensate the temporal discrepancy of energy supply and demand is displayed. Furthermore, the use of regenerative components is connected with higher costs for the consumer, facing the decrease of the total annual costs at low heat consumption.

# Inhaltsverzeichnis

<b>SYMBOLVERZEICHNIS</b> .....	<b>III</b>
<b>1. EINFÜHRUNG</b> .....	<b>1</b>
1.1. PROBLEMSTELLUNG .....	1
1.2. SZENARIEN ZUR ENTWICKLUNG DER ENERGIEVERSORGUNG .....	5
1.3. STAND VON WISSENSCHAFT UND TECHNIK .....	10
1.4. ZIELSTELLUNG UND UNTERSUCHUNGSMETHODIK.....	18
<b>2. FESTLEGUNG DER ANLAGEN- SOWIE DER VERBRAUCHSPARAMETER</b> .....	<b>20</b>
2.1. VERBRAUCHSPARAMETER.....	20
2.1.1. <i>Darstellung des Versorgungsgebietes</i> .....	20
2.2. FESTLEGUNG DER SYSTEMKONFIGURATIONEN FÜR DIE SIMULATION.....	30
2.2.1. <i>Auswahl der Anlagenkomponenten</i> .....	30
2.2.2. <i>Konfiguration und Betriebsweise der Energieversorgungssysteme</i> .....	32
2.2.3. <i>Auslegung der Systemkomponenten</i> .....	33
2.2.4. <i>Betriebsweise und Regelung des Energieversorgungssystems</i> .....	34
<b>3. MODELLIERUNG</b> .....	<b>37</b>
3.1. ALLGEMEINE BETRACHTUNGEN.....	37
3.2. DIFFERENTIELLE BILANZEN .....	39
3.3. INTEGRALE BILANZEN.....	46
3.4. MODELLDARSTELLUNG .....	47
3.5. VALIDIERUNG DER SIMULATIONSSOFTWARE – REFERENZANLAGEN DES DERZEITIGEN STANDES DER ENERGIEVERSORGUNG.....	58
<b>4. DARSTELLUNG UND ENTWICKLUNG VON BEWERTUNGSKENNZAHLEN FÜR ENERGIEVERSORGUNGSANLAGEN</b> .....	<b>60</b>
4.1. ALLGEMEINES .....	60
4.2. FESTLEGUNG DER BILANZGRENZEN .....	61
4.3. BEWERTUNGSKENNZAHLEN .....	66
4.3.1. <i>Energetische Bewertungskennzahlen</i> .....	66
4.3.2. <i>Exergetische Bewertungskennzahlen</i> .....	74
4.3.3. <i>Bewertungskennzahlen auf Basis der Nachhaltigkeitskennzahlen</i> .....	79
4.4. WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNGEN.....	88
<b>5. DARSTELLUNG DER SIMULATIONSERGEBNISSE DES DEZENTRALEN ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEMS</b> .....	<b>90</b>
5.1. ALLGEMEINES .....	90
5.2. TAGES- UND WOCHENSIMULATIONEN.....	90
5.3. GESAMTES DEZENTRALES ENERGIEVERSORGUNGSSYSTEM.....	92
5.3.1. <i>Brennstoffbedarf</i> .....	92
5.3.2. <i>Voroptimierung der Anlagenkonfigurationen</i> .....	97
5.4. BEREITSTELLUNG VON ELEKTRIZITÄT.....	100
5.5. WÄRME- UND KLIMAKÄLTEVERSORGUNG .....	102

<b>6.</b>	<b>AUSWERTUNG DER SIMULATIONSERGEBNISSE .....</b>	<b>104</b>
6.1.	ENERGETISCHE BEWERTUNGSKENNZAHLEN .....	104
6.1.1.	<i>Energetischer Nutzungsgrad ausgewählter Anlagenkomponenten</i> .....	104
6.1.2.	<i>Energetische Nutzungsgrade für das gesamte Energieversorgungssystem</i> .....	105
6.2.	EXERGETISCHE BEWERTUNGSKENNZAHLEN .....	109
6.3.	ÖKONOMISCHE BEWERTUNG .....	111
6.4.	BEWERTUNG NACH DEN KRITERIEN DER NACHHALTIGKEIT .....	116
6.4.1.	<i>Kumulierter Energie- und Materialaufwand</i> .....	116
6.4.2.	<i>Emissionsbilanzen</i> .....	118
<b>7.</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE DEZENTRALE ENERGIEVERSORGUNG</b>	<b>119</b>
7.1.	ALLGEMEINES .....	119
7.2.	EINBINDUNG DER SOLARKOMPONENTEN UND DER WINDKRAFT IN ABHÄNGIGKEIT DER BETRIEBSWEISE DES BLOCKHEIZKRAFTWERKES .....	119
7.3.	KOSTEN DER EINSPARUNG AN KOHLENDIOXIDEMISSIONEN .....	122
	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>124</b>
	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>129</b>
	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>132</b>
	<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>133</b>

## Symbolverzeichnis

Neben den allgemein gebräuchlichen chemischen und mathematischen Symbolen und Abkürzungen werden in der Arbeit folgende Formelzeichen und Abkürzungen verwendet:

Formelzeichen	Einheit	Bedeutung
A	m <sup>2</sup>	Fläche
a	%	Anteil einer Komponente an der Vers./ Annuitätsfaktor
A <sub>0</sub>	Euro	Investitionsbetrag
A <sub>N, K</sub>	Euro/a	Annuität der der kapitalgebundenen Auszahlungen
B	MJ/kg	Brennwert
ba	-	Preisdynamischer Annuitätsfaktor
c <sub>i</sub>	kmol/m <sup>3</sup>	Stoffkonzentration
c <sub>p</sub>	W h/(kg K) <sup>-1</sup>	spezifische Wärmekapazität
E	kWh	Energie
$\dot{E}$	kW	Energiestrom
E <sub>x</sub>	kW	Exergie
$\dot{E}_x$	kW	Exergiestrom
f <sub>K</sub>	-	Instandsetzungsfaktor
F <sub>V</sub>	-	Variantenvergleichsfaktor
F <sub>V, E</sub>	-	Variantenvergleichsfaktor bezogen auf CO <sub>2</sub> -emission
$\dot{F}$	kg/h	Flüssigkeitsmassenstrom
G	Menge/Volumen Zeit	Quelle
$\dot{G}$	kg/h	Gasmassenstrom
h/ H	W h/kg	spezifische-/ Enthalpie
$\dot{H}$	kW	Enthalpiestrom
H <sub>U</sub>	MJ/kg	Heizwert/ unterer Brennwert
k	W/m <sup>2</sup> K	spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient
k <sub>d</sub>	kWh/K	spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient
KF	Euro/Tonne Kohlendioxid	Kostenfaktor zur Einsparung von Kohlendioxidemission
$\dot{M}$	kg/h	Massenstrom
n	-	Anzahl, Stückzahl...
P	W/ kW	elektrische- /mechanische Leistung
Q	kWh	Wärme
$\dot{Q}$	kW	Wärmestrom
q	-	Zinsfaktor
r	-	Preisänderungsfaktor
R <sub>w</sub>	Euro	Restwert
s/ S	W h/kg	spezifische-/ Entropie
T	K/ a	Temperatur/ Betrachtungszeitraum
t	h, min, s, d, a	Zeit
T <sub>N</sub>	a	Nutzungsdauer der Anlagenkomponente
U	kWh/kg	innere Energie
v/ V	m <sup>3</sup>	spezifisches-/ Volumen
$\dot{V}$	m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom
W	kWh	Stromverbrauch
$\dot{W}$	kW	Stromverbraucherleistung

## Griechische Buchstaben

$\alpha$	W/m <sup>2</sup> K	Wärmeübergangskoeffizient
$\beta$	kg/h	Stoffübergangskoeffizient
$\Gamma$	kg/kWh	Transportgröße/ spezifische Schadstoffemission
$\gamma$	m/s	Impulsübergangskoeffizient
$\delta_E$	kJ/kWh	Energieaufwandsfaktor
$\delta_{EX}$	kJ/kWh	Exergieaufwandsfaktor
$\delta_M$	kg/kWh	Massenaufwandsfaktor
$\varepsilon$	kJ/kWh	Energieerntefaktor
$\eta$	%	Wirkungsgrad
$\lambda$	W/(m K) <sup>-1</sup>	Wärmeleitfähigkeit
$\nu$	%	Gütegrad
$\xi$	%	energetischer Nutzungsgrad
$\Pi$	kg/kWh	Emission des gesamten Energieversorgungssystem
$\rho$	kg/m	Dichte
$\upsilon$	°C	Temperatur
$\varphi$	kg	Schadstoffemission
$\chi$	a	Amortisationszeit
$\psi$	%	Nutzungsgrad nach lokalen Bilanz

## Indizes

a	außen
A	Output/ Aufwendungen/ Einzelanlage
Ag	Abgas
B	Brutto
bez	Bezug
Br	Brennstoff
d	day/ Tag
E	Input/ Energetisch
el	elektrisch
Ex	exergetisch
F	flüssig
FE	fossile Energieträger
G	gasförmig
g	gesamtes Energieversorgungssystem
h	Stunde/ stündlich
H <sub>z</sub>	Heizung
irrev	irreversibel
K	Kessel
l	lokal/ dezentrale Verbraucher
M	Misch/ Masse
mech	mechanisch
N	Netto/ Nutzen
P	Peak
PE	Primärenergie
PV	Photovoltaik
rück	Rücklauf
S	Gesamtsystem

ST	Solarthermie
t	technische
th	thermisch
TWW	Trinkwarmwasser
U / Umg	Umgebung
verl/ V	Verlust
vor	Vorlauf
WKA	Wärme­kraft­anlage

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
a	Jahr
AGFW	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V.
AKM	Absorbtionskältemaschine
ARGE	ARGE-Solar e.V.
Aut	Autarke Stromversorgung
BE	Beschäftigter/ Arbeitsplatz
BEI	Bremer Energie Institut
BEWAG	Stadtwerke Berlin
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BSp	Bereitschaftsspeicher
COPRA	Valentin GmbH Energiesoftware
d	Tag
DEWI	Deutsches Windenergie Institut
dg	Dauerfahrweise des BHKW
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EEA	Europäische Umwelt-Agentur
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EIA	Environmental Investigation Agency
EnEV	Energieeinsparverordnung
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
EWI	Energiewirtschaftlichen Institut der Universität Köln
FhGISI	Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
FNE	Fossil-Nuklearer Energiemix
fos	fossil
FZJ	Forschungszentrum Jülich
GuD	Gas und Dampfturbinen
HH	Haushalte
IAUT	Institut für Apparate und Umwelttechnik
IE	Institut für Energetik und Umwelt
IEA	Internationale Energieagentur
IER	Institut f. Energiewirtschaft u. rationelle Energieanw.
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
ISE	Institut für Solare Energiesysteme Freiburg

KEB	global kumulierte Energiebilanz
KExB	global kumulierte Exergiebilanz
KMB	global kumulierte Materialbilanz
KV	Kleinverbraucher
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
KWKK	Kraft-Wärme-Kältekopplung
LK	Ladepkapazität
loB	lokale Bilanz
LSp	Langzeitspeicher/ Saisonalspeicher
M	Motor
MATLAB	Softwarepaket
MCFC	Schmelzcarbonat Brennstoffzelle
mg	Mischfahrweise des BHKW
min	Minute
NGen	energetischer Nutzungsgrad
NK	Netzkopplung
NMVOC	leicht flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
PAFC	Phosphorsäure Brennstoffzelle
PE	primär Energie
PEM	Polymer-Elektrolyte-Membran
ProBas	Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement Instrumente
PSp	Pufferspeicher
PV	Photovoltaik
REF	Referenzszenario
s	Sekunde
S.-A.	Sachsen-Anhalt
sg	Stromgeführte Betriebsweise des BHKW
SOFC	Festoxid Brennstoffzelle
ST	Solarthermie
TOPP	tropospheric ozone precursor potential
TRNSYS	Transient System Simulation Program
UBA	Umweltbundesamt
UNO	Vereinte Nationen
UWE	Umwandlungseffizienz
Var	Variante
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband deutscher Maschinen und Anlagenbau
VP	Verbrauchsprofil
WEC	World Environment Center
wg	Wärmegeführte Betriebsweise des BHKW
WI	Klima Umwelt Energie
WI	Wuppertal Institut
WKA	Windkraftanlage
WR	Wissenschaftsrat
WSF	Wirbelschichtfeuerung
WW	Warmwasser
ZfS	Rationelle Energietechnik GmbH
ZSW	Zentrum für Sozialforschung und Wissenschaftsdidaktik

## 1. Einführung

### 1.1. Problemstellung

Eine moderne Industriegesellschaft ist auf eine zuverlässige Energieversorgung angewiesen. Sowohl die Wirtschaft als auch der Lebensstandard in den Industrieländern sind ohne eine Versorgung mit Strom und Wärme undenkbar. Allerdings veränderten sich die Rahmenbedingungen für die Energieversorgung in den letzten 10 bis 15 Jahren grundsätzlich. Einerseits wurde eine schrittweise Liberalisierung des Energiemarktes in Europa eingeleitet, andererseits gewannen ökologische Gesichtspunkte im Zusammenhang mit der Diskussion um mehr Nachhaltigkeit in der Produktion und im privaten Konsum, also gerade auch für die Energieversorgung, an Bedeutung. Dieser neue Ansatz fordert u. a. eine Schonung und Substitution endlicher Ressourcen, den Schutz von Ökosystemen sowie eine Verringerung der Emission von Schadstoffen und von klimarelevanten Gasen, demnach eine mit der Umwelt im Einklang stehende Bereitstellung und Nutzung von Energie. Nicht vernachlässigt werden darf in diesem Zusammenhang das starke Gefälle des Energieverbrauchs zwischen den Industrie- und Entwicklungsländern. In den wirtschaftlich entwickelten Ländern, in denen ca. 20 Prozent der Weltbevölkerung leben, werden laut UNO 70 bis 80 Prozent der Ressourcen verbraucht. Erst die Umsetzung dieser, auch als Nachhaltigkeitskriterien<sup>1</sup> bekannter Regeln, sichert eine zukunftsfähige Nutzung von Ressourcen.

Die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“ des Deutschen Bundestages stellte in ihrem Abschlußbericht 2002 einvernehmlich fest, daß das gegenwärtige Energiesystem nicht nachhaltig ist.

Ein wesentliches Ziel einer nachhaltigen Energiewirtschaft ist die Reduktion der Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2050 um 80 Prozent. Dies gilt als technisch und wirtschaftlich realisierbar. Allerdings sind dazu eine Vervierfachung der Strombereitstellung aus erneuerbaren Energien sowie eine Steigerung des Anteils um den Faktor 3,5 am Primärenergieverbrauch bis zum Jahr 2020 notwendig. Dieser Trend müßte bis zum Jahr 2050 konsequent fortgesetzt werden, so daß die erneuerbaren Energien mindestens einen Anteil von 50 Prozent am Primärenergieverbrauch verzeichnen<sup>2</sup>.

Um die zur Umsetzung der Nachhaltigkeitskriterien als notwendig erachtete deutliche Reduktion der Energie- und Stoffumsätze und eine Substitution von fossilen durch regenerative Energieträger zu erreichen, wurden von der Politik Maßnahmen zur Umgestaltung der Energiewirtschaft ergriffen.

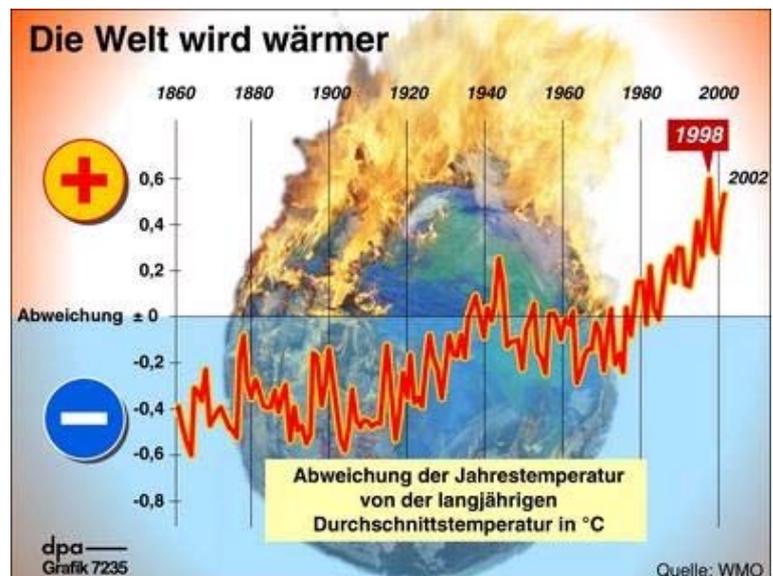


Abbildung 1-1: Globaler Temperaturanstieg

<sup>1</sup> BUND, MISEREOR: „Zukunftsfähiges Deutschland – Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung“, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie GmbH, Birkhäuser Verlag, Basel, 1996

<sup>2</sup> Enquete-Kommission: „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“, Deutscher Bundestag, 2002

Als ersten Schritt verpflichtete sich Deutschland im nationalen Rahmen die Kohlendioxidemissionen bis 2005 um 25 Prozent gegenüber 1990 zu senken; international wurde 1997 beim Klimagipfel von Kyoto eine Reduktion klimarelevanter Gase um 21 Prozent bis 2008/12 zugesagt. Weiterhin wurden Anreize zum Einsatz erneuerbarer Energien geschaffen. Stellvertretend für diverse Maßnahmen seien hier nur das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), das 100000-Dächer-Solarstrom-Programm, die Biomasseverordnung, das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz, die Energieeinsparverordnung, das „Solarthermie 2000-Programm“ mit den Teilen I, II und III sowie diverse Förderprogramme zur Forschung und Entwicklung bzw. Investitionsförderungen genannt.<sup>3/4/5</sup> Diese Maßnahmen dienen dem Ziel der Bundesregierung, den Anteil der erneuerbaren Energien an der Strombereitstellung bis zum Jahr 2010 gegenüber 2000 zu verdoppeln sowie langfristig ihre Wettbewerbsfähigkeit im Energiebinnenmarkt herzustellen. 2001 betrug der Anteil an den regenerativen Energien am Nettostromverbrauch 6,25 Prozent. Den Anspruch, diesen Anteil auf 12,5 Prozent zu steigern, verpflichtete sich Deutschland mit der Richtlinie zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien innerhalb der Europäischen Union.<sup>6/7/8</sup>

Allerdings wird nicht nur eine stärkere Nutzung von regenerativen Energien gefördert; es werden auch Maßnahmen für eine effizientere Energieträgernutzung und Energieeinsparung getroffen. Eine wesentliche Folge ist eine zunehmende Dezentralisierung der Energiewirtschaft, auch vor dem Hintergrund des Ausstiegs aus der Nutzung der Kernenergie.

Gerade bei einer dezentralen Energieversorgung kann die Bandbreite der Primärenergieträger in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten vergrößert werden. Zudem ist es möglich, auf Besonderheiten der Nachfragecharakteristik an Endenergien einzugehen. Davon profitieren vor allem erneuerbare Energiequellen. Mit der Kopplung verschiedener Energieumwandlungstechnologien ist des weiteren eine höhere Ausnutzung der Primärenergieträger erreichbar.

Diskutiert wird ebenfalls eine größere Berücksichtigung der Suffizienz (Anspruchsbegrenzungen u. a. bei Nutzung umweltschädigender Produkte bzw. Hinwendung zu einem umweltgerechten Lebensstil), die nach Ansicht der Protagonisten infolge der globalen demographischen sowie der weltweiten wirtschaftlichen Entwicklung unausweichlich ist, da alle anderen Konzepte nicht ausreichen würden, die im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung notwendigen Veränderungen umzusetzen.<sup>9</sup>

<sup>3</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): „Nachhaltige Energiepolitik für eine zukunftsfähige Energieversorgung – Energiebericht“, Berlin, 2001

<sup>4</sup> Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 15. März 2002, Bundesanzeiger Nr. 58 vom 23. März 2002, S. 5877

<sup>5</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Geld vom Staat fürs Energiesparen – Überblick über Förderprogramme von EU, Bund, Ländern, Kommunen und Energieversorgungsunternehmen, die auf eine nachhaltige Energieversorgung und besseren Klimaschutz zielen“, Berlin, Mai 2003

<sup>6</sup> Richtlinie 2001/77EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsmarkt vom 27. September 2001 (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom Oktober 2001, L283/33ff)

<sup>7</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Umweltbericht 2002 – Bericht über die Umweltpolitik der 14. Legislaturperiode“, Berlin, März 2002

<sup>8</sup> Bundesregierung: „Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung“ (Nachhaltigkeitsstrategie), Berlin, 2002

<sup>9</sup> Linz, M. et al.: „Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, 2002

Neben den ökologischen Kriterien muß eine zukunftsfähige Energiewirtschaft auch den sozialen und ökonomischen Säulen der Nachhaltigkeit Rechnung tragen. Des weiteren müssen Elektrizität und Wärme zu wettbewerbsfähigen und für den Verbraucher zu erschwinglichen Preisen angeboten werden. Bei der Umstrukturierung der Energiewirtschaft sind zudem die Arbeitsplatzeffekte zu berücksichtigen.

Mit verstärkter Nutzung regenerativer Energien und der damit verbundenen Dezentralisierung der Energiewirtschaft steigt die Anzahl der Energieumwandlungstechnologien sowohl für die Strom- als auch für die Wärmeversorgung. Neben der Windkraft, der Wasserkraft und der Photovoltaik zur Strombereitstellung sowie der Geothermie und der Solarthermie zur Wärmeversorgung werden regenerative Energieträger wie z. B. Biomasse, Biogas und Wasserstoff stärker zum Einsatz kommen. Die Entscheidung für den Einsatz von regenerativen Komponenten zur Energieumwandlung ist ortsabhängig und richtet sich nach dem prognostizierten Ertrag bzw. nach dem Angebot der jeweiligen Energieträger unter Berücksichtigung der Verbrauchsparameter.<sup>10</sup>

Eine zentrale Rolle zur Durchsetzung der Nachhaltigkeitsziele dürfte neben der Nutzung regenerativer Energiequellen die Steigerung der Effizienz<sup>11</sup> der Energieumwandlung darstellen. Hierzu ist der verstärkte Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bzw. der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) unerlässlich. Die Ausnutzung der Potentiale dieser dezentralen Technologien würde zudem die Energieträgersubstitution fördern. Damit ergäben sich außerdem weitere Impulse bei der Entwicklung der Brennstoffzelle, die mit regenerativ bereitgestelltem Wasserstoff betrieben werden könnte.

Die zukünftige Energieversorgung wird auf allen technologisch und wirtschaftlich effizienten Energieträgern in Abhängigkeit der örtlichen Gegebenheiten basieren, wobei sich die Diskrepanz von Dargebot (Wind, Sonne) und Nachfrage nur mit Speichertechnologien oder stochastischem Ausgleich des Dargebotes unterschiedlicher Energiequellen lösen läßt, die in eine Energieversorgungsstruktur eingebettet sind. Die vorliegende Arbeit versteht sich als Beitrag zur Entwicklung einer zukunftsfähigen Energieversorgung. Im Mittelpunkt steht die simultane Versorgung mit Energie unterschiedlicher Qualität (Elektrizität, Wärme und Kälte) durch additive regenerative Umwandlungstechnologien. Der Einsatz einzelner dezentraler Technologien, die meist nur der Versorgung mit Wärme/Kälte oder mit Elektrizität dienen, ist nur der Anfang der Umstrukturierung der Energiewirtschaft. Weitere Effizienzpotentiale lassen sich nur mit einer regionalen Kopplung der einzelnen Energieumwandlungstechniken erzielen. Zudem wäre das die konsequente Fortschreibung des bereits eingeschlagenen Weges. Aus diesem Grunde bilden dezentrale Energieversorgungssysteme den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit.

Als mögliche Variante wird eine gleichzeitige Versorgung mit Elektrizität, Wärme und Klimakälte ohne Stromnetzankopplung, d. h. vollkommene „Insellösung“ in die Untersuchungen einbezogen, wobei die Speicherproblematik in den Mittelpunkt rückt.

<sup>10</sup> Wissenschaftsrat (WR): Stellungnahme zur Energieforschung, Köln 1999

<sup>11</sup> Thomas, S. et al: „Die vergessene Säule der Energiepolitik – Energieeffizienz im liberalisierten Strom- und Gasmarkt in Deutschland“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal, 2002

Ziel und Untersuchungsmethodik dieser Arbeit ist die simulative Optimierung von Energieumwandlungsanlagen zur dezentralen Energieversorgung auf unterschiedlicher Energieträgerbasis, d. h. die bewußte Herausarbeitung von Synergieeffekten, um den Wirkungsgrad des Gesamtsystems zu erhöhen. Dazu werden, ausgehend vom derzeitigen Stand der Energieversorgung, verschiedene Energieversorgungssysteme definiert und miteinander energetisch, ökologisch und wirtschaftlich verglichen. Hauptkomponenten, die es optimal in Leistung und Betriebsweise zu verknüpfen gilt, sind hierbei:

- Solarthermiefeld
- Photovoltaikanlage
- Windkraftanlage
- Absorptionskältemaschine
- Motor-Blockheizkraftwerk

Gleichzeitig ist wegen der unzureichenden Überdeckung der Jahresgänge von solarer Einstrahlung bzw. dem Winddargebot und den Wärme- bzw. Strombedarf eine Speicherung der Energie notwendig, wobei Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen die Schnittstelle zwischen Strom- und Wärmeversorgung darstellen. Das macht eine Betrachtung der Dynamik der unterschiedlichen Energieversorgungssysteme erforderlich, um die Synergieeffekte optimal nutzen zu können.

Diese Summe der Einzelerkenntnisse geben Hinweise und erste Schlußfolgerungen für praktische Anwendungen auf eine unter ökologischen, energetischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoller Struktur von dezentraler Energieversorgungssystemen und einer auf andere Konfigurationen übertragbaren Systematik der Untersuchungen.

Neben der Optimierung energetischer Parameter werden die zu simulierenden Energieversorgungssysteme mit Hilfe von Indikatoren, wie etwa Schadstoffemissionen, Massen- und Energiebilanzen, auf die Erfüllung der Nachhaltigkeitskriterien untersucht.

Da über den breiten Einsatz von Energieversorgungstechnologien die Wirtschaftlichkeit unter den gegebenen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen entscheidet, wurde dieser Gesichtspunkt mit betrachtet. Gelänge es, z. B. durch eine Kopplung verschiedener Systeme die technologische und wirtschaftliche Effektivität durch Nutzung vorhandener Synergieeffekte zu erhöhen, könnten weitere Kostensenkungspotentiale erschlossen werden.

## 1.2. Szenarien zur Entwicklung der Energieversorgung

Die Prognosen zur zukünftigen Energieversorgung sind überwiegend von den gesetzten Rahmenbedingungen abhängig. Im Mittelpunkt stehen dabei die Energieträgerpreisentwicklung, politische Rahmenbedingungen und der technologische Fortschritt bzw. die Annahmen über die in Zukunft eingesetzten Technologien; hinzukommen demographische Faktoren, Wirtschaftsentwicklung und die Effizienz der Energieträgernutzung. Nicht vernachlässigt werden dürfen die Struktur und die Größe des Endenergieverbrauches der einzelnen Sektoren; weiterhin ist die Entwicklung des Verkehrs und der Wohnflächen bedeutend.

Gemeinsam ist allen Langfristszenarien die Einschätzung, daß die Dynamik der Veränderungen bis zum Jahr 2050 für die Rahmenbedingungen – der Ökologie, Ökonomie sowie des Ordnungsrechts – an die der letzten 10 Jahre anknüpft. Unterschiedlich werden Geschwindigkeit und Umfang der Veränderungen bewertet. Allen Szenarien<sup>12/13/14/15</sup> ist die Einschätzung der Fortsetzung der Entwicklungstendenz der neunziger Jahre gemein. Demnach wird sich der Trend zu einer Dezentralisierung der Energiewirtschaft fortsetzen und somit die Bedeutung regionaler Energieversorgung zunehmen. Verbunden damit sind ein verstärkter Einsatz regenerativer Energien, wie der Windkraft und Nutzung der Solarenergie sowie ein größerer Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung mit fossilen Energieträgern oder mit Biomasse bzw. Biogas. Mit der Entwicklung der Brennstoffzelle könnte Wasserstoff, der aus regenerativen Energien bereitgestellt wird, zum Einsatz kommen.

Die Intensität dieser Entwicklung wird von der Förderung regenerativer Energien, deren Notwendigkeit zur Einhaltung internationaler Verpflichtungen zur Senkung der Emissionen klimarelevanter Gase und einer Ressourcenschonung im Sinne der Nachhaltigkeitskriterien inzwischen unumstritten ist, als auch vom Umfang und Entwicklungsrichtung der Energiewirtschaft nach der Liberalisierung bestimmt. Fester Bestandteil dieser Entwicklung ist eine effektivere Nutzung der Energieträger durch moderne Kraftwerke, neue Technologien und den verstärkten Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bzw. der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK). Zudem wird der Primärenergieverbrauch durch unterschiedliche Energieeinsparmaßnahmen in allen Bereichen sinken.

Aktuelle Szenarien einer zukünftigen Energieversorgung liegen mit dem Bericht der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“<sup>2</sup> sowie einer vom Umweltbundesamt (UBA) in Auftrag gegebenen und im Jahr 2002 veröffentlichten Studie vor.<sup>12</sup> Weiterhin ist vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) ein Gutachten, welches durch die Prognos AG federführend bearbeitet und im Jahr 2001 vorgelegt wurde, in Auftrag gegeben worden.<sup>13</sup>

Im Rahmen der Untersuchungen für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ wurde ein Referenzszenario und drei alternative Zukunftsszenarien für eine nachhaltige Entwicklung bis 2050 vorgelegt<sup>14</sup>; wobei das Referenzszenario im Wesentlichen eine Weiterführung des bis zum Jahr 2020 erstellten Szenarios von der Prognos AG und dem EWl im

<sup>12</sup> Nitsch, J, et al.: „Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland“, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie (WI) sowie Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) – Institut für Thermodynamik, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, 2002

<sup>13</sup> PROGNOSE AG: „Energiepolitische und gesamtwirtschaftliche Bewertung eines 40%-Reduktionsszenarios“, in Kooperation mit dem Energiewirtschaftlichen Institut der Universität Köln (EWI) und dem Bremer Energie Institut (BEI), im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), 2001

<sup>14</sup> Schlesinger, M., et al.: „Szenariendarstellung für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages“, Prognos AG, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER) und Wuppertal Institut (WI), 2002

Energiereports III darstellt.<sup>15</sup> Für dieses Langzeitszenario wird angenommen, daß der von der Politik eingeschlagenen Weg fortgesetzt und eingeleitete Maßnahmen umgesetzt werden. Verordnungen und Steuern werden demnach wie bisher der technischen und preislichen Entwicklung angepaßt; zudem wird eine Weiterführung bereits in Kraft getretener Gesetze wie das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) und das Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) vorausgesetzt. Vorgaben, beispielsweise in bezug auf eine Reduktion der Emission von Treibhausgasen o. ä. – auch im Hinblick auf nationale Zielsetzungen oder internationale Verpflichtungen wie das Kyoto-Protokoll, gibt es nicht.

Ohne weitere Maßnahmen der Energiepolitik wird, so ein zentrales Ergebnis dieser Referenzstudie, die zur Umsetzung der Nachhaltigkeitskriterien notwendige Reduzierung des Verbrauchs fossiler Energieträger deutlich verfehlt. Im Jahr 2050 würden demnach immer noch 90 Prozent des Primärenergiebedarfs von fossilen Energieträgern gedeckt und die Kohlendioxidemissionen nur um 18 Prozent sinken. Damit wären eine Einhaltung der Verpflichtungen zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen, eine Ressourcenschonung sowie eine deutliche Verringerung der Umweltschädigungen nicht gewährleistet.

Für eine nachhaltige Entwicklung des Energiesystems in Deutschland wurden von der Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ verschiedene Entwicklungspfade bis zum Jahr 2050 untersucht, deren gemeinsames Ziel die Reduktion der Kohlendioxidemissionen um 80 Prozent bis 2050 gegenüber 1990 darstellt; sie sind vom Wuppertal-Institut (WI) sowie dem Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER) in Modellkonkurrenz berechnet worden. Dabei gab es folgende Vorgaben:

1. Forcierung der Effizienz in der Umwandlung und Anwendung von Energie, die, gekoppelt mit CO<sub>2</sub>-Abscheidung, ein Weiternutzen der Kohlen ermöglichen sollte (Szenariengruppe „Umwandlungseffizienz“, kurz UWE),
2. offensiver Ausbau der erneuerbaren Energien, der, gekoppelt mit Energieeinsparung, Deutschlands Technologieführerschaft unterstützen sollte (Szenariengruppe „REG/REN Offensive“, kurz RRO), und
3. Reetablierung der Kernenergie, gekoppelt mit CO<sub>2</sub> -Abscheidung und -Speicherung (Szenariengruppe „Fossil-Nuklearer Energiemix“, kurz FNE)

Mit gleichem Ziel der Reduzierung der Treibhausgase wurde die UBA-Studie in Auftrag gegeben und vom DLR sowie WI vorgelegt. Neben diesem Nachhaltigkeitsszenario wurde hierbei auch ein Effizienzzenario ohne weitere Vorgaben simuliert.

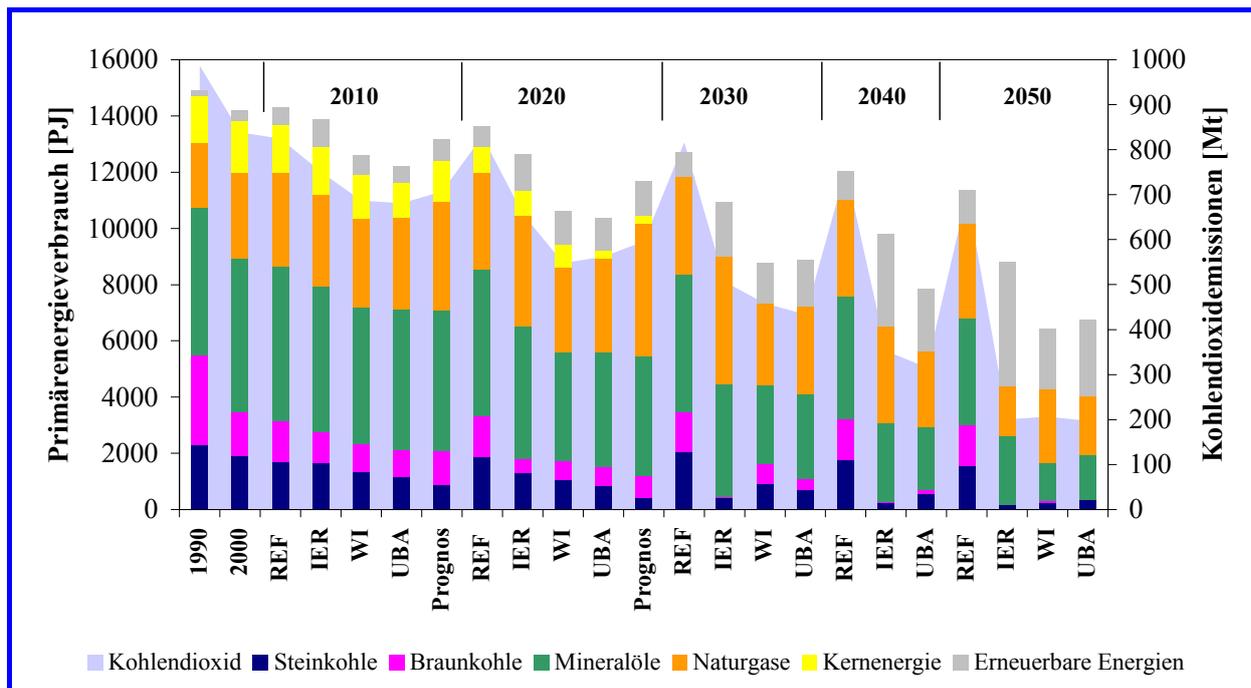
Die Prognos AG hatte die Vorgabe einer Reduzierung der Kohlendioxidemission um 40 Prozent bis 2020 (Bezugsjahr 1990). Im Vergleich mit den Vorgaben der Enquete-Kommission war das eine Verschärfung der Reduktionsvorgabe um 5 Prozent.

Die Ergebnisse der Zukunftsstudien, hierbei allerdings nur der Nachhaltigkeitsszenarien (welche sich durch geeignete energiepolitische Rahmenbedingungen, Förderung in Forschung und Entwicklung sowie in der Markteinführung mit Schwerpunkt auf erneuerbare Energien auszeichnen) und die Ergebnisse des Referenzszenarios sollen im folgenden exemplarisch vorgestellt werden (siehe Abbildung 1-2).

Im Referenzszenario (REF) geht der Primärenergiebedarf bis zum Jahr 2050 bereits um 25 Prozent gegenüber 1990 zurück. In den Zukunftsszenarien des WI und des UBA kann dieser Rückgang verdoppelt werden. Das IER-Szenario weist immer noch einen Rückgang von ungefähr 40 Prozent aus.

---

<sup>15</sup> Schlesinger, M., et al.: „Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt“, Prognos AG und Energiewirtschaftliches Institut der Universität Köln (EWI), im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin, 1999



**Abbildung 1-2:** Struktur des Primärenergieverbrauches und der Kohlendioxidemission des Referenzszenarios und einiger Nachhaltigkeitsszenarios für Deutschland bis zum Jahr 2050.<sup>12/13/14</sup>

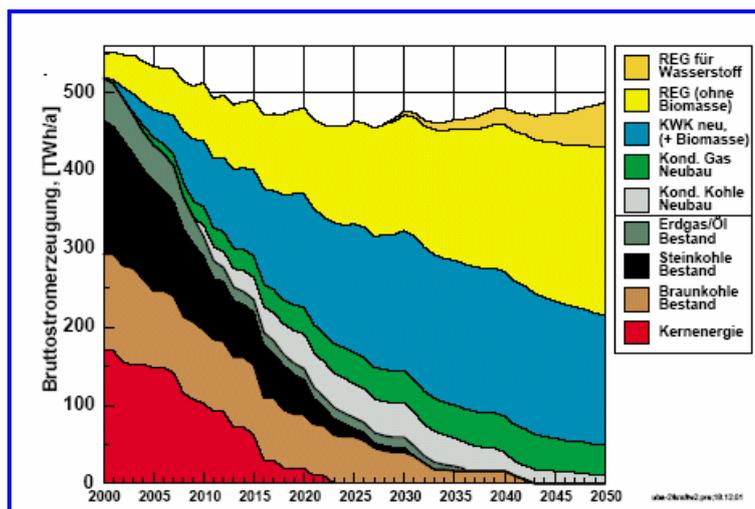
Für die Entwicklung des Primärenergieverbrauches spielen im Gegensatz zum Referenzszenario die Braunkohle und die Steinkohle in den Zukunftsszenarios nur eine untergeordnete Rolle. Während in den neunziger Jahren über 25 Prozent von den Kohlen gedeckt wurde und dieser Anteil im Referenzszenario gleich bleibt, sinkt der Anteil in Nachhaltigkeitsszenario schnell unter 10 Prozent. Allerdings wird selbst im Jahr 2050 dieser Energieträger, bis auf die Braunkohle im UBA-Szenario, zur Energieversorgung benötigt.

In allen Szenarios wird die Kernenergie ab dem Jahr 2030 nicht mehr genutzt. Erneuerbare Energien schaffen in den Nachhaltigkeitsszenarios erst ab 2030 den Durchbruch. Die größten Steigerungsraten weist dabei das IER-Szenario mit 50 Prozent aus. Das WI und das UBA sind mit 33 bzw. 40 Prozent etwas pessimistischer.

Im Referenzszenario steigt der Anteil nur auf 11 Prozent.

Die Nutzung der Solarenergie nimmt bei den Nachhaltigkeitsszenarios ebenso deutlich zu, wie die Nutzung der Windenergie. Trotz deutlicher Preissenkungen kann die Photovoltaik nur einen Beitrag von ca. 2 Prozent an der Strombereitstellung bis 2050 leisten.

Demgegenüber ist die Dynamik der Solarthermie bei der Warmwasserbereitung und der Heizungsunterstützung beachtlich. Vor allem Großanlagen zur Nahwärmeversorgung gewinnen ab



**Abbildung 1-3:** Entwicklung des Bestandes an Kraftwerken zur Strombereitstellung im UBA-Szenario von 2000-2050 für die BRD.<sup>12</sup>

2010 deutlich an Bedeutung. Zur Wärmeversorgung werden Technologien zur Verwendung der Erdwärme vor allem im Bereich der Wärmeversorgung zügig ausgebaut; aufgrund der technischen Entwicklung und der notwendigen Standortvoraussetzungen kann jedoch die Geothermie zur Stromversorgung erst zwischen 2040 und 2050 an Bedeutung gewinnen. Die Potentiale von Wasserkraft und Biomasse sind 2030 weitgehend ausgeschöpft. Einen wesentlichen Beitrag zur Stromversorgung aus erneuerbaren Energien leistet der Stromimport. Hierbei handelt es sich vornehmlich um Wind- und Wasserstromimporten sowie um Strom aus solarthermischen Kraftwerken.

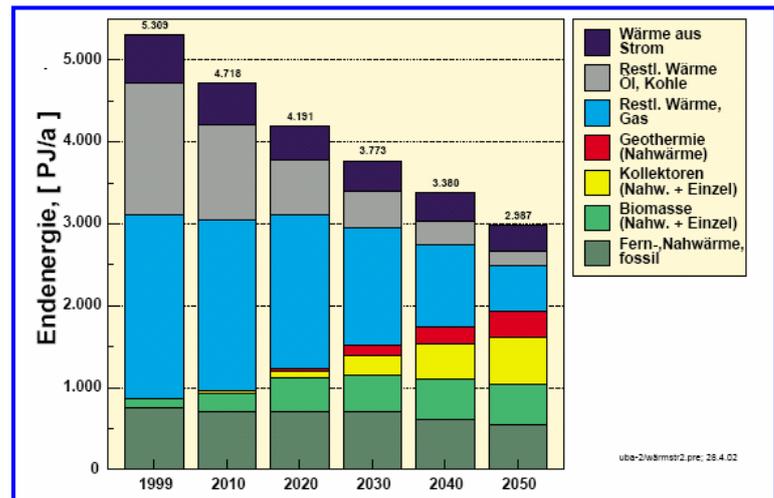


Abbildung 1-4: Struktur der Bereitstellung von Wärme im UBA-Szenario von 2000 bis 2050 für die BRD.<sup>12</sup>

Zusammen mit der wachsenden Bedeutung der Solarthermie für die Nahwärmeversorgung steigt auch der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung; zudem wird diese Technologie vor allem mit der Entwicklung der Brennstoffzelle verstärkt für die Objektversorgung eingesetzt. Als Brennstoffe kommen hierbei zunächst vor allem Erdgas und zunehmend auch Biomasse in Betracht. Mit fortschreitendem Ausbau der Windkraft und der Photovoltaik wird der aus dem Strombedarf übersteigenden Kapazitäten elektrolytisch erzeugter Wasserstoff eingesetzt. Bei dieser Entwicklung muß berücksichtigt werden, daß der Bedarf an Raumwärme in Zukunft deutlich zurückgehen und der an Klimatisierung steigen wird. Der Einsatz von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung mit einem hohen Stromwirkungsgrad, wie ihn etwa die Brennstoffzelle aufweist, wird demnach attraktiver.

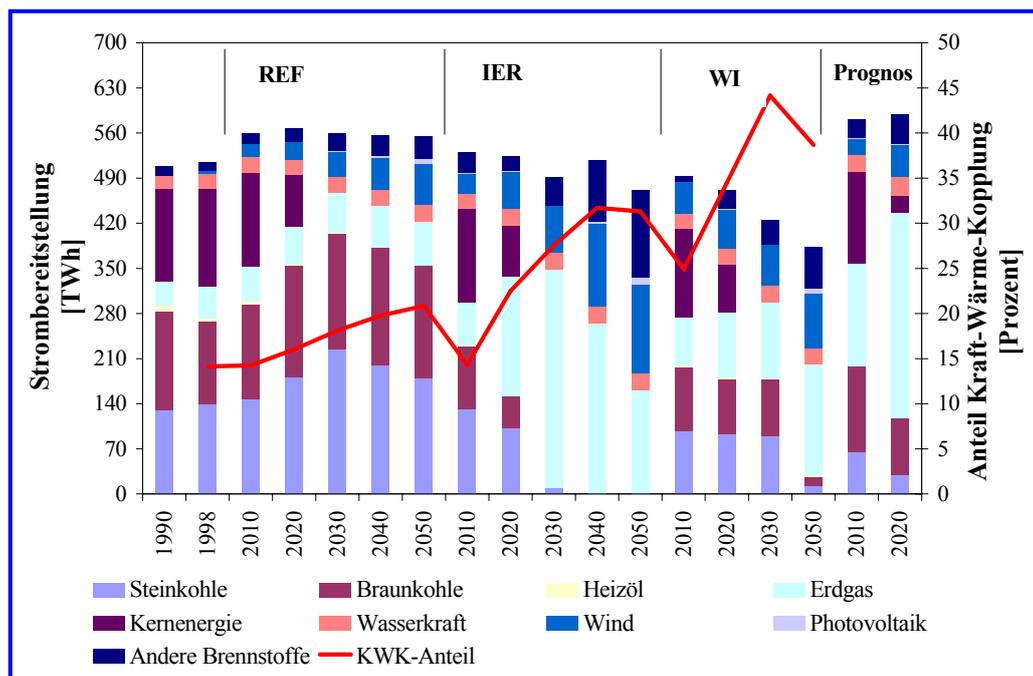


Abbildung 1-5: Entwicklung der Energieträgerstruktur zur Strombereitstellung des Referenzszenarios und verschiedener Nachhaltigkeitsszenarien.<sup>13/14</sup>

Deutliche Erfolge sind bei der Minderung der Schadstoffemissionen (CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, Staub u. a.) zu verzeichnen, die allerdings schon im Referenzszenarium vor allem durch Rückhaltetechniken, einem Verbrauchsrückgang und der Energieträgersubstitution von Kohlen zu Erdgas verzeichnet werden konnte. Das Ziel, die Treibhausgasemissionen in den Zukunftsszenarien deutlich im Vergleich mit dem Referenzszenario zu senken, konnte ebenso eingehalten werden wie die für die Entwicklung zu einer nachhaltigen Energiepolitik unabdingbarer Forderung nach Schonung endlicher Ressourcen.

An dieser Stelle muß erwähnt werden, daß diverse Studien und Gutachten zur Entwicklung des Primär- und Endenergieverbrauches, der Emissionen unterschiedlicher Schadstoffe und Kohlendioxid, der Struktur der Energieversorgung, der Energieträgerstruktur und die Bedeutung einzelner Energieträger sowie der Entwicklung der Umwandlungstechnologien bzw. der Stellenwert neuer Technologien für unterschiedliche Zeiträume bezogen auf das Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, der Europäischen Union und der Welt insgesamt vorliegen, die teilweise Grundlage der aktuellen Studien sind.

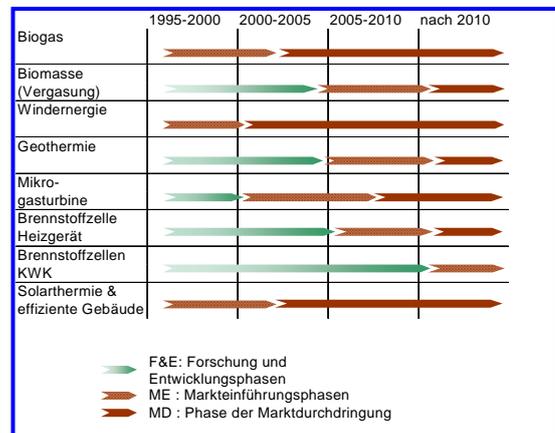
**Tabelle 1-1:** Auswahl weiterer Langzeitszenarien der Energieversorgung.

Kurztitel	Verfasser	Erscheinungsjahr	Betrachtungshorizont / Gebiet	Bemerkungen
Solares Langfristszenario	DLR, ISE	1997	2050	Reduktionsszenario 80%
Politiksznarien für den Klimaschutz II	DIW, FZJ, FhG-ISI, Öko-Institut	1999	2020 / BRD	Reduktionsszenario 30% u. 40% Referenzentwicklung
Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien	DLR, WI, IWR, Forum, ZSW	1999	2010 / BRD	Verdopplung erneuerbarer Energien bis 2010 gegenüber 1997
Energieprognose 2001	Esso	2001	2020 / BRD	Referenzentwicklung
Potentiale und Perspektiven regenerativer Energieträger	DLR	2001	2050 / BRD	Möglicher Ausbau erneuerbarer Energien
Energierport III	Prognos, EWI	1999	2020 / BRD	Referenzentwicklung
Die Rolle der Braunkohle in einer wettbewerbsorientierten, nachhaltigen Energiewirtschaft	Prognos AG	2002	2040 / BRD	Vernetzung d. Nachhaltigkeitsziele: Ökologie, Ökonomie, Versorgungssicherheit sowie soziale Aspekte
Mineralölkonzerne und Klimazerstörung	WI	2002	2012 / BRD	Kompensation von 120 Mio. t CO <sub>2</sub> -Äquivalent durch Einsatz erneuerbarer Energien
Perspektiven der Solarwärmenutzung	ARGE	2001	2010 / BRD	Marktperspektive Solarthermie
Potentiale der Wasserstoffwirtschaft	DLR	2002	2050 / BRD	Anteil von regenerativen Wasserstoff als Energieträger
International Energy Outlook 2000	EIA	2001	2020 / Welt, Europa	Trendsznario
European Energy Outlook to 2020	EU	1999	2020 / BRD, EU	Trendsznario, Reduktionsszenarien
World Energy Outlook	IEA	2000	2020 / Welt, OECD, Europa	Referenzsznario
Energy Needs, Choices and Possibilities	Shell	2001	2050 / 2100 Welt	Dynamics as Usual: Spirit of the Coming Age: Alternativsznario
Global Energy Perspectives	WEC, IIASA	1999	2100 / Welt, Europa	Referenz- u. Alternativsznarien

### 1.3. Stand von Wissenschaft und Technik

Die Forschungsarbeiten zur Nutzung dezentraler Technologien bewegen sich im Spannungsfeld von ökologischer Notwendigkeit bzw. den Anforderungen der Entwicklung zu einer nachhaltigen Energiewirtschaft sowie den gegebenen ökonomischen Rahmenbedingungen. Das macht weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie Anstrengungen zur Kostenreduzierung erforderlich.

Insgesamt sind die Entwicklungsperspektiven dezentraler Energietechnologien sehr unterschiedlich. Zwar konnten für marktreife Techniken, so u. a. für Windkraft- oder Solarthermieanlagen, deutliche Wirkungsgradsteigerungen und Kostendegressionen erreicht werden, allerdings könnten sich auch diese Techniken beim gegenwärtigen Energiepreisgefüge ohne gesetzgeberische Maßnahmen noch nicht durchsetzen. Die Nutzung der Photovoltaik dagegen ist trotz großer Anstrengungen noch mit erheblichen Wirkungsgradnachteilen und hohen Investitionskosten verbunden. Andere Technologien, wie beispielsweise die Brennstoffzellen, befinden sich noch in der Forschungs- und Entwicklungsphase. Es existieren vor allem Pilot- und Demonstrationsanlagen. Im folgenden soll der Stand der Techniken zur dezentralen Energieversorgung kurz dargestellt werden. Aufgrund der Vielzahl alternativer regenerativer Technologien wird hierbei nur auf diejenigen ausführlicher eingegangen, die bei den weiteren Untersuchungen Berücksichtigung finden.<sup>16</sup>



**Abbildung 1-6:** Charakteristik und Entwicklungsperspektiven ausgewählter dezentraler Energietechnologien<sup>16</sup>

#### Systeme zur Stromversorgung

Windenergieanlagen können vor allem dank des Stromeinspeisegesetzes auch im Binnenland wirtschaftlich betrieben werden. Demzufolge stieg die installierte Leistung für das Jahr 2001 auf 2627 MW. Die installierte Leistung betrug Ende 2001 ca. 8,8 GW; die Stromerträge beliefen sich im Jahr 2001, obwohl das Winddargebot ca. 20 Prozent unter dem langjährigen Mittel lag, auf 10,5 Mrd. kWh.<sup>17</sup> Das entspricht ca. 2,3 Prozent des Nettostromverbrauches. Nach Angaben des VDEW waren es mit 16,8 Mrd. kWh 3,5 Prozent des Stromverbrauches. Beachtlich ist gleichfalls die angebotene Leistungsbreite der Windkraftanlagen; sie reicht von ca. 0,01 kW bis 4,5 MW der Firma ENERCON bei Egelin in Sachsen-Anhalt.

Mit Inkrafttreten des EEG's und des 100.000-Dächer-Solarstrom-Programms konnte eine deutliche Zunahme der installierten Leistung für Photovoltaikanlagen verzeichnet werden. Allerdings spielen sie für die Stromversorgung mit 60 GWh, was einem Anteil von 0,05 Prozent am Nettostromverbrauch für das Jahr 2001 entspricht, nur eine untergeordnete Rolle. Vom Jahr 2000 bis

<sup>16</sup> Autorenkollektiv: „Die technische Entwicklung auf dem Strom- und Gasmarkt“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal, 2002

<sup>17</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): „Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG), Berlin, 2002

2003 weist diese Technologie die größten Wachstumsraten im Vergleich zu anderen regenerativen Energien aus; berücksichtigt muß hierbei allerdings die geringe Basis.<sup>18</sup>

Photovoltaikanlagen können nur mit umfassender Förderung wirtschaftlich betrieben werden. Der Forschungsbedarf wird auf eine Erhöhung der Wirkungsgrade und alternative Materialien zur Kostenreduktion konzentriert.

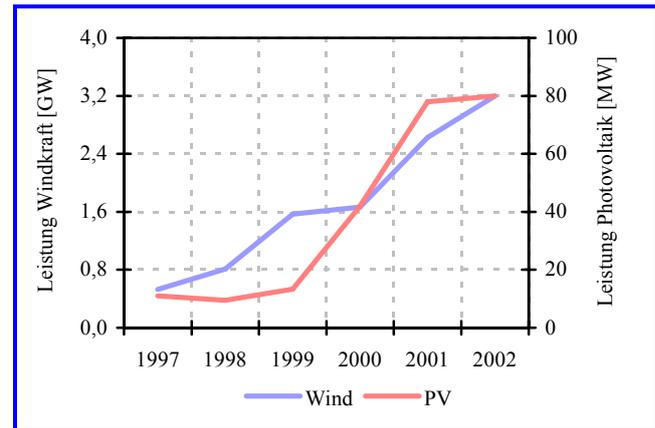
Über die Hälfte des Stromes aus regenerativen Energien wurde im Jahr 2001 mit 19800 GWh durch die Wasserkraft bereitgestellt. Das entspricht einen Anteil von 4,4 Prozent des Nettostromverbrauches; große Zuwachsraten sind aufgrund der geringen Verfügbarkeit nicht genutzter Standorte nicht zu erwarten.

Der Anteil der Biomasse an regenerativer Strombereitstellung ist mit einer installierten Leistung von ca. 900 MW und 4200 GWh im Jahr 2002 gering. Genutzt wurden hauptsächlich Holz, Klär- und Deponiegas, Biogas sowie Rapsöl.<sup>19/20</sup>

Alle vier genannten Technologien speisen fast ausschließlich ins öffentliche Netz ein. Insellösungen sind wegen der teilweise hohen Kosten – Vergütung gemäß EEG würde wegfallen – sehr selten. Laut IEA liegt hierbei der Zubau der Photovoltaik für die Jahre 2001 und 2002 bei ca. 3 MW<sub>p</sub>.

Aus diesem Grunde wurden einige Forschungsprojekte mit autarken Pilotanlagen zur Kopplung von Photovoltaik mit Windkraft, als Energiespeicher dienen Batterien, sowie eine Kopplung von Photovoltaik mit einem BHKW gefördert.<sup>21</sup>

Neue Einsatzgebiete für Windkraftanlagen zur autarken Stromversorgung werden mit einer Dieselaggregat Kopplung nach 2007 und mit einer Wasserstoffelektrolyse nicht vor 2010 erwartet.<sup>22</sup> Besonders interessant dürften jetzt schon Insellösungen für abgelegene Gegenden in Entwicklungs- und Schwellenländern sein.<sup>23/24/25</sup>



**Abbildung 1-7:** Jährlich installierte Wind- und Photovoltaikleistung. (Quellen: IEA, BMWi, VDMA)

<sup>18</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Richtziel der BRD für der Verbrauch von Strom aus erneuerbaren Energiequellen im Jahr 2010 und Maßnahmen zur Verwirklichung des Richtziels“, Berlin, 2003

<sup>19</sup> Fischer, J. et al.: „Monitoring zur Biomasseverordnung – auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus Umweltsicht, Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig, 2002

<sup>20</sup> Staiß, F.: „Jahrbuch Erneuerbare Energien – 2001“, Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, Radebeul, 2001

<sup>21</sup> Meyer, F.: „Modulare Systemtechnik für dezentrale Energieversorgung“, Pilotanlagen: Inselversorgung Kythnos – 100 kW<sub>p</sub> Photovoltaik und 500 kW Windkraft sowie Starckenberger Hütte – BHKW und Photovoltaik, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2002

<sup>22</sup> Molly, J.P., Ender, C.: „Windenergie-Studie 2002 - Markteinschätzung der Windindustrie bis zum Jahr 2010“, Deutsches Windenergie-Institut GmbH im Auftrag der Hamburger Messe und Congress GmbH, 2002

<sup>23</sup> Lukas, P., Schöne, A.: „Ein Konzept zur Betriebsführung von Wind-Diesel-Systemen mit Kurzzeitspeichern“, Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI), Magazin, Nr.:3, S. 55-65, 1993

<sup>24</sup> Gerdes, G., Santjer, F.: „Die modulare Wind/Diesel-Versuchsanlage auf dem DEWI-Testfeld“, Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI), Magazin, Nr.:3, S. 67-72, 1993

<sup>25</sup> Degner, T.: „Analyse des Betriebsverhaltens von Wind-Diesel Systemen unter besonderer Berücksichtigung der Speicherauslegung und der Betriebsführungsstrategie“, Dissertation, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 1996

## Systeme zur Wärmeversorgung

Den weitaus größten Anteil erneuerbaren Energien bei Systemen zur Wärmeversorgung hat mit 52500 GWh im Jahr 2002 die Biomasse; auch hierbei dominiert der Einsatz von Holz als Energieträger. Nennenswert sind weiterhin die direkte Nutzung der Geothermie und Umgebungswärme durch Wärmepumpen mit einer Energiebereitstellung von 1050 GWh. Mit 1955 GWh sind die Erträge der Solarthermie etwa doppelt so hoch.<sup>26</sup> Nach Angaben des VDEW betrug der Endenergieverbrauch an Wärme für das Jahr 2001 ca. 1260 TWh. Somit liegt der Anteil der regenerativen Energien bei ungefähr 4,4 Prozent.

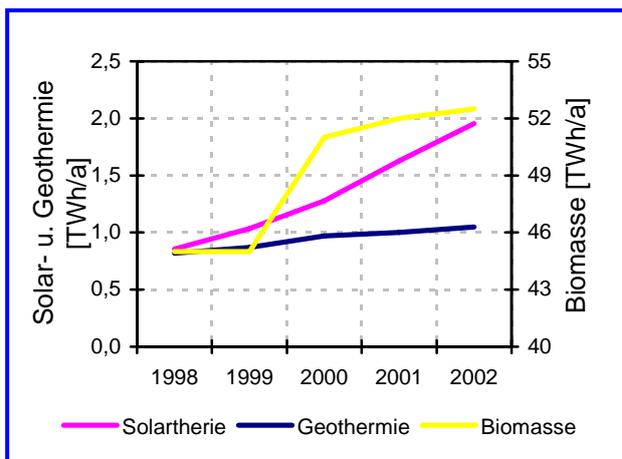


Abbildung 1-8: Jährlich bereitgestellte Wärmeenergie.  
(Quelle: BMU)

Die Nutzung hydrothermalen Systeme wird wegen der hohen Investitionskosten, der zum wirtschaftlichen Betrieb notwendigen Anbindung an große Versorgungskomplexe sowie einer anzustrebenden hohen Vollastnutzung in geringem Umfang genutzt. Mit 61 GWh Wärmebereitstellung und einer installierten Leistung von ca. 50 MW<sub>th</sub> ist der Anteil an der Wärmeversorgung noch gering, wobei der Bau weiterer 150 MW<sub>th</sub> geplant sind.<sup>27</sup>

In der Phase der Markteinführung befinden sich die Technologien zur Nutzung von Biomasse, Solarthermie und Wärmepumpe; sie sind jedoch größtenteils ohne staatliche Förderung und bei den gegenwärtigen Preisen für fossile Energieträger noch nicht wettbewerbsfähig, obwohl eine deutliche Kostendegression in den letzten Jahren festgestellt werden konnte.

Da die spezifischen Investitionskosten für Solarthermieanlagen tendenziell mit der Anlagengröße sinken, wurde die Forschung als Voraussetzung zur Markteinführung mit Unterstützung von Pilot- und Demonstrationsanlagen sowie deren wissenschaftlichen Begleitung im Rahmen des „Solarthermie-2000-Programms“ mit drei Teilprogrammen durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert. Teil 1 hat die „Untersuchung des Langzeitverhaltens von existierenden thermischen Solaranlagen im bundeseigenen Bereich“ zum Gegenstand.<sup>28</sup> Die Einbindung großer solarthermischer Demonstrationsanlagen zur Trinkwassererwärmung in das konventionelle System von mehr als 100 m<sup>2</sup> Kollektorfläche auf öffentliche Einrichtungen werden mit dem Teilprogramm 2 gefördert.<sup>29</sup> Wegen der verschiedenen System-schaltungen, Anlagengrößen und Nachfrageprofile können im Ergebnis der wissenschaftlichen Begleitung Rückschlüsse auf energetisch optimale sowie kostengünstige Systemkonzepte gezogen werden.<sup>30</sup> Dazu sind Erfahrungen bei Bau und den Betrieb großer Solaranlagen unabdingbar.

Für die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg ist 1996 im Rahmen dieses BMFT-Förderprogramms eine bivalente Warmwasserbereitungsanlage für die Studentenwohnheime mit einer Größe von 660 m<sup>2</sup> installiert worden. Sie ist damit die größte solarthermische Anlage in

<sup>26</sup> BMU-Publikation: „Erneuerbare Energien in Zahlen“, BMU-Reihe „Umweltpolitik“, April 2003

<sup>27</sup> Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Entwicklung der Erneuerbaren Energien – Aktueller Sachstand“, Berlin, Januar 2002

<sup>28</sup> Peuser, F. A., Croy, R., Schumacher, J., Weiß, R.: „Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen“, Rationelle Energietechnik GmbH (ZfS), Hilden, 1997

<sup>29</sup> Remmers, K.-H.: „Große Solaranlagen – Einstieg in Planung und Praxis“, SOLARPRAXIS Berlin, URANUS-Verlagsgesellschaft, Wien, 1999

<sup>30</sup> Peuser, F. A.: „Große Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2002

Sachsen-Anhalt. In den letzten Jahren erfolgte sowohl die Planung<sup>31/32/33</sup> als auch die wissenschaftliche Begleitung<sup>34</sup> dieses Vorhabens unter Mitwirkung des Instituts für Apparate und Umwelttechnik (IAUT) der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Zur Optimierung großer Solarthermieanlagen tragen ebenfalls Ergebnisse anderer Forschungsthemen bei, die helfen, die Technologie der Solarthermie weiterzuentwickeln.<sup>35/36/37/38/39/40/41/42</sup>

Mit Punkt 3 des „Solarthermie-2000-Programms“ werden „Demonstration- und Pilotanlagen zur solaren Nahwärmeversorgung“ von Siedlungsgebieten (siehe Tabelle 1-2) gefördert. Ziel dieser Projekte ist eine wissenschaftlich-technische Evaluierung der Anlagentechnik sowie eine Optimierung der Kollektor- und Speichersysteme zur Verbesserung des Anlagennutzungsgrades und damit zur Kostensenkung.<sup>43/44/45</sup>

**Tabelle 1-2:** Solar unterstützte Nahwärmeprojekte<sup>46</sup>

Standort	Kollektorfläche [m <sup>2</sup> ]	Wärmespeicher [m <sup>3</sup> ]	Speichertyp	Inbetriebnahme [Jahr]
Ravensburg I	115			1992
Ravensburg II	190			1992
Neckarsulm-Amorbach I	700			1993
Göttingen	847			1993
Köngen	160			1993
Schwäbisch-Gmünd	100			1996
Holzgerlingen	120			1996
Hamburg-Bramfeld	3.000	4.500	Heißwasser	1996
Friedrichshafen-Wiggenhausen	5.600, z. Z. 2.700	12.000	Heißwasser	1996
Neckarsulm-Amorbach II	6.500	63.300	Erdsonden	1997 / 2001
Stuttgart-Brenzstrasse	1000			1997
Stuttgart-Burgholzhof	1635	90 (Kurzzeit)		1998
Augsburg	2.000	6.000	Kies/Wasser	1998
Steinfurt-Borghorst	510	1.500	Kies/Wasser	1998
Rostock-Brinkmannshöhe	1.000	20.000	Aquifer	1999
Chemnitz	2000, z. Z. 540 VR	8.000	Kies/Wasser	2000
Hannover-Kronsberg	1.470	2.750	Heißwasser	2000
Attenkirchen	800	500 + 9.350	Hybrid	2002

<sup>31</sup> Lange, A.: „Aufnahme des IST - Zustandes in der Warmwasserversorgung der Universität Magdeburg sowie Erarbeitung von Vorschlägen zur Anlagengestaltung einer künftigen bivalenten Warmwasserbereitung mit integrierter Solarkollektoranlage“ Machbarkeitsstudie zum Bau der Solaranlage Universität Magdeburg, Belegaufgabe, 1994

<sup>32</sup> Arlt, A.: „Konfiguration eines kostengünstigen Speichersystems zur Warmwasserbereitung“, Diplomarbeit, 1995

<sup>33</sup> Assado, C.: „Studie zur Optimierung einer solarthermischen Warmwasserbereitungsanlage“, Belegaufgabe, 1995

<sup>34</sup> Sontag, R., Lange A.: „Solarthermie für 2000 Studenten und die Mensa“, „Erneuerbare Energien“, April 1998

<sup>35</sup> Jahn, K., Schwenk, C.: „Thermische Solaranlagen für Mehrfamilienhäuser – Untersuchungen der Künftigen Einsatzmöglichkeiten im kostensparenden Wohnungsbau“ Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1999

<sup>36</sup> Knorr, U.: „Studie zu Möglichkeiten einer ergänzenden solarthermischen Warmwasserbereitung für das Wohnheim 12 der Universität Magdeburg“, Belegaufgabe, 1994

<sup>37</sup> Henneberg M.: „Ausgewählte Beispiele für eine mögliche Sonnenenergienutzung in Magdeburg, Diplomarbeit 1996

<sup>38</sup> Poßner L.: „Studie zum Potential solarthermischer Warmwasserbereitung in den Jugendherbergen Sachsen-Anhalts“, Studienarbeit, 1997

<sup>39</sup> Schumpich F.: „Potentiale solarthermischer Energienutzungsmethoden bei Rekonstruktionsanlagen an Wohnhäusern“, Studienarbeit, 1997

<sup>40</sup> Dieterich, S., Wagner, A.: „Solarunterstützte Warmwassererwärmung für die Alte Mensa der TU Dresden“, Diplomarbeit, 1992, TU Dresden

<sup>41</sup> Knorr, U.: „Optimierung einer gewerblichen Warmwasserbereitungsanlage“, Diplomarbeit, 1996

<sup>42</sup> Reinecke, S.: „Analyse von Regelungsvarianten für solarthermische Anlagen zur Brauchwasserbereitung“, Diplomarbeit, 2000

<sup>43</sup> Mangold, D., et al.: „Solarthermie-2000 TP 3 – Solar unterstützte Nahwärme Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung“ OPET-Seminar Solar unterstützte Nahwärme, Neckarsulm, 29. und 30. März 2001

<sup>44</sup> Mangold, D., Benner, M., Schmidt, T.: „Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2001

<sup>45</sup> Jochum, P.: „Simulation und Optimierung solar unterstützter Heizsysteme mit dem Simulationssysteme Smile“, Dissertation, Technische Universität Berlin, 1997

<sup>46</sup> Quellen: Jahrbuch Erneuerbare Energien, Solarthermie 2000 Teilprogramm 3, BMWi

Die Nachheizung dieser solar unterstützten Nahwärmeversorgung erfolgt zumeist mit Heizkesseln; die in Spitzenlastzeiten und bei sinkenden Temperaturen im Langzeitspeicher eine konstante Vorlauftemperatur garantieren.

Die solaren Deckungsraten dieser Anlagensysteme sollten mindestens 50 Prozent betragen. Aufgrund der Diskrepanz von Wärmenachfrage und -angebot ist eine Speicherung der Wärmeenergie notwendig. Problematisch sind zur Zeit vor allem die hohen Investitionskosten und die Wärmeverluste vor allem bei Langzeitspeichern. Deshalb ist ein Schwerpunkt der Forschung und Entwicklung die Optimierung und Weiterentwicklung der in den Pilotprojekten zur solaren Wärmeversorgung eingesetzten Speichertypen (Heißwasser-, Kies/Wasser-, Erdsonden- und Aquiferspeicher). Darüber hinaus werden neue Speichersysteme, thermodynamische Systeme wie beispielsweise Sorptionsspeicher, entwickelt, welche die zur saisonalen Versorgung notwendigen großen Speichervolumina deutlich verringern würden.<sup>47</sup>

### **Systeme der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) sowie der Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK)**

Trotz guter Gesamtnutzungsgrade von ca. 90 Prozent, einer sehr guten Energieträgerausnutzung und einer marktreifen Technologie, werden in Deutschland zur Zeit nur ungefähr 10 Prozent des Strombedarfs und 7,5 Prozent des Wärmebedarfs durch eine gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme gedeckt.<sup>2</sup>

Unterschieden wird hierbei sowohl in der Technologie als auch im Brennstoffeinsatz sowie in der Leistung (siehe Tabelle 1-3). Zu den regenerativen Energien wird die Nutzung der KWK-Technologie nur gezählt, wenn Biomasse bzw. Wasserstoff, der wiederum aus regenerativen Strombereitstellungstechnologien wie Windkraft oder Photovoltaik stammt, als Energieträger genutzt wird. Der Einsatz der KWK-Technologie ist auch bei Verwendung fossiler Energieträger wegen der besseren Primärenergieträgerausnutzung und der damit im Vergleich zur Einzelbereitstellung von Strom und Wärme niedrigeren Treibhaus- und Schadstoffemissionen ein wesentlicher Pfeiler bei der Effizienzsteigerung der Energiewirtschaft und somit zur Umsetzung der Klimaschutzziele bzw. der Nachhaltigkeitsziele sehr gut geeignet.<sup>48</sup>

**Tabelle 1-3:** Ausgewählte Kraft-Wärme-Kopplungssysteme mit möglichen Energieträgern<sup>2/16/49</sup>

TECHNOLOGIE	Kohle	Erdgas	Erdöl	Biomasse fest	Biogas	Naturöl	Wasserstoff
Heizkraftwerke	x	x		x			
Motor-BHKW		x	x		x	x	x
Mikrogasturbine		x			x		
Brennstoffzellen		x					x
Stirlingmotor	Alle Wärmequellen denkbar (auch Solarthermie)						

Motor-BHKW sind in der Praxis seit einigen Jahren zuverlässig im Einsatz. Die Wirtschaftlichkeit ist von den jeweiligen örtlichen Randbedingungen sowie den energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen abhängig.<sup>50/51/52</sup>

<sup>47</sup> Mittelbach, W., Henning, H.-M.: „Sorptionspeicher – Saisonale Wärmespeicherung für die solare Raumheizung“, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme Freiburg (ISE), UFE Solar GmbH Eberswalde

<sup>48</sup> Matthes, F. C., Ziesing, H.-J.: „Zur ökologischen und ökonomischen Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, bearbeitet vom Öko-Institut und vom DIW, Berlin, 2000

<sup>49</sup> Bard, J., Krautkremer, B.: „KWK-Konzepte im Vergleich“, „Erneuerbare Energien, 04/2003, S. 64

<sup>50</sup> Unruh, O., Blesing, A.: „Marktpotentialstudie für BHKW-Anlagen kleiner Leistung im Thyssengas-Liefergebiet“, „GAS“, 05/06, 1998

<sup>51</sup> Schmitz, K. W., Koch, G.: „Kraft-Wärme-Kopplung – Anlagenauswahl, Dimensionierung, Wirtschaftlichkeit, Emissionsbilanz“, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1996

<sup>52</sup> Schneider, L.: „Wirtschaftlichkeit und optimaler Betrieb von KWK-Anlagen unter den neuen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen“, Diplomarbeit an der Technischen Universität Berlin, veröffentlicht durch das Öko-Institut, Berlin, 2000

Da Fernwärmesysteme sehr kostenintensiv sind, wird zukünftig ein verstärkter Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung in Verbindung mit einer Wärmeversorgung durch Nahwärmenetze oder in der Objekt- und Hausversorgung erwartet.

Forschungs-, Entwicklungs- und Markteinführungsschwerpunkte werden vor allem auf die Mikogasturbine, der Stirlingmotor und die Brennstoffzellen sowie regenerative KWK-Systeme, d. h. Einsatz von Biomasse als Energieträger, der bei Stromeinspeisung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) in Abhängigkeit von der Anlagengröße vergütet wird, konzentriert.<sup>19</sup> Weiterhin liegt bei der Forschung ein Hauptaugenmerk in der energetischen Optimierung der teilweise komplexen Nahwärmeversorgungssysteme, vor allem auch um die teilweise noch hohen Investitions- und/oder Betriebskosten zu senken.<sup>54/55</sup>

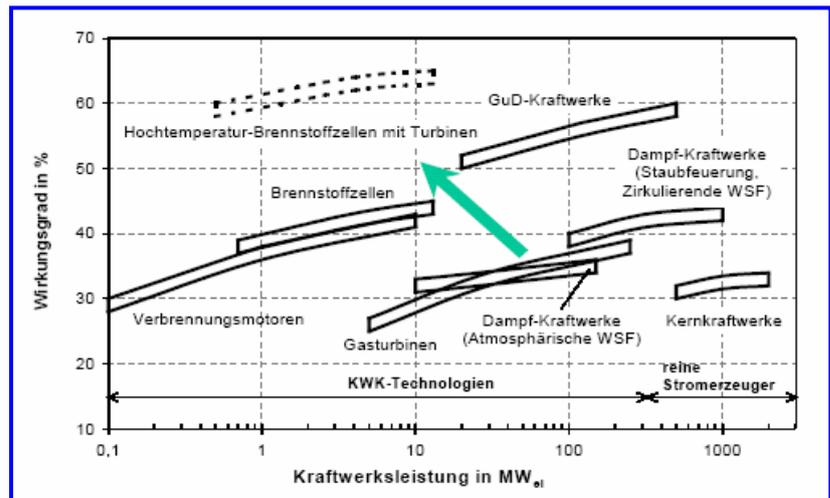


Abbildung 1-9: Entwicklungsrichtung der Stromerzeugung.<sup>53</sup>

Einen höheren Ausnutzungsgrad für KWK-Anlagen, die, wie es im allgemeinen üblich ist, wärmegeführt betrieben werden, kann mit einer Nutzung der Wärme zur Kältebereitstellung erzielt werden. Dies ist beispielsweise mit der Kopplung der KWK-Anlage an eine Absorptionskältemaschine möglich. Ist ein Wärmebedarf im Sommer vorhanden, kann der Strom auch zum Betrieb einer Kompressionskälteanlage verwendet werden. Die Nutzung der Abwärme zur Bereitstellung von Kälte ist vor allem für südliche Länder sinnvoll. Dazu zählen auch europäische Staaten wie etwa Italien, Griechenland und Spanien. Stromausfälle aufgrund von Netzüberlastungen infolge eines breiten Gebrauchs zumeist energetisch ineffizienter Klimaanlage sind in den Monaten Mai/Juni 2003 in Italien und seit einigen Jahren während der Sommermonate in den USA aufgetreten. Allerdings ist auch in Deutschland mit einer steigenden Nachfrage an Klimatechnologien zu rechnen.<sup>56</sup>

Seit einigen Jahren wird intensiv an einer Weiterentwicklung und Markteinführung von Brennstoffzellen gearbeitet (Tabelle 1-4).<sup>57/58</sup>

<sup>53</sup> Besch, H., Neuffer, H., Witterhold, F.-G., et. al.: „Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien“, ARBEITSGEMEINSCHAFT FERNWÄRME e.V. BEI DER VEREINIGUNG DEUTSCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (AGFW), Frankfurt am Main, 2000

<sup>54</sup> Finke, T.: „Optimierung dezentraler Energieversorgungsanlagen am Beispiel Blockheizkraftwerk“, VDI Verlag, „Fortschrittsberichte - Energietechnik“ Nr.: 339, Düsseldorf, 1996

<sup>55</sup> Traube, K., Schulz, W.: „Aktuelle Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung“, „Kommunalwirtschaftliche Forschung und Praxis“, Band 3, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2001

<sup>56</sup> Schönberg, I., Noeres, P.: „Kraft – Wärme – Kälte – Kopplung“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 1998

<sup>57</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Technologien (BMWi): „Energieforschung – Investition in die Zukunft“, Juli 2001

<sup>58</sup> Koschorke, W., Marscheider-Weidemann, F., Bünger, U.: „Auswirkungen der Innovation Brennstoffzelle auf Handwerksberufe – Anforderungen, Tätigkeiten, Berufsbilder, Ausbildungsordnungen“, Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik der Universität Hannover, Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung, Ludwig-Bölkow-Stiftung Systemtechnik, Berlin, 2002

**Tabelle 1-4:** Charakteristische Daten von Brennstoffzellen.<sup>57</sup>

	PEM	PAFC	MCFC	SOFC
Temperatur	80°C	200°C	650°C	(750°C)/800-1000°C
Systemwirkungsgrad	40% (Erdgas) > 50% (H <sub>2</sub> )	40% (Erdgas) 50% (H <sub>2</sub> )	50-55% (Erdgas) 60-70% (mit Dampfturbine)	55% (Erdgas) > 70% (mit Dampfturbine)
Anlagengröße	<1kW <sub>el</sub> bis 1MW <sub>el</sub>	50 kW <sub>el</sub> bis 10 MW <sub>el</sub>	200 kW <sub>el</sub> bis 10 MW <sub>el</sub>	1 kW <sub>el</sub> bis 10 MW <sub>el</sub>
Derzeitige Anlagenkosten	5000-1000 EURO/kW <sub>el</sub>	ca. 2500 EURO/kW <sub>el</sub>	≥10000 EURO/kW <sub>el</sub>	≥10000 EURO/kW <sub>el</sub>

Die Untersuchung der Einsatzmöglichkeiten der Brennstoffzelle wird durch diverse Pilotprojekte vorangetrieben. So startete die Firma VAILLANT nach ersten Tests im Labor, Wohnhäusern und Gewerbebetrieben einen europaweiten Feldtest mit über 50 Systemen, die erstmalig als virtuelles Kraftwerk zusammengeschlossen werden. Mit diesem Projekt soll der Nachweis der Funktionsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Brennstoffzellentechnik zur dezentralen Strom- und Wärmeversorgung nachgewiesen werden, so daß im Jahr 2005 die Serienproduktion beginnen kann. Verwendet wird dabei eine PEM-Brennstoffzelle mit einer Leistung von 1 - 4,6 kW<sub>elektrisch</sub> und 1,5 - 7 kW<sub>elektrisch</sub> sowie zusätzlich eine Spitzenlastabdeckung von 25 bis 50 kW<sub>th</sub>. Als Energieträger dient Erdgas.<sup>59/60</sup>

Die Stadtwerke Berlin (BEWAG) betreiben die erste europäische erdgasbetriebene 250 kW<sub>el</sub> PEM-Brennstoffzelle seit Juni 2000. Zudem hat die BEWAG eine 10 kW<sub>el</sub> Photovoltaikanlage zur Gewinnung elektrischer Energie und einen Elektrolyseur gleicher Leistung zur Umwandlung des Stromes der Photovoltaikmodule in Wasserstoff, der wiederum als für die Brennstoffzelle zur Verfügung steht, installiert.<sup>61</sup>

Eine Demonstrationsanlage von gleicher elektrischer Leistung, die eine von drei durch das Land Nordrhein Westfalen geförderten Projekten dieser Größenordnung darstellt, wurde auf dem Gelände von Fraunhofer UMSICHT in Oberhausen 2002 zur Versorgung von 2500 m<sup>2</sup> Büroflächen und 4400 m<sup>2</sup> Labor-, Technikums- und Werkstattflächen installiert. Sie soll in Kombination mit einer 100 kW<sub>el</sub> Mikroturbine zur Abdeckung von Spitzenlasten, einer Absorptionskältemaschine mit einer Leistung von 58 kW<sub>th</sub> und einem 469 kW<sub>el</sub> Gasmotor-BHKW arbeiten.

Die Möglichkeit der autarken Versorgung eines Einfamilienhauses mit Strom und Wärme mit einer PEM-Brennstoffzelle wurde durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Stuttgart untersucht. Hierzu wurde eine Versuchsanlage errichtet sowie gängige Strom- und Wärmeverbrauchsprofile verwendet. Die Tests bestätigten die Umsetzbarkeit eines netzunabhängigen stromgesteuerten Systembetriebs.<sup>62</sup>

Das Universitätsklinikum Magdeburg sowie das Malteser-Krankenhaus Kamenz betreiben je eine erdgasbetriebene Brennstoffzelle in einem komplexen Versorgungssystem. Während für die Versorgung der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg eine Schmelzcarbonat-Hochtemperaturbrennstoffzelle (MCFC – 250 kW<sub>elektrisch</sub> und thermisch) ein BHKW mit drei Gasmotoren (je 799 kW<sub>el</sub>, 1029 kW<sub>th</sub>), zwei Heißwasserkessel (je

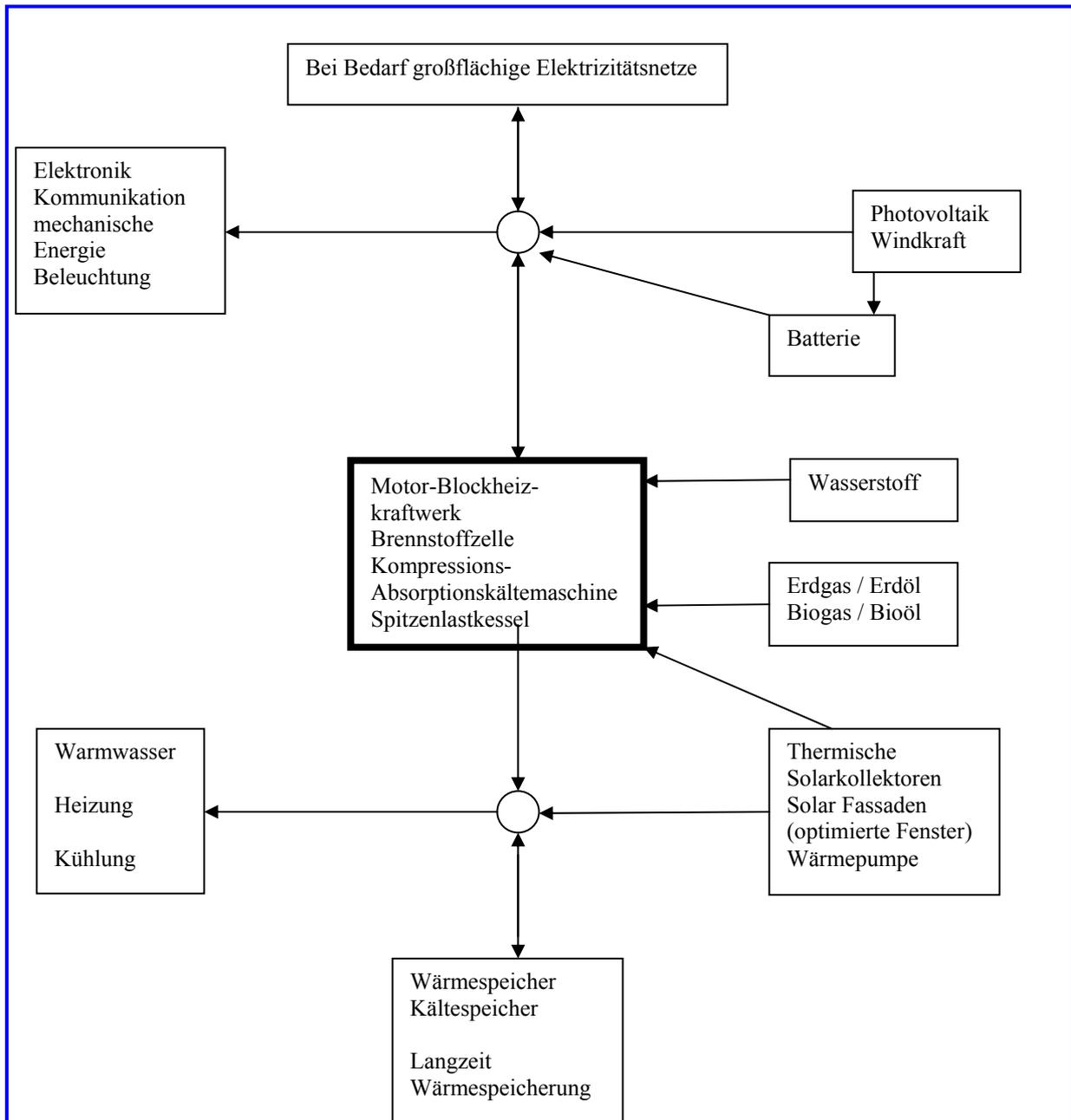
<sup>59</sup> Hocker, T., Kraus, M.: „Dezentrale Strom- und Wärmeversorgung mit Brennstoffzellen-Heizgeräten“, Siebtes Fachforum Brennstoffzellen, Würzburg, 2000

<sup>60</sup> Firma Vaillant: „Das Brennstoffzellen-Heizgerät von Vaillant – Stand der Entwicklungen und Feldtests“, Quelle: Internet www.vaillant.de, 2003

<sup>61</sup> Hiller, R.: „Strom-, Wärme- und Kälteversorgung mit Brennstoffzelle, Mikroturbine, Gasmotor und Absorptionskältemaschine. Das Projekt » PEM-Oberhausen «“, Deutscher Wasserstofftag, Essen, 2002

<sup>62</sup> Bard, J., Blum, L., Brinner, A.: „Dezentrale Kraftwärmekopplung – Konversionstechnologien und Einsatzmöglichkeiten“, Forschungsverbund Sonnenenergie (FVS), Themenheft 2001

6500 kW<sub>th</sub>) sowie eine Absorptionskältemaschine (1200 kW<sub>th</sub>) ergänzt,<sup>63</sup> ist im Malteser Krankenhaus eine PAFC-Brennstoffzelle (200 kW<sub>el</sub> und 220 kW<sub>th</sub>) mit zwei erdgasbetriebenen Kesseln (je 900 kW<sub>th</sub>), einer Kompressions- und einer Absorptionskältemaschine (80/120 bzw. 105 kW Kälteleistung), 115 m<sup>2</sup> Solarkollektoren sowie einer Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 1,5 kW<sub>p</sub> kombiniert.<sup>64/ 65</sup>



**Abbildung 1-10:** Möglichkeit einer dezentralen Energieversorgungsstruktur für Gebäude und Nahversorgungsgebiete.

<sup>63</sup> Koch, M.: „Prozess-Simulation eines Blockheizkraftwerkes unter Einbindung einer Brennstoffzelle“, Diplomarbeit, Berufsakademie Mannheim, 2000

<sup>64</sup> DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Technische Universität Dresden, GASTEC N. V. (NL): „Rationelle Versorgung mit Strom, Wärme und Kälte im Malteser-Krankenhaus Kanzenz – Technischer Endbericht, EU-Forschungsprogramm „THERMIE“, Projektnummer: BU/0065/97, 2000

<sup>65</sup> Geitmann, S.: „Wasserstoff- & Brennstoffzellenprojekte“, Berlin 2002

Als Energieträger für die Brennstoffzellen wird vornehmlich Erdgas, das aufwendig aufbereitet werden muß, und in Ausnahmefällen Biogas verwendet. Damit trägt diese Technologie durch optimale Energieträgerausnutzung zum Klimaschutz bei. Eine Alternative stellt die Nutzung von Wasserstoff dar, der aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden würde. Das kann sowohl aus Überschußstrom von Wind und Photovoltaik oder durch Nutzung nachwachsender Rohstoffe erfolgen. Denkbar ist auch die direkte Nutzung von Biogas. Wasserstoff wäre damit eine Möglichkeit der Energiespeicherung. Mit der Technologie der Brennstoffzelle können die Vorteile der Kraft-Wärme-Kopplung mit denen erneuerbarer Energien ergänzt werden.<sup>66</sup>

Die Beispiele komplexer Strukturen sollen zeigen, daß der Trend zu einer dezentralen Versorgung mit Strom und Wärme in Zukunft noch an Intensität gewinnen wird und die technologischen Voraussetzungen für diese Entwicklung bereits weit fortgeschritten sind, obwohl Langzeituntersuchungsergebnisse noch ausstehen, die eine Zuverlässigkeit und einen geringen Wartungsbedarf dieser Technologie nachweisen müßten. Sinnvoll ist das allerdings nur durch Einbindung in private und kommunale Energieversorgungskonzepte. Das macht eine Betrachtung der Dynamik der unterschiedlichen Energieversorgungssysteme und deren komplexe Wechselwirkung im Versorgungssystem unter den Kriterien der Nachhaltigkeit erforderlich. Zudem müssen sie den ökonomischen Anforderungen Rechnung tragen, was die Simulation komplexer Energieversorgungssysteme, die zu generalisierbaren Ergebnissen liefert, notwendig macht, um die Aufwendungen für die Planung zu minimieren und Fehlentscheidungen möglichst verhindern.

#### **1.4. Zielstellung und Untersuchungsmethodik**

Das Ziel dieser Arbeit ist die Erschließung von Effizienzpotentialen für dezentrale Energieversorgungssysteme unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Dynamik der Systemkomponenten in Abhängigkeit des Standortes und der Energienachfrageprofile. Voraussetzung hierfür ist eine optimale Nutzung von Synergieeffekten bei der Kopplung unterschiedlicher Energieumwandlungsanlagen.

Unter Nutzung des Programmpaketes TRNSYS wurden in dieser Arbeit – ausgehend von der Analyse zur Entwicklung zukünftiger Energieversorgungs- und Nachfragestrukturen in Deutschland und speziell im Bundesland Sachsen-Anhalt – unterschiedliche dezentrale Energieversorgungskonzepte simuliert und verglichen. Die Auswertung der Simulationsergebnisse erfolgte nach energetischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien.

Dabei wurden komplexe Systeme untersucht, mit denen dezentral gleichzeitig Strom und Wärme für Verbraucher gemäß deren Bedarfsstruktur bereitgestellt werden kann. Als zentrale Komponente diente dabei ein Blockheizkraftwerk. Ergänzt wurde es mit regenerativen Energieträgern für die Strom- und Wärmeversorgung. Die Untersuchungen erfolgten in Form von Tages-, Wochen-, Monats- und Jahressimulationen für die dezentrale Versorgung, wobei verschiedene Kopplungsvarianten des Blockheizkraftwerkes mit Photovoltaik-, Solarthermie-, Wind- und Absorptionskälteanlagen sowie einem Saisonalspeicher, (teilweise mit einer Batterie) hinsichtlich ihrer Erträge und Wirtschaftlichkeitsmerkmale – in Netzkopplung und autark – analysiert wurden. Hauptaugenmerk lag dabei auf einer optimalen Kopplung der einzelnen Komponenten unter Berücksichtigung ihres unterschiedlichen dynamischen Verhaltens, um Synergieeffekte nutzen zu können. Zudem ist eine Nutzung der Abwärme des Blockheizkraftwerkes wesentlicher Bestandteil der Optimierungen.

<sup>66</sup> Nitsch, J.: „Potentiale der Wasserstoffwirtschaft“, Expertise für den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung – Globale Umweltveränderungen, Heidelberg, 2003

Zur Auswertung der Simulationsergebnisse sind bekannte energetische, exergetische, ökologische und ökonomische Kriterien zur Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung auf das Gesamtsystem angewendet und zusätzliche Kriterien, die die unterschiedliche Energieträgerbasis berücksichtigen, definiert worden. Die ökologischen Kriterien orientieren sich am Nachhaltigkeitsprinzip. Betrachtet werden einerseits Schadstoffemissionen und andererseits Energie- und Materialaufwendungen zum Bau der Energieumwandlungsanlagen in Hinblick auf eine Ressourcenschonung für Energieträger und Baumaterialien in Form einer ganzheitlichen Bilanzierung. Die ökonomischen Betrachtungen beziehen sich sowohl auf das heutige Preisniveau, die aktuellen Investitions- sowie energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen als auch auf die zukünftige Entwicklung der Energieversorgungsstruktur. Grundlage der energetischen Bewertung sind Bilanzen nach dem ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik.

Zur Überprüfung der Tauglichkeit der Simulationssoftware TRNSYS für diese Aufgabenstellung wurde dann eine Validierung durch Simulation und energetische Bewertung eines existierenden Blockheizkraftwerkes vorgenommen. Dazu wurde die Anlage mit der vorher gemessenen Verbrauchscharakteristik simuliert. Die simulierte Dynamik des Betriebes wurde mit den entsprechenden Meßdaten verglichen. Diese sehr detaillierte Analyse war Grundlage einer Optimierung und Erweiterung der Anlagenkomponenten. Dabei wurde im Rahmen ergänzender Simulationen das Blockheizkraftwerk mit einer Absorptionskältemaschine erweitert und Vorschläge zu deren Optimierung gemacht.

Nach der Festlegung der Auswertungskriterien wurden die Verbrauchs- und Anlagenparameter definiert. Exemplarisch sind verallgemeinerbare Simulationsergebnisse im Hauptpunkt 5 dargestellt worden, um prinzipielle Aussagen über die Anlagencharakteristik des dezentralen Energieversorgungssystems sowie deren Dynamik und Jahreserträge machen zu können. Dies diente zur Darstellung empfohlener Einsatzorte und Konfigurationen der o. a. Komponenten sowie der Anlagenauslegung entsprechend der Verbrauchscharakteristik und dem Dargebot an Solarstrahlung und/oder Wind. Grundlage der Schlußfolgerungen bilden die ganzheitlichen energetischen Bilanzen unter Berücksichtigung der Kosten für Verbraucher und Betreiber.

## 2. Festlegung der Anlagen- sowie der Verbrauchsparameter

### 2.1. Verbrauchsparameter

#### 2.1.1. Darstellung des Versorgungsgebietes

Die Verbrauchsparameter sind vor allem von der geographischen Lage abhängig. Das gilt sowohl für den Strom- als auch für den Wärmebedarf, in Umfang und Spitzenlast. Hinzu kommen der jeweilige Lebensstandard in den einzelnen Ländern und der Stand der technologischen Entwicklung der Gesellschaft. Das betrifft einerseits die Produktion, aber auch den Konsum. Wie bereits ausführlich dargestellt, ist die Entwicklung der Endenergienachfrage in Deutschland während der letzten Jahrzehnte auf die Änderung der Produktionsmethoden und einer Steigerung der Lebensqualität zurückzuführen. Beispielsweise stieg in den letzten Jahren der Bedarf an einer Kälteversorgung in Süd-, aber auch in Mitteleuropa; da dieser Bedarf vornehmlich mit Kompressionskältemaschinen gedeckt wurde, wofür die Stromnetze aber nur unzureichend ausgelegt wurden, reichten nur kleine Störungen, um einen flächendeckenden Zusammenbruch herbeizuführen, wie erst im Sommer 2003 in den USA und Italien.

Bei der Auswahl der Verbrauchcharakteristika für Strom, Heizwärme und Strom wurde in dieser Arbeit auf die speziellen Strukturen des Bundeslandes Sachsen-Anhalt Bezug genommen. Gewählt wurde ein ländlicher Raum, der in diesem Flächenland als typisch angenommen werden kann. Hierfür sind vor allem Angaben des statistischen Landesamtes und verschiedene vom Land in Auftrag gegebene Studien ausgewertet worden.<sup>67/68/69</sup>

Um eine repräsentative dörfliche Struktur als Simulationsgrundlage zu erhalten, sind soziologische, ökonomische und energetische Faktoren zu berücksichtigen. So ist der Endenergieverbrauch an Strom und Wärme infolge der unterschiedlichen Wohnraumgröße pro Einwohner sowie des verschiedenen Wärmedämmstandards abhängig von der Größe der Gemeinde. Des weiteren haben sowohl die Altersstruktur als auch u. a. die Art und der Umfang der Gewerbe bzw. der Wirtschaft Einfluß auf Größe und Struktur des Endenergieverbrauches.



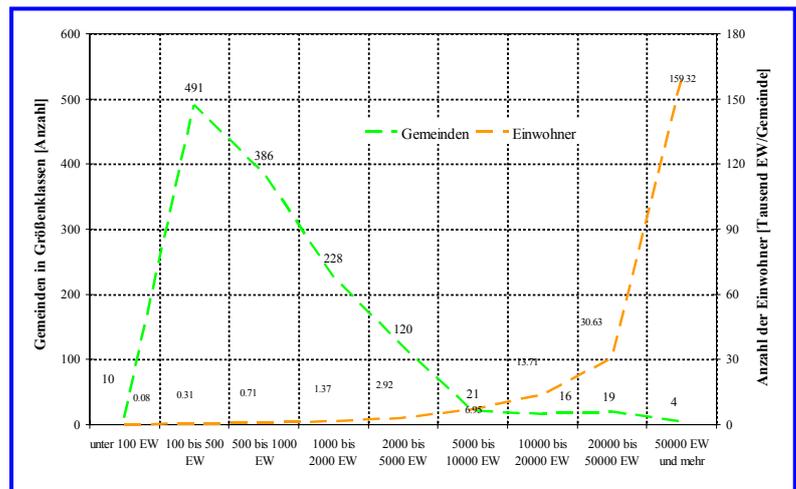
Abbildung 2-1: Politische Gliederung des Bundeslandes Sachsen-Anhalt.

<sup>67</sup> Statistisches Landesamt 2002 / Recherche Internet

<sup>68</sup> ARGE IfEK/WTU: "Energie- und Emissionskataster Sachsen-Anhalt für die Emittentengruppe 'Nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen' " Endbericht im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg/Jena, Dezember 2000

<sup>69</sup> Energieagentur Sachsen-Anhalt GmbH: "Energiebericht Sachsen-Anhalt 1994/95" im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung und Umwelt, Dezember 1996

Die Gesamtbevölkerung in Sachsen-Anhalt betrug Ende der neunziger Jahre ca. 2,7 Millionen. Knapp die Hälfte davon lebte in Gemeinden von weniger als 10000 Einwohnern. Die Einwohnerstruktur des Flächenlandes Sachsen-Anhalt kann im Detail der Abbildung 2-2 entnommen werden. Auffällig ist die hohe Anzahl der Gemeinden mit weniger als 5000 Einwohnern. Andererseits gibt es nur vier Gemeinden mit mehr als 50 000 Einwohnern, wobei die großen Städte Magdeburg und Halle nicht berücksichtigt sind. Als Grundlage der weiteren Betrachtungen zur Definition einer als typisch geltenden ländlichen Energiebedarfsstruktur dienen Gemeinden mit weniger als 2000 Einwohnern.



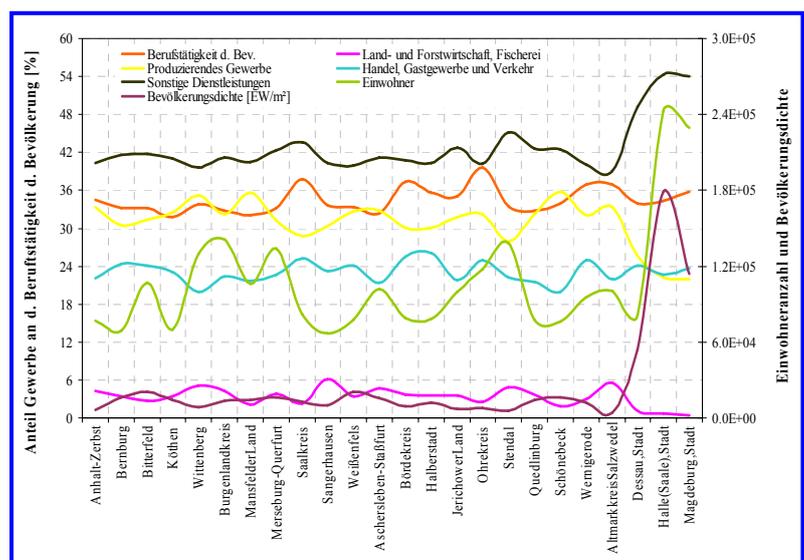
**Abbildung 2-2:** Anzahl der Gemeinden nach Gemeindegrößenklassen sowie Anzahl der Einwohner pro Gemeinde für die jeweilige Gemeindeklasse.<sup>70</sup>

Um das Verhältnis des Energieverbrauchs in Wirtschaft und Gewerbe zum privaten Verbrauch festzulegen, wird zunächst der Umfang der Berufstätigkeit an der Bevölkerungsanzahl sowie deren Anteil für die einzelnen Wirtschaftszweige betrachtet. Die Größenordnungen hierzu und die Bevölkerungsdichte der Gemeinden können der Abbildung 2-3 entnommen werden.

Die Berufstätigkeit liegt um die 35 Prozent. Die Dienstleistungen und das Gewerbe haben daran den größten Anteil. Die Bedeutung des Wirtschaftszweiges „Land- und Forstwirtschaft, Fischerei“ ist demgegenüber gering. Die Industrie soll nicht mit in die Betrachtungen einbezogen werden, da industrielle Versorgungsstrukturen sehr individuell und unabhängig von denen der Haushalte und Kleinverbraucher sind und oftmals unabhängig versorgt werden.

Die Berufstätigkeit ohne den Sektor Industrie wird demnach mit einem Verhältnis von 1:5 in Bezug zur Bevölkerung festgelegt.

Die durchschnittliche Wohnfläche beträgt im Land Sachsen-Anhalt 35 m<sup>2</sup>/Einwohner. Allerdings liegen die Werte für Gemeinden mit weniger als 5000 Einwohnern darüber (siehe Tabelle 2-1); der Unterschied zwischen den Gemeinden gleicher Größenklasse ist mitunter relativ groß. Insgesamt hat die Mehrzahl der Gemeinden durchschnittlich eine spezifische Wohnfläche von 35 bis 40 m<sup>2</sup> pro Einwohner aufzuweisen. Als durchschnittliche Flächen für



**Abbildung 2-3:** Berufstätigkeit und Bevölkerungsdichte im Land Sachsen-Anhalt in bezug auf die Kreise.<sup>68</sup>

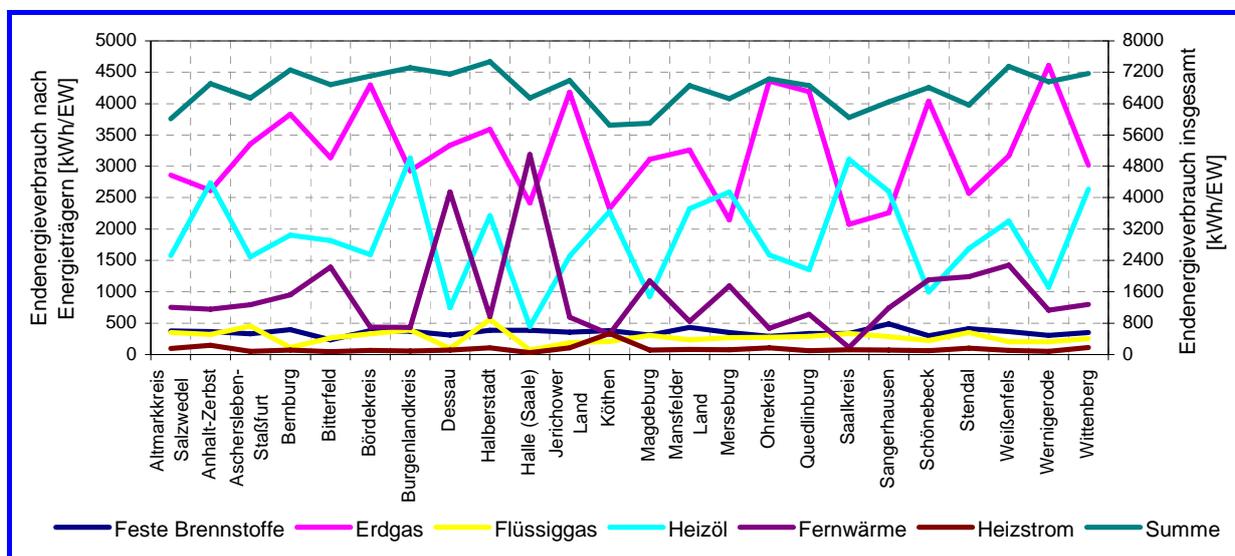
<sup>70</sup> Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Stand Dezember 1998

das Gewerbe wird ein Wert von 50 m<sup>2</sup> pro Beschäftigten angenommen.<sup>71</sup>

**Tabelle 2-1:** Wohnfläche pro Einwohner in Abhängigkeit der Einwohnerzahl pro Gemeinde.<sup>68</sup>

<b>Gemeindegrößenklasse</b>	<b>Gemeinden</b>	<b>&lt; 30</b>	<b>30-35</b>	<b>&gt; 35-40</b>	<b>&gt; 0-50</b>	<b>&gt; 50</b>
[Einwohner]	[Anzahl]	[m <sup>2</sup> ]				
< 200	94	2	6	43	40	3
200-500	409	14	82	198	114	1
500-1.000	384	14	100	228	42	0
1.000-2.000	228	13	82	121	12	0
2.000-5.000	120	7	53	59	1	0
5.000-10.000	21	1	13	7	0	0
10.000-20.000	16	0	10	6	0	0
20.000-50.000	19	0	12	7	0	0
50.000-100.000	2	0	1	1	0	0
> 100.000	2	0	0	2	0	0
<b>Summe:</b>	1295	51	359	672	209	4

Die Substitution der Energieträger beim Endenergieverbrauch der ca. 1,2 Millionen Haushalte im Land Sachsen-Anhalt führte in den letzten Jahren zu einem Rückgang des Verbrauches „Fester Brennstoffe“. So ging der Anteil von 44 Prozent im Jahr 1994 auf 15 Prozent im Jahr 1998 zurück. Demgegenüber stiegen die Anteile von Heizöl (von 8 auf 21 Prozent) und Gasen (23 auf 41 Prozent). Die Fernwärme trägt mit 23 Prozent zur Wärmeversorgung bei. Im Gegensatz dazu hat der Heizstrom nur einen Anteil von 1 Prozent. Die Anteile der beiden letztgenannten änderten sich im betrachteten Zeitraum wenig. Der Tabelle 2-2 kann eine Zusammenfassung der für diese Arbeit relevanten Struktur entnommen werden.



**Abbildung 2-4:** Endenergieverbrauch der Haushalte nach Energieträgern im Land Sachsen-Anhalt in bezug auf die Kreise.

<sup>71</sup> Rouvel, L. et al: „IKARUS – Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien“, Abschlußbericht Teilprojekt 5, „Energieverbrauchsstruktur im Sektor Kleinverbraucher“ Monographien des Forschungszentrums Jülich 1995, Band 18

**Tabelle 2-2:** Energieverbrauchsparameter des Bundeslandes Sachsen-Anhalt.

<b>Sachsen-Anhalt</b>			
Einwohner <sup>67</sup>	[Anzahl]	2.565.174	
Beschäftigte in Sachsen-Anhalt <sup>67</sup>	[Anzahl]	890.877	
Beschäftigte in S.-A. Kleinverbrauch <sup>67</sup>	[Anzahl]	623.967	
Wohnungen <sup>68</sup>	[Anzahl]	1.152.267	
Spezifische Wohnungsbelegung	[EW/Wohnung]	2,23	
Spezifische Wohnfläche <sup>68</sup>	[m <sup>2</sup> /EW]	35	
Durchschnittliche Fläche pro Arbeitsplatz <sup>71</sup>	[m <sup>2</sup> /BE]	50	
		<i>Haushalte</i>	<i>Kleinverbrauch</i>
Gesamtenergieverbrauch <sup>68</sup>	[MWh/a]	17.211.750	8.975.769
davon Anteil Warmwasser <sup>72</sup>	[-]	0,13	0,18
Energiebedarf Warmwasser	[MWh]	2.176.198,28	1.574.696,32
Spezifischer Heizwärmebedarf	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	167,47	166,15
Spezifischer Warmwasserbedarf	[Liter/(EW d)] [Liter/(BE d)]	39,97	83,28
Stromverbrauch HH [GWh/a] <sup>68/69</sup>	[GWh/a]	3.262,00	3.262,00
Stromverbrauch HH [kWh/EW] <sup>68</sup>	[kWh/EW]	1.271,65	5.227,84
	[kWh/BE]		

Mit den genannten Rahmenbedingungen wird eine den strukturellen Gegebenheiten des Bundeslandes Sachsen-Anhalt Rechnung tragende Verbraucherstruktur herausgearbeitet und in folgender Tabelle zusammengefaßt:

**Tabelle 2-3:** Energieverbrauchsparameter der definierten Verbrauchsstruktur.

		<b>Haushalte</b>	<b>Kleinverbraucher</b>
Einwohner bzw. Beschäftigte	[Anzahl]	750	150
Spezifische Fläche	[m <sup>2</sup> /EW] [m <sup>2</sup> /BE]	40	50
Gesamte Fläche	[m <sup>2</sup> ]	30.000	7.500
Heizwärme	[MWh/a]	5.024,07	1.246,14
Warmwasserverbrauch	[m <sup>3</sup> /a]	10.941,39	4.559,32
	[MWh/a]	636,73	265,33
Stromverbrauch	[MWh/a]	953,737	784,18

Die definierte Verbrauchsstruktur basiert auf den gegenwärtigen Stand der Wärmedämmung. Als *zweite Variante* wird eine dem modernen Wärmestandard entsprechende Wärmedämmung (Energieeinsparverordnung – EnEV, bei regelmäßiger Aktualisierung) festgelegt werden. Hierbei liegt der spezifische Heizwärmebedarf bei ca. 50 kWh/(m<sup>2</sup> a). Der Strom- und Warmwasserverbrauch wird für diese Variante konstant gehalten.

<sup>72</sup> Quelle: Statistisches Landesamt Sachsen-Anhalt, Verbrauchswerte 2001

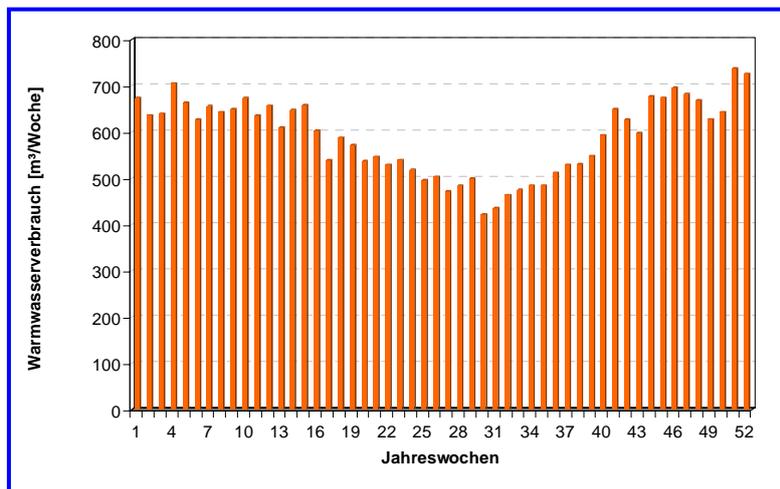
### 2.1.1.1. Verbrauchsprofile

Zur Ermittlung der Verbrauchsprofile konnten nur für den Warmwasserverbrauch der Haushalte eigene Meßwerte genutzt werden. Für die anderen Verbrauchscharakteristika sind Meßergebnisse anderer Untersuchungen, die dem Verbraucherprofil entsprechen, genutzt worden. Für die Ermittlung des Heizwärmeprofiles wurden die vorhandenen Profile zur genaueren Darstellung des Tagesganges weiterentwickelt.

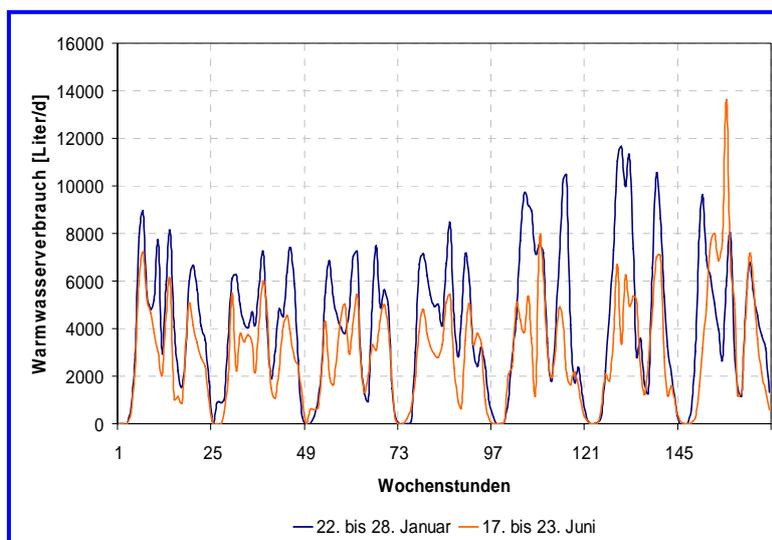
#### Verbrauchsprofil *Trinkwarmwasser*

Für den Warmwasserverbrauch der Haushalte können Meßdaten verwendet werden, welche für die Optimierung einer 120 m<sup>2</sup> großen Solarthermieanlage im Rahmen einer Diplomarbeit aufgenommen wurden.<sup>73</sup>

Der Sektor des Kleinverbrauchs stellt 20 Prozent des gesamten Warmwasserverbrauchs dar. Das Verbraucherprofil wird der Simulationssoftware „COPRA“<sup>74</sup> entnommen, die eigene Messungen durchführten. Den Abbildungen 2–5 und 2–6 können das Jahresprofil und zwei Wochenprofile des Verbrauches an Warmwasser entnommen werden.



**Abbildung 2-5:** Verbrauchsprofil Warmwasser für jeweils eine Woche im Winter und im Sommer.



**Abbildung 2-6:** Jahresverbrauchsprofil Warmwasser.

<sup>73</sup> Schumpich, F.: „Untersuchung innovativer Speicherkonfigurationen und Regelungsvarianten für solarthermische Anlagen“, Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2001

<sup>74</sup> COPRA: „Wirtschaftlichkeitsberechnung und Optimierung von Energieversorgungssystemen“, Software, Dr.-Ing. G. Valentin & Partner GbR

### Verbrauchsprofil Heizwärme

Zur Ermittlung des Heizwärmeprofiles sind sowohl die Passivwärme und die Außentemperatur als auch das Verbraucherverhalten zu berücksichtigen. Die in dieser Arbeit genutzte Simulationssoftware „COPRA“ nutzt das Verbrauchsprofil der VDI 2067 Blatt 7.<sup>75</sup> Dieses Profil bestimmt die Aufteilung der von der Außentemperatur abhängigen Heizwärme über einen Tag und kann unter Annahme einer durchschnittlichen Zimmertemperatur von 20°C mit folgender Gleichung beschrieben werden:

$$\dot{Q}_h = k_d \cdot \frac{x_i}{24} \cdot (293,15 - \bar{T}_{d,a}) \quad \sum x_i = 24$$

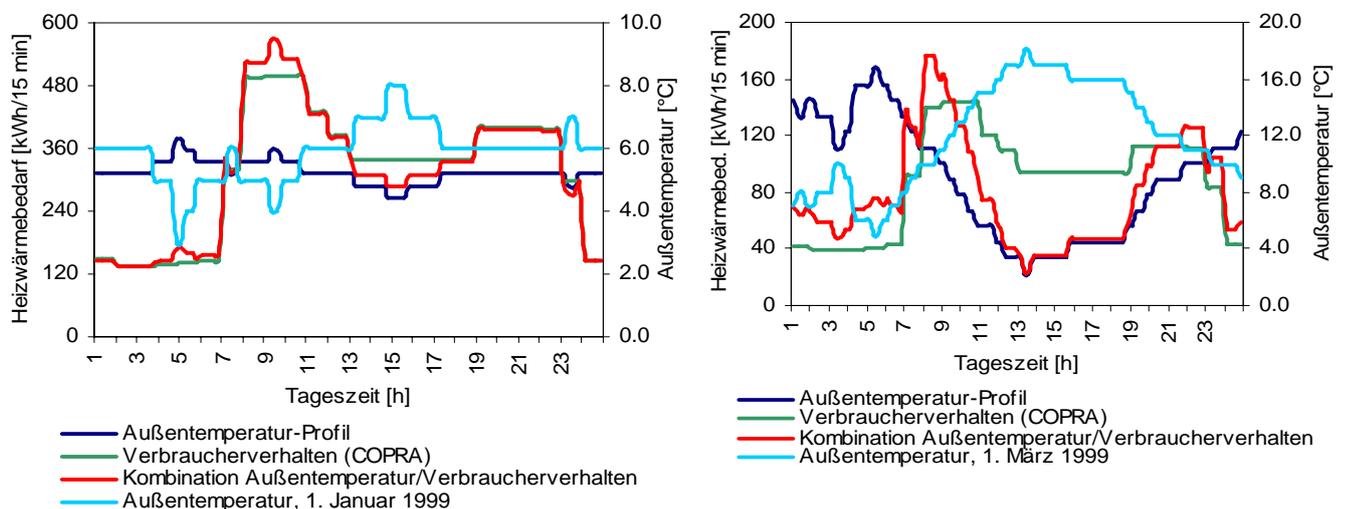
$Q_h \dots$  stündlicher Wärmebedarf  $\left[ \frac{kWh}{h} \right]$   
 $k_d \dots$  durchschnittlicher Wärmedurchgangskoeffizient  $\left[ \frac{kWh}{Kelvin} \right]$   
 $\bar{T}_{d,a} \dots$  durchschnittliche Tagesaußentemperatur [Kelvin]

**Gleichung 2-1**

Berücksichtigt man das Verbraucherverhalten nicht, fällt der stundenspezifische Term weg und es wird mit der momentanen Außentemperatur gerechnet, wobei der tägliche Wärmebedarf gleich groß wäre. Für die Berechnungen und Simulationen dieser Arbeit werden beide Herangehensweisen miteinander verknüpft (siehe Abbildungen 2-7 und 2-8). Das gilt sowohl für das Verbrauchsprofil „Wintertag“ als auch für das Verbrauchsprofil „Sommertag“. Des weiteren wird mit einem stündlichen Mittel der Raumtemperatur gerechnet. Es kann demnach folgende Formel geschrieben werden:

$$\dot{Q}_h = k_d \cdot \frac{x_i}{24} \cdot (293,15 - \bar{T}_{h,a})$$

**Gleichung 2-2**



**Abbildungen 2-7 und 2-8:** Verbrauchsprofile Heizwärme im Vergleich für einen Winter- und einen Übergangstag.

<sup>75</sup> VDI 2067 Blatt 7 „Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen – Blockheizkraftwerke“, Beuth Verlag, Berlin 1988

Die solaren Wärmegewinne werden mit folgenden Gebäudeparametern simuliert:

- Die gesamte Fensterfläche der Mehrfamilienhäuser beträgt 1875 m<sup>2</sup>.
- Der Gesamtenergiedurchlassgrad der Fenster wird mit dem Faktor 0,6 berücksichtigt.<sup>76</sup>
- Die Aufteilung der Fensterflächen nach Himmelsrichtung:

Nord	=	15 Prozent
Ost	=	25 Prozent
West	=	25 Prozent
Süd	=	35 Prozent
- Es wird ausschließlich von vertikalen Fensterflächen ausgegangen.

### Verbrauchsprofil **Klimakälte**

Bei der Berechnung des Bedarfs an Klimakälte wurde auf eine Erstellung von Verbraucherprofilen verzichtet. Es kann mit genügender Genauigkeit von einer direkten Abhängigkeit zur Außentemperatur ausgegangen werden.<sup>77</sup> Die angestrebte durchschnittliche Zimmertemperatur soll in den Sommermonaten 23°C betragen.

Der Kältebedarf der *zweiten Variante* mit verbesserter Wärmedämmung sinkt nicht im selben Maße wie der Heizwärmebedarf, da angenommen werden kann, daß der geringere Heizwärmebedarf zum Teil durch die indirekte Nutzung der Solarenergie verursacht wird. Der Bedarf an Klimakälte reduziert sich somit um ca. 50 Prozent.

### Verbrauchsprofil **Elektrizität**

Die Kennlinien des Stromverbrauches, die in Abbildung 2-9 dargestellt sind, werden in Wochentag (Montag bis Freitag, Sonnabend und Sonntag), in der Jahreszeit (Sommer, Übergang und Winter) sowie für die einzelnen Monate unterschieden. Zudem wird das Wochenprofil berücksichtigt, wobei der Unterschied zwischen Wochentag und Wochenende für die Haushalte gering ist. Er beträgt zwischen den Wochentagen und dem Sonnabend, wo der Verbrauch an Strom größer ist, nur 6 Prozent.

Der Sonntag entspricht ungefähr den Wochentagen. Deutlicher sind die Unterschiede zum Sektor Kleinverbraucher. Hierbei dominieren die Wochentage und liegen mit ca. 30 Prozent gegenüber dem Sonnabend sowie 50 Prozent gegenüber dem Sonntag deutlich über den Stromverbräuchen am Wochenende.

Wie am Beispiel des Wochenprofils dargestellt, sind die Verbrauchsparameter für die Tages- und Jahresprofile ebenfalls vom Rhythmus des Berufslebens und der Freizeitgestaltung abhängig. Die der Tagesabläufe unterscheiden sich primär in Arbeitstag und arbeitsfreier Tag.

<sup>76</sup> DIN V 4108-6: „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden“, Teil 6: „Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs“, November 2000

<sup>77</sup> Safarik, M.: „Solare Klimakälteerzeugung – Technologie, Erprobung und Simulation“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, April 2004

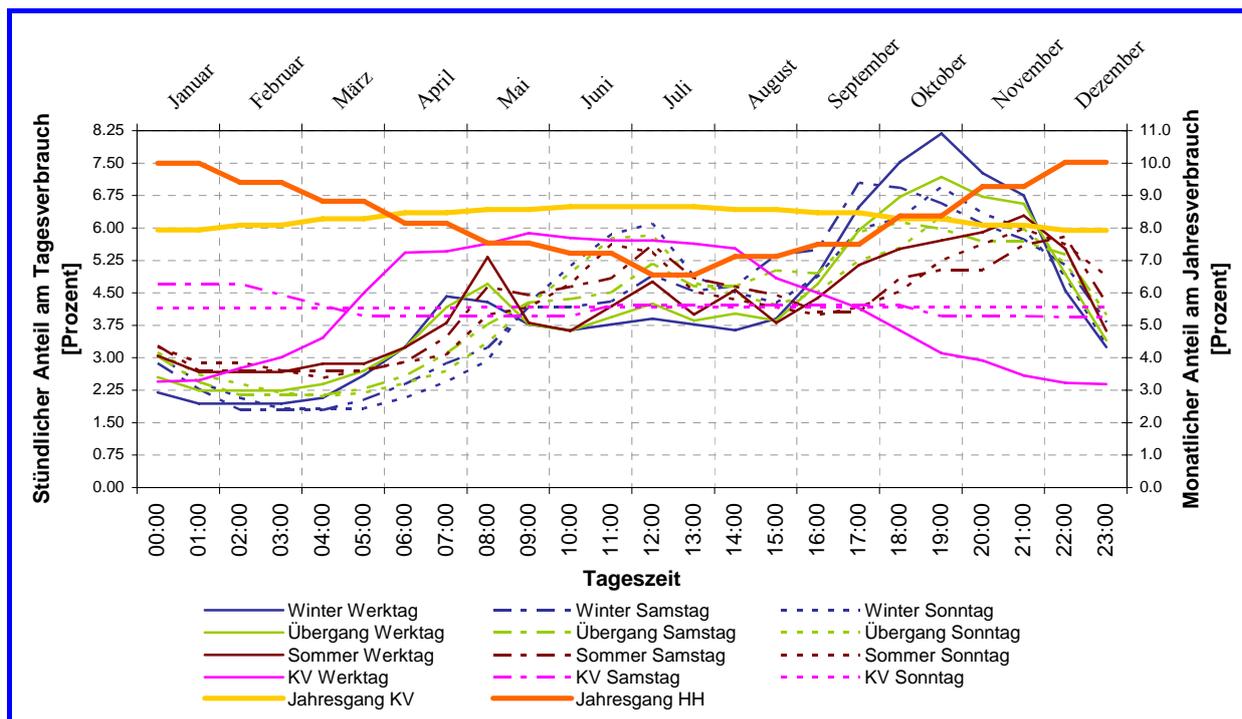


Abbildung 2-9: Verbrauchsprofile der Elektrizität für die Wochentage und ein Kalenderjahr in den Verbrauchssektoren Haushalte und Kleinverbraucher.<sup>78/74</sup>

Zur Auslegung einer Energieversorgung sind nicht nur der Gesamtjahresbedarf und das Verbraucherprofil zur Ermittlung der Spitzenlast notwendig. Gerade bei einer gleichzeitigen Versorgung mit Elektrizität und Wärme / Kälte ist eine Gegenüberstellung der unterschiedlichen Verbrauchsprofile hilfreich. Mit der Abbildung 2-10 erfolgte dieses beispielhaft für die Profile von Elektrizität und Wärme.

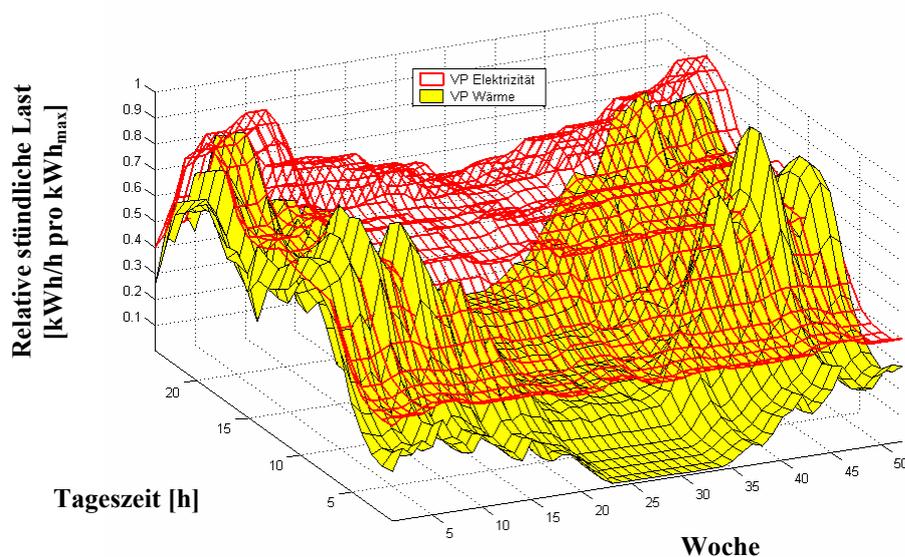


Abbildung 2-10: Gegenüberstellung der Verbrauchsprofile von Wärme (Heizung und Trinkwarmwasser) sowie Elektrizität über ein Jahr für die erste Variante.

<sup>78</sup> Düwall, P, Lange-Hüsken, M.: „Lastganglinien der Haushalte“, VDEW, 1985

### 2.1.1.2. Meteorologische Daten

Voraussetzung für die Nutzung regenerativer Energien durch entsprechende Umwandlungsanlagen sowie deren Simulation sind Kenntnisse über die Dargebotsprofile z. B. der Solarstrahlung und Windgeschwindigkeit. Sie sind vor allem von der geographischen Lage der zu untersuchenden Anlagen notwendig.

Die Datengrundlage zur Ermittlung der Verbrauchsprofile und Energieverbräuche bildet das Bundesland Sachsen-Anhalt. Aus diesem Grunde werden Solarstrahlungsdaten der Landeshauptstadt Magdeburg verwendet. Sie wurden im Rahmen der Datenaufzeichnung einer wissenschaftlichen Begleitung der 660 m<sup>2</sup> großen Solarthermieanlage, die im Rahmen des Solarthermie-2000-Programms auf dem Dach der Mensa der Otto-von-Guericke-Universität errichtet wurde, durch ein Pyranometer aufgezeichnet. Die jährliche spezifische Globalstrahlung für das Jahr 1999, bezogen auf die horizontale Fläche, beträgt demnach 1067,67 kWh/(m<sup>2</sup> a). Gleichzeitig ist die Außentemperatur gemessen worden. Alle Werte liegen im 30-Minuten-Intervall vor.<sup>73</sup>

Da Sachsen-Anhalt ein Binnenland ist, sind entsprechende Daten für die Windenergie notwendig. In diesem Falle standen Winddaten aus Braunschweig und Berlin als 10-Jahres-Mittel zur Verfügung. Letztere können als repräsentativ für Sachsen-Anhalt gelten und wurden gewählt.<sup>79</sup> Diese Daten sind ebenfalls im Intervall von 30 Minuten verfügbar. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in 10 Meter Höhe 4,08 m/s.

Ein Vergleich von Dargebotes- und Verbrauchsprofilen können den Abbildungen 2-11 und 2-12 entnommen werden, wobei die Wärme als Gesamtwärme (Heizung und Trinkwarmwasser) und die Windgeschwindigkeit in 10 Meter Höhe zu verstehen sind.

---

<sup>79</sup> Beyer, H.-G.: Software „WGEN“ und „WASP“ zur Berechnung von Windgeschwindigkeiten aus Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD).

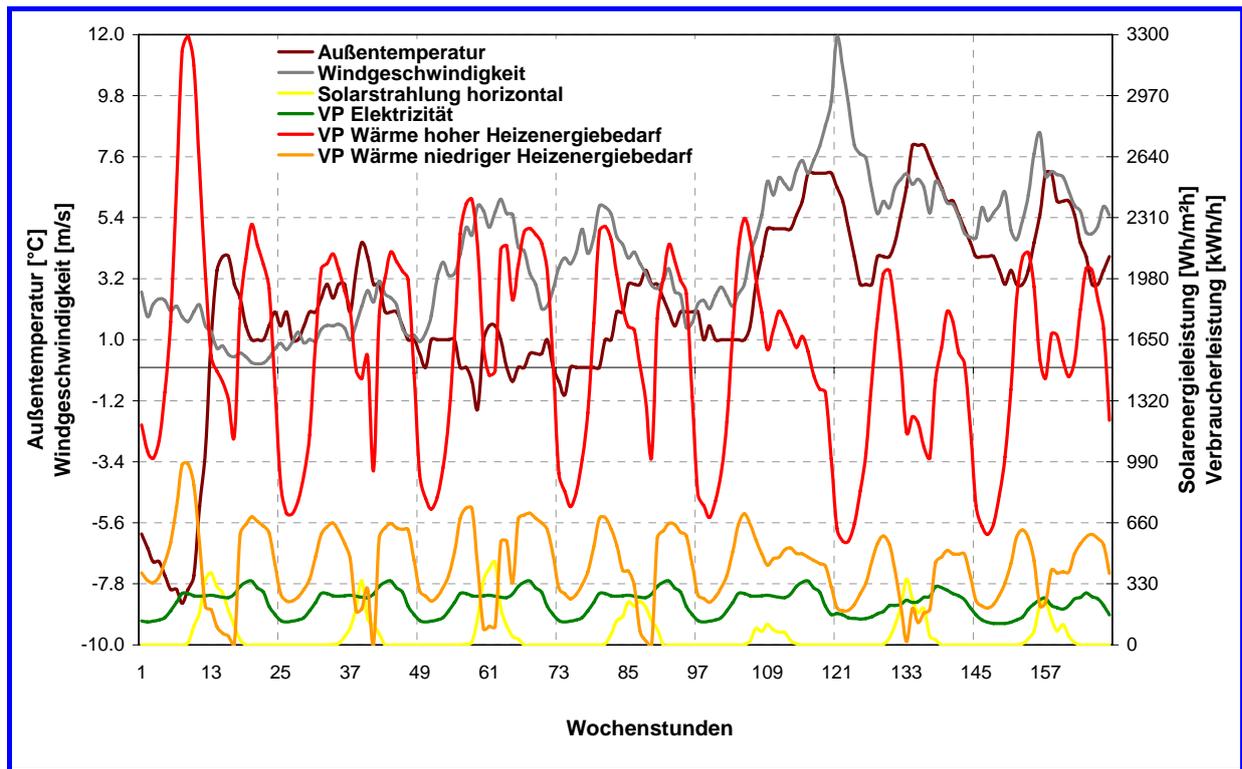


Abbildung 2-11: Vergleich der Dargebots- u. Verbraucherprofile einer Winterwoche (7. Kalenderwoche 1999).

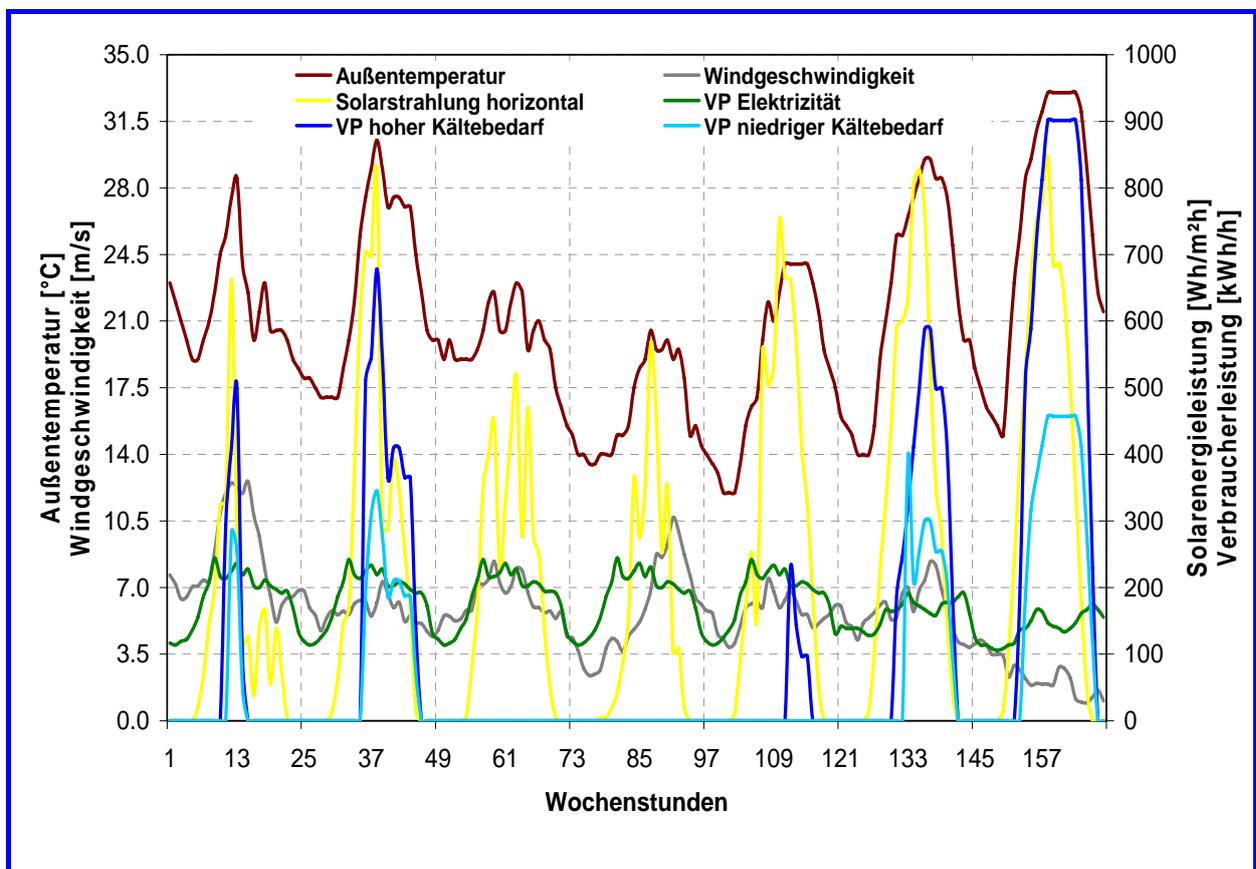


Abbildung 2-12: Vergleich der Dargebots- und Verbraucherprofile einer Sommerwoche (28. Kalenderwoche 1999).

## ***2.2. Festlegung der Systemkonfigurationen für die Simulation***

### ***2.2.1. Auswahl der Anlagenkomponenten***

Die Auswahl der Anlagenkomponenten bei der Konzipierung des dezentralen Energieversorgungssystems richtet sich einerseits nach den energetischen Versorgungsaufgaben und andererseits nach dem Stand der technischen Entwicklung und Markteinführung (siehe Hauptpunkt 1). Ihre Auslegung erfolgt anhand der Bedarfsumfänge an Elektrizität, Wärme- und Kälteenergie sowie in Abhängigkeit der Verbrauchcharakteristika.

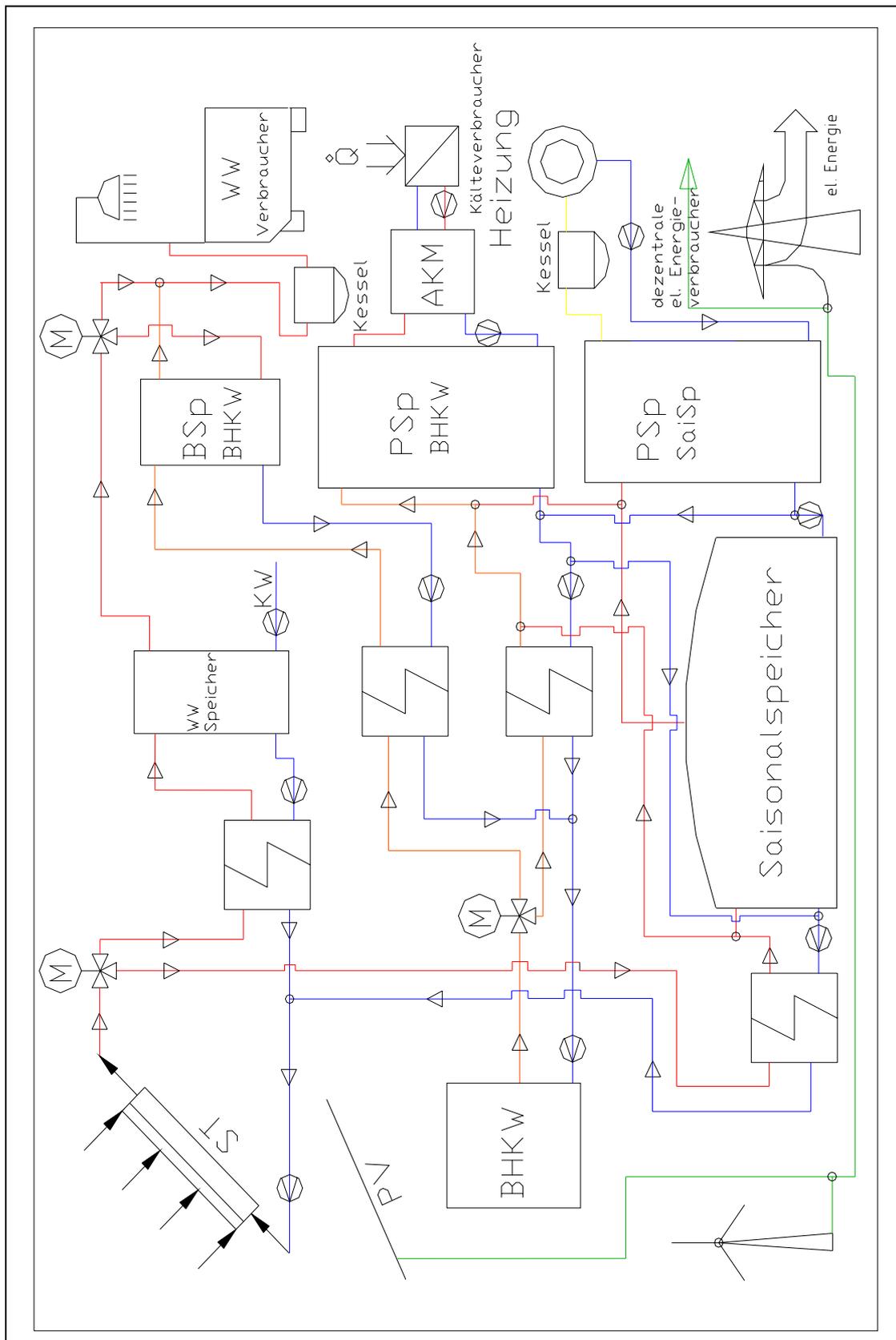
Das den Simulationen zugrunde gelegte dezentrale Energieversorgungssystem besteht aus folgenden variablen Anlagenkomponenten:

- Solarthermiefeld
- Photovoltaikfeld
- Windkraftanlage
- Motor-Blockheizkraftwerk, betrieben mit Erdgas
- Absorptionskältemaschine
- Heizkessel, betrieben mit Erdgas
- Erdlangzeitspeicher (Wasser)
- Batterie
- Nahwärmenetz

(Rohrleitungen, Pumpen, Wärmeübertrager, Bereitschaftsspeicher, ...)

Denkbar wäre es, noch weitere Energieumwandlungsanlagen, die regenerativ beispielsweise auf Basis der Wasserkraft oder von Biomasse bzw. Biogas arbeiten, hinzuzufügen, oder andere durch solche zu ersetzen. Die Kältebereitstellung könnte zusätzlich durch eine Kompressionskältemaschine erfolgen, die mit Strom aus der Photovoltaik und/oder der Windenergie betrieben werden könnte. Neben der Praxisnähe war für die Komponentenauswahl die Datenverfügbarkeit zur Simulation ausschlaggebend.

Das zu simulierende Energieversorgungssystem entspricht dem Stand der Technik, damit eine Verifizierbarkeit mit den in der Praxis bewährten Energieversorgungsanlagen gewährleistet ist. Zudem müssen Voraussetzungen zur Simulation der Energieumwandlungsanlagen erfüllt sein. Dazu sind vor allem Kenntnisse der technischen Parameter erforderlich. Für die aus der Praxis ausgewählten Komponenten Motor-Blockheizkraftwerk, Solarthermiefeld, Photovoltaik- und Windkraftanlage sind die Parameter im Hauptabschnitt 3 zusammengefaßt. Für die übrigen Systemkomponenten werden die Parameter im Zusammenhang mit den Festlegungen zur Anlagensimulation im Hauptpunkt 4 darlegt.



**Abbildung 2-13:** Prinzipielles Schema des dezentralen Energieversorgungssystems der Simulationsvariante 9b bzw.10b.

### **2.2.2. Konfiguration und Betriebsweise der Energieversorgungssysteme**

Zur Darstellung von signifikanten Besonderheiten unterschiedlicher Versorgungsstrategien ist es erforderlich, die vornehmlich in der Praxis verwendeten Technologien zu simulieren. Auf dieser Basis werden schrittweise zusätzliche Komponenten mit Variation der Leistungsparameter in das Energieversorgungssystem eingebunden (siehe Tabelle 2-4). Mit dieser Herangehensweise können energetische, ökonomische und ökologische Konsequenzen der zusätzlichen Einbindungen quantitativ dargestellt werden.

Während die Solarthermie bei allen Simulationsvarianten vorgesehen ist, werden die Anlagenkomponenten Photovoltaik und Windkraft bei der stromgeführten Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes ergänzt. Auf dieser Grundlage kann dann, unter Kenntnis der Ertragsprofile für die Elektrizität des Blockheizkraftwerkes sowie der Windkraft und der Photovoltaik die wärmegeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit diesen Regenerativkomponenten zur Stromversorgung analytisch ergänzt werden.

Für alle Simulationsvarianten, die mit „b“ gekennzeichnet sind, ist eine Versorgung mit Klimatisierungskälte vorgesehen. Der Nummerierung der Simulationsvarianten mit ungeraden Ziffern (1, 3, 5, 7, 9) wird der hohe Heizenergiebedarf zugrunde gelegt; die übrigen basieren auf den niedrigen Heizenergiebedarf (siehe Punkt 2.1.1.1.). Ausnahme bildet hierbei die autarke Elektrizitätsversorgung – Simulationsvariante 11. Diese zukunftsorientierte Anlagenkonfiguration wurde mit dem niedrigen Bedarf an Heizwärme simuliert. Zudem gibt es hierbei keine Simulationen ohne Solarthermie.

Die Charakteristika der Energienachfrage bleiben dabei jeweils konstant wie auch die meteorologischen Daten. Es können demnach Aussagen über Auswirkungen unterschiedlicher Anlagenkonfigurationen getroffen werden. Je nach Auswertungskriterium (Hauptpunkte 4 und 6) ist es möglich, auf dieser Grundlage optimale Konfigurationen durch Nutzung der Synergieeffekte bei der Kopplung verschiedener Energieumwandlungstechnologien herauszuarbeiten.

Für die Versorgung mit Wärmeenergie wird für alle Strukturen von einem Nahwärmesystem ausgegangen. Die Elektroenergieversorgung erfolgt sowohl mit Netzkopplung als auch autark.

**Tabelle 2-4:** Allgemeine Darstellung der simulierten Varianten für die zu simulierenden dezentralen Energieversorgungssysteme.

Variante	Simulationen	ST	PV	WKA	LSp	Batterie	Elektrizitätsversorgung	Betriebsart		Versorgungsgrad		
								Stromgeführt	Wärmegeführt	Strom	Wärme	Kälte
		[Anzahl der Parameteränderungen]							[Prozent]			
1a	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Nur Heizkessel		0	100	0
1b	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Nur Heizkessel		0	100	100
2a	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Nur Heizkessel		0	100	0
2b	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Nur Heizkessel		0	100	100
3a	4	0 ... 3	0...9re	0...4re	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK		X	<100	100	0
3b	4	0 ... 3	0...9re	0...4re	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK		X	<100	100	100
4a	4	0 ... 3	0...9re	0...4re	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK		X	<100	100	0
4b	4	0 ... 3	0...9re	0...4re	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK		X	<100	100	100
5a	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Mischfahrweise		100	100	0
5b	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Mischfahrweise		100	100	100
6a	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Mischfahrweise		100	100	0
6b	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Mischfahrweise		100	100	100
7a	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Dauerbetrieb		>100	100	0
7b	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Dauerbetrieb		>100	100	100
8a	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Dauerbetrieb		>100	100	0
8b	4	0 ... 3	0	0	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	Dauerbetrieb		>100	100	100
9a	200	0 ... 3	0 ... 9	0 ... 4	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	X		100	100	0
9b	200	0 ... 3	0 ... 9	0 ... 4	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	X		100	100	100
10a	200	0 ... 3	0 ... 9	0 ... 4	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	X		100	100	0
10b	200	0 ... 3	0 ... 9	0 ... 4	0 ... V <sub>i</sub>	0	NK	X		100	100	100
11a	150	3	0 ... 9	0 ... 4	0 ... V <sub>i</sub>	LK <sub>i</sub>	Aut	X		100	≥100	0
11b	150	3	0 ... 9	0 ... 4	0 ... V <sub>i</sub>	LK <sub>i</sub>	Aut	X		100	≥100	100

ST ... Solarthermiefeld  
 PV ... Photovoltaikanlage  
 LSp ... Langzeitspeicher  
 NK ... Netzkopplung  
 Aut ... autarke Stromversorgung  
 V<sub>i</sub> ... variables Volumen  
 LK<sub>i</sub> ... variable Ladekapazität  
 0...4re und 0...9re Ergänzung rechnerisch, Datenbasis Simulationen der Varianten 9a, 9b, 10a, 10b.

### 2.2.3. Auslegung der Systemkomponenten

Die Simulation jeder Ergänzung der dezentralen Energieversorgung mit einer neuen Anlage, die auf Basis regenerativer Energien arbeitet, erfolgt mit den in Tabelle 2-5 festgelegten Schrittweiten. Für das Solarthermiefeld gilt dieses innerhalb jeder neuen Simulationsvariante, für die Photovoltaik und die Windkraft in den Varianten 10 und 11. Anhand der Verbrauchscharakteristika werden für die einzelnen Systemkomponenten Leistungsparameter definiert. Teilweise sind dabei sehr groß dimensionierte Anlagen zugelassen worden, um Extremwerte auswerten zu können.

Die Größe der Erdlangzeitspeicher, der Batterie sowie des Heizkessels werden anhand der Simulationsergebnisse festgelegt, wobei für die Erdlangzeitspeicher ein mehrjähriger Betrieb mit annähernd gleichen durchschnittlichen Jahresanfangs- und Jahresendtemperaturen gewährleistet wird. Das Nahwärmenetz ist mit maximal 1200 Metern relativ klein gewählt worden. Es ist in der Praxis stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig.

Tabelle 2-5: Leistungsparameter der Systemkomponenten für die erste Heizungsvariante.

Energieumwandlungsanlage Speicher	Leistung bzw. Größe	Simulations- variante	Schrittweite
Heizkessel	1000 ... 4000 kW <sub>th</sub>	1 ... 11	1000 kW <sub>th</sub>
BHKW	0 oder 3 x 125 kW <sub>el</sub>	3 ... 11	
Solarthermie	0 ... 6750 m <sup>2</sup>	1 ... 11	1250 m <sup>2</sup>
Photovoltaik	0 ... 459 kW <sub>p</sub>	9 ... 11	51 kW <sub>p</sub>
Windkraft	0 ... 460 kW	9 ... 11	115 kW
Absorptionskältemaschine	1250 kW <sub>Kälte</sub>	1 ... 11	
Langzeitspeicher (LSp)			> 6000 m <sup>3</sup> = 3000 m <sup>3</sup>
Solarthermie	0 ... 27 000 m <sup>3</sup>	1 ... 11	< 6000 m <sup>3</sup> = 1000 m <sup>3</sup>
BHKW	0 ... 42 000 m <sup>3</sup>	3 ... 11	
Batterie	0 ... 461 kWh <sub>LK</sub>		1 kWh <sub>LK</sub>
Nahwärmenetz	Heizkreis 500 m Solarthermie 200 m LSp-Verteilung 500 m		

#### 2.2.4. Betriebsweise und Regelung des Energieversorgungssystems

Die Versorgung mit Elektrizität erfolgt für die Simulationsvarianten 1 bis 8 durch das Blockheizkraftwerk und/oder das Stromnetz. Mit Nutzung der Windkraft und der Photovoltaik sowie des stromgeführten Blockheizkraftwerkes dient das Elektrizitätsnetz zur Einspeisung des von den Verbrauchern nicht genutzten Stromes. Für die Varianten einer autarken Stromversorgung ist kein Netz nötig.

Die Wärmeversorgung basiert auf den Komponenten Solarthermie, Blockheizkraftwerk und Heizkessel. Diese Reihenfolge spiegelt auch die Priorität in der Regelung wieder. Die im Sommer bereitgestellte Wärme wird von der Solarthermie und vom stromgeführten Blockheizkraftwerk zur Nutzung in der Übergangszeit und im Winter gespeichert. Dazu dient ein mit Wasser gefüllter Erdlangzeitspeicher. Die Wärme wird primär genutzt und durch den Heizkessel ergänzt.

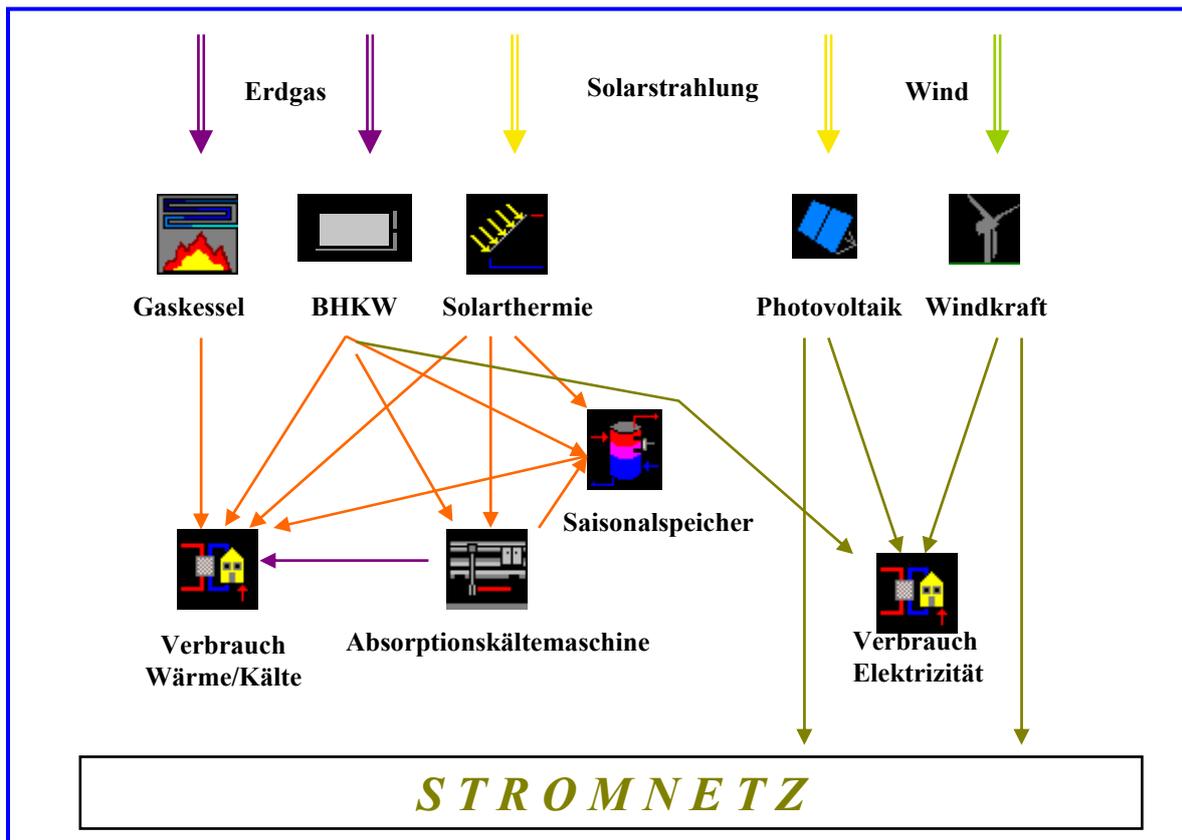


Abbildung 2-14: Prinzipbild der Energieströme der Simulationsvariante 9b bzw. 10b.

In bezug auf die Kälteversorgung gelten die gleichen Prioritäten (Solarthermie, BHKW und Heizkessel). Allerdings wird jedes Mal geprüft, ob die teilweise hohe Rücklauftemperatur im Langzeitspeicher genutzt werden kann.

Im folgenden wird die prinzipielle Regelung für die einzelnen Versorgungskreise zusammengefasst; das prinzipielle Anlagenschema kann der Abbildung 2-13 entnommen werden:

<i>Heizkreis:</i>	<p>Wenn die Solarthermie Bestandteil des Energieversorgungssystems ist, werden deren Erträge primär zur Wärmeversorgung genutzt. Fehlende Wärme wird durch das BHKW ergänzt. Sollte das nicht ausreichend sein, wird der Heizkessel eingeschaltet.</p> <p>Allerdings muß gewährleistet werden, daß die Rücklauftemperatur für das BHKW 75°C nicht überschreitet. Das geschieht durch den Einbau einer Notkühlung. Gleichzeitig wird eine Rücklauftemperatur von mindestens 60°C durch Aufheizung des Massenstromes garantiert.</p> <p>Der Heizungsvorlauf beträgt mindestens 60°C und sollte nicht wesentlich höher sein, um die Erträge der Solarthermie besser nutzen zu können. Für die Heizenergieverbrauchsvariante 1 ist ein Massestrom von 300 m<sup>3</sup>/h festgelegt worden (Variante 2: 150 m<sup>3</sup>/h).</p>
<i>Trinkwarmwasser:</i>	<p>Sowohl die Solarthermieanlage als auch das Blockheizkraftwerk garantieren in dieser Reihenfolge die Versorgung mit Trinkwarmwasser. Beide Versorgungskreise prüfen zunächst, ob dazu Wärme notwendig</p>

	<p>ist, d. h., ob die Bereitschaftsspeicher aufgeheizt werden müssen. Ist das nicht der Fall, werden im Sommer die Langzeitspeicher beliefert. In der Übergangszeit oder im Winter wird diese Wärme dem Heizkreis zur Verfügung gestellt bzw. werden auch hier die Speicher beliefert.</p> <p>Ergänzend hierzu steht wiederum ein Spitzenlastkessel zur Verfügung.</p>
<p><i>Klimakältekreis:</i></p>	<p>Im Sommer wird statt des Heizkreises oder des Langzeitspeichers (oder nach Prüfung der notwendigen Wärme zur Versorgung mit Trinkwarmwasser) der Bereitschaftsspeicher zur Kälteversorgung mit Wärme für die Absorptionskältemaschine beliefert. Die Nutzung der solarthermisch bereitgestellten Wärme hat auch hierbei Priorität. Die Absorptionskältemaschine wird nach dem Kältebedarf betrieben. Der Spitzenlastkessel ist ebenfalls in Betriebsbereitschaft.</p>

## 3. Modellierung

### 3.1. Allgemeine Betrachtungen

Um Energieversorgungsanlagen planen und bewerten zu können, ist eine Ertragsvoraussage in Abhängigkeit der Aufwendungen notwendig. Diese Aufwendungen richten sich nach den festgelegten – meist ökonomischen oder energetischen – Kriterien der Anlagenoptimierung. Die Erträge stellen den Nutzen dar, der in der Versorgung von Strom und Wärme besteht. Wie in den vorhergehenden Kapiteln dargestellt, gewinnen ökologische Auswertungskriterien immer mehr an Bedeutung, was zur Folge hat, daß der Einsatz regenerativer Energien zunimmt. Grundlage dieser Betrachtungen ist eine Modellierung der Energieversorgungssysteme, deren theoretische Herangehensweise Gegenstand dieses Abschnittes sind.

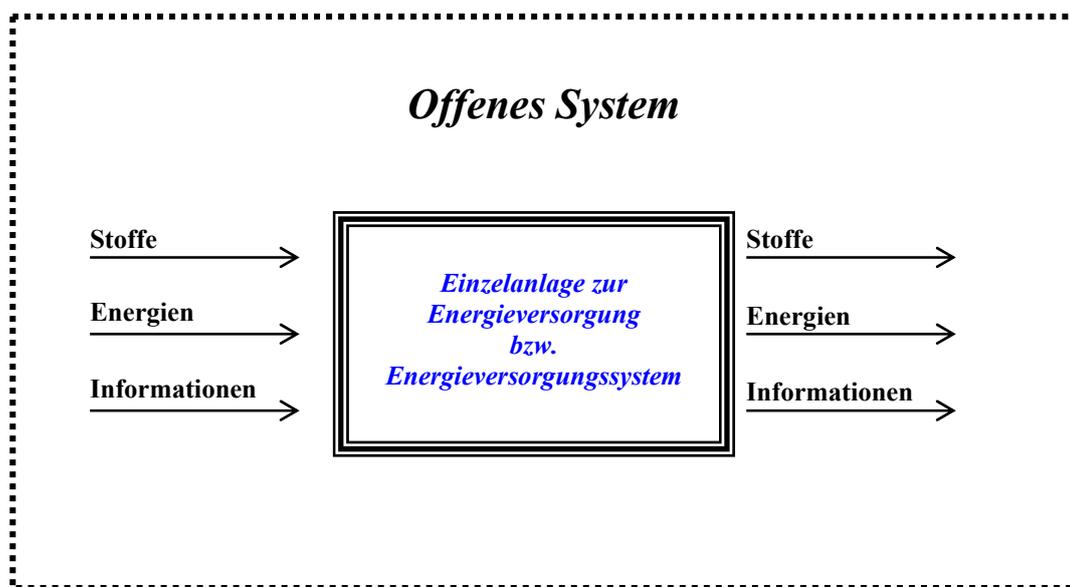
Hierbei ist besonderes Augenmerk auf die Betriebscharakteristik von Anlagen mit Komponenten zur Nutzung regenerativer Energien zu legen, die sich signifikant von denen, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden, unterscheidet. Erstere sind abhängig vom natürlichen Dargebot, beispielsweise an Sonne und Wind. Damit richten sich die Erträge an Strom und Wärme nicht unbedingt nach dem Bedarf der jeweiligen Verbraucher, was eine Ertragsvoraussage erforderlich macht. Auf diesem Gebiet konnten bereits große Fortschritte erzielt werden (siehe Hauptabschnitt 2). Oft werden zur Auslegung kleiner Anlagen gängige Simulationsprogramme genutzt, um sie energetisch und/oder ökonomisch zu bewerten; die Planung und Optimierung größerer Anlagen, welche durch vielfältige Kopplungen unterschiedlicher Komponenten gekennzeichnet sind, bereitet hingegen häufig noch Schwierigkeiten. Eine wesentliche Voraussetzung dafür ist eine den realen Bedingungen möglichst nahe kommende Modellierung der Energieversorgungsanlage, welche die unterschiedlichen Betriebszustände, Verbrauchs- und Dargebotscharakteristika berücksichtigt.

Ein wichtiger Bestandteil dieser Auslegungsberechnungen mit regenerativen Anlagenkomponenten ist die Speicherdimensionierung für Strom und Wärme, welche die unterschiedlichen Charakteristika von Dargebot und Nachfrage in möglichst hoher Übereinstimmung mit geringen Verlusten bringen sollte. Trotzdem ist allerdings meist eine Kopplung mit fossil betriebenen Anlagenkomponenten zur Sicherung der Versorgung vor allem aus ökonomischen Gründen notwendig.

Mit fortschreitender technologischer Weiterentwicklung regenerativer Energieumwandlungsanlagen konnten bekanntlich bedeutende Kostendegressionen erreicht werden. Aus diesen Gründen wird in jüngster Zeit versucht, durch Kopplung unterschiedlicher regenerativer Technologien, das Ertragsverhalten dem Energiebedarf anzupassen, um den Versorgungsgrad zu erhöhen und die Notwendigkeit von Energiespeicherung, die immer verlustbehaftet ist, zu reduzieren und gleichzeitig den Anteil fossiler Energieträger an der Versorgung zu minimieren. Dies wird, wie eingangs ausführlich erläutert, beispielsweise mit einer Kopplung von Photovoltaik und Windkraft versucht. Allerdings sind Erfahrungen auf diesem Gebiet, die Voraussetzung für eine effektive und ökonomische Anlagenplanung sind, noch gering. Sehr selten sind Versuche der Kopplung von regenerativen Energien zur gleichzeitigen Versorgung von Strom und Wärme, z. B. Photovoltaik, Windkraft und Solarthermie. Sinnvoll, in der Praxis jedoch noch kaum anzutreffen, wäre die Ergänzung mit Anlagen, die durch eine effiziente Nutzung fossiler Primärenergieträger gekennzeichnet sind, wie bei der Kraft-Wärme-Kopplung bzw. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung.

Um Planungsvoraussetzungen sowie Grundlagen zur Gewährleistung der Versorgungssicherheit und einer ökonomischen, ökologischen und energetischen Optimierung zu schaffen, sind demnach Informationen über das dynamische Verhalten von gekoppelten Energieversorgungssystemen mit unterschiedlichen Ertragsverhalten notwendig. Zur Analyse gekoppelter Energie- und Stoffumwandelungsvorgänge ist eine dynamische Simulation notwendig, was aufgrund der unterschiedlichen Ertragscharakteristika der regenerativen Anlagenkomponenten sowie der damit nicht übereinstimmenden Strom- und Wärmeverbrauchscharakteristika des Versorgungsgebietes sehr aufwendig ist. Für die Anlagenplanung können die Erfahrungen der Verfahrenstechnik herangezogen werden. Die einzelnen Anlagenkomponenten repräsentieren hierbei die in mehreren Prozesseinheiten zusammengesetzten Blöcke, die untereinander in Wechselwirkung stehen.

Zur Untersuchung und Modellierung von Einzelanlagen bzw. von in Gesamtsystem gekoppelten Anlagenkomponenten zur Energieversorgung ist es notwendig, die Systemgrenzen und die Bilanzräume exakt zu definieren. Hierbei handelt es sich meist um offene Systeme, die in vielfältiger Wechselwirkung, so u. a. beim Stoff- und Energieaustausch, mit der Umgebung stehen. Allgemein und stark vereinfacht kann eine Anlage, die aus mehreren verschiedenen Anlagenkomponenten zusammengesetzt ist, folgendermaßen dargestellt werden:



**Abbildung 3-1:** Prinzipielle Darstellung eines offenen Systems zur Energieversorgung.

Des Weiteren ist die exakte Beschreibung aller Eingangs- und Ausgangsströme gemäß den Erhaltungssätzen von Masse, Stoff, Wärme und Impuls sowie die Berücksichtigung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik – neben der Definition der Bilanzgrenzen – eine unabdingbare Voraussetzung für die sachgerechte Bilanzierung der zu untersuchenden Komponenten und Anlagen sowie des gesamten Energieversorgungssystems. Die entsprechenden Gleichungen bilden hierfür die Grundlage der Modellierung.

### 3.2. Differentielle Bilanzen

Zur differentiellen Bilanzierung offener verfahrenstechnischer Stoffsysteme mit definierten Grenzen nutzt man die Gesetze der Erhaltung der Transportgrößen Energie, Stoffe, Masse und Impuls am differentiellen Volumenelement. Dabei ist die Transportgröße Enthalpie die entscheidende Energieform. Änderungen der anderen Energieformen, die auftreten können, wie z. B. der potentiellen, kinetischen, magnetischen und elektrischen Energien, sind bei Betrachtungen der Transportvorgänge vernachlässigbar. Die allgemeingültige Gleichung für eine gekoppelte Betrachtung von Massen-, Energie- und Impulstransport der chemischen Verfahrenstechnik kann mit der allgemeinen Transportgröße  $\Gamma$  wie folgt beschrieben werden:

$$\begin{aligned} \text{zeitliche} &= \text{Konvektions} + \text{Leitungs-} + \text{Quell-} \\ \text{Änderung} &= \text{term} + \text{term} + \text{term} \\ \frac{\partial \Gamma}{\partial t} &= -\text{div}(\vec{w} \cdot \Gamma) + \text{div}(\delta \cdot \text{grad } \Gamma) + G \end{aligned}$$

**Gleichung 3-1**

Diese allgemeine differentielle Bilanzgleichung (3-1) gilt für einphasige Systeme. Des weiteren wurden zur Ableitung Rahmenbedingungen gesetzt, die den Gültigkeitsbereich eingrenzen:

- gilt für Prozesse der linearen irreversiblen Thermodynamik,
- keine Berücksichtigung von gekoppelten Vorgängen wie etwa die Thermodiffusion,
- der für den Transport durch Leitung auftretende Proportionalitätsfaktor wird für den aktuellen Vorgang beschrieben, d. h. als Konstante angenommen,
- Gesamtdruck wird als Konstante betrachtet.

Die differentielle Bilanzen für die zu untersuchenden Größen Stoff, Masse, Wärme und Impuls lauten nach Ersetzung der allgemeinen Transportgröße  $\Gamma$  für mehrphasige Systeme:

Stoffbilanz:

$$\frac{\partial c_i}{\partial t} = -\text{div}(c_i \cdot \vec{w}) + \text{div}(D_i \cdot \text{grad } c_i) - \beta_i \cdot a \cdot \Delta c_i + \sum_j \mathcal{G}_{ij} \cdot r_j$$

**Gleichung 3-2**

Massenbilanz:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\text{div}(\rho \cdot \vec{w}) + \text{div}(D^* \cdot \text{grad } \rho) - \beta^* \cdot a \cdot \Delta \rho + G$$

**Gleichung 3-3**

Enthalpiebilanz:

$$\frac{\partial(\rho \cdot c_p \cdot T)}{\partial t} = -\text{div}(\rho \cdot c_p \cdot T \cdot \vec{w}) + \text{div}(\lambda^* \cdot \text{grad } (\rho \cdot c_p \cdot T)) - \alpha^* \cdot a \cdot \Delta(\rho \cdot c_p \cdot T) + \sum_j r_j \cdot (-\Delta H)_j$$

**Gleichung 3-4**

Impulsbilanz:

$$\frac{\partial(\rho \cdot \vec{w})}{\partial t} = -\text{div}(\rho \cdot \vec{w} \cdot \vec{w}) + \text{div}(\mathcal{G} \cdot \text{grad } (\rho \cdot \vec{w})) - \gamma^* \cdot a \cdot \Delta(\rho \cdot \vec{w}) + \text{grad } p$$

**Gleichung 3-5**

Mit dem Transportbilanzgleichungssystem lassen sich die durch Konvektion, Leitung und Umwandlung verursachten örtlichen und/oder zeitlichen Änderungen des Stoffgemisches, der Enthalpie und der Geschwindigkeit berechnen. Allerdings ist dazu eine Trennung der voneinander abhängigen Differentialgleichungen erforderlich, da dieses gekoppelte System partieller und nichtlinearer Differentialgleichungen in geschlossener Form nicht lösbar ist. Die hierfür

notwendigen Vereinfachungen werden hier nicht im Detail dargestellt; zu diesem Zweck verweist der Autor auf einschlägige Literatur.<sup>80/81/82/83/84/85/86/87/88</sup>

Mit dem Beispiel der Modellierung einer Wärmespeicherung eines mit Wasser gefüllten Speichers soll im folgenden die Anwendbarkeit des allgemeinen differentiellen Bilanzgleichungssystems für die Modellierung von Energieversorgungsanlagen und damit auch für die Kopplung unterschiedlicher Apparate und Komponenten dargestellt werden. Dazu wird im folgenden das differentielle Bilanzgleichungssystem für eine Speichermmodellierung hergeleitet und *analytisch* gelöst. Damit wird die Anwendbarkeit des in dieser Arbeit verwendeten Programmpaketes TRNSYS nachgewiesen, welches auf diesem Bilanzierungsmodell basiert. Für den mathematischen Lösungsalgorithmus wurde im Programmpaket TRNSYS allerdings die *numerische* Integration unter Verwendung der „Euler-Methode“ festgelegt, die im Detail der Literatur zu entnehmen ist.<sup>89</sup>

Aus diesem Grunde werden die Ergebnisse der theoretischen Herleitung und Berechnung des dynamischen Speicherverhaltens (analytisch) einer Simulation mit TRNSYS (numerisch) anschließend gegenübergestellt.

Ausgangspunkt der theoretischen Behandlung eines Speichers ist das Modell des idealen Rührkessels, bei dem angenommen wird, daß eine vollständige Durchmischung vorliegt. Hiermit läßt sich die allgemeine differentielle Bilanzgleichung vereinfachen:

$$\frac{\partial \Gamma}{\partial t} = -\frac{\dot{V}}{V} \cdot (\Gamma^A - \Gamma^E) - \varepsilon \cdot a \cdot \Delta \Gamma + G$$

**Gleichung 3-6**

Da die Rührkesselmodellierung in diesem Falle der dynamischen Bilanzierung eines reinen Warmwasserspeichers mit konstanten Volumen dient, entfällt sowohl die Massenbilanz als auch die Stoffbilanz. Des weiteren wird angenommen, daß die Geschwindigkeitskomponenten des Volumenstromes am Eintritt und am Austritt in radialer, axialer und in Umfangsrichtung identisch sind. Somit hängt die Strömungsgeschwindigkeit nicht vom Radius ab; sie wird auch als Pfropfenströmung (plug-flow) bezeichnet. Die Enthalpiebilanz kann unter den genannten Voraussetzungen und konstantem Volumenstrom folgendermaßen beschrieben werden:

$$\frac{\partial(\rho \cdot c_p \cdot T)}{\partial t} = -\frac{\dot{V}}{V} \cdot \{(\rho \cdot c_p \cdot T)^E - (\rho \cdot c_p \cdot T)^A\} - \varepsilon \cdot a \cdot \Delta(\rho \cdot c_p \cdot T) + G$$

**Gleichung 3-7**

<sup>80</sup> Grassmann, P.: „Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik“, Otto Salle Verlag, Frankfurt a. Main, 1983

<sup>81</sup> Vauck, W. R. A., Müller, A. M.: „Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik“, Deutscher Verlag Grundstoffindustrie, Leipzig Stuttgart, 1994

<sup>82</sup> Robel, H. et al.: „Lehrbuch der chemischen Verfahrenstechnik“, Deutscher Verlag Grundstoffindustrie, Leipzig, 1983

<sup>83</sup> Sundmacher, K., Heidebrecht, P.: „Systemverfahrenstechnik“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2002

<sup>84</sup> Baerns, M., Hofmann, H., Renken, A.: „Chemische Reaktionstechnik – Band1“, G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1999

<sup>85</sup> Richter, W.: „Mathematische Modelle technischer Flammen“ Dissertation Universität Stuttgart, 1978

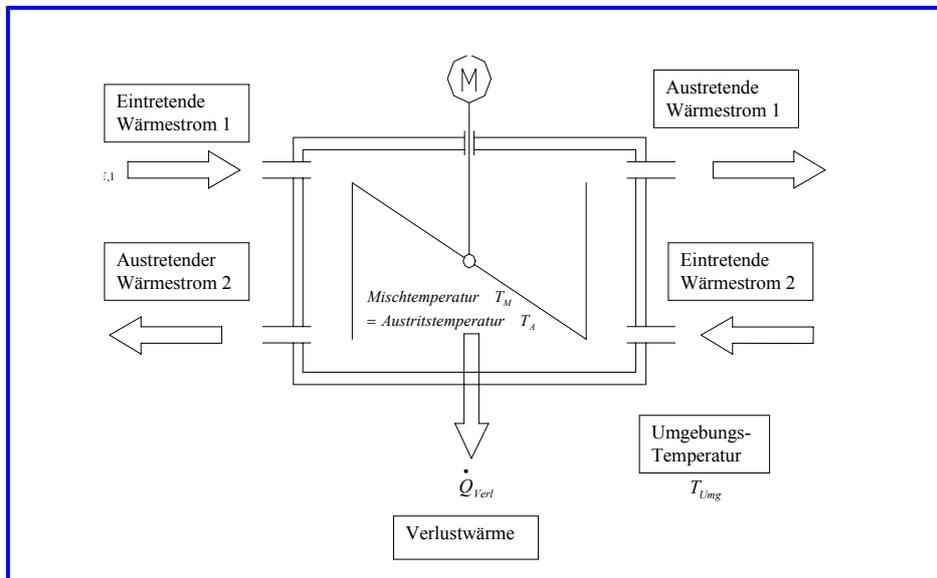
<sup>86</sup> Nüsser, P.: „Zur Modellierung und Berechnung turbulenter Kohlenstaubflammen“, Dissertation Akademie der Wissenschaften der DDR – Institut für Mechanik, 1988

<sup>87</sup> Kattanek, S., Künne, H.-J., Krell, L.: „Grundlagen der Verfahrenstechnik – Bilanzgleichungen“, Verlag Technik Berlin, 1977

<sup>88</sup> Weiß, S., Militzer, K.-E., Gramlich, K.: „Termische Verfahrenstechnik“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig Stuttgart, 1993

<sup>89</sup> Programm TRNSYS: „a transient system simulation program“, Version 15 Transsolar Energietechnik GmbH Stuttgart, 2002

Die folgende Abbildung stellt prinzipiell einen Speicher dar, auf der Modellgrundlage eines Rührkessels. Die ideale Durchmischung wird mittels motorgetriebenen Rührer erreicht; er symbolisiert die Gleichverteilung der Temperatur im Speicher, wodurch eine Temperaturschichtung nicht zugelassen wird. Die dafür notwendige Antriebsenergie ist in den folgenden Betrachtungen und Berechnungen nicht mit einbezogen.



**Abbildung 3-2:** Enthalpiebilanz eines Speichers mit dem Modell des ideal durchmischten Rührkessels.

Bei der Wärmespeicherung mit dem Medium Wasser entfallen sowohl der Quellen / Senken-Term als auch den Phasenübergangsterm, da hierbei keine chemische Reaktion stattfindet und zudem keine Phasenänderung auftreten soll. Mit diesen Annahmen und der Berücksichtigung des Verlustterms vereinfacht sich die Gleichung 3.7 zu:

$$\frac{dT_A}{dt} = -\frac{\dot{V}}{V} \cdot (T^E - T^A) - \frac{k \cdot A}{\rho \cdot c_p} (T^A - T^U)$$

**Gleichung 3-8**

Wie der Abbildung 3-2 entnommen werden kann, hat das gewählte Speichermodell mit Beladungs- und Entladungskreis zwei Zuflüsse und demzufolge, da das Speichervolumen konstant ist, zwei austretende Volumenströme, die unterschiedliche Funktionen der Zeit sind. Ebenfalls von der Zeit abhängig sind daher die Außentemperatur  $T^U$  und Eintrittstemperatur im Zufluß  $T_1^E$ . Mit diesen Vorgaben läßt sich die Differentialgleichung wie folgt schreiben:

$$\frac{dT_A}{dt} = \left\{ \frac{\dot{V}_1^E(t)}{V} \cdot T_1^E(t) + \frac{\dot{V}_2^E(t)}{V} \cdot T_2^E(t) \right\} - \left\{ \dot{V}_1^A(t) + \dot{V}_2^A(t) \right\} \cdot \frac{T^A(t)}{V} - \frac{k \cdot A}{\rho \cdot c_p} \cdot \{T^A(t) - T^U(t)\}$$

mit  $\dot{V}_1^E(t) = \dot{V}_1^A(t)$  und  $\dot{V}_2^E(t) = \dot{V}_2^A(t)$

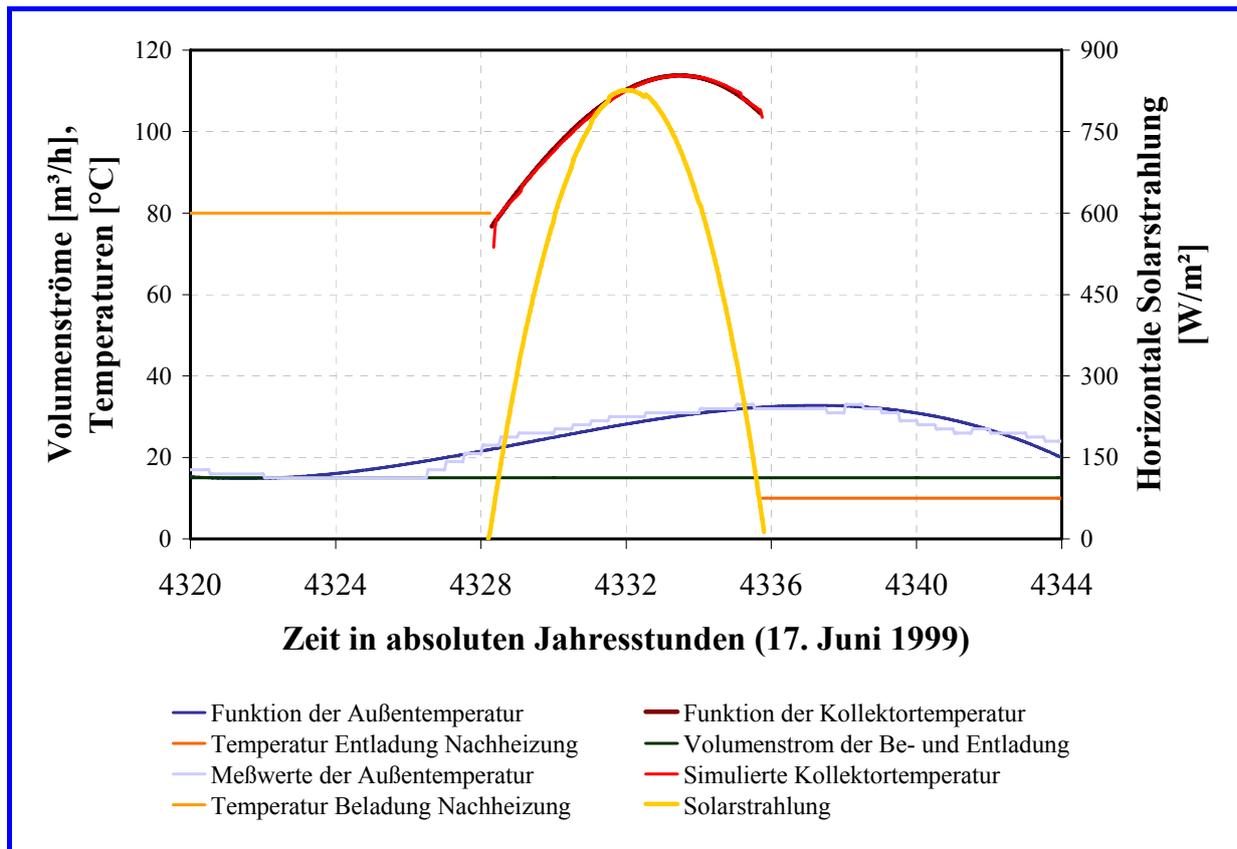
**Gleichung 3-9**

Zur Lösung der inhomogenen Differentialgleichung erster Ordnung sind Kenntnisse über die Konstanten sowie die von der Zeit  $t$  abhängigen Volumenströme und Temperaturen nötig. Es soll für einen Sommertag am Beispiel eines solar erwärmten Bereitschaftsspeichers das Temperaturprofil und damit das Wärmeprofil theoretisch berechnet und zum Vergleich mit TRNSYS simuliert werden. Der Speicher wird hierbei ab Mitternacht durch eine fiktive Nachheizung und ab dem Vormittag (nach 495 Minuten) von einer Solarthermieanlage mit  $500 \text{ m}^2$  Kollektorfläche beladen werden, wobei die Wärmeübergabe vom Kollektorfeld verlustfrei und ohne Verzögerung erfolgt. Ab Minute 495 kühlt der Speicher ab. Des Weiteren werden entsprechende Wandverlustkoeffizienten und ein Warmwasserverbrauch ab Minute 945 in Höhe von  $5 \text{ m}^3/\text{h}$  berücksichtigt. Die Speicherhöhe ist mit 9 Metern festgelegt worden. Bei einem Volumen von  $75 \text{ m}^3$  entspricht das einem Durchmesser von 3,26 Metern. Die entsprechenden Berechnungs- und Simulationsparameter sowie die Funktionen der verwendeten Profile können der Tabelle 3-1 entnommen werden.

**Tabelle 3-1:** Gewählte Parameter zum Vergleich von Simulation mit TRNSYS und Berechnung eines idealen Rührkessels.

Zeit	$\vartheta_A$	$V_{\text{Speicher}}$	$\dot{V}_{E,1} / \dot{V}_{A,1}$	$\vartheta_{E,1}$	$\dot{V}_{E,2} / \dot{V}_{A,2}$	$\vartheta_{E,2}$	$V_{A,1}$	$V_{A,2}$	$\vartheta_U$
[min]	[°C]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /h]	[°C]	[m <sup>3</sup> /h]	[°C]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[°C]
0	20	75	0	–	0	–	0	0	17
0...495	$T_{A,1} = f(t)$	75	15	80	0	–	15	0	$T_{U,1} = f(t)$
495...945	$T_{A,2} = f(t)$	75	15	$T_{E,1} = f(t)$	0	–	15	0	$T_{U,2} = f(t)$
945...1440	$T_{A,3} = f(t)$	75	0	–	5	10	0	5	$T_{U,3} = f(t)$
<b><math>k = 0,556 \text{ [W / (m}^2 \text{ K)]}; \rho = 1000 \text{ [kg / m}^3\text{]}; c_p = 1,16 \text{ [(W h) / (kg K)]}</math></b>									
$A = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{(V / (\pi h))} \cdot \sqrt{(V / (\pi h)) + h}$ mit einer Höhe von 9 Metern ist die Fläche <b><math>A = 108,77 \text{ m}^2</math></b>									
$\vartheta_{U,1...3} = k_a \cdot t^3 + k_b \cdot t^2 + k_c \cdot t + k_d$ mit $k_a = -9,17E10^{-3}$ , $k_b = 2,57E10^{-1}$ , $k_c = 6,86E10^{-1}$ , $k_d = 1,53E10^1$									
$\vartheta_{E,1} = k_e \cdot t^3 + k_f \cdot t^2 + k_g \cdot t + k_h$ mit $k_e = 6,68E10^{-2}$ , $k_f = 9,75E10^{-1}$ , $k_g = 1,01E10^1$ , $k_h = -3,63E10^1$									

Die Zeitfunktionen der Umgebungstemperatur  $\vartheta_U(t)$  und der durch Simulation ermittelten Kollektorfeldtemperatur werden durch Approximation von Funktionen als Polynome dritten Grades festgelegt. Zur Ermittlung der Koeffizienten dieser Funktion wurde die Methode der kleinsten Fehlerquadrate gewählt. Damit mußte ein Gleichungssystem gelöst werden, in dem die Anzahl der Unbekannten (in diesem Falle die Koeffizienten) die Anzahl der Gleichungen übersteigt, da Temperaturen in Zeitabständen von drei Minuten für einen Tag vorliegen. Dieses überbestimmte System wurde unter Nutzung des Programms MATLAB berechnet.



**Abbildung 3-3:** Datengrundlage zur Berechnung der Energiebilanz des Modells eines idealen Rührkessels.

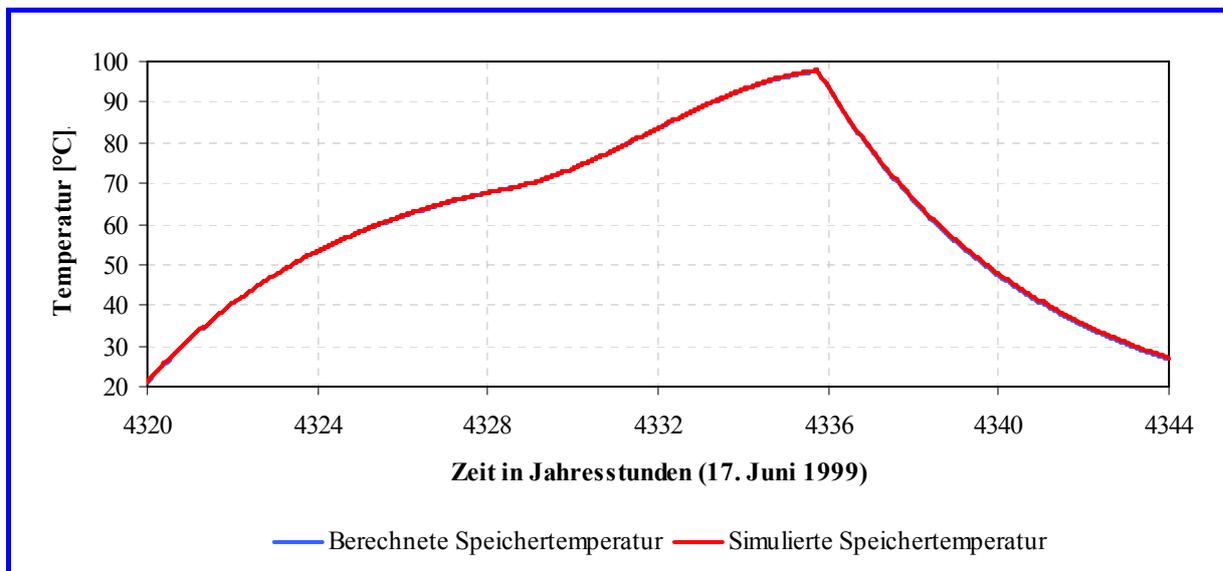
Der Abbildung 3-3 kann entnommen werden, daß ein Polynom dritten Grades die Umgebungs- und Kollektorfelddtemperatur, die gleichzeitig die Speichereintrittstemperatur darstellt, widerspiegelt, wobei die Kollektortemperaturen nahezu deckungsgleich sind. Die übrigen Temperatur- und Volumenstromdaten zur Simulation und Modellierung können der Tabelle 3-1 entnommen werden. Des weiteren sind die Koeffizienten der Temperaturfunktionen in dieser Tabelle aufgeführt.

Dieses Modell spiegelt drei typische Betriebsphasen eines Speichers während eines Tages wider. Um die prinzipielle Herangehensweise und das Bilanzmodell, welches die allgemeine Simulationsgrundlage mit dem Programm TRNSYS darstellt, zu beschreiben, ist die Rührkesselmodellierung – mit idealer Durchmischung, die nicht den realen Bedingungen entspricht – ausreichend, da der mathematische Aufwand für eine Berücksichtigung der Schichtung im Speicher bei einem analytischen Lösungsansatz ansonsten zu groß wäre. Die Simulation mit TRNSYS erfolgte im Intervall von drei Minuten.

Zur exakteren Berechnung wurde der gewählte Simulationstag in drei Abschnitte unterteilt. Die ersten ca. acht Stunden wird der Speicher mit einem Volumenstrom von  $15 \text{ m}^3 / \text{h}$  und einer Temperatur von  $80^\circ\text{C}$  beladen. Die Temperatur im Speicher zum Zeitpunkt Null beträgt  $20^\circ\text{C}$ . Das Medium im Speicher und für die Be- und Entladung ist Wasser. Die Wärmeverluste sind von der gegebenen Umgebungstemperatur abhängig. Der zweite Abschnitt unterscheidet sich vom ersten in der Funktion der Beladungstemperatur, die wiederum von der Solarstrahlung und von der Speichertemperatur abhängt, da die Temperatur im Speicher zugleich die Rücklauf-temperatur des Kollektorkreises ist. Der Volumenstrom bleibt in diesem und im dritten Abschnitt bei  $15 \text{ m}^3 / \text{h}$ . Für den dritten Abschnitt wurde eine Entladung simuliert. Solar erwärmtes Wasser wird im Haushalt genutzt, während kaltes Wasser mit  $10^\circ\text{C}$  in den Speicher nachläuft. Wegen

der guten Solarstrahlung wurde der 17. Juni 1999 als Simulationstag und somit auch als Datengrundlage gewählt.

Dem folgenden Diagramm kann eine sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse einer differentiellen Wärmebilanz und der Simulation mit dem Programm TRNSYS entnommen werden. Die kleine Abweichung der Funktionen zwischen den Stunden 4340 bis 4344 hat die Ursache in der Schwierigkeit, mit TRNSYS eine ideale Durchmischung bei einer Entladung zu simulieren.

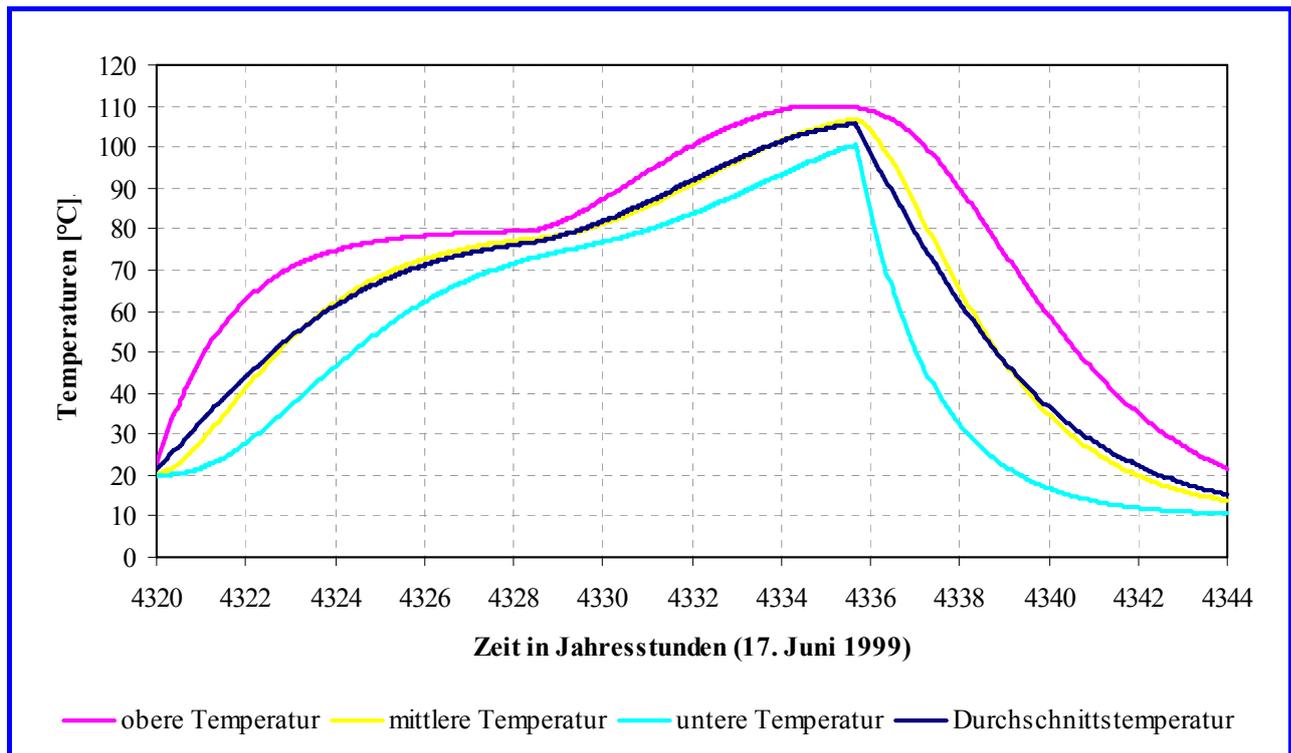


**Abbildung 3-4:** Gegenüberstellung der analytisch berechneten Wärmebilanz und des mit TRNSYS simulierten Temperaturverlaufes im Warmwasserspeicher unter Modellannahme idealer Durchmischung (idealer Rührkessel).

Die vollständige analytische Lösung der inhomogenen linearen Differentialgleichung (Gleichung 3–9), beispielhaft für den zweiten Simulationsabschnitt, kann dem Anhang entnommen werden.

Den Modellierungsergebnissen für einen Warmwasserspeicher mit idealer Vermischung wird nun eine Simulation mit einem geschichteten Speicher gegenübergestellt werden.

Der Abbildung 3-5 kann das Temperaturverhalten eines solar erwärmten und geschichteten Warmwasserspeichers (ohne Durchmischung) entnommen werden. Auffällig ist die Ähnlichkeit der Durchschnittstemperatur mit der eines ideal durchmischten Speichers (vgl. Abbildung 3-4). Im Speicher schwankt die Schichtung je nach Be- und Entladezustand zwischen 10 und 40 Kelvin. Die maximale Speichertemperatur wurde auf 110°C begrenzt, was die Abflachung der Temperatur in der oberen Schicht erklärt.



**Abbildung 3-5:** Temperaturverlauf eines solar beheizten Warmwasserspeichers für einen Tag mit einer Entladung, simuliert mit dem Programm TRNSYS.

Aus dem Vergleich der Simulationsergebnisse mit der analytischen Lösung lässt sich schlussfolgern, daß das Simulationsprogramm TRNSYS für eine Untersuchung dynamischen Verhaltens von Warmwasserspeichern sehr gut geeignet ist.

Mit analoger Modellgrundlage läßt sich das dynamische Verhalten der anderen Anlagenkomponenten des Energieversorgungssystems mit TRNSYS simulieren sowie mit deren Kopplung die Wechselwirkungen und Synergien des Gesamtsystems darstellen.<sup>90/91/92/93/94/95/96</sup>

<sup>90</sup> Pauer, W.: „Einführung in die Kraft- und Wärmewirtschaft“, Verlag v. T. Steinkorff, Dresden u. Leipzig, 1964

<sup>91</sup> Kugeler, K., Phlippen, P.-W.: „Energietechnik“, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1993

<sup>92</sup> Müller-Erlwein, E.: „Chemische Reaktionstechnik“, B. G. Teubner Stuttgart Leipzig, 1998

<sup>93</sup> Bohn, T., Bitterlich, W.: „Grundlagen der Energie- und Kraftwerkstechnik“, Technischer Verlag Resch / Verlag TÜV Rheinland, Köln / Kandel, 1982

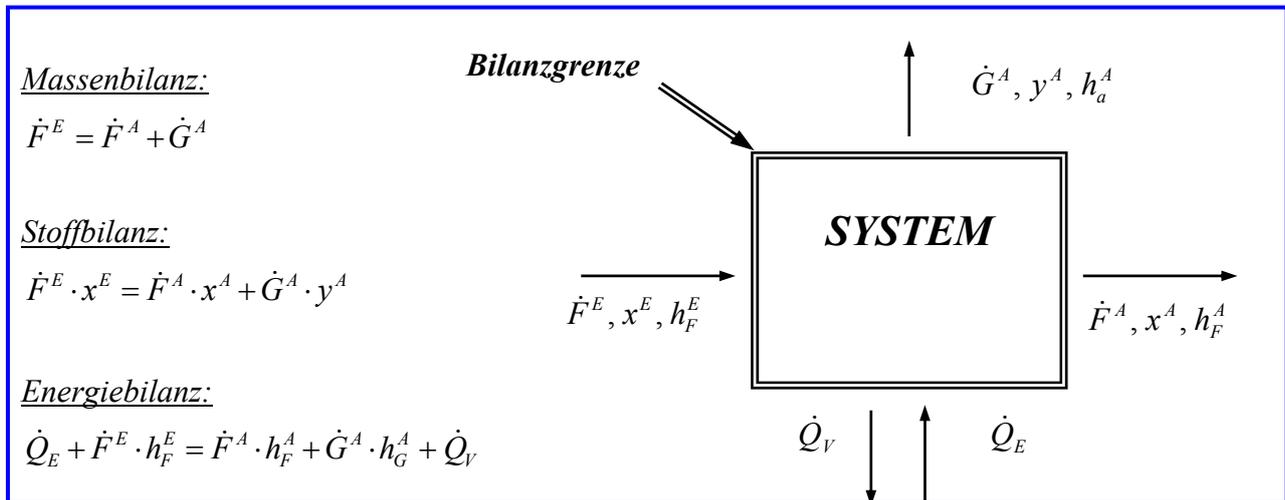
<sup>94</sup> Herbrink, R.: „Energie- und Wärmetechnik“, B. G. Teubner Stuttgart Leipzig, 1993

<sup>95</sup> Kattanek, S., Künne, H.-J., Krell, L.: „Grundlagen der Verfahrenstechnik – Verweilzeitmodellierung“, Verlag Technik Berlin, 1977

<sup>96</sup> Biran, A., Breiner, M.: „MATLAB – für Ingenieure“, Addison-Wesley Publishing Company, Bonn, 1995

### 3.3. Integrale Bilanzen

Sind detaillierte Erkenntnisse über die sich im Bilanzraum abspielenden Vorgänge, wie etwa das orts- und zeitabhängige Verhalten der Transportgrößen im untersuchten Raum zur Analyse der Apparate nicht erforderlich, ist eine integrale Bilanz ausreichend. Vorteilhaft ist hierbei die gegenüber der differentiellen Bilanzierung zweifellos einfachere Handhabung und Lösbarkeit.



**Abbildung 3-6:** Allgemeine integrale Bilanzierung einer verfahrenstechnischen Apparatur mit einem einstufigen Prozeß und externer Wärmezufuhr.

Unberücksichtigt bleiben bei dieser Vorgehensweise die Quellen bzw. Senken innerhalb des Systems, deren Bedeutung sich allerdings über einen genügend großen Betrachtungszeitraum reduzieren dürfte. Zudem kann neben den Bilanzen der Massen-, Stoff- und Energieströme eine integrale Exergiebilanz gebildet werden. Die Exergiebilanz kann also folgendermaßen beschrieben werden:

$$\int \left( \frac{T - T_U}{T} \right) \cdot d\dot{Q}_E + \dot{F}^E \cdot s_F^E = \dot{F}^A \cdot s_F^A + \dot{G}^A \cdot s_G^A + \int \left( \frac{T - T_U}{T} \right) \cdot d\dot{Q}_V$$

**Gleichung 3-10**

Wird allerdings die Möglichkeit einer Energie- und/oder Speicherspeicherung im System zugelassen, muß die Darstellung einer allgemeinen integralen Bilanzierung in Abbildung 3–6 um einen Speicher ergänzt werden:

*Zufuhr in das Bilanzsystem + Umwandlung im Bilanzsystem*

*+ Abnahme der im System gespeicherten Stoffe und Energie*

*= Abgabe aus dem Bilanzsystem + Zunahme der im System gespeicherten Stoffe und Energie*

Über einen genügend großen Integrationszeitraum (beispielsweise von einem Jahr) soll die Speichertemperatur wieder dem Jahresanfangszustand entsprechen, denn jeder Anlagenbetreiber wird bestrebt sein, die Speicherzeit an Energie gering zu halten, um die Wärmeverluste zu minimieren; des weiteren wird bei einer ökonomischen Optimierung die Speichergröße eine wesentliche Rolle spielen.

Die integralen Bilanzen sind wesentliche Grundlage der Auswertung und Bewertung der Simulationsergebnisse sowie Voraussetzung zur Bildung und Darstellung der Bewertungskennzahlen, demzufolge Basis einer energetischen, exergetischen und stofflichen Gesamtanalyse. Sie bilden deshalb die Grundlage für die Planung sowie für die energetische und ökonomische Optimierung von Energieversorgungsanlagen.

### 3.4. Modelldarstellung

Die Untersuchungen zur Modellierung werden im folgenden auf das zu untersuchende Gesamtmodell des dezentralen Energieversorgungssystems (Abbildung 2–13) angewendet. Dabei werden zunächst die allgemeinen integralen Bilanzen der im Hauptabschnitt 2 ausgewählten Hauptkomponenten des dezentralen Energieversorgungssystems dargestellt. Zudem werden die Eingabedaten für die entsprechenden Unterprogramme TYPES des Programmpaketes TRNSYS in tabellarischer Form aufgeführt. Die Kopplung dieser Komponenten je nach Konfiguration des dezentralen Energieversorgungssystems führt zu den mit TRNSYS simulierten Anlagen, entsprechend der Abschnitte 2.2.2. und 2.2.3. Das dynamische Simulationsprogramm TRNSYS ist modular aufgebaut. Die unterschiedlichen Types, die Energieumwandlungsanlagen, Armaturen, Pumpen usw. darstellen, sind in *FORTRAN* programmiert und Ergebnisse diverser Forschungsprojekte und Dissertationen.<sup>89</sup> Da die Anzahl und die Breite der in dieser Arbeit verwendeten Systemkomponenten hoch ist und damit die Datenmenge die Möglichkeiten der TRNSYS-Standardversion überschritt, mussten Grundparameter geändert und das Programmpaket TRNSYS neu zusammengeführt (*gelinkt*) werden. Zudem wurden damit nichtstandardisierte Types (Windkraftanlage, Blockheizkraftwerk, Photovoltaikanlage und Absorptionskältemaschine) eingebunden.

Die Simulationen erfolgen im 30-Minuten-Intervall, da die Wetterdaten und die Verbrauchscharakteristika ebenso vorliegen. Zur Generierung eines realen Wetterprofils ist das TRNSYS *Type 16c* verwendet worden. Als Eingabedaten liegen die spezifische Solarstrahlung auf eine horizontale Fläche und die Außentemperatur für Magdeburg vor. Weiterhin wird mit einer Solarkonstanten von 5082,99 kJ/(h m<sup>2</sup>) sowie einer entsprechenden geographischen Breite von 52° für Magdeburg gerechnet. Die „*Groundreflectance*“ wird mit konstant 0,2 festgelegt.

Unter Nutzung des TRNSYS-Wettergenerators kann eine Unterscheidung in direkte und diffuse Strahlung vorgenommen werden, die nicht nur für die Photovoltaik und die Solarthermie, sondern auch für die Berechnung der Passivwärme wichtig ist. Weiterhin erhält man den Jahresgang des Einstrahlwinkels für Magdeburg. Damit liegen alle spezifische Solarenergiedaten für die geneigte Kollektor- und Photovoltaikfläche vor.

#### Windkraftanlage

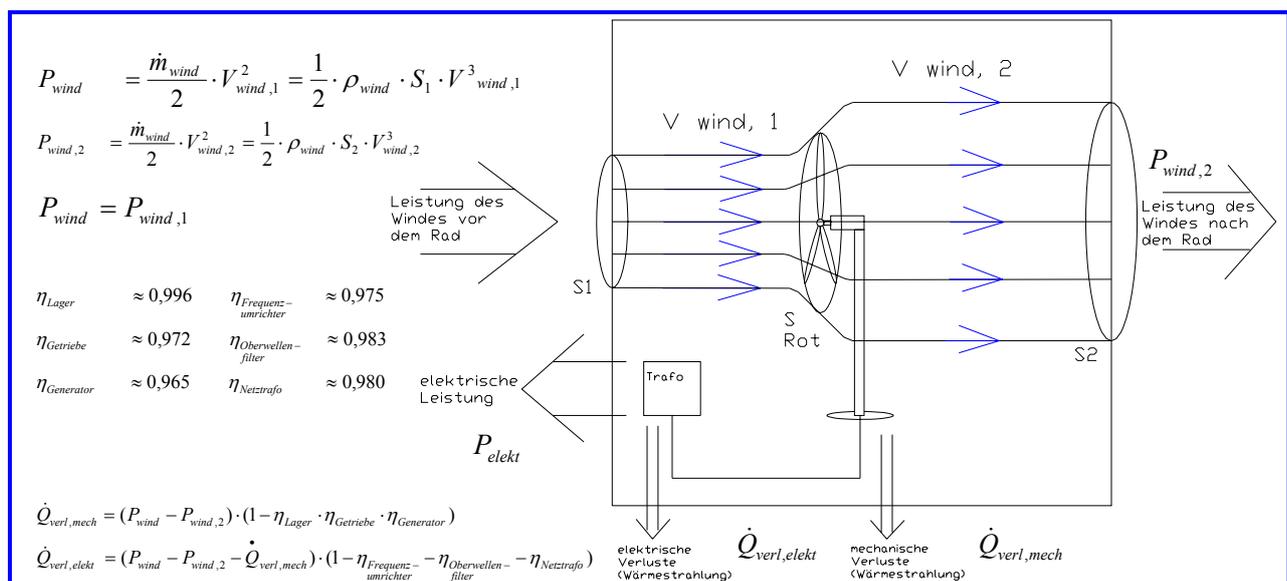


Abbildung 3-7: Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz einer Windkraftanlage.

Die Gleichungen zur integralen Bilanzierung der Windkraftanlage lauten somit:

$$P_{\text{elekt}} = P_{\text{wind}} - P_{\text{wind},2} - \dot{Q}_{\text{verl},\text{mech}} - \dot{Q}_{\text{verl},\text{elekt}}$$

Gleichung 3-11

Exergiebilanz:

$$\dot{E}x_{\text{elekt}} = P_{\text{elekt}} = \dot{E}x_{\text{wind}} - \dot{E}x_{\text{wind},2} - \int \frac{T - T_U}{T} d\dot{Q}_{\text{verl},\text{mech}} - \int \frac{T - T_U}{T} d\dot{Q}_{\text{verl},\text{elekt}} - \Delta \dot{E}x_{\text{verl},\text{irrev}}$$

Gleichung 3-12

Für weitere Berechnungen werden nur die energetischen Erträge der Windkraftanlage benötigt. Die Simulation wurde mit den Charakteristika der Windkraftanlage vom Fabrikat „ENERCON-E30“ verwendet, die Bestandteil der Zusatzbibliothek von TRNSYS ist. Sie hat eine Nennleistung von 230 kW. Es werden – je nach Simulationsvariante – bis zu zwei Anlagen eingesetzt. Die Inputdaten für das im Programmpaket TRNSYS verwendete *Type 190* sind der Tabelle 3-2 zu entnehmen.<sup>97</sup>

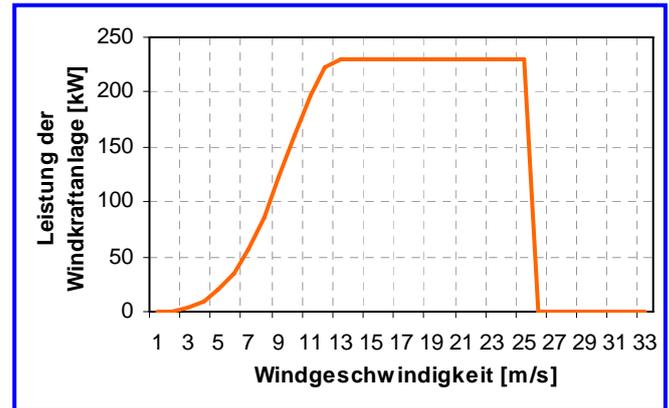


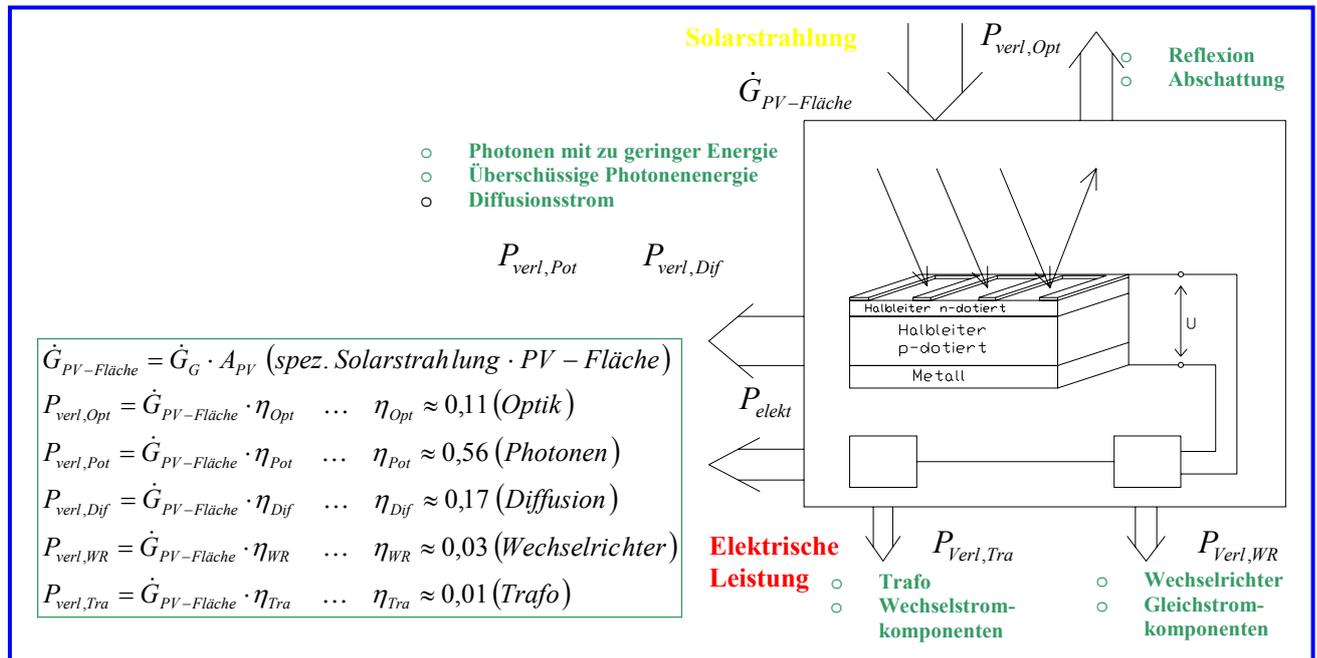
Abbildung 3-8: Leistungscharakteristik der Windkraftanlage „Enercon-E30“.

Tabelle 3-2: Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das *Type* der Windkraftanlage (Nr. 190) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.

Type Eingabefenster	Wert Parameter	Einheit	Bemerkungen
<b>Parameter</b>			
MODE	1	dimensionless	Konstant – Status des Betriebs (1 = on)
Site_Elv	0	m	Konstant – Site elevation
Site_Ht	78	m	Konstant – Data collection height
SiteRoHt	36	m	Konstant – Hub height of WECS, as installed on site – <i>Parameter</i> “Enercon-E30”
Lost	0.0	any	Konstant – Miscellaneous losses
Num	4	dimensionless	Variabel – Number of exactly similar turbines (1 ... 4)
LU	190	-	Konstant – Logical unit for external file containing WECS parameters
<b>Input</b>			
Vel_T	10	m/s	<i>Externe Inputdaten</i> – Wind velocity
TDB_T	15	C	<i>Externe Inputdaten</i> – Ambient temperature
alpha_T	0.14	-	Konstant – Site wind shear exponent: -0.06 = inverted profile, 0.00 = neutral profile, 0.06 = open water, 0.10 = short grasses, 0.14 = 1/7-profile-common, 0.18 = low vegetation, 0.22 = forests, 0.26 = obstructed flows, 0.30 = rare
BP_T	101325	Pa	Konstant – Barometric pressure
<b>Output</b>			
PWTNET	0	W	<i>Übergabe</i> (Verbraucher, Stromnetz, Batterie) – Power output
HOURS	0	hr	Keine Übergabe – Hours of continuous wind turbine operation
CP	0	dimensionless	Keine Übergabe – Power coefficient

<sup>97</sup> ULLEBERG, Ø: „STAND-ALONE POWER SYSTEMS FOR THE FUTURE: OPTIMAL DESIGN, OPERATION & CONTROL OF SOLAR-HYDROGEN ENERGY SYSTEMS“, Ph. D. Dissertation Department of Thermal Energy and Hydropower Norwegian University of Science and Technology Trondheim, Dezember 1998

## Photovoltaikanlage



**Abbildung 3-9:** Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz einer Photovoltaikanlage.

### Energiebilanz:

$$P_{elekt} = \dot{G}_{PV-Fläche} - P_{verl,Opt} - P_{verl,Pot} - P_{verl,Diffus} - P_{verl,Tra} - P_{verl,WR}$$

**Gleichung 3-13**

### Exergiebilanz:

$$P_{elekt} = \dot{E}x_{PV-Fläche} - \dot{E}x_{verl,Opt} - \dot{E}x_{verl,Pot} - \dot{E}x_{verl,Diffus} - \int \frac{T-T_U}{T} d\dot{Q}_{verl,Tra} - \int \frac{T-T_U}{T} d\dot{Q}_{verl,WR} - \Delta \dot{E}x_{verl,irrev}$$

**Gleichung 3-14**

Wie bei der Windkraftanlage werden die Daten der nutzbaren elektrischen Energie an die Verbraucher, das Stromnetz oder die Batterie übergeben. Allerdings ist für die Übermittlung an die Verbraucher und das Stromnetz noch ein Wechselrichter notwendig, da das im Programmpaket TRNSYS verwendete *Typ 94a* für die Photovoltaik die elektrische Energie in Form von Gleichstrom ausgibt. Als Wechselrichter wird das *TRNSYS-Type 48a* mit einem angenommenen Wirkungsgrad von 95 Prozent verwendet. Die Parametergrundlage für das *TRNSYS-Type 48a* bilden die technischen Daten des Photovoltaik-Moduls der Firma „SOLARA AG“ vom Typ „S860TI“.

Zur Simulation werden 300 Module zusammengefasst. Der Anstellwinkel beträgt  $45^\circ$  und es wird davon ausgegangen, daß genügend Flächen verschattungsfrei und nach Süden ausgerichtet zur Verfügung stehen. Die Modulfläche beträgt inklusive Rahmen knapp  $400 \text{ m}^2$ . Die Peakleistung beträgt insgesamt  $51 \text{ kW}_p$ . Für größere Leistungen werden die Erträge dieses Feldes multipliziert.

**Tabelle 3-3:** Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das *Type* der Photovoltaikanlage (Nr. 48a) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.

Type Eingabefenster	Wert Parameter	Einheit	Bemerkungen
<b>Parameter</b>			
Module short-circuit current at reference conditions	4.9	amperes	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Module open-circuit voltage at reference conditions	43.6	V	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Reference temperature	298	K	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Reference insolation	1000	W/m <sup>2</sup>	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Module voltage at max power point and reference conditions	37.3	V	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Module current at max power point and reference conditions	4.56	amperes	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Temperature coefficient of Isc at (ref. cond)	0.05	any	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Temperature coefficient of Voc (ref. cond.)	-0.05	any	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Number of cells wired in series	72	dimensionless	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
Number of modules in series	10	dimensionless	Konstant – Festgelegter Parameter
Number of modules in parallel	30	dimensionless	Konstant – Festgelegter Parameter
Module temperature at NOCT	313	K	Konstant – Voreingestellte Parameter
Ambient temperature at NOCT	293	K	Konstant – Voreingestellte Parameter
Insolation at NOCT	800	W/m <sup>2</sup>	Konstant – Voreingestellte Parameter
Module area	1.125	m <sup>2</sup>	Konstant – Parameter „Solara-S860TI“
tau-alpha product for normal incidence	0.95	dimensionless	Konstant – Voreingestellte Parameter
Semiconductor bandgap	1.12	any	Konstant – Voreingestellte Parameter
Slope of IV curve at Isc	0	any	Konstant – Voreingestellte Parameter
Module series resistance	-1	any	Konstant – Voreingestellte Parameter
<b>Input</b>			
Total incident radiation	0	kJ/hr.m <sup>2</sup>	Übergabe– solar radiation processor Type 16c
Ambient temperature	293	K	Externe Inputdaten – Ambient temperature
Load voltage	0	V	Nicht belegt
Flag for convergence promotion	0	dimensionless	Nicht belegt
Array slope	45	degrees	Konstant – Festgelegter Parameter
Beam radiation	0	kJ/hr.m <sup>2</sup>	Nicht belegt
Diffuse radiation	0	kJ/hr.m <sup>2</sup>	Nicht belegt
Incidence angle of beam radiation	0	degrees	Nicht belegt
<b>Output</b>			
Array voltage	0	V	Keine Übergabe
Array current	0	amperes	Keine Übergabe
Array power	0	W	Übergabe (Verbraucher, Stromnetz, Batterie) – Power output
Power at maximum power point	0	W	Keine Übergabe
Fraction of maximum power used	0	dimensionless	Keine Übergabe
Voltage at MPP	0	V	Keine Übergabe
Current at MPP	0	amperes	Keine Übergabe
Open circuit voltage	0	V	Keine Übergabe
Short circuit current	0	amperes	Keine Übergabe
Array fill factor	0	dimensionless	Keine Übergabe
Array temperature	0	K	Keine Übergabe

## Solarthermieanlage

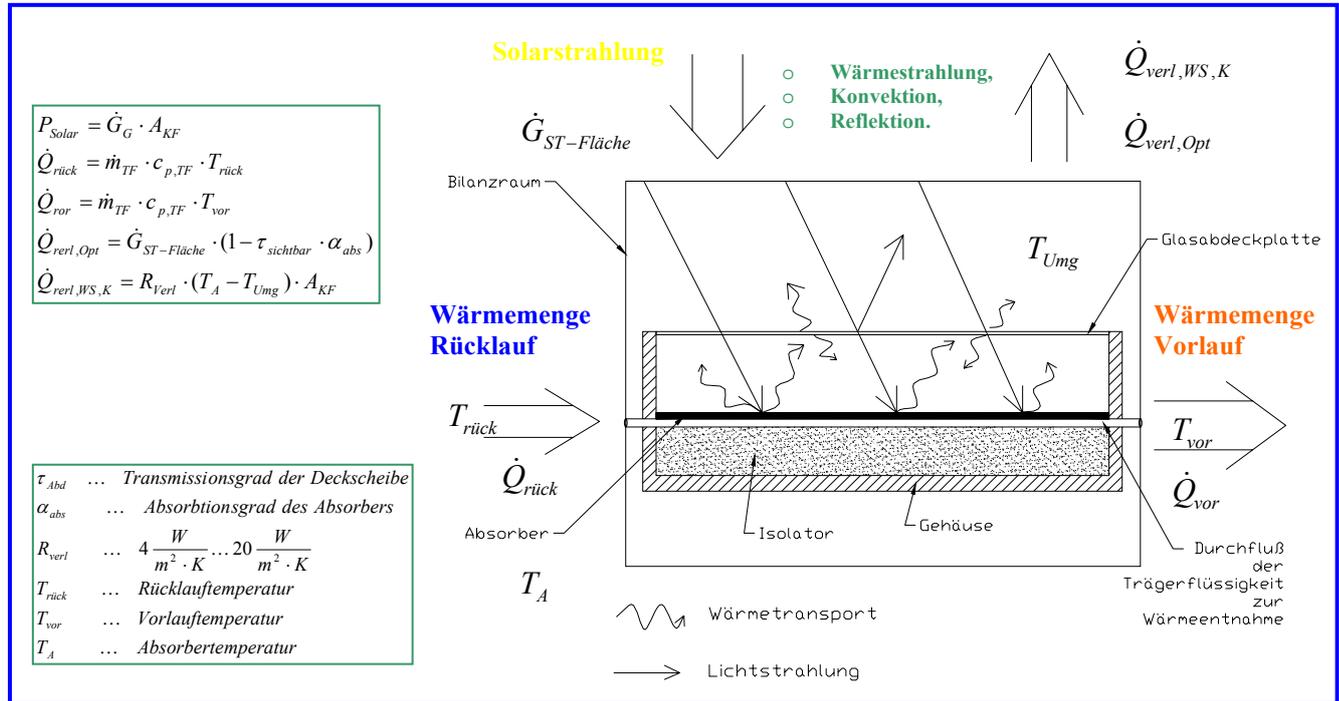


Abbildung 3-10: Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz eines Flachkollektors.

### Energiebilanz:

$$\dot{Q}_{N,ST} = \dot{Q}_{vor} - \dot{Q}_{rück} = \dot{G}_{ST-Fläche} - \dot{Q}_{verl,WS,K} - \dot{Q}_{verl,Opt} = P_{Solar} \cdot \eta_{ST}$$

$$\eta_{ST} = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{(T_m - T_{Umg})}{\dot{G}_{ST-Fläche}} - k_2 \cdot \frac{(T_m - T_{Umg})^2}{\dot{G}_{ST-Fläche}}$$

$T_m$  ... mittlere Temp. d. Wärmeträgerflüssigkeit  
Kollektorkenndaten:

$$\eta_0 = \alpha_{abs} \cdot \tau_{abd}$$

$k_1, k_2$  ... Wärmeverlustkoeffizienten

Gleichung 3-15

### Exergiebilanz:

$$\dot{E}x_{vor} = \dot{E}x_{Solar} + \dot{E}x_{rück} - \dot{E}x_{verl,Opt} - \int \frac{T - T_U}{T} d\dot{Q}_{verl,WS,K} - \Delta \dot{E}x_{verl,irrev}$$

Gleichung 3-16

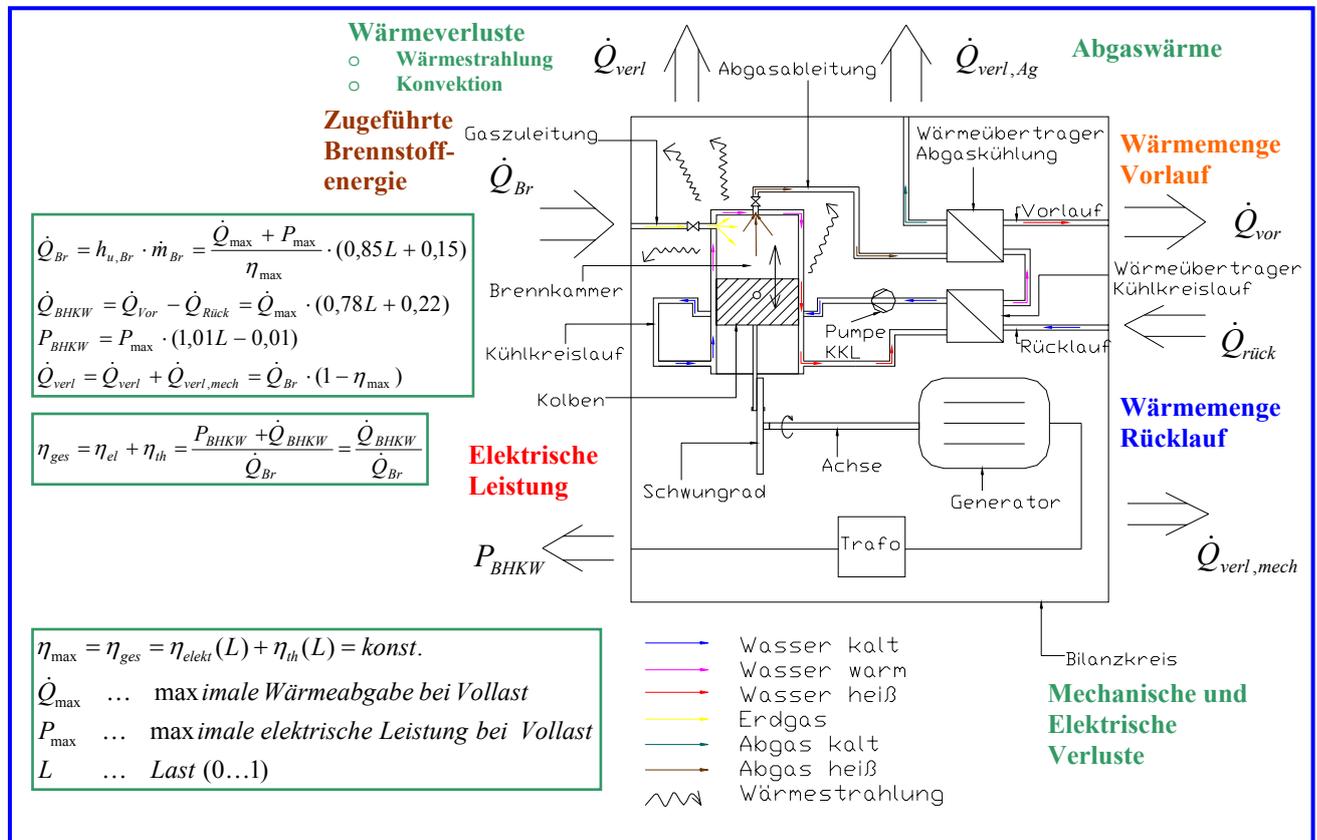
Das Solarthermiefeld wird im Programmpaket TRNSYS mit dem *Type 1a* simuliert. Als Parametergrundlage dienen die Technischen Daten des Flachkollektors „EURO C20–HAT“ der Firma „WAGNER & Co“. Die Werte der Outputtemperatur und des Massenstromes des Wärmeträgermediums (z. B. Propylenglykol-Wasser-Gemisch, um eine Nutzung im Winter zu ermöglichen) werden an den Wärmeübertrager, der die Solarthermie an den Bereitschaftsspeicher, welcher der Erwärmung des Trinkwarmwassers dient, übergeben. Ist dieser Speicher gefüllt, wird – mittels eines zweiten Wärmeübertragers – der Bereitschaftsspeicher zur Klimakälteerzeugung oder der Erdlangzeitspeicher beschickt.

Für die Simulationen wird ein Kollektorfeld angenommen, ohne die Genauigkeit wesentlich zu beeinträchtigen; eine detaillierte Darstellung der Flachkollektormodule wäre sehr aufwendig und in Anbetracht der Größe des Gesamtsystems mit TRNSYS kaum umsetzbar, da die Simulationssoftware bereits mit dem geplanten System an ihre Grenzen stieß.

**Tabelle 3-4:** Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das *Type 1a* der Solarthermieanlage sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.

Type Eingabefenster	Wert Parameter	Einheit	Bemerkungen
<b>Parameter</b>			
Number in series	1	dimensionless	Konstant – Festgelegter Parameter (Kollektorfeld)
Collector area	4500	m <sup>2</sup>	Variabel – 4500 / 9000 / 13500
Fluid specific heat	3.5	kJ/kg.K	Konstant – Festgelegter Parameter
Efficiency mode	2	dimensionless	Konstant – Festgelegter Parameter ( $\eta$ bezogen auf mittlere Temperatur des Wärmeträgermediums)
Tested flow rate	30.0	kg/hr.m <sup>2</sup>	Konstant – Parameter „EURO C20-HT“
Intercept efficiency	0.8081	dimensionless	Konstant – Parameter „EURO C20-HT“
Efficiency slope	12.592800	kJ/hr.m <sup>2</sup> .K	Konstant – Parameter „EURO C20-HT“
Efficiency curvature	0.043920	kJ/hr.m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup>	Konstant – Parameter „EURO C20-HT“
Optical Mode 1	1	dimensionless	Konstant – Voreingestellte Parameter No incidence angle modification
<b>Input</b>			
Inlet temperature	20.0	C	Übergabe – Rücklauftemperatur
Inlet flowrate	12000	kg/hr	Übergabe – Massenstrom
Ambient temperature	10.0	C	Externe Inputdaten
Incident radiation	0	kJ/hr.m <sup>2</sup>	Übergabe– solar radiation processor / Type 16c
<b>Output</b>			
Outlet temperature	0	C	Übergabe – Wärmeübertrager ST1 (Bereitschaftsspeicher Trinkwarmwasser) Wärmeübertrager ST2 (Erdlangzeitspeicher / Heizung) Bereitschaftsspeicher Klimakälte)
Outlet flowrate	0	kg/hr	Übergabe – Wärmeübertrager ST1 (Bereitschaftsspeicher Trinkwarmwasser) Wärmeübertrager ST2 (Erdlangzeitspeicher / Heizung) Bereitschaftsspeicher Klimakälte)
Useful energy gain	0	kJ/hr	Keine Übergabe – Datenaufzeichnung

### Gasmotor-Blockheizkraftwerk


**Abbildung 3-11:** Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz eines Motor-Blockheizkraftwerkes.

**Energiebilanz:**

$$P_{BHKW} + \dot{Q}_{vor} = \dot{Q}_{Br} + \dot{Q}_{rück} - \dot{Q}_{verl} - \dot{Q}_{verl,mech}$$

**Gleichung 3-17**
**Exergiebilanz:**

$$\dot{E}x_{BHKW,elekt} + \dot{E}x_{vor} = \dot{Q}_{Br} + \dot{E}x_{rück} - \int \frac{T-T_U}{T} d\dot{Q}_{verl} - \int \frac{T-T_U}{T} d\dot{Q}_{verl,mech} - \Delta \dot{E}x_{verl,irrev}$$

**Gleichung 3-18**

Zur Simulation des Blockheizkraftwerkes dient das *Type 145*. Es ist kein Standardtype und mußte zusätzlich in das Programmpaket TRNSYS eingebunden werden. Die Lastkennlinie entspricht dem BHKW vom Typ „110 GG“ der Firma „Sokratherm GmbH“. Es hat bei Vollast eine elektrische Leistung von 112 kW<sub>el</sub>, eine thermische Leistung von 205 kW<sub>th</sub> und einen Gesamtwirkungsgrad von 92 Prozent.

Das Blockheizkraftwerk wird mit drei Motor-Modulen simuliert, die bei wärmegeführter Betriebsweise in Vollast betrieben werden. Je nach Nachfrage werden die Module zugeschaltet, wobei das erste Modul primär zur Versorgung mit Trinkwarmwasser dient. Die Wärme wird hierbei sowie bei der Versorgung mit Heizungswärme an Bereitschaftsspeicher übergeben und nach deren Temperatur geregelt. Unterschreitet die obere Speicherschicht 80°C, sind alle drei Module in Betrieb. Ist dies bei den mittleren Schichten der Fall, wird nur ein Modul zugeschaltet.

**Tabelle 3-5:** Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das *Type* des Blockheizkraftwerkes (Nr. 145) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.

Type Eingabefenster	Wert Parameter	Einheit	Bemerkungen
<b>Parameter</b>			
Maximaler Wärmestrom	921600	kJ/hr	Konstant – Parameter „DITOM – S / TBG 926“
Maximale elektrische Leistung	684000	kJ/hr	Konstant – Parameter „DITOM – S / TBG 926“
Maximaler Wirkungsgrad	0.897	-	Konstant – Parameter „DITOM – S / TBG 926“
Spezifische Wärmekapazität	4.19	kJ/kg.K	Konstant – Festgelegter Parameter
<b>Input</b>			
Bedarf an Wärmestrom	0	kJ/hr	Übergabe – nur bei wärmegeführter (wg) Betriebsweise (BW) 921600, sonst 0
Strombedarf	0	kJ/hr	Übergabe – nur bei stromgeführter (sg) Betriebsweise (BW) Wert, sonst 0
Schalter für Massenstrom	1	dimensionless	Konstant – Festgelegter Parameter (1 = berechnet Datenübergabe)
Massenstrom input	7500	kg/hr	Übergabe – Rücklaufmassenstrom
Rücklauftemperatur	70	C	Übergabe – Rücklauftemperatur
Solltemperatur Vorlauf	100	C	Konstant – Festgelegter Parameter
Maximal zulässige Volauftemperatur	120	C	Konstant – Festgelegter Parameter
Schalter für Führungsweise	2	dimensionless	variabel – Festgelegter Parameter (1 = sg, 2 = wg, 3 = gemischte BW)
Faktor für minimale Teillast	0	dimensionless	Nicht belegt
Schalter für Zwangseinschaltung	0	dimensionless	Nicht belegt
<b>Output</b>			
Thermische Leistung	0	kJ/hr	Keine Übergabe – Datenaufzeichnung
Elektrische Leistung	0	kJ/hr	Keine Übergabe – Datenaufzeichnung
Wärmedifferenz	0	kJ/hr	Keine Übergabe
Stromdifferenz	0	kJ/hr	Keine Übergabe
Massenstrom output	0	kg/hr	Übergabe
Vorlauftemperatur	0	C	Übergabe
Brennstoffeinsatz	0	kJ/hr	Keine Übergabe – Datenaufzeichnung
Schalter für Betrieb	0	dimensionless	Nicht belegt
Anzeige Teillast	0	dimensionless	Nicht belegt
Schalter für Notaus	0	dimensionless	Nicht belegt

## Absorptionskältemaschine

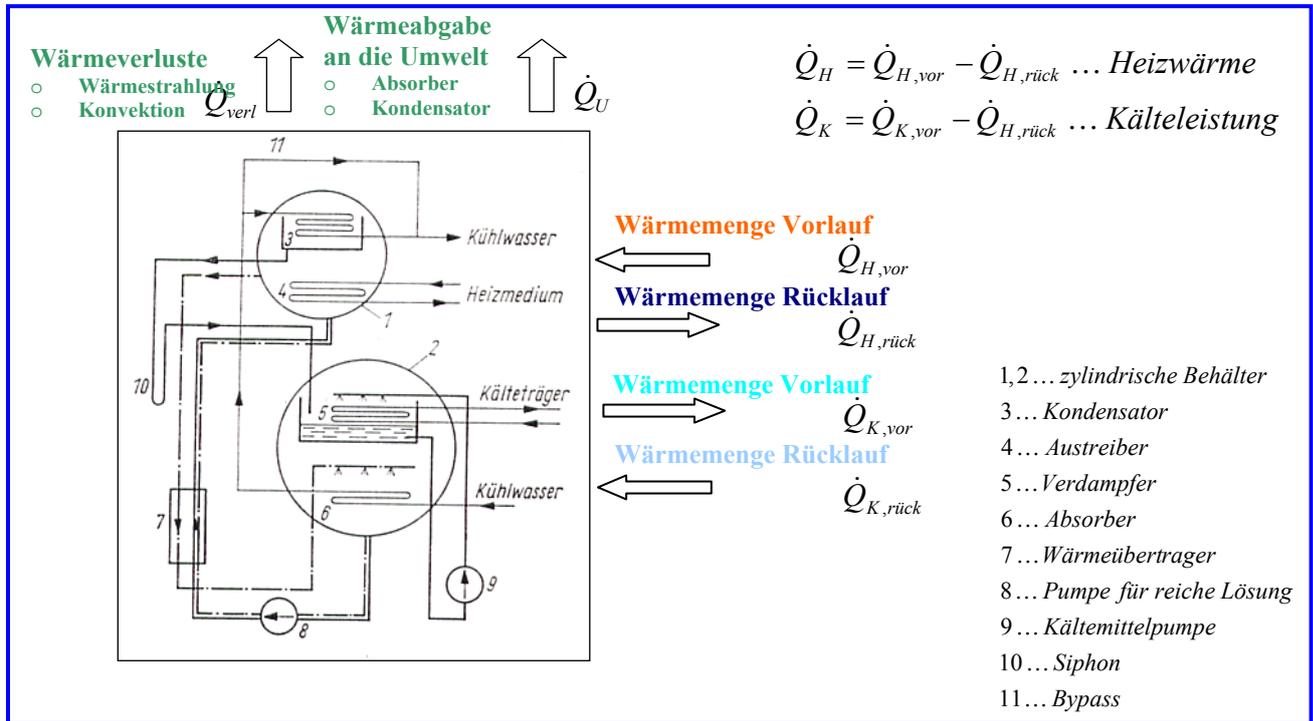


Abbildung 3-12: Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz der Absorptionskältemaschine (AKM)<sup>98</sup>.

### Energiebilanz:

$$\dot{Q}_{N,K} = \dot{Q}_{K,vor} - \dot{Q}_{K,rück} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_U - \dot{Q}_{verl}$$

Gleichung 3-19

### Exergiebilanz:

$$\dot{E}x_K = \dot{E}x_H - \int \frac{T - T_U}{T} d\dot{Q}_{verl} - \int \frac{T - T_U}{T} d\dot{Q}_U - \Delta \dot{E}x_{verl,irrev}$$

Gleichung 3-20

Die Absorptionskältemaschine (AKM) ist Bestandteil einer TRNSYS-Bibliothek (TESS), die zusätzlich in das Programmpaket eingebunden wurde. Es wurde das Modell der „SINGLE-EFFECT HOT-WATER FIRED ABSORPTION CHILLER“ (Type 680) gewählt. Da die AKM zur Versorgung im Klimabereich eingesetzt wird, wurde das Stoffpaar Wasser-Lithiumbromid (LiBr) gewählt. Von Vorteil ist zudem, daß sie unter Einhaltung günstiger Betriebsparameter gut in Teillast zu betreiben ist.<sup>98/51</sup> Für die Wärmeversorgung ist primär das Solarthermiefeld vorgesehen. Reicht die Wärme nicht, so steht das Blockheizkraftwerk und für Spitzenlastfälle der Heizkessel zur Verfügung.

<sup>98</sup> Jungnickel, H., Agsten, R. Kraus, W. E.: „Grundlagen der Kältetechnik“, 3. Auflage, Verlag Technik GmbH Berlin, 1990

**Tabelle 3-6:** Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das *Type* der Absorptionskältemaschine (Nr. 680) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.

Type Eingabefenster	Wert Parameter	Einheit	Bemerkungen
<b>Parameter</b>			
Rated capacity	1250	kW	Konstant – Festgelegter Parameter
Rated C.O.P.	0.7	-	Konstant – Festgelegter Parameter
Logical unit for S1 data file	23	-	Konstant – Festgelegter Parameter
Number of HW temperatures in S1 data file	5	-	Konstant – Voreingestellte Parameter
Number of CW steps in S1 data file	3	-	Konstant – Voreingestellte Parameter
Number of CHW set points in S1 data file	7	-	Konstant – Voreingestellte Parameter
Number of load fractions in S1 data file	11	-	Konstant – Voreingestellte Parameter
HW fluid specific heat	4.190	kJ/kg.K	Konstant – Voreingestellte Parameter
CHW fluid specific heat	4.190	kJ/kg.K	Konstant – Voreingestellte Parameter
CW fluid specific heat	4.190	kJ/kg.K	Konstant – Voreingestellte Parameter
Auxiliary electrical power	18000	kJ/hr	Konstant – Festgelegter Parameter
<b>Input</b>			
Chilled water inlet temperature	8	C	Übergabe – Rücklauf Kälteversorgung
Chilled water flow rate	300000.0	kg/hr	Übergabe – Rücklauf Kälteversorgung
Cooling water inlet temperature	30.0	C	Konstant – Festgelegter Parameter
Cooling water flow rate	500000.0	kg/hr	Konstant – Festgelegter Parameter
Hot water inlet temperature	100.0	C	Übergabe – Bereitschaftsspeicher VL (Wärme)
Hot water flow rate	50000	kg/hr	Übergabe – Bereitschaftsspeicher VL (Wärme)
CHW set point	8	C	Konstant – Festgelegter Parameter
Chiller control signal	1.0	-	Konstant – Festgelegter Parameter
<b>Output</b>			
Chilled water temperature	0	C	Übergabe – Vorlauf Kälteversorgung
Chilled water flow rate	0	kg/hr	Übergabe – Vorlauf Kälteversorgung (variabel)
Cooling water temperature	0	C	Keine Übergabe
Cooling water flow rate	0	kg/hr	Keine Übergabe
Hot water outlet temperature	0	C	Übergabe – Bereitschaftsspeicher RL (Wärme)
Hot water flow rate	0	kg/hr	Übergabe – Bereitschaftsspeicher RL (Wärme)
Chilled water energy	0	kJ/hr	Keine Übergabe
Cooling water energy	0	kJ/hr	Keine Übergabe
Hot water energy	0	kJ/hr	Keine Übergabe
Electrical energy required	0	kJ/hr	Keine Übergabe – Stromverbrauch
Fraction of nominal capacity	0	-	Keine Übergabe
Fraction of design energy input	0	-	Keine Übergabe
C.O.P	0	-	Keine Übergabe

## Wärmespeicher

Zur Speicherung der Wärmeenergie wird je nach Funktion und Speicherzeit zwischen Bereitschafts-, Puffer- und Langzeitspeicher unterschieden. Der Bereitschaftsspeicher (Standardtype 4e) dient der Versorgung mit Trinkwarmwasser. Er wird sowohl von der Solarthermie (primär) als auch vom Blockheizkraftwerk gespeist. Auch hierfür ist eine Nachheizung durch den Kessel möglich. Der Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  des Speichers beträgt  $0,556 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Er hat ein Volumen von  $50 \text{ m}^3$ . Simuliert wird mit 10 Schichten, wobei jede Speicherschicht eine Höhe von  $0,7 \text{ Meter}$  hat.

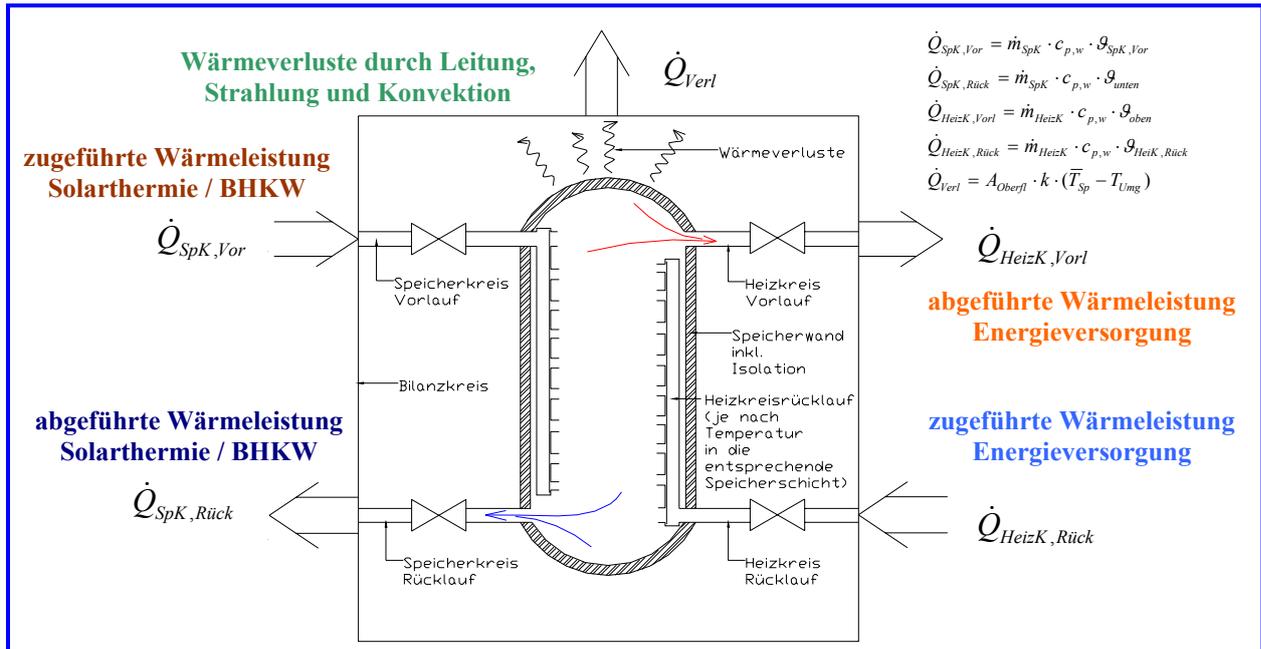


Abbildung 3-13: Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz eines Speichers.

Aufgrund der komplizierten Regelung, der Datenmengen und der großen Volumenströme war es für die Simulation notwendig, Pufferspeicher (siehe Abbildung 2-13) zu verwenden. Von diesen Speichern wird die Wärme in den Heizkreis eingespeist. Sie werden einerseits durch den Langzeitspeicher des Solarthermiefeldes und andererseits durch das Blockheizkraftwerk direkt oder durch dessen Langzeitspeicher beladen. Die Kenndaten entsprechen denen des Bereitschaftsspeichers. Das Volumen der Pufferspeicher beträgt allerdings  $400 \text{ m}^3$  und die Schichthöhe  $1,4 \text{ Meter}$ .

Zur Festlegung der Technologie zur saisonalen Wärmespeicherung wurde auf Erfahrungen der solaren Nahwärmeversorgung in Friedrichshafen Bezug genommen.<sup>99</sup> Dort wurde ein Heißwasser-Erdlangzeitspeicher so optimiert, daß die Wärmeverluste minimiert wurden (Abbildung 3-14) Das setzt ein kleines Oberflächen-/Volumen-Verhältnis voraus.

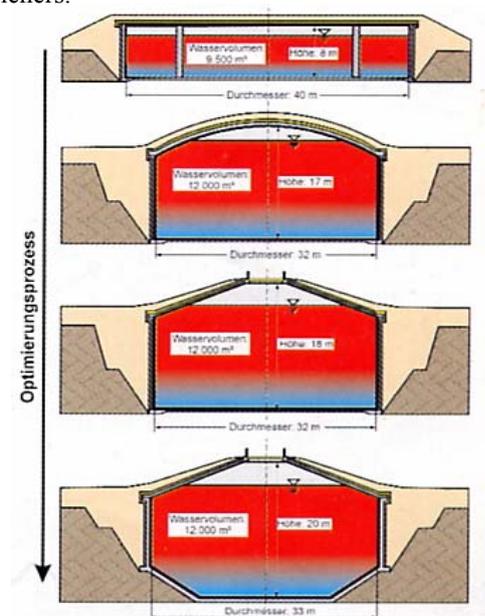


Abbildung 3-14: Entwicklungsstufen der Speicherentwicklung in Friedrichshafen.<sup>99</sup>

<sup>99</sup> Mangold, D., Benner, M., Schmidt, T.: „Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2001

Zudem ist er für fast jede Größenordnung planbar und von der örtlichen Geologie unabhängig. Da die Simulationsergebnisse größtmögliche Allgemeingültigkeit haben sollten, wird diese Technologie der saisonalen Wärmespeicherung für die Simulationen genutzt, zumal mit dem Projekt in Friedrichshafen Erfahrungen aus der Praxis vorliegen. Wie für den Pufferspeicher wurde das TRNSYS-Type (4c) gewählt, welches in Abhängigkeit der Speichertemperatur beladen wird. Besitzt beispielsweise der Rücklauf aus dem Heizkreis eine Temperatur, die deutlich über der unteren Speichertemperatur liegt, wird das Wasser in den mittleren Speicherschichten eingespeist, um die Wärmeschichtung beizubehalten.

Das Speichervolumen beträgt  $12000 \text{ m}^3$  mit einer Höhe von 20 Metern. Um die Wärmeschichtung innerhalb des Speichers zu berücksichtigen, wurde er in 10 Schichten unterteilt (siehe Bereitschaftsspeicher), die eine Höhe von je 2 Metern haben. Sollte der Saisonspeicher als Ergebnis der Simulation ein größeres Volumen benötigen, wird von mehreren Speichern dieser Art ausgegangen. Sollte er kleiner ausgelegt werden, wird das Verhältnis von Schichthöhe zu Speichervolumen ( $2 \text{ Meter}/12000 \text{ m}^3$ ) beibehalten, d. h. ein Speicher mit einem Volumen von  $6000 \text{ m}^3$  wäre 10 Meter hoch. Kleinere Speicher haben die gleiche Höhe (10 Meter), wobei der kleinste Speicher ein Volumen von  $1000 \text{ m}^3$  besitzt. Aufgrund der Messergebnisse aus Friedrichshafen kann ein Wärmedurchgangskoeffizient  $k$  des Erdlangzeitspeichers von  $0,278 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  festgelegt werden.

Weitere Möglichkeit an der Langzeitspeicherung von Wärme sind beispielsweise Kies-Wasser-, Erdsonden- und Aquifer-Speicher. Des weiteren könnten Latentwärmespeicher eingesetzt werden, die eine höhere Energiedichte aufweisen und nahezu verlustfrei arbeiten. Sie wurden allerdings zur Nahwärmeversorgung in der in dieser Arbeit betrachteten Größenordnung in der Praxis noch nicht eingesetzt.<sup>100</sup>

### Energiebilanz:

$$0 = \dot{Q}_{SpK,Vor} + \dot{Q}_{HeizK,Rück} - \dot{Q}_{SpK,Rück} - \dot{Q}_{HeizK,Vor} - \dot{Q}_{Verl}$$

Gleichung 3-21

### Exergiebilanz:

$$0 = \dot{E}x_{SpK,Vor} + \dot{E}x_{HeizK,Rück} - \dot{E}x_{SpK,Rück} - \dot{E}x_{HeizK,Vor} - \int \frac{T - T_U}{T} d\dot{Q}_{verl} - \Delta \dot{E}x_{verl,irrev}$$

Gleichung 3-22

### Weitere Komponenten:

Der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Parameter der übrigen Anlagenkomponenten zu entnehmen. Es handelt sich durchweg um Standardtypes des Programmpaketes TRNSYS. Auf eine Darstellung der Bilanzen wird an dieser Stelle verzichtet.

Tabelle 3-7: Wesentliche Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für die übrigen Types

AnlagenKomponente	TRNSYS-Type	Wesentliche Merkmale
Heizkessel	6	Mittlerer Wirkungsgrad von 95 Prozent
Wärmeübertrager	91	Heat exchanger effectiveness = $Q/Q_{\max} = 0,8$
Pumpen	3d	Leistung von 30 Watt pro $1 \text{ m}^3$
Rohrleitung	31, 11b, 11h, 11f	Wärmedurchgangskoeffizient $k$ von $0,694 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Notkühler	92	
Batterie	47a	Mittlerer Wirkungsgrad von 80 Prozent
Regler	2b	

<sup>100</sup> Lottner, V.: „Thermochemische Speicher“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2001

### 3.5. Validierung der Simulationssoftware – Referenzanlagen des derzeitigen Standes der Energieversorgung

Zur Validierung der Simulationssoftware wurden im Rahmen dieses Projektes zwei Studienarbeiten angefertigt.<sup>101/102</sup> Untersuchungsgegenstand war in beiden Fällen das „Blockheizkraftwerk Sandtorstraße“, welches die Wärmeversorgung des Universitätscampus in Magdeburg sicherstellt. Als Datengrundlage dienen Meßwerte für den Zeitraum vom 09.09.1998 bis 02.04.2001, die von der GETEC AG zur Verfügung gestellt wurden. Die Meßdaten von 32 Meßstellen wurden im 3-Minuten-Takt aufgezeichnet.

Das prinzipielle Anlagenschema kann der Abbildung 3-15 entnommen werden. Hauptkomponenten sind die drei mit Erdgas betriebenen Otto-Motoren (Leistungskennziffern pro Modul: 1018 kW<sub>el</sub> und 1280 kW<sub>th</sub> bei einer Brennstoffzufuhr von 2622 kW<sub>Br</sub>), die als KWK-Anlage arbeiten, der Heizkessel mit einer thermischen Leistung von 5 MW<sub>th</sub> und ein Pufferspeicher von 50 m<sup>3</sup>.

Ziel der Untersuchung war, eine größtmögliche Übereinstimmung von Messdaten und Simulationsergebnissen zu erreichen. Das betrifft zum einen die energetische Bilanz der Einzelkomponenten und des Gesamtsystems als auch die Betriebsdynamik. Als Inputdaten dienen die Wetter- und Verbrauchsdaten (Wärmebedarf Universität Magdeburg). Das Blockheizkraftwerk wird wärmegeführt betrieben.

Einen Vergleich der Simulationsergebnisse mit den Messwerten kann den Abbildung 3-16 und 3-17 entnommen werden. Sie weisen eine sehr gute Übereinstimmung auf. Kleinere Unterschiede resultieren aus der Tatsache, daß das Blockheizkraftwerk im Sommer zeitweise im stromgeführten Betrieb arbeitete. Zudem ist zeitweise die Regelung verändert worden. Die Simulation folgte demgegenüber für das gesamte Jahr nach dem gleichen Regelungskonzept.

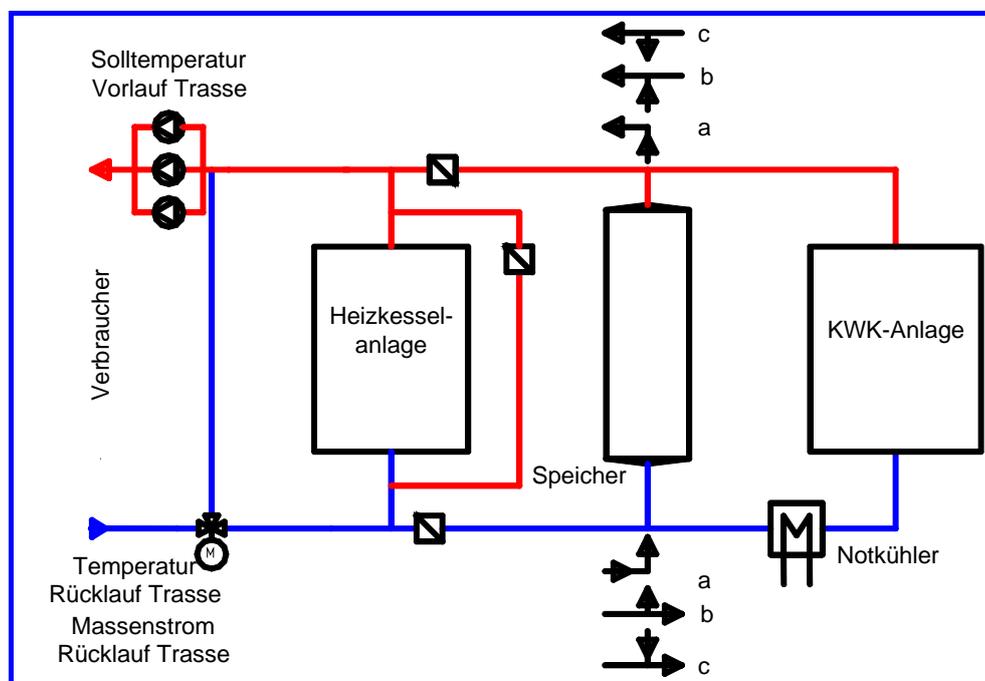


Abbildung 3-15: Schaltschema BHKW Sandtorstraße GETEC AG Magdeburg.<sup>102</sup>

<sup>101</sup> Paul, U.: „Untersuchung eines Blockheizkraftwerkes für die Wärmeversorgung der Universität Magdeburg“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Apparate- und Umwelttechnik (IAUT), 2003

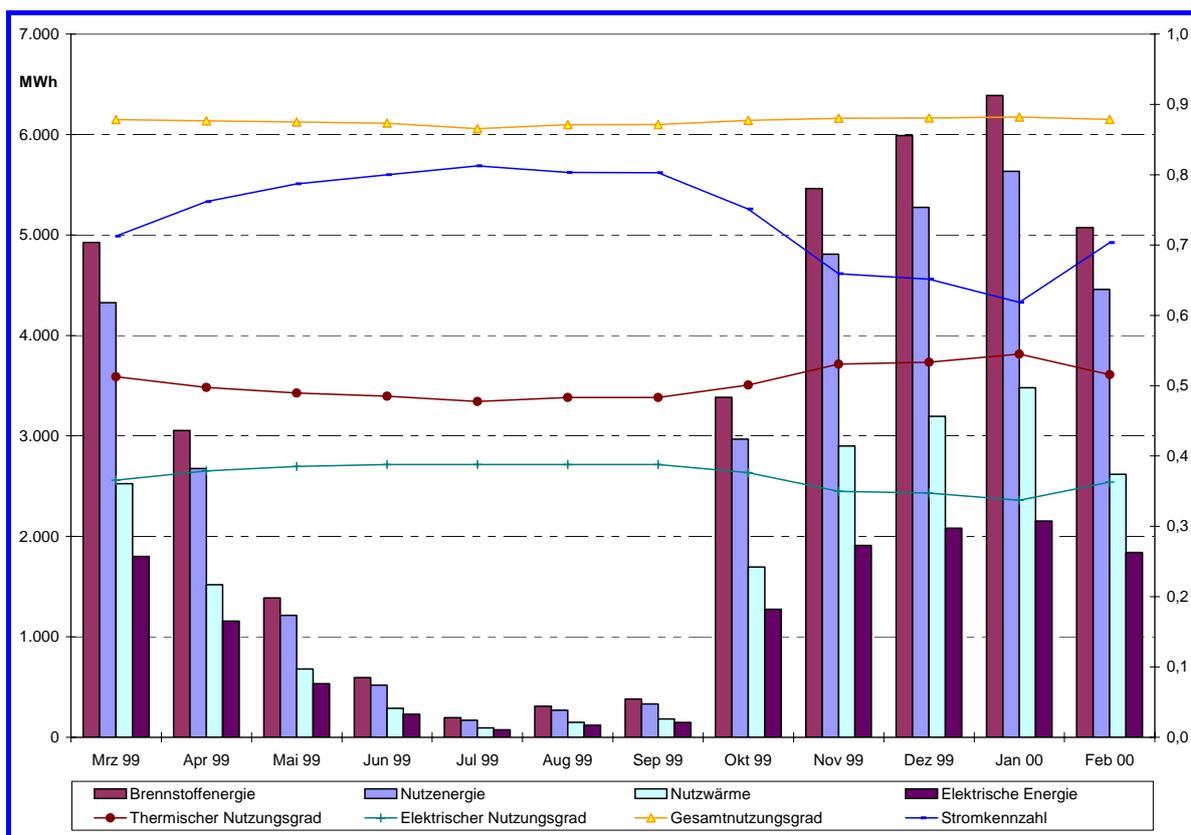


Abbildung 3-16: Energiebilanz der Simulation für das Jahr 1999.<sup>102</sup>

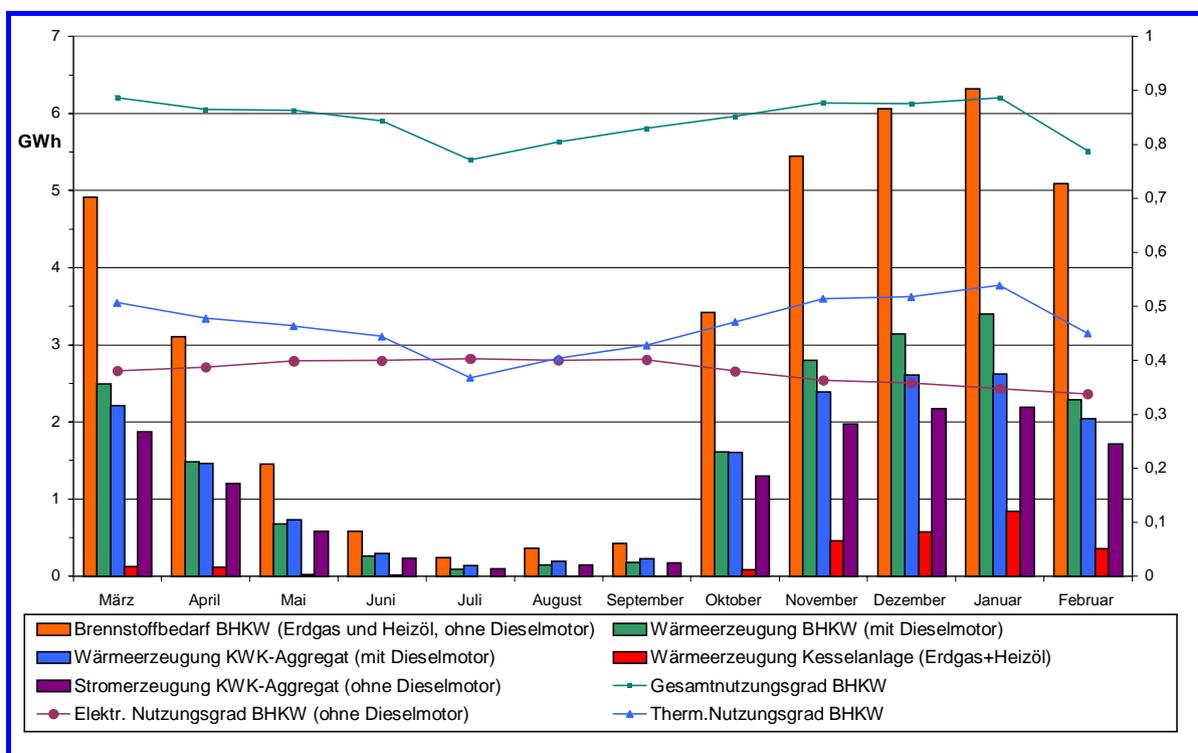


Abbildung 3-17: Energiebilanz der Messungen für das Jahr 1999 (mit Dieselmotor als zus. Stromaggregat).<sup>102</sup>

<sup>102</sup> Malingriaux, S.: „Simulative Untersuchung und energetische Bewertung eines Blockheizkraftwerkes“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Apparate- und Umwelttechnik (IAUT), 2003

## 4. Darstellung und Entwicklung von Bewertungskennzahlen für Energieversorgungsanlagen

### 4.1. Allgemeines

Zum Vergleich der unterschiedlichen Konfigurationen des Energieversorgungssystems werden zunächst Bewertungskennzahlen definiert. Deren Grundlage sind bekannte energetische und exergetische Kennzahlen zur Beurteilung von Energieumwandlungsanlagen, wie u. a. der Wirkungsgrad und der Nutzungsgrad, sind. Diese Kennzahlen sind abhängig von den vorher definierten Bilanzräumen und den daraus abgeleiteten Bilanzgleichungen (siehe Tabelle 4-1). Hinzu kommen ökonomische Bewertungskennzahlen sowie Berechnungsmethoden, die den Kriterien der Nachhaltigkeit genügen sollen. Dazu zählen u. a. globale Energie- und Massenbilanzen sowie lokale und globale Schadstoffemissionen. Voraussetzung für die Entwicklung der Bewertungskennzahlen ist die exakte Definition von Bilanzgrenzen und Zielkriterien, die sich an den Auswertungszielen orientieren sollen.

Die Auswertungsziele können sowohl ökonomischer als auch ökologischer Natur sein, wobei es bei heutiger Preisstruktur von regenerativen Energien sehr schwierig ist, eine beiden Ansprüchen genügende Anlagenkonfiguration bzw. Betriebsweise zu finden. Demzufolge ist eine energetische Optimierung von Energieversorgungsanlagen durchaus auch ökonomisch sinnvoll, da hierbei ohne oder zumindest mit geringem apparativen Aufwand die variablen Kosten wirksam gesenkt werden können.

Der folgenden Tabelle sind die grundlegenden Gleichungen für eine Bilanzierung von Energieumwandlungsanlagen zu entnehmen. Zur Bewertung der Umwandlungsgüte in der Energietechnik hat sich die Exergie bewährt, die den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik impliziert.

Tabelle 4-1: Die für die jeweilige Bilanz zu bilanzierende Größen<sup>103</sup>

	Massenbilanz	Energiebilanz	Entropiebilanz	Exergiebilanz
<b>Stoffstrom</b>	$\dot{m}$	$\dot{H} = \dot{m} \cdot (h - h_0)$	$\dot{S} = \dot{m} \cdot (s - s_0)$	$\dot{E} = \dot{m} \cdot e = \dot{m} \cdot [h - h_0 - T_U \cdot (s - s_U)]$
<b>Wärmestrom</b>	-	$\dot{Q} = \frac{\partial Q}{\partial t}$	$\dot{S} = \int \frac{\partial \dot{Q}}{T} = \frac{\dot{Q}}{T_m}$	$\dot{E}_Q = \int \frac{T - T_U}{T} \partial \dot{Q} = \frac{T_m - T_U}{T_m} \dot{Q}$
<b>Arbeit / Leistung</b>	-	$P = \frac{\partial W}{\partial t}$	0	P
<b>zeitliche Änderung im Bilanzkreis</b>	$\frac{dm}{dt}$	$\frac{dU}{dt} = \frac{d(m \cdot u)}{dt}$ $\frac{\partial Q_{sp}}{\partial t} = \frac{m \cdot c \cdot \partial(v - v_0)}{\partial t}$	$\frac{dS}{dt} = \frac{d(m(s - s_0))}{dt}$	$\frac{\dot{E}_i}{dt} = \frac{d(m \cdot e_i)}{dt}$ $= \frac{d\{m[u - u_U - T_U(s - s_U) + p_U(v - v_U)]\}}{dt}$
<b>Produktion Extermination</b>	0	0	$\Delta \dot{S}_{irr} = \frac{\partial S_{irr}}{\partial t} \geq \int \frac{\partial \dot{W}_{diss}}{T}$	$\Delta \dot{E}_V = -T_U \cdot \Delta \dot{S}_{irr} \leq - \int \frac{T_U \cdot \partial \dot{W}_{diss}}{T}$

<sup>103</sup> VDI-Gesellschaft Energietechnik: „Energietechnische Arbeitsmappe“, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2000

## 4.2. Festlegung der Bilanzgrenzen

Wie im Hauptabschnitt 3 dargestellt, ist zur Betrachtung energetischer Aufwendungen die Aufstellung energetischer Bilanzen unablässig. Des Weiteren sind sie Voraussetzung zur Lösung von Optimierungsaufgaben, Wirtschaftlichkeitsanalysen sowie Anlagen- und Systemplanungen. Ebenfalls notwendig sind exergetische Bilanzierungen, die vornehmlich zur Bewertung der Umwandlungsgüte dienen. Das erfordert eine Abgrenzung des Versorgungssystems von der Umgebung und die Festlegung zweckmäßiger Systemgrenzen.<sup>104</sup>

Schwerpunkt der Auswertungen liegt in der Analyse des Gesamtsystems der Energieversorgung eines definierten Verbrauchergebietes, seiner Dynamik bei der Kopplung von unterschiedlichen Komponenten zur Strom- und Wärmebereitstellung. Die Methoden zur Bilanzierung und Untersuchung der in diesem Energieversorgungssystem verwendeten einzelnen Anlagenkomponenten (wie der Solarthermieanlage, der Windkraft und der Photovoltaik oder des Blockheizkraftwerkes) entsprechen dem Stand der Technik und werden zur Anlagenplanung bzw. Optimierung angewendet. Hierauf soll in diesem Abschnitt nicht weiter eingegangen werden. Zur Auswertung der Simulationsergebnisse für die Einzelanlagen werden die Bilanzen des Abschnittes 3.4 genutzt. Die Bewertungsergebnisse sind im Hauptabschnitt 6 ausführlich dargestellt.

Ziel dieser Auswertungen ist die Darstellung von Synergieeffekten bei der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bzw. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung (KWKK) mit regenerativen Energieumwandlungsanlagen, um ökonomisch optimale und ökologisch sinnvolle Kombinationen mit verschiedenen Regenerativkomponenten zu finden. Ausgangspunkt ist in allen Fällen die Bilanzierung und Bewertung des *gesamten* dezentralen Energieversorgungssystems.

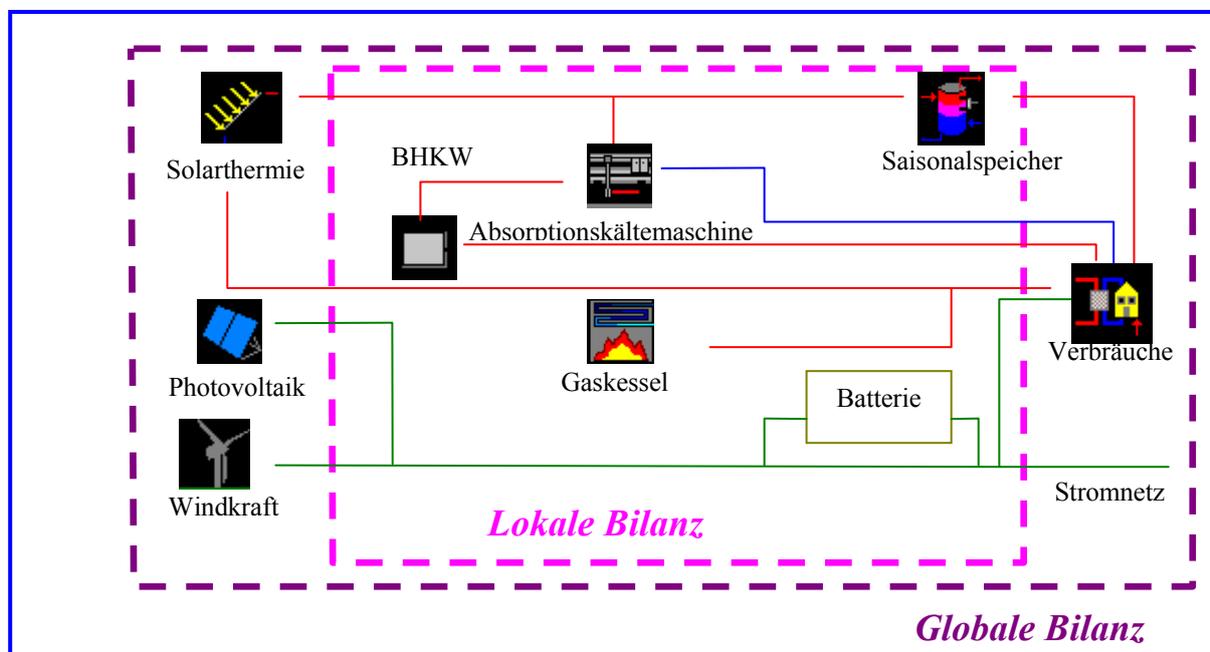


Abbildung 4-1: Schematische Darstellung der Bilanzgrenzen.

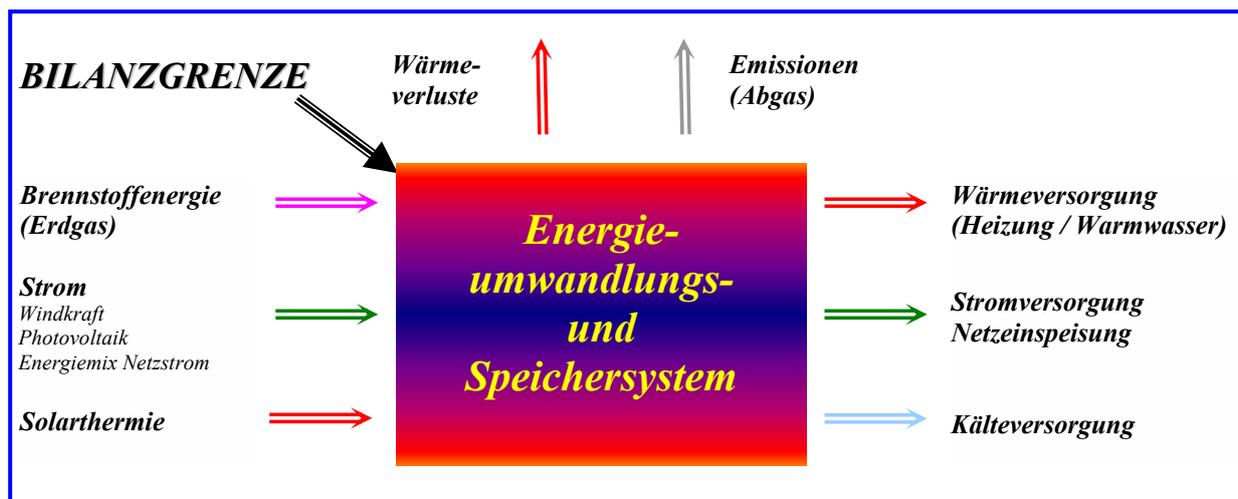
<sup>104</sup> Dittmann, A., Zschernig, J.: „Energiewirtschaft“, Teubner Verlag Stuttgart, 1998

Zur Gesamtbewertung werden zwei Bilanzräume unterschieden (siehe Abbildung 4-1). Zunächst wird das Energieversorgungssystem vor Ort – *lokal* – bilanziert; wobei „vor Ort“ auch die Energieumwandlung des externen Kraftwerksparks zur Strombereitstellung über das Netz beinhaltet. Dem wird die *globale* Bilanz gegenübergestellt.

Die globale Bilanz ist notwendig und sinnvoll, da die Erträge der Regenerativkomponenten nach ihrer Inbetriebnahme keine fossilen Energieträger verbrauchen und somit weitgehend von „kostenlosen“ meteorologischen Inputgrößen abhängen. Allerdings sind die materiellen und energetischen Aufwendungen zum Bau dieser Anlagenkomponenten teilweise erheblich und können nur mit Ausweitung der Bilanzgrenzen erfaßt werden. Dies geschieht durch Aufstellung einer Prozeßkettenanalyse für die zum Bau der Anlagenkomponenten genutzten Baustoffe und Primärenergieträger sowie für die zum Betrieb und zur Verschrottung der Anlagen notwendigen Aufwendungen. Zudem sind nicht unerhebliche energetische Aufwendungen bei der Bereitstellung fossiler Energieträger zu verzeichnen, die mit der globalen Bilanz gleichfalls berücksichtigt werden.

### Lokale Bilanz:

Für ein Energieversorgungssystem kann mit festgelegten Anlagenkomponenten zur Strom-, Wärme- und Kälteversorgung folgende lokale Stoff- und Energiebilanz aufgestellt werden:



**Abbildung 4-2:** Schematische Darstellung der lokalen Bilanz eines Energieversorgungssystems als Grundlage zur Aufstellung der Bilanzgleichungen.

In dieser lokalen Bilanzierung wird für die Regenerativkomponenten, im Gegensatz zu den Anlagenkomponenten, die fossile Energieträger (z. B. Erdgas) benötigen, die Umwandlungsgüte der Solarstrahlung in Strom bzw. in Wärme oder des Windes in Strom, nicht berücksichtigt, da die Solarstrahlung und der Wind ohne zusätzliche Aufwendungen zur Verfügung stehen. Dem gegenüber wird der Energiemix zur Erzeugung des Netzstromes, neben dem Einsatz des Brennstoffes Erdgas für das BHKW und den Heizkessel primärenergetisch mit in die *lokale* Bilanz einbezogen.

Energieerträge der Regenerativkomponenten, die Brennstoffenergie (Erdgas) sowie der Energiemix des Netzstromes werden, wie der Abbildung 4-2 entnommen werden kann, als INPUT in das Energieumwandlungs- und Speichersystem definiert. Nicht genutzte Wärmeenergie gilt, wie zumeist in der Realität, als Verlust. Es werden nur Nahwärmeversorgungssysteme untersucht. Anlagen zur Fernwärmenutzung werden nicht betrachtet, da sie höhere Temperaturniveaus be-

nötigen und eine konstante Wärmebereitstellung garantieren müssen, aber üblicherweise nicht zur dezentralen Stromversorgung dienen.

Der vom Verbraucher im Versorgungsgebiet nicht genutzte Strom wird bei netzgekoppelter Betriebsweise des dezentralen Energieversorgungssystems in das Stromnetz eingespeist, da in der BRD von einer nahezu vollständigen Netzanbindung aller Verbraucher ausgegangen werden kann. Ist kein Stromnetz nutzbar (u. a. Entwicklungs- oder Schwellenländer) und steht kein Stromspeicher, beispielsweise in Form einer Batterie, einer Elektrolyse zur Wasserstoffbereitstellung oder eines Pumpspeicherwerkes zur Verfügung, muß der nicht genutzte Strom ebenfalls als Verlust deklariert werden.

Diese Definition der lokalen Bilanzgrenze hat den Vorteil, daß mit ihrer Hilfe die je nach Verbrauchscharakteristika und Optimierungszielen günstigste Anlagenkonfiguration gefunden werden kann. Die dazu notwendigen Systembewertungskennzahlen werden im Abschnitt 4. 3. hergeleitet.

Sind einzelne Anlagenkomponenten für den lokalen Bilanzkreis nicht vorgesehen, oder die Versorgungsaufgabe ändert sich, müssen die Input- und/oder Outputparameter angepaßt werden, wobei die Bilanzgrenze bestehen bleibt. Für den in Abbildung 4-2 dargestellten Bilanzraum können folgende Bilanzgleichungen aufgestellt werden:

#### Lokale Stoffbilanz:

$$\dot{m}_{Br,l} + \dot{m}_{Luft,l} = \sum_i \dot{m}_{Ag,i,l} \quad \dot{m} \dots \text{Massestrom (} l \dots \text{lokal)}$$

Gleichung 4-1

#### Lokale Energiebilanz:

$$\dot{H}_{Br,l} + P_{WKA} + P_{PV} + \dot{H}_{PE,Netz,Bezug} + \dot{H}_{ST} = \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + P_{Verb.} + P_{Netz,Einsp.} + \dot{H}_{Kälte} + \dot{Q}_{Verl.,l} + \frac{\partial Q_{Speicher}}{\partial t}$$

$$\text{mit } \dot{H}_{Br,l} = h_{Br} \cdot \dot{m}_{Br,l} \quad \text{und} \quad \dot{H}_{PE,Netz,bez} = \sum_i (h_{Br,i} \cdot \dot{m}_{Br,i})$$

$\dot{Q} \dots$  Wärmestrom,  $\dot{H} \dots$  Enthalpiestrom ( $h \dots$  spezifische Enthalpie),  $\dot{P} \dots$  Elektrizitätsstrom

Gleichung 4-2

#### Lokale Exergiebilanz:

$$\begin{aligned} \dot{Ex}_{Br,l} + \dot{Ex}_{Wind,l} + \dot{Ex}_{PV,l} + \dot{Ex}_{Netz,bez} + \dot{Ex}_{ST,l} = \\ = \dot{Ex}_{Heiz} + \dot{Ex}_{TWW} + \dot{Ex}_{Strom,Verb} + \dot{Ex}_{Netz,einsp} + \dot{Ex}_{Kälte} + \dot{Ex}_{Verlust,l} + \frac{dEx_{Speicher}}{dt} + \Delta \dot{Ex}_{verl,irrev} \end{aligned}$$

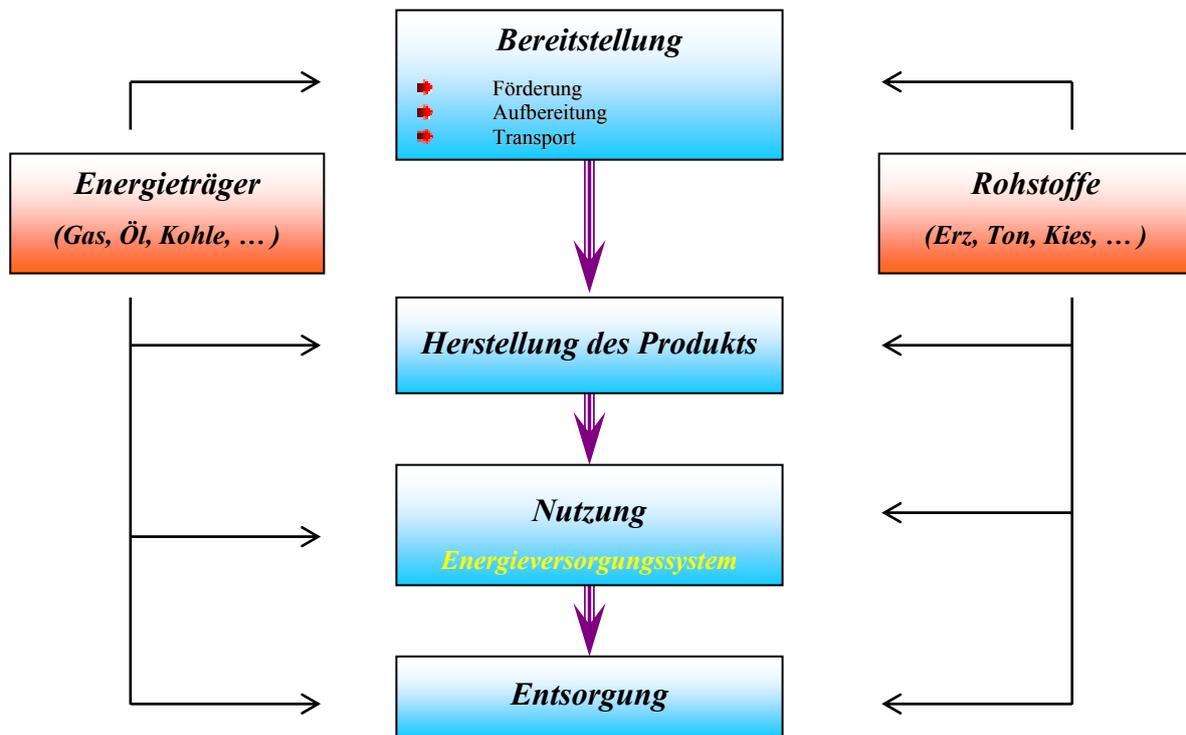
$$\text{mit } \dot{Ex}_{Br,l} = e_{Br} \cdot \dot{m}_{Br,l} \quad \text{und} \quad \dot{Ex}_{PE,Netz,bez} = \sum_i (ex_{Br,i} \cdot \dot{m}_{Br,i}), \quad \dot{Ex} \dots \text{Exergiestrom (} ex \dots \text{spezifische Exergie)}$$

Gleichung 4-3

#### Globale Bilanz:

Die globale Bilanz zeichnet sich, im Unterschied zur lokalen Bilanzierung, durch die zusätzliche Berücksichtigung aller energetischen und stofflichen Aufwendungen, die zum Bau, Betrieb und Abriß der Anlagen notwendig sind, aus. So werden sowohl die vorgelagerten Prozesse der zum Bau (unter Berücksichtigung der für die Herstellung verwendeten Materialien) als auch die zum Betrieb der Anlagenkomponenten notwendigen Primärenergien und Stoffe in die Bilanzierung einbezogen. Das Gleiche gilt für die Aufwendungen zur Bereitstellung des fossilen Brennstoffes Erdgas und den Energiemix zur Stromerzeugung.

Für die Herstellung der verwendeten Stoffe werden entsprechend spezifische Prozeßketten erstellt bzw. Angaben der Literatur verwendet und vorhandene Studien ausgewertet. Prozeßketten spiegeln die Material- und Energieaufwendungen quantitativ wider, die bei der Bereitstellung der Rohstoffe, der Herstellung der Produkte sowie bei deren Nutzung und Entsorgung benötigt werden. Zudem werden Hilfsstoffe und Prozeßenergien ebenfalls einer Prozeßkettenanalyse unterzogen. Diese quantitativen Betrachtungen lassen Rückschlüsse auf den gesamten Rohstoffverbrauch und auf diverse Umweltbeeinträchtigungen bei der Energieversorgung zu.



**Abbildung 4-3:** Darstellung einer kumulierten Energie- und Materialbilanz zur Charakterisierung der globalen Bilanz.

Dieses Prinzip wird ebenfalls für die Bereitstellung des im BHKW umgesetzten Brennstoffes (Erdgas) angewendet. Die Berechnungen berücksichtigen hierbei gleichfalls sowohl energetische als auch stoffliche Aufwendungen.

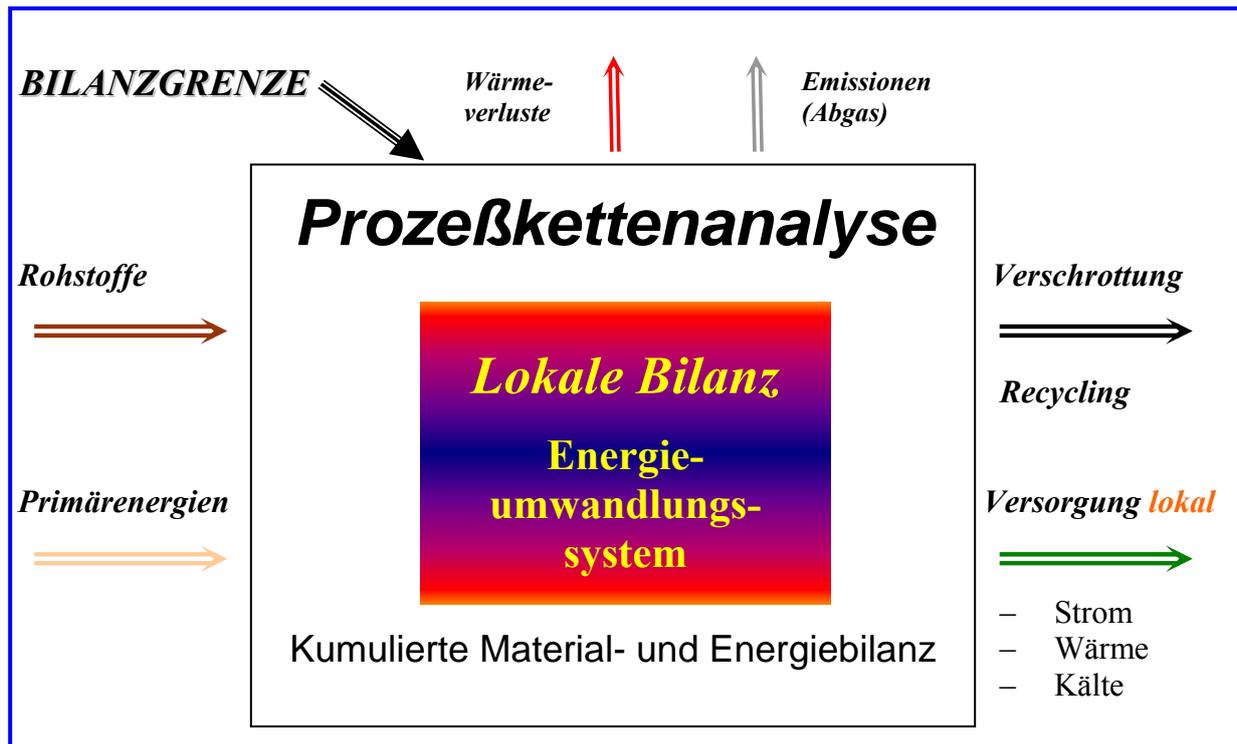
Der Abbildung 4-3 kann der prinzipielle Algorithmus zur Ermittlung von Prozeßketten, der als Grundlage für die Bilanzierung angewendet wird, entnommen werden. Die in dieser Abbildung dargestellten Hilfsstoffe – Energieträger und Rohstoffe bzw. Ersatzteile und Werkzeuge –, die während des „Lebenszyklus“ benötigt werden, müssen ebenfalls der kumulierten Material- und Energiebilanz unterzogen werden.

Die Entsorgung beinhaltet zumindest einerseits eine Endlagerung (Deponierung) und andererseits ein Recycling, wobei allerdings die Aufwendungen hierfür gleichfalls berücksichtigt werden müssen.

Die Herleitung der für die Berechnungen zur Anlagenbewertung notwendigen Prozeßkettenkennwerte erfolgt im Abschnitt 4. 5.

Im Gegensatz zur lokalen Bilanzierung können mit dieser umfassenderen globalen Analyse aller Aufwendungen alle globalen Stoff- und Energieströme berechnet werden, die notwendig sind, um einen Bedarf an Strom, Wärme und Kälte zu decken. Zudem sind somit die materiellen und energetischen Herstellungsaufwendungen der Regenerativkomponenten Photovoltaik, Windkraft und Solarthermie, berücksichtigt. Zweifellos trifft das genauso auf die globalen Aufwendungen bei der Bereitstellung fossiler Energieträger zu.<sup>105/106</sup>

Unter Einbeziehung der lokalen Bilanz und der Prozeßkettenanalyse kann die globale Bilanz aufgestellt werden:



**Abbildung 4-4:** Schematische Darstellung der Bilanzgrenzen eines Energieversorgungssystems als Grundlage zur Aufstellung der globalen Bilanzgleichungen.

Analog zur lokalen Bilanzierung stellen sich die Bilanzgleichungen bei der globalen Bilanz wie folgt dar:

Globale Stoffbilanz:

$$\dot{m}_{Br,l} + \dot{m}_{Luft,l} + KMB = \sum_i \dot{m}_{Ag,i,l} + \sum_{Komponenten} \dot{m}_e$$

$\dot{m}$ ... Massestrom,  $l$ ... lokal – dezent. Verbr.,  $KMB$ ... global – Kumulierte – Material – Bilanz (Prozeßkettenberechnung)  
bzw.  $KEB$ ... global – Kumulierte – Energie – Bilanz (Prozeßkettenberechnung)

**Gleichung 4-4**

<sup>105</sup> Voß, A. et al.: „Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken“, Forschungsbericht – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, August 2000

<sup>106</sup> Enquete-Kommission: „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“, Abschnitt 4.3.8.: „Energieeffizienzpotentiale durch verstärkte Kreislaufwirtschaft sowie bessere Material- und intensivere Produktnutzung“, Deutscher Bundestag, 2002

### Globale Energiebilanz:

$$\begin{aligned} \dot{H}_{Br, lokal} + P_{WKA} + P_{PV} + \dot{H}_{PE, Netz, Bezug} + \dot{H}_{ST} + KEB_{Br} + KEB_{Bau} = \\ = \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + P_{Verb.} + P_{Netz, Einsp.} + \dot{H}_{Kälte} + \dot{Q}_{Verlust} + \frac{\partial Q_{Speicher}}{\partial t} \end{aligned}$$

Gleichung 4-5

### Globale Exergiebilanz:

$$\begin{aligned} \dot{Ex}_{Br, lokal} + \dot{Ex}_{WKA} + \dot{Ex}_{PV} + \dot{Ex}_{Netz, Bezug} + \dot{Ex}_{ST} + KExB_{Br} + KExB_{Bau} = \\ = \dot{Ex}_{Heizung} + \dot{Ex}_{TWW} + \dot{Ex}_{Strom, Verb.} + \dot{Ex}_{Netz, Einsp.} + \dot{Ex}_{Kälte} + \dot{Ex}_{Verlust} + \frac{dEx_{Speicher}}{dt} + \Delta \dot{Ex}_{verl, irrev} \end{aligned}$$

Gleichung 4-6

## 4.3. Bewertungskennzahlen

### 4.3.1. Energetische Bewertungskennzahlen

Zur energetischen Bewertung von Systemen zur Energieumwandlung und zum Vergleich unterschiedlicher Anlagenkonfigurationen erweisen sich dimensionslose Kennzahlen als besonders hilfreich. Zudem ist es mit diesen Kennzahlen möglich, die Güte der Energieumwandlung sowie den Umwandlungsprozeß zu analysieren. Die Definition der Bewertungskennzahlen richtet sich vor allem nach den vorher festgelegten Bewertungszielen. Die Darstellung der in dieser Arbeit genutzten Kennzahlen zur Bewertung einzelner Anlagenkomponenten sowie deren Weiterentwicklung, um das gesamte dezentrale Energieversorgungssystem analysieren zu können, erfolgt in Anlehnung an die im folgenden aufgeführten gebräuchlichen Kennzahlen.<sup>103</sup>

#### 4.3.1.1. Energetischer Wirkungsgrad $\eta$

Der energetische Wirkungsgrad  $\eta$  eines Systems stellt das momentane Verhältnis vom energetischen Nutzen (abgegebener zeitweise stationärer Nutzenergiestrom) zum energetischen Aufwand (zugeführter zeitweise stationärer Energiestrom) dar, d. h. im System treten keine Energiespeichereffekte auf. Somit können beispielsweise unterschiedliche Einzelanlagen, aber auch Versorgungssysteme bzw. Produktionsprozesse hinsichtlich ihrer momentanen Umwandlungsgüte miteinander verglichen werden.

Um den energetischen Wirkungsgrad  $\eta$  zu berechnen, ist es notwendig, Aufwand und Nutzen zu definieren. Für den Betrieb von Feuerungsanlagen, Wärmekraftanlagen sowie Motoren wird das Produkt aus Massestrom und unterer Heizwert der Brennstoffe als Aufwand herangezogen. Die dem Verbraucher zugeführte Energie wird als Nutzenergie bezeichnet. Energie, die bei Umwandlung und Verteilung an die Umwelt abgegeben wird, gilt als Verlust. Grundlage für die Aufstellung der Wirkungsgradgleichung bildet die energetische Bilanzierung des jeweiligen Systems.

Für die Bewertung der Umwandlungsgüte der Regenerativsysteme wird im Allgemeinen die zugeführte Sonnen- bzw. Windenergie als Aufwand festgelegt und Energie, die an die Verbraucher abgegeben wird, als Nutzenergie bezeichnet. Verluste treten auch hierbei ebenfalls im Umwandlungs- und Verteilungsprozeß auf.

Zur energetischen Bewertung von Energieumwandlungsanlagen und Energieversorgungssystemen kann demnach ausgehend von der allgemeinen Energiebilanz der *energetische Wirkungsgrad*  $\eta$  wie folgt definiert werden:

$$\text{Energetischer Wirkungsgrad } \eta = \frac{\text{Nutzenergie}}{\text{Energetischer Aufwand}} = \frac{\dot{E}_{\text{Nutzen}}}{\dot{E}_{\text{Aufwand}}}$$

wo z. B.  $\dot{E}_{\text{Nutzen}} = \dot{H}_{\text{Heizung}}$  oder  $\dot{E}_{\text{Nutzen}} = \dot{P}_{\text{WKA}}$  sein können. ( $\dot{E} \dots$  Energiestrom)

Gleichung 4-7

#### 4.3.1.2. Energetischer Nutzungsgrad $\xi$

Da sich der Wirkungsgrad  $\eta$  auf den stationären Betriebszustand bezieht, der in der Praxis nur zeitweise vorkommt, ist es für eine Bewertung der Energieversorgung zweckmäßig, eine Kennzahl zu definieren, der die Zeitabhängigkeit der An- und Abfahrvorgänge, Energie- bzw. Stoffspeicherung sowie das verbrauchsbedingte Teillastverhalten der Anlage bzw. des Systems und die Wechselwirkung unterschiedlicher Anlagenkomponenten miteinander berücksichtigt.

Wird der Wirkungsgrad  $\eta$  über einen Zeitabschnitt integriert, erhält man den *energetischen Nutzungsgrad*  $\xi$ , der folgendermaßen berechnet werden kann:

$$\text{Nutzungsgrad } \xi = \frac{\text{Nutzenergie je Zeitabschnitt } t}{\text{Energieaufwand je Zeitabschnitt}} = \frac{\int_t \dot{E}_{\text{Nutzen}} \cdot dt}{\int_t \dot{E}_{\text{Aufwand}} \cdot dt}$$

Gleichung 4-8

Im folgenden wird zur Gewährleistung der Übersichtlichkeit der allgemeine Nutzungsgrad  $\xi$  in Bruttonutzungsgrad  $\xi_B$  und Nettonutzungsgrad  $\xi_N$  unterschieden, wobei der energetische Aufwand (Produkt aus Massestrom und unterer Heizwert von Erdgas oder zugeführte Solar- bzw. Windenergie) identisch ist. Die Nutzenergie des Bruttonutzungsgrades  $\xi_B$  ist die vom Energieumwandlungssystem abgegebene Energie, welche theoretisch nutzbar wäre. Im Gegensatz dazu wird zur Berechnung des Nettonutzungsgrades  $\xi_N$  nur die vom Verbraucher tatsächlich genutzte Energiemenge herangezogen. Die Gleichungen sind nur gültig, wenn am Anfang und am Ende des Betrachtungszeitraumes der Energieinhalt des Speichers gleich ist (z. B. Integration über ein Kalenderjahr).

##### 4.3.1.2.1. Bruttonutzungsgrad $\xi_B$

Für die Darstellung der energetischen Nutzungsgrade  $\xi$  einzelner Anlagenkomponenten wird unter Verwendung der Energiebilanzen des Punktes 3.4. das Verhältnis der mittleren Energieabgabe am Output der jeweiligen Energieumwandlungsanlage (Nutzen) zur jeweiligen Energiezufuhr (Brennstoffenergie, Wind, Solarstrahlung – Aufwand) definiert; diese Bewertungskennzahl wird fortan als **Bruttonutzungsgrad** –  $\xi_B$  bezeichnet.

Für eine Photovoltaik- bzw. Kollektoranlage gilt die auf die jeweilige Fläche eingestrahlte Sonnenenergie  $E_{PV}$  oder  $E_{ST}$  als Aufwand.

$$E_{ST} = A_{ST} \cdot \int_t \dot{e}(t) dt \quad \text{und} \quad E_{PV} = A_{PV} \cdot \int_t \dot{e}(t) dt$$

**Gleichung 4-9**

Bei der Windkraftanlage ist es die kinetische Energie des Windes  $E_{Wind}$ . Die Windleistung  $P_{Wind}$ , welche von der Windgeschwindigkeit  $v_w$ , der Dichte der Luft  $\rho_{Luft}$  und dem Rotorkreisradius  $R$ , abhängt, ist hierfür nach der Zeit zu integrieren und kann folgendermaßen berechnet werden:

$$E_{Wind} = \int_t P_{Wind}(t) dt = \frac{\rho_{Luft}}{2} \cdot (\pi \cdot R^2) \cdot \int_t v_w^3 \cdot dt$$

**Gleichung 4-10**

Der Bruttonutzungsgrad  $\xi_B$  wird hauptsächlich zur Bewertung der Güte der Energieumwandlung in der untersuchten Anlagenkomponente angewendet, woraus Aussagen über theoretisch nutzbare Energien getroffen werden können (Tabelle 4-2). Zur Bewertung eines gesamten Versorgungssystems ist diese Kennzahl allerdings nicht aussagekräftig genug, da im Verteilungs- und Speicherprozeß Energieverluste zu erwarten sind.

#### 4.3.1.2.2. Nettonutzungsgrad $\xi_N$

Werden als Nutzen nur die tatsächlich dem Verbraucher vor Ort zugeführten Energien betrachtet, also alle Energieverluste berücksichtigt, kann ein weiterer Nutzungsgrad berechnet werden. Diese als **Nettonutzungsgrad** –  $\xi_N$  bezeichnete Bewertungskennzahl stellt demzufolge den Anteil der Anlagenkomponente zur dezentralen Energieversorgung mit Strom, Wärme und Kälte als Nutzen dar. Die Aufwendungen entsprechen denen des Bruttonutzungsgrades.

Die Gleichungen für den Brutto- und Nettonutzungsgrad der Einzelanlagen können ebenfalls der Tabelle 4-2 entnommen werden, wobei der Stromverbrauch das Symbol  $W$  besitzt und die Anteile der jeweiligen Komponenten an der Versorgung (z. B. an Heizwärme oder an Trinkwarmwasser) mit  $a$  gekennzeichnet sind.

**Tabelle 4-2:** Gleichungen zur Berechnung des Nutzungsgrades in Abhängigkeit der Bilanzgrenzen.<sup>107/108</sup>

Bruttonutzungsgrad der Einzelanlage des Energieversorgungssystems – $\xi_{B,i}$	Nettonutzungsgrad der Einzelanlage des Energieversorgungssystems – $\xi_{N,i}$
<b>Heizkessel (K)</b>	
$\xi_{B,K} = \frac{\int_t \dot{H}_{N,K} \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{Br,K} \cdot dt}$	$\xi_{N,K} = \frac{\int_t (a_{K,TWW} \cdot \dot{H}_{TWW} + a_{K,H_z} \cdot \dot{H}_{H_z} + a_{K,Kälte} \cdot \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{Br,K} \cdot dt}$
<b>Blockheizkraftwerk (BHKW)</b>	
$\xi_{B,BHKW} = \xi_{B,BHKW,th} + \xi_{B,BHKW,el} = \frac{\int_t \dot{H}_{N,BHKW} \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{Br,BHKW} \cdot dt} + \frac{\int_t \dot{W}_{N,BHKW} \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{Br,BHKW} \cdot dt}$	
$\xi_{N,BHKW} = \xi_{N,BHKW,th} + \xi_{N,BHKW,el} = \frac{\int_t (a_{BHKW,TWW} \cdot \dot{H}_{BHKW,TWW} + a_{BHKW,H_z} \cdot \dot{H}_{H_z} + a_{BHKW,Kälte} \cdot \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{Br,BHKW} \cdot dt} + \frac{\int_t (a_{BHKW,el} \cdot \dot{W}_{Verb}) \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{Br,BHKW} \cdot dt}$	
<b>Solarthermie (ST)</b>	
$\xi_{B,ST} = \frac{\int_t \dot{H}_{N,ST} \cdot dt}{\int_t \dot{E}_{Sonne,ST-Fläche} \cdot dt}$	$\xi_{N,ST} = \frac{\int_t (a_{ST,TWW} \cdot \dot{H}_{TWW} + a_{ST,H_z} \cdot \dot{H}_{H_z} + a_{ST,Kälte} \cdot \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t \dot{E}_{Sonne,ST-Fläche} \cdot dt}$
<b>Photovoltaik (PV)</b>	
$\xi_{B,PV} = \frac{\int_t P_{N,PV} \cdot dt}{\int_t \dot{E}_{Sonne,PV-Fläche} \cdot dt}$	$\xi_{N,PV} = \frac{\int_t a_{PV} \cdot W_{Verb} \cdot dt}{\int_t \dot{E}_{Sonne,PV-Fläche} \cdot dt}$
<b>Windkraft (Wind)</b>	
$\xi_{B,Wind} = \frac{\int_t P_{N,Wind} \cdot dt}{\frac{\rho_{Luft}}{2} \cdot (\pi \cdot R^2) \cdot \int_t v_w^3 \cdot dt}$	$\xi_{N,Wind} = \frac{\int_t a_{Wind} \cdot W_{Verb} \cdot dt}{\frac{\rho_{Luft}}{2} \cdot (\pi \cdot R^2) \cdot \int_t v_w^3 \cdot dt}$
<b>Absorptionskältemaschine (AKM)</b>	
$\xi_{B,AKM} = \frac{\int_t \dot{H}_{AKM,output,Kälte} \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{AKM,input} \cdot dt}$	$\xi_{N,AKM} = \frac{\int_t \dot{H}_{Kälte} \cdot dt}{\int_t \dot{H}_{AKM,input} \cdot dt}$

<sup>107</sup> Kaltschmitt, M., Wiese, A. (Hrsg.): „Erneuerbare Energien – Systematik / Wirtschaftlichkeit / Umwelt-aspekte, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997

<sup>108</sup> Schmitz, K. W., Koch, G.: „Kraft-Wärme-Kopplung / Anlagenauswahl – Dimensionierung – Wirtschaftlichkeit – Emissionsbilanz“, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1996

#### 4.3.1.2.3. Nettonutzungsgrade für die Bewertung des gesamten dezentralen Energieversorgungssystems $\xi_{N,g}$

Die Herleitung eines Nutzungsgrades für das gesamte Energieversorgungssystem erweist sich als besonders schwierig, da in diesem System Komponenten mit unterschiedlichen Versorgungsaufgaben und Energieumwandlungscharakteristika im Hinblick auf den Typus der Primärenergie gekoppelt sind. Sowohl die Primärenergien, wie Wind, Sonne und Erdgas, als auch die Endenergiebereitstellung in Elektrizität, Wärme und Kälte sind in ihrer Energiedichte und Qualität verschieden und demnach unterschiedlich zu behandeln. Außerdem ist die Behandlung der Wärme im Saisonspeicher kompliziert. Sie müsste bei jeder Berechnung Berücksichtigung finden, was voraussetzt, daß die Daten zur Wärmeenergie im Saisonspeicher bekannt sind. Zudem ist nicht ersichtlich, wie groß der tatsächliche Anteil ist, der tatsächlich genutzt wird. Aus diesem Grunde wird bei allen definierten Nutzungsgraden vorausgesetzt, daß *der Speichertemperaturzyklus ausgeglichen ist* ( $\Delta Q_{Sp} = 0$ ). Das wäre beispielsweise bei einer Integration über ein Jahr der Fall.

Die Festlegungen zur Definition des Nutzungsgrades richten sich nach den Bilanzräumen und Bewertungszielen, wobei das Bewertungsziel in diesem Falle eine energetisch sinnvolle Anlagenkonfiguration zur dezentralen Energieversorgung darstellt.

##### a) Nettonutzungsgrad mit Bezug auf alle Primärenergieträger $\xi_{N,g}$

Werden die definierten Nutzungsgrade der Einzelanlagen zusammengefaßt, erhält man die Nutzungsgrade für das dezentrale Energieversorgungssystem. Eine Darstellung des Bruttonutzungsgrades ist für die Analyse der Energieumwandlung von Einzelanlagen sinnvoll. Eine Zusammenfassung für das gesamte Energieversorgungssystem ist hingegen nicht sehr aussagekräftig. Anders verhält es sich bei der Herleitung des Nettonutzungsgrades für das gesamte dezentrale Energieversorgungssystem  $\xi_{N,g}$ , da er auf der dezentralen Energieverbrauchscharakteristik basiert und damit die Umwandlungsgüte des Gesamtsystems in bezug auf die tatsächlichen Nutzenergien darstellt. Für diese Auswertung ist allerdings die Berücksichtigung des Bezuges von Netzstrom in Form der zur Umwandlung benötigten Primärenergien notwendig. Des weiteren sind Brennstoffenergien und die Sonnen- sowie die Windenergie als Aufwand berücksichtigt worden. Den Nutzen stellen die Energien für Heizung und Trinkwarmwasser, die Klimakälte sowie der Stromverbrauch  $W_{Verb.}$  dar.

$$\xi_{N,g} = \frac{\int_t (W_{Verb.} + \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{Sonne,ST-Fläche} + \dot{E}_{Sonne,PV-Fläche} + \dot{E}_{Wind} + \dot{H}_{PE,Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-11

Mit gleicher Herangehensweise lassen sich die thermischen und elektrischen Nettonutzungsgrade ( $\xi_{N,g,th}$  und  $\xi_{N,g,el}$ ) formulieren.

$$\xi_{N,g,th} = \frac{\int_t (\dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{Sonne,ST-Fläche}) \cdot dt} \quad \xi_{N,g,el} = \frac{\int_t W_{Verb.} \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{Sonne,PV-Fläche} + \dot{E}_{Wind} + \dot{H}_{PE,Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichungen 4-12 und 4-13

### b) Nettonutzungsgrad mit Bezug auf die Verwendung fossiler Energieträger $\xi_{N,FE,g}$

Mit der Zielsetzung eines möglichst geringen Einsatzes fossiler Energieträger, um Schadstoffemissionen zu vermeiden und endliche Rohstoffe zu schonen, ist es sinnvoll, als Aufwand nur die fossilen Energieträger festzulegen. Diese Bewertungskennzahl bezieht sich hierbei nur auf die in den Anlagen verfeuerten fossilen Energieträger. Allerdings wird mit dieser Kennzahl keine Aussage über die zur Ressourcenschonung notwendigen energetischen und als dessen Folge auch fiskalischen Aufwendungen durch den zur Sicherung der Endenergieversorgung erforderlichen Bau von alternativen Energieumwandlungsanlagen getroffen. Das soll Gegenstand späterer Betrachtungen sein.

Da der Anteil regenerativer Anlagen im Energieversorgungssystem bei einigen Systemkonfigurationen teilweise sehr hoch ist, wird dieser Nutzungsgrad den Wert von 100 Prozent übersteigen. Auch bei diesem Nutzungsgrad ist die Berücksichtigung des Bezuges von Netzstrom in Form der zur Umwandlung benötigten Primärenergien zur vollständigen energetischen Auswertung unerlässlich.

$$\xi_{N,FE,g} = \frac{\int_t (W_{Verb.} + \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{H}_{PE,Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-14

$$\xi_{N,g,th} = \frac{\int_t (\dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW}) \cdot dt} \quad \xi_{N,g,el} = \frac{\int_t W_{Verb.} \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{H}_{PE,Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichungen 4-15 und 4-16

### c) Nettonutzungsgrad nach der lokalen Bilanz $\psi_{N,g}$

Über eine sinnvolle Konfiguration unterschiedlicher Energieumwandlungsanlagen kann mit den bisher dargestellten Nutzungsgraden ( $\xi_{N,g}$  und  $\xi_{N,FE,g}$ ) zur Bewertung des gesamten dezentralen Energieversorgungssystems keine allgemein gültige Aussage getroffen werden. Aus diesem Grunde erfolgt die Bewertung des dezentralen Energieversorgungssystems auf Basis der im Punkt 4. 1. definierten *lokalen* Energiebilanz.

Ausgehend von der Gleichung 4-8 sind auch hierbei der Nutzen sowie der Aufwand darzustellen. Für die dezentrale Energieversorgung wird als Nutzen wiederum der Verbrauch an Strom, Wärme und Klimakälte zu Grunde gelegt. Der Aufwand ist die Summe aus, der Festlegung des *lokalen* Bilanzraumes (siehe Abschnitt 4.2.) folgend, dem in das Energieumwandlungssystem eintretenden Brennstoff (Erdgas), den Erträgen der Regenerativkomponenten Windkraft, Photovoltaik und Solarthermie sowie dem Primärenergiemix zur Netzstrombereitstellung. Somit ergibt dieses die folgende Gleichung für den Nutzungsgrad zur Bewertung des gesamten dezentralen Energieversorgungssystems  $\psi_{N,g}$ :

$$\psi_{N,g} = \frac{\int_t (W_{Verb.} + \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{H}_{N,ST} + P_{N,PV} + P_{N,Wind} + \dot{H}_{PE,Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-17

Stromerträge der Windkraft  $P_{N, Wind}$  und der Photovoltaik  $P_{N, PV}$  werden demnach nur als Nutzen deklariert, wenn sie vom Verbraucherprofil beansprucht werden. Der nicht genutzte Strom wird ins Netz eingespeist und steht damit anderen Verbrauchern zur Verfügung oder wird gespeichert. Mit dieser Definition des Nutzungsgrades  $\psi_{N, g}$  wird er zunächst formal als Verlust deklariert, da er vom dezentralen Verbraucher nicht beansprucht wird. Diese Betrachtungsweise ermöglicht die Ermittlung der energetisch günstigsten Kombination von Windkraft und Photovoltaik des gesamten dezentralen Energieversorgungssystems in bezug auf die Verbraucherprofile an Strom, Wärme und Kälte.

In analoger Form lassen sich die thermischen und elektrischen Nettonutzungsgrade ( $\psi_{N, g, th}$  und  $\psi_{N, g, el}$ ) darstellen:

$$\psi_{N, g, th} = \frac{\int_t (\dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br, Kessel} + \dot{H}_{Br, BHKW} + \dot{H}_{N, ST}) \cdot dt} \quad \psi_{N, g, el} = \frac{\int_t W_{Verb.} \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br, BHKW} + P_{N, PV} + P_{N, Wind} + \dot{H}_{PE, Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-18 und 4-19

#### d) Nettonutzungsgrad unter Beachtung der energetischen Aufwendungen zum Bau der Regenerativkomponenten $\psi_{N, g, Bau}$

Mit dem Nutzungsgrad  $\psi_{N, g}$  werden von den Systemkomponenten Photovoltaik-, Solarthermie- und Windkraftanlage gemäß der *lokalen* Bilanz die Nutzenergien als Aufwand definiert, um die energetisch günstigste Anlagenkonfiguration für eine dezentrale Energieversorgung bei gegebenen Verbrauchscharakteristika zu berechnen.

Die eigentlichen energetischen Aufwendungen sind allerdings hauptsächlich jene, die zur Herstellung (bezogen auf die Primärenergien) der Anlagen benötigt werden, denn die Sonnen- und die Windenergie stehen ohne zusätzliche energetische und ökonomische Aufwendungen zur Verfügung. Zudem werden fossile Energieträger während des Betriebes dieser Systemkomponenten nicht benötigt.

Faßt man diese Erkenntnisse zusammen, läßt sich der Nutzungsgrad  $\psi_{N, g, Bau}$  definieren:

$$\psi_{N, g, Bau} = \frac{\int_t (W_{Verb.} + \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br, Kessel} + \dot{H}_{Br, BHKW} + \dot{E}_{ST, Bau} + \dot{E}_{PV, Bau} + \dot{E}_{Wind, Bau} + \dot{H}_{PE, Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-20

$$\psi_{N, g, Bau, th} = \frac{\int_t (\dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br, Kessel} + \dot{H}_{Br, BHKW} + \dot{E}_{ST, Bau}) \cdot dt} \quad \psi_{N, g, Bau, el} = \frac{\int_t W_{Verb.} \cdot dt}{\int_t (\dot{H}_{Br, BHKW} + \dot{E}_{PV, Bau} + \dot{E}_{Wind, Bau} + \dot{H}_{PE, Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-21 und 4-22

### 4.3.1.3. Gütegrad

Die Einführung eines Gütegrades ist zur Analyse des Prozeßverhaltens eines Energieversorgungssystems bzw. einer –anlage notwendig, da der Nutzungsgrad nur die tatsächlich genutzten Energien einbezieht. Um die Anlagengüte bewerten zu können, müssen neben den genutzten ( $\dot{E}_N$ ) auch die theoretisch nutzbaren Energien ( $\dot{E}_{N,theoretisch}$ ), also die gesamten aus den Teilanlagen tatsächlich verfügbaren Endenergien, berücksichtigt werden, welche ansonsten den Verlusten ( $\dot{E}_V$ ) angerechnet würden. Die allgemeine Energiebilanz – mit den energetischen Aufwendungen ( $\dot{E}_A$ ) – kann demnach wie folgt formuliert werden<sup>104</sup>:

$$\dot{E}_A = \dot{E}_N + \dot{E}_{N,theoretisch} + \dot{E}_V$$

Gleichung 4-23

Aus dieser Bilanz lassen sich folgende der Gütegrade  $\nu$  ableiten:

$$\nu_a = \frac{\dot{E}_N + \dot{E}_{N,theoretisch}}{\dot{E}_A}$$

Gleichung 4-24

$$\nu_b = \frac{\dot{E}_N}{\dot{E}_A - \dot{E}_{N,theoretisch}}$$

Gleichung 4-25

Diese Gütegrade berücksichtigen gegenüber denen im Punkt 4.3.1.2. für die Bewertung des Energieversorgungssystems definierten Nutzungsgraden den anderen Verbrauchern zur Verfügung stehenden Energien. Wird die Energiebilanz (Gleichung 4-22) auf das Energieversorgungssystem angewendet, ergeben sich die Gütegrade  $\nu_{a,g}$  und  $\nu_{b,g}$ :

$$\nu_{a,g} = \frac{\int_t^t (\dot{W}_{Verb.} + \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte} + P_{N,theoretisch} + \dot{H}_{N,theoretisch}) \cdot dt}{\int_t^t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{ST-Fläche} + \dot{E}_{PV-Fläche} + \dot{E}_{Wind} + \dot{H}_{PE,Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-26

$$\nu_{a,g,th} = \frac{\int_t^t (\dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte} + \dot{H}_{N,theoretisch}) \cdot dt}{\int_t^t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{ST-Fläche}) \cdot dt} \quad \nu_{a,g,el} = \frac{\int_t^t (\dot{W}_{Verb.} + P_{N,theoretisch}) \cdot dt}{\int_t^t (\dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{PV-Fläche} + \dot{E}_{Wind} + \dot{H}_{PE,Netzstrom}) \cdot dt}$$

Gleichungen 4-27 und 4-28

$$\nu_{b,g} = \frac{\int_t^t (\dot{W}_{Verb.} + \dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t^t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{ST-Fläche} + \dot{E}_{PV-Fläche} + \dot{E}_{Wind} + \dot{H}_{PE,Netzstrom} - P_{N,theoretisch} - \dot{H}_{N,theoretisch}) \cdot dt}$$

Gleichung 4-29

$$\nu_{b,g,th} = \frac{\int_t^t (\dot{H}_{Heizung} + \dot{H}_{TWW} + \dot{H}_{Kälte}) \cdot dt}{\int_t^t (\dot{H}_{Br,Kessel} + \dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{ST-Fläche} - \dot{H}_{N,theoretisch}) \cdot dt} \quad \nu_{b,g,el} = \frac{\int_t^t \dot{W}_{Verb.} \cdot dt}{\int_t^t (\dot{H}_{Br,BHKW} + \dot{E}_{PV-Fläche} + \dot{E}_{Wind} + \dot{H}_{PE,Netzstrom} - P_{N,theoretisch}) \cdot dt}$$

Gleichungen 4-30 und 4-31

Diese Gütegradbetrachtung ist beispielsweise im Hinblick auf eine Nutzung von Abgasen hoher Temperatur u. a. zur zusätzlichen Strombereitstellung bei der Kopplung von Gasturbinenanlagen mit Dampfkraftwerken zum GuD-Prozeß bzw. mit Abhitzekeßeln von Bedeutung. Für die in dieser Arbeit betrachteten Systeme ist diese Darstellung allerdings von rein theoretischer Natur, da Verteilungs- und Speicherverluste bei jeder weiteren Nutzung auftreten und sie wesentlich von den örtlichen Gegebenheiten und den Energiedargebots- und Endenergieverbrauchscharakteristika abhängen.

Aus diesem Grunde können keine allgemeingültigen Aussagen über ein größeres Nutzungspotential bei der dezentralen Energieversorgung getroffen werden. Diese Problematik betrifft vor allem die im Sommer anfallende überschüssige Solarwärme, welche mit großen apparativen Aufwendungen sowie energetischen Verlusten für die Nutzung in den kalten Monaten gespeichert werden muß. Da die Sommermonate in der Regel über mehrere Wochen in unseren Breiten nicht konstant über 25°C sind, kann eine Umwandlung der Solarwärme in Klimakälte dieses Problem zwar mindern, aber nicht lösen.

Denkbare zusätzliche Nutzungsmöglichkeiten sind Freizeiteinrichtungen (Schwimmbad), Prozeßwärme in Industrie und Gewerbe bzw. Betrieb von Kühlanlagen mittels Solarwärme. Rückschlüsse auf zusätzlich nutzbare Energie kann dem Unterschied von Brutto- und Nettowirkungsgrad –  $\xi_B$  und  $\xi_N$  entnommen werden (siehe Tabelle 4. 2.). Aus den genannten Gründen bleibt es bei der prinzipiellen Darstellung der Gütegrade; auf eine Berechnung wird in dieser Arbeit verzichtet.

### 4.3.2. Exergetische Bewertungskennzahlen

#### 4.3.2.1. Grundgleichung der Exergie

Da jedes technische System die Aufgabe hat einen Ordnungszustand zu realisieren, der unter natürlichen Bedingungen nicht vorkommen würde, muß ein Entropieexport über die Systemgrenzen erfolgen. Das erfordert eine Zufuhr von Arbeit bzw. arbeitsfähiger Energie.<sup>110</sup>

Die energetische Bewertung einer Anlage mit einer gekoppelten Bereitstellung an Elektroenergie, Heizwärme und Klimakälte ist demzufolge unzureichend, da die Würdigung der hohen energetischen Qualität des Stromes fehlt. Gleiches trifft bei der Untersuchung von Anlagen, die nur Elektroenergie liefern, zu. Zudem sind die Primär- bzw. Aufwandsenergien (Sonne, Wind, Erdgas, Kohle, Öl, Bioenergieträger, Umgebungswärme, ...) ebenfalls von unterschiedlicher energetischer Qualität. Die Unterscheidung der Energiequalitäten ist von Bedeutung, da nach Definition des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik keine Energieform niedriger Qualität in eine Energieform hoher Qualität vollständig umgewandelt werden kann, was nach dem Energieerhaltungssatz (erster Hauptsatz der Thermodynamik) theoretisch möglich wäre. Eine Charakterisierung von Energieumwandlungsvorgängen sowie die Beschreibung ihrer Beschränkung ist mit der thermodynamischen Größe Entropie möglich. Die Definitionsgleichung der Entropie  $S$  lautet<sup>109</sup>:

$$dS \geq \frac{dU + p \cdot dV}{T} = \frac{dH - V \cdot dp}{T} = \frac{dQ}{T} \quad \text{oder}$$

$$dS = \frac{dU + p \cdot dV}{T} + S_{irrev} = \frac{dH - V \cdot dp}{T} + S_{irrev} = \frac{dQ}{T} + S_{irrev}$$

Gleichung 4-32 und Gleichung 4-33

Das Gleichheitszeichen der Gleichung 4-32 ist allerdings nur bei reversiblen Zustandsänderungen gültig bzw. wenn sich das System im Gleichgewicht befindet und keine Ausgleichsvorgänge stattfinden. Bei irreversiblen Prozessen ist die Entropiedifferenz von allen austretenden zu allen eintretenden Stoffströmen wegen der Entropieerzeugung im Systeminnern stets positiv. Dieser Sachverhalt ist mit dem Term der irreversiblen Entropiezunahme  $S_{\text{irrev}}$  in Gleichung 4-33 beschrieben.

Für die Umwandlung von „edlen“ Primärenergien niedriger Entropie wie etwa fossile Energieträger oder die Solarenergie ist eine Energieumwandlung mit möglichst geringen Irreversibilitäten anzustreben. Die mit der Entropieerzeugung im System verbundene Energie-dissipation führt zu einer Abnahme der Verwendungsfähigkeit des Systems. Bei Energieumwandlungen ist die Entropie des Systems möglichst gering zu halten.

Als Zustandsgröße für die thermodynamische Beschreibung verfahrenstechnischer Prozesse hat sich in den Ingenieurwissenschaften allerdings die *Exergie* etabliert, da mit ihr in anschaulicher Weise die naturwissenschaftlichen Beschränkungen der Energieumwandlung beschrieben werden können. Die Exergie stellt jenen Teil der Energie dar, der in Bezug zur Umgebungstemperatur in Arbeit umwandelbar ist. Der übrige Teil der Energie wird als *Anergie* bezeichnet, wobei die Summe aus Exergie und Anergie konstant ist.

Ausgehend vom ersten und zweiten Hauptsatz der Thermodynamik kann somit beispielsweise die maximal aus einem Stoffstrom gewinnbare Arbeit, mit der Größe Exergie ( $Ex$ ) beschrieben, eines stationären Fließprozesses unter Vernachlässigung der kinetischen und potentiellen Energie wie folgt beschrieben werden (siehe auch Tabelle 4-1)<sup>103/110</sup>:

$$\dot{E} = \dot{m} \cdot ex = \dot{m} \cdot [h - h_U - T_U \cdot (s - s_U)]$$

**Gleichung 4-34**

Die Gleichung 4-34 gilt allerdings nur für reversible Zustandsänderungen. Wird hingegen Wärme über die Systemgrenze an die Umgebung abgegeben, reduziert sich die gewinnbare Arbeit um den Betrag der „Exergie der Wärme  $e_q$ “. Zudem ist der Exergieverlust, also dem irreversiblen Anteil, einzubeziehen. Unter Berücksichtigung der vom System verrichteten Arbeit  $w_{t,12}$  und der über die Systemgrenze abgegebenen Wärme  $dq$  kann für einen stationären Prozeß die allgemeine Gleichung zur Berechnung der maximal gewinnbaren technischen Arbeit, der Exergie, abschließend folgendermaßen formuliert werden<sup>103/109/110</sup>:

$$ex_1 - ex_2 = -w_{t,12} - \int_1^2 \frac{T - T_U}{T} dq + T_U \cdot s_{12,irrev}$$

**Gleichung 4-35**

Auf weitere thermodynamischen Grundlagen zur Herleitung des Exergiebegriffes soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Näheres ist der Literatur zu entnehmen.<sup>109/T10/111/112/113/114</sup>

<sup>109</sup> Elsner, N. et al.: „Grundlagen der Technischen Thermodynamik“, Akademie-Verlag Berlin, 1980

<sup>110</sup> Fratzscher, W., Brodjanskij, V. M., Michalek, K.: „EXERGIE – Theorie und Anwendung“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie“, Leipzig, 1986

<sup>111</sup> Hebecker, D., Bittrich, P.: „Thermoökonomische Analyse einer Bioenergie-Anlage“, „BWK – Das Energie-Fachmagazin“, Springer-VDI Verlag, 55. Jahrgang, Nr.: 5/2003, Seiten 46 – 50

<sup>112</sup> Hebecker, D.: „Energieeinsparung durch energetische Analyse von chemisch-technologischen Verfahren“, Zeitschrift: „Energieanwendung“, Jahrgang 39, Heft 7, Oktober 1990, Seiten 216 bis 219

<sup>113</sup> Fechter, L.: „Energetische und Exergetische Untersuchungen an einem Blockheizkraftwerk“ Technische Universität Berlin, Dissertation, 1984

<sup>114</sup> Falk, G., Ruppel, W.: „Energie und Entropie“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1976

#### 4.3.2.2. Exergetische Bewertungskennzahlen

Die Notwendigkeit, sich bei der Bewertung der Energieversorgung mit der Exergie zu befassen, ist vor allem der Tatsache geschuldet, daß die Versorgung mit der qualitativ hochwertigen Energieform, Strom, die praktisch der Exergie entspricht, immer mehr an Bedeutung gewonnen hat (siehe Hauptpunkt 1). Es ist also Ziel der Untersuchungen mit möglichst geringem apparativen Aufwand, somit geringen Kosten und ökologischen Belastungen die Energieversorgung zu sichern. Dies ist nur bei einer hohen Effektivität der Energieversorgung möglich. Die effektive Energieumwandlung und eine sinnvolle Kombination unterschiedlicher Technologien ist gerade beim Einsatz erneuerbaren Energien wichtig, da ihre Beschaffung zumeist mit hohen Investitionen verbunden ist.

Die exergetischen Bewertungskennzahlen müssen demzufolge die Güte der Energieumwandlung quantifizieren, um die Produkte unterschiedlicher Qualität (Strom, Wärme, Kälte) unter Berücksichtigung der Irreversibilitäten miteinander vergleichen zu können. Dies geschieht analog zur energetischen Kennzahlbildung. Hierbei werden ebenfalls dimensionslose Bewertungskennzahlen gebildet.

Neben dem exergetischen Wirkungsgrad sind in der Literatur auch mehrere exergetische Gütegrade zur Charakterisierung der Prozeßqualität definiert.<sup>103/109/110/111/115</sup> Das Verhältnis des exergetischen Nutzens zum dafür notwendigen Aufwand stellt entsprechend der Exergiebilanz für einen stationären Fließprozeß (siehe Abbildung 4-5) den exergetischen Wirkungsgrad  $\eta_{ex}$  dar. Oftmals ist diese Kennzahl für die Bewertung der Prozeßcharakteristik unzureichend, da nicht alle Exergieströme Berücksichtigung finden. Aus diesem Grunde wurden zusätzliche Gütegrade definiert, die der Tabelle 4-3 entnommen werden können.

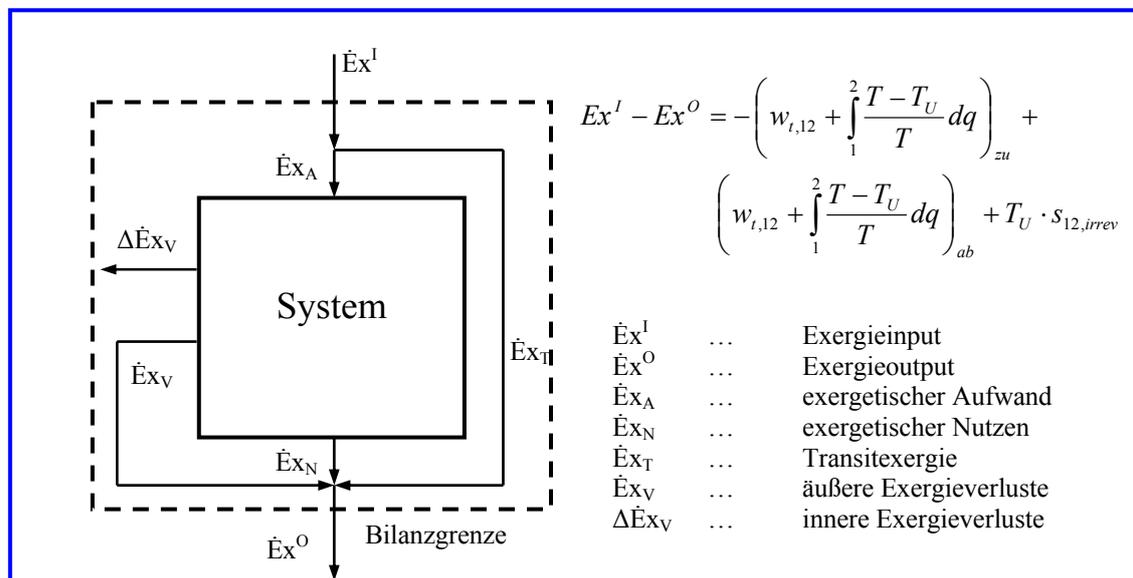


Abbildung 4-5: Exergiebilanz und Exergieströme eines stationär durchströmten Systems.<sup>103/109/110/111/115</sup>

Bei der Definition exergetischer Kennzahlen wird zwischen thermodynamischer und technischer Bilanzierung durch eine Ausweisung des Exergietransits, welcher den Anteil des Exergieinputs umfasst, der nicht am Prozeß beteiligt ist, unterschieden.

<sup>115</sup> Gruhn, G., et al.: „Systemverfahrenstechnik I und II“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1. Auflage, Leipzig, 1976

Tabelle 4-3: Exergetische Kennzahlen zur Bewertung stationär durchströmter Systeme. <sup>110</sup>

Kennzahl	Symbol	Berechnungsgleichung	Bemerkungen
Wirkungsgrad	$\eta_{\text{ex}}$	$\frac{\dot{E}x_N}{\dot{E}x_A}$	Verhältnis von geforderter Nutzexergie und zu deren Bereitstellung notwendige exergetische Aufwendungen.
Thermodynamischer Gütegrad	$\nu_{\text{ex}}$	$\frac{\dot{E}x^O}{\dot{E}x^I}$	Exergieabnahme infolge von Irreversibilitäten.
Äußerer Gütegrad	$\mu_{\text{ex}}$	$\frac{\dot{E}x_N}{\dot{E}x^I}$	Exergetischer Nutzen bezogen auf den exergetischen Gesamtinput
Technologischer Gütegrad	$\tau_{\text{ex}}$	$\frac{\dot{E}x_A}{\dot{E}x^I}$	Kennzahl des Anteils des am Prozeß beteiligten Exergieinputs.
Äußerer Verlustgrad	$\sigma_{\text{ex}}$	$\frac{\dot{E}x_V}{\dot{E}x_A}$	Anteil der Exergie der Prozesses, die nicht der Nutzexergie zugerechnet wird; eventuell könnte sie einer anderen Nutzung zugeführt werden.

In Anlehnung an die Bildung der energetischen Bewertungskennzahlen werden exergetische Nutzungsgrade definiert, die sich auf die gleichen Energie- und Stoffströme beziehen. Des weiteren werden die Bilanzgrenzen, die Bewertungsziele und die Methodik der energetischen Kennzahlbildung nicht geändert. Das gilt sowohl für die Bewertung der Energieumwandlung der einzelnen Anlagenkomponenten (Tabelle 4-2) als auch für die Analyse des gesamten Energieversorgungssystems und die zu diesem Zweck definierten zeitintegrierten Netto-nutzungsgrade (Punkte 4.3.1.2.3). Es wird also der exergetische Nutzen mit den jeweiligen – in Abhängigkeit der Bewertungsziele – exergetischen Aufwendungen für die Berechnung des exergetischen Brutto- und Nettonutzungsgrades ins Verhältnis gesetzt.

Die Grenzen der exergetischen Analyse liegen vor allem bei der direkten Übertragung der exergetischen Optimierung auf die Wirtschaftlichkeit, da z. B. die Preise für elektrische Energie und für Brennstoffe deutliche Unterschiede aufweisen.

An dieser Stelle sollen die exergetischen Grunddaten, die als Grundlage der Berechnung der Bewertungskennziffern dienen, in gebotener Kürze dargestellt werden.

#### **Datengrundlage zu Berechnung der Exergie – Inputdaten**

1. Für die Windkraftanlage kann mit gegebener Windgeschwindigkeit und den Parametern der „Enercon E30“ – Anlage mit einer Leistung von 230 kW (707 m<sup>2</sup> umstrichener Fläche bei einem Rotordurchmesser von 30 Metern) sowie unter der Annahme, daß die Energie des Windes zu 100 Prozent aus Exergie besteht, mit Anwendung der Gleichung 4–9 die **Windexergie** auf **1162,76 MWh/a** bezogen auf den Rotordurchmesser einer Windkraftanlage berechnet werden.
2. Um den Anteil der Exergie an der gesamten spezifischen Energie der Solarstrahlung auf die geneigte Kollektorfläche (ca. 1234 kWh/m<sup>2</sup> a) berechnen zu können, ist eine Differenzierung in direkte und diffuse, die sich wiederum in Solarstrahlung und Strahlung der Umgebung unterscheidet, notwendig. Für das direkte Licht kann eine Sonnentemperatur von

5800 Kelvin vorausgesetzt werden. Bei einem Anteil von 52,7 Prozent an der Gesamtstrahlung und bei gegebenem Profil der Außentemperatur ergibt das eine spezifische Exergie von 617,67 kWh/m<sup>2</sup> a. Die Temperatur für das Streulicht wird mit 1333 Kelvin festgelegt.<sup>116</sup> Somit beträgt die spezifische Exergie der diffusen Strahlung 488,38 kWh/m<sup>2</sup> a und die gesamte spezifische **Exergie der Solarstrahlung 1106,05 kWh/m<sup>2</sup> a**. Die Berechnungen beruhen auf Jahressimulationen mit dem Programmpaket TRNSYS.

3. Auf eine Berechnung der Exergie der Brennstoffe soll hier verzichtet werden, da oftmals nur allgemeine Angaben über einen Primärenergieverbrauch in der Literatur, vor allem bei den Berechnungen der Prozeßketten wird auf dieses externe Datenmaterial Bezug genommen, angegeben werden. Eine detaillierte Darstellung eingesetzter Brennstoffe erfolgt nicht. Unter Einbeziehung von Algorithmen zur Berechnung der chemischen Exergie technischer Brennstoffe unter Nutzung des Brennwertes<sup>103</sup> wird folgende Gleichung angewendet. Mit dieser Vereinfachung kann eine genügend hohe Übereinstimmung (der Fehler liegt unter 2 Prozent) mit den berechneten Brennstoffexergien erreicht werden. Die Gültigkeit wird mit exemplarischen Berechnungen der Tabelle 4 – 4 nachgewiesen.

$$Ex_{Br} = 1,05 \cdot Hu_{Br}$$

Gleichung 4-36

**Tabelle 4-4:** Gegenüberstellung unterschiedlicher Ansätze zur Berechnung der chemischen Exergie technischer Brennstoffe.

Brennstoff	Heizwert $hu^{133}$	Brennwert $B^{133}$	Exergieberechnung aus dem Brennwert <sup>103</sup>	Exergieberechnung mit Gleichung 4-36	Abweichung
	[MJ/kg]	[MJ/kg]	[MJ/kg]	[MJ/kg]	[Prozent]
Erdgas H	44,47	49,33	$Ex = 0,95 \cdot B$ $Ex = 46,86$	$Ex = 46,69$	0,36
Heizöl leicht	42,61	45,61	$Ex = 0,975 \cdot B$ $Ex = 44,47$	$Ex = 44,74$	0,61
Benzin	42,45	45,41	$Ex = 0,975 \cdot B$ $Ex = 44,27$	$Ex = 44,57$	0,68
Braunkohle Bk Lausitz	19,04	20,30	$Ex = B = 20,30$	$Ex = 19,99$	1,52
Steinkohle Bk BRD	31,35	32,33	$Ex = B = 32,33$	$Ex = 32,86$	1,82

4. Die Erträge der Solarthermie sind von niedriger Exergie, da sie in Form von Wärme vorliegen. Die Nutzexergie ist die Differenz zwischen Vor- und Rücklauf zum Kollektorfeld. Sie kann für die unterschiedliche Kollektorfeldgröße der folgenden Tabelle entnommen werden, wobei Nutzungsarten getrennt aufgeführt sind.

<sup>116</sup> Dieckmann, B., Heinloth, K.: „Energie“, B. G. Teubner-Verlag, 2. Auflage, Stuttgart, 1997

**Tabelle 4-5:** Energetische und Exergetische Jahressummen der Solarthermie.

Solarthermie	Exergie Heizung	Exergie Trinkwarmwasser	Energie Heizung	Energie Trinkwarmwasser
[m <sup>2</sup> ]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
2250	101,07	53,56	650,98	405,02
4500	124,76	178,42	721,74	1252,21
6750	134,08	317,40	750,56	2180,82

### Datengrundlage zu Berechnung der Exergie – Outputdaten

1. Setzt man voraus, daß die elektrische Energie zu 100 Prozent aus Exergie besteht, entspricht der Betrag der Energie dem der Exergie. Der jährliche Exergiebedarf ohne den Eigenverbrauch des Energieversorgungssystems beträgt somit ca. 1740 MWh/a.
2. Zur Versorgung mit Trinkwarmwasser sind rund 920 MWh Wärmeenergie notwendig. Mit einer durchschnittlichen Kaltwassertemperatur von 10°C, die auf ca. 60°C aufgewärmt werden soll, ergibt sich ein jährlicher Exergiestrom von reichlich 75 MWh/a.
3. Die Exergieströme für die Heizung (Vor- und Rücklaufemperatur des Heizkreises) und Klimakälte sind für die beiden Verbrauchsvarianten in folgender Tabelle dargestellt.

**Tabelle 4-6:** Energetische und Exergetische Jahressummen des Heizkreises sowie der Klimakälte.

Verbrauchs- variante	Exergie Heizung	Exergie Klimakälte	Energie Heizung	Energie Klimakälte
	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]	[MWh/a]
Bestand (1)	1036,71	16,38	6233,69	244,23
Zukünftig (2)	309,10	7,78	1864,58	114,97

### 4.3.3. Bewertungskennzahlen auf Basis der Nachhaltigkeitskennzahlen

#### 4.3.3.1. Kriterien einer nachhaltigen Energieversorgung

Die Energieversorgung spielt im gesellschaftlichen Prozeß einer nachhaltigen<sup>117</sup> Entwicklung aufgrund ihrer z. T. wichtigen Voraussetzung für eine moderne Industriegesellschaft einerseits und der teilweise großen Auswirkungen auf die natürliche Umwelt sowie dem zu erwartenden enormen globalen Zuwachs der Nachfrage andererseits eine zentrale Rolle. Im Hauptpunkt 1 wurden ausführlich die Folgen der heutigen Form der Endenergiebereitstellung, die vornehmlich auf Basis fossiler Energieträger erfolgt, dargestellt.

<sup>117</sup> \* **Nachhaltigkeit** ... (sustainable development) wird im Bericht der Kommission definiert, deren Vorsitzende die norwegische Ministerpräsidentin war (WCED-World Commission on Environment and Development, 1987-“Our Common Future. Brundtland-Report.“ Oxford University Press: Oxford.): „Sustainable Development is development, that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.“-Die Bedürfnisse der gegenwärtig lebenden Menschen zu befriedigen, ohne die Befriedigung ähnlicher Bedürfnisse in Zukunft lebender Menschen zu beeinträchtigen. *Nachhaltigkeit* ist ein ursprünglich aus der Forstwirtschaft stammender Begriff und dort seit Jahrhunderten angewendetes Prinzip.

Zur Schonung endlicher Ressourcen sind „Nachhaltigkeitskriterien für die Ressourcennutzung“<sup>118</sup> entwickelt worden, die inzwischen allgemeine Anerkennung finden:

- Von einer erneuerbaren Ressource darf nicht mehr genutzt werden, als sich in der gleichen Zeit regeneriert.
- Es dürfen nur so viele Stoffe in die Umwelt entlassen werden, wie dort aufgenommen werden können.
- Die Nutzung nichterneuerbarer Ressourcen soll nur in dem Maße geschehen, in dem ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen geschaffen wird.
- Das Zeitmaß der menschlichen Eingriffe muß in einem ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der natürlichen Prozesse stehen.
- Die Umsätze von Energie und Stoffen müssen auf ein risikoarmes Niveau gesenkt werden.

Zur Durchsetzung der Nachhaltigkeitskriterien gelten für die Umweltpolitik das Vorsorge-, das Verursacher-, das Kooperations- und das Vorsichtsprinzip. Diese Prinzipien lassen sich allerdings nur im gesellschaftlichen Kontext und unter Mitwirkung aller Beteiligten (Verbraucher, Industrie, Politik ...) umsetzen. Umstritten sind oftmals das Tempo und die Richtung der Entwicklung. Eine zuverlässige Grundlage dieser Debatte ist eine möglichst allgemeingültige Datenbasis, denn jedwede Entwicklung hat Vor- und Nachteile, die entsprechend zu bewerten sind.<sup>119/120</sup>

Bisher diskutierte Modelle der Bilanzierung von Energie- und Ressourcenintensitäten können wie folgt beschrieben werden:

- a) Quantitative Energiebilanzen.
- b) Quantitative Materialbilanzen.
- c) Qualitative Aussagen über die Toxizität und Umweltrelevanz von Stoffen bzw. Maßnahmen.
- d) Ökonomische Bewertungsversuche.

Für die Bewertung der unterschiedlichen Varianten zur dezentralen Energieversorgung wird in dieser Arbeit vor allem auf die quantitativen Material- und Energiebilanzen eingegangen und hierfür entsprechende Bewertungskennzahlen genutzt bzw. weiterentwickelt. Des Weiteren wird durch Gegenüberstellung der *lokalen* und *globalen* Schadstoffemissionen eine Aussage über direkte Folgen der jeweiligen Art der Energieumwandlung getroffen.<sup>121/122/123/124/125</sup>

<sup>118</sup> BUND/MISEREOR: „Zukunftsfähiges Deutschland“, Birkhäuser Verlag Basel, 1996

<sup>119</sup> Kohlhaas, M.: „Ökonomische Instrumente der Umweltpolitik“ „Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung“, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Verlag Duncker & Humblot Berlin, Heft 4, 1994, Seiten 354ff.

<sup>120</sup> Dietrich, V.: „Makroökonomische Wirkungen von Umweltschutz“ „Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung“, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Verlag Duncker & Humblot Berlin, Heft 4, 1994, Seiten 341ff.

<sup>121</sup> Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): „Selbstverpflichtung der Wirtschaft zur CO<sub>2</sub>-Reduktion: Kein Ersatz für aktive Klimapolitik“, „Wochenbericht“, Verlag Duncker & Humblot Berlin, Heft 14 1995, Seiten 277ff.

<sup>122</sup> Vorholz, F.: „Rechnen schwach“, „Die Zeit“, KG Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH & Co Hamburg, Wochenzeitung, Nr. 12 1995, Seite 28.

<sup>123</sup> Wagner, T.: „Öko-physikalisches Gleichgewicht in einem ökonomischen Klimamodell“, „Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt)“, Zeitschrift für Ausbildung und Hochschulkontakt Verlage C. H. Beck F. Vahlen, München und Frankfurt a. M., Monatszeitschrift, Heft 1 1995, Seiten 39ff.

<sup>124</sup> Kosz M.: „Ökosteuern für eine nachhaltige Entwicklung“, „Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht“, Deutscher Fachverlag GmbH Frankfurt am Main, Vierteljahreszeitschrift, Heft 1 1995, Seiten 21ff.

#### 4.3.3.2. Kumulierte Massen- und Energiebilanzen

Grundlage der Betrachtungen über die Stoffmengen- und Energieflüsse sind die Massen- und Energieaufwendungen zum Bau der Anlagen sowie die Aufwendungen zu deren Betrieb und zu deren Entsorgung. Für die verwendeten Stoffe werden Prozeßketten erstellt bzw. auf vorhandene Studien zurückgegriffen. Die Prozeßketten spiegeln die Massen- und Energieaufwendungen quantitativ wider, die bei der Bereitstellung der Rohstoffe, der Herstellung der Produkte sowie bei deren Nutzung und Entsorgung benötigt werden, wobei Hilfsstoffe und Prozeßenergien ebenfalls einer Prozeßkettenanalyse unterzogen werden.

Unterschieden davon werden müssen allerdings die zum Bau verwendeten Materialien und die gesamten Massen, die bewegt werden müssen, um die Materialien zur Weiterverarbeitung zur Verfügung zu haben. Diese bestehen nicht nur z. B. aus dem Abraum beim Bergbau, sondern auch aus den Massen des benötigten Wassers oder den genutzten Energieträgern und den zu deren Aufbereitung notwendigen Massenaufwendungen.

Diese quantitativen Betrachtungen lassen Rückschlüsse auf diverse Beeinträchtigungen der natürlichen Umwelt zu. So sind beispielsweise Flächen- und Rohstoffverbrauch (u. a. Energieträger und Erze bzw. Baustoffe), Schadstoff- und Klimagasemissionen, Wasserverbrauch und Gewässerbelastung, Materialschäden, Gesundheitsschädigungen, Flora- und Faunaschädigungen verbunden mit Artensterben, Lärmbelästigung, Transportaufwand ... in unterschiedlicher Größe direkt mit den Stoff- und Energieströmen verbunden.

Für die Zusammenstellung der Daten sind die Massenbilanzen nicht von den Materialbilanzen zu trennen, da sie auf den gleichen Prozeßketten beruhen (siehe Abbildung 4-3). Zunächst werden die Gesteinsschichten beim Abbau (Tagebau oder Tiefbau) der Erze als bewegte Massen erfaßt. Hinzu kommen je nach notwendiger Abbautechnologie die dazu notwendigen Materialien und Energien, die wiederum einer Prozesskettenanalyse unterzogen werden müssen.

Nach dem Abtransport sind die mineralischen Rohstoffe aufzubereiten. Darunter ist vor allem eine Klassifizierung, Zerkleinerung und Sortierung, Konzentrierung (Trennung von Fremdstoffen) zur Vorbereitung des Verkaufs zu verstehen. Um die mineralischen Rohstoffe wie etwa Eisen, Kupfer, Chrom, Nickel ... zur Weiterverarbeitung und letztendlich als Rohstoffe für die Herstellung der Produkte liefern zu können ist eine teilweise materiell und energetisch aufwendige metallurgische Verarbeitung notwendig.

Bei allen Verarbeitungsstufen ist der Verbrauch an Flächen und Wasser meist sehr hoch. Zudem sind toxische Emissionen an Gasen, kontaminiertem Wasser oder Schlacken problematisch (qualitative Bilanz). Ökologisch von großer Bedeutung ist des weiteren die Unterbrechung natürlicher (ökologischer) Stoffkreisläufe mit irreversiblen Folgen für Flora und Fauna.

In den letzten Jahren wurden Anstrengungen verstärkt, die Materialeffizienz zu erhöhen bzw. hinsichtlich ihrer Umweltschädigung problematische Materialien zu substituieren. Zudem ist der Anteil des Recyclings an der Gesamtproduktion gestiegen. So konnte z. B. der Anteil von Stahlschrott bei der Rohstahlerzeugung, der 1974 noch bei 28 Prozent lag, auf 42 Prozent für die Jahre 1999/2000 gesteigert werden. Bei Aluminium stieg der Anteil im gleichen Zeitraum um 11 Prozent und betrug im Jahr 1999 somit 43 Prozent.<sup>126</sup> Die Anteile des Materialrecyclings sind in den Prozeßketten berücksichtigt worden.

An dieser Stelle soll nicht weiter auf die Problematik der Erstellung von Prozeßketten sowie von Material- und Energiebilanzen eingegangen werden. Der Literatur sind ausführliche Dar-

<sup>125</sup> Conrady H.: „60 Sklaven oder das ganz persönliche Energiemenü“, „VDI Nachrichten“, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, Wochenzeitung, Nr. 5, 1994, Seite 8.

<sup>126</sup> Enquete-Kommission des Bundestages

stellungen des methodischen Vorgehens zu entnehmen. Die Ergebnisse der einschlägigen Studien dienen als Grundlage und Datenbasis der folgenden Untersuchungen.  
127/128/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/141

Neben der Prozesskettenanalyse ist nach der VDI RL 4600 die Berechnung des kumulierten Energiebedarfs durch eine „Input-Output-Analyse“ möglich, die anhand der volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung erfolgt. Hierbei werden die Primärenergieaufwendungen der Wirtschaftssektoren mit dem monetären Produktionswert der Sektoren in Verhältnis gesetzt. Wird das zu analysierende Produkt prozentual den Wirtschaftszweigen zugeordnet und mit den Investitionskosten sowie den spezifischen Primärenergieverbräuchen der Wirtschaftssektoren multipliziert, erhält man die kumulierten Energieaufwendungen. Mit dieser Herangehensweise sollen die Systemgrenzen möglichst weit gefasst werden und alle direkten und indirekten Prozesse Berücksichtigung finden.

Für die in dieser Arbeit untersuchten Anlagenkonfigurationen ist diese Methode allerdings nicht geeignet, da bei Gütern bzw. Energieumwandlungsanlagen, die sich nicht in Serienproduktion befinden, diese Pauschalisierung durch Zuweisung zu durchschnittlichen Energieverbräuchen einzelner Wirtschaftssektoren unzulässig wäre. Diese Anlagen sind teilweise noch sehr arbeits-

<sup>127</sup> Corradini, R.; Köhler, D.; Hutter, C.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Teil I Allgemeiner Teil“ Forschungsstelle für Energiewirtschaft / Der Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V., München, Juli 1999

<sup>128</sup> Hutter, C.; Köhler, D.; Lilleike J.; Schwärzer M.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Teil II Baustoffe“, Forschungsstelle für Energiewirtschaft / Der Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V., München, Juli 1999

<sup>129</sup> Corradini, R.; Köhler, D.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Teil III Matelle“, Forschungsstelle für Energiewirtschaft / Der Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V., München, Juli 1999

<sup>130</sup> Corradini, R.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Schätzung für Chrom und Nickel“ Auskunft per e-mail, München, Dezember 1999

<sup>131</sup> Jeschar, R.; Specht, E.; Steinbrück, A.: „Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen“ Korrespondenz Abwasser“; 4; 1995 Seiten 537 bis 549

<sup>132</sup> Wuppertal-Institut „Die MIPS Ergebnisse – Ökologische Rucksäcke“ Internet, Abteilung Stoffströme u. Strukturwandel, Stand: 17.07.1998, <http://www.wupperinst.org/mipsonline>

<sup>133</sup> Öko-Institut e. V. Darmstadt: „GEMIS - Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme: Ein Programm zur Analyse der Umweltaspekte von Energie-, Stoff- und Transportprozessen“ 1997

<sup>134</sup> Patyk, A.; Reinhardt G. A.: „Düngemittel - Energie- und Stoffstrombilanzen“ Vieweg Verlag, 1. Auflage, Braunschweig / Wiesbaden 1997

<sup>135</sup> Drake, F.-D.: „Kumulierte Treibhausgasemissionen zukünftiger Energiesysteme“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996

<sup>136</sup> Kippenberger C., et al.: „Stoffmengenflüsse und Energiebedarf bei der Gewinnung ausgewählter mineralischer Rohstoffe“, „Geologisches Jahrbuch – Sonderhefte“, Reihe H, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe / Staatliche Geologische Dienst der BRD, Hefte: „Methodische Erläuterung“ / Auswertende Zusammenfassung“ basierend u. a. auf die Teilstudien: „Eisen“ / „Kupfer“ / „Chrom“ / „Nickel“ / „Phosphat“, Chudeck Druck Service Bornheim-Sechtem, Hannover 1998 und 1999

<sup>137</sup> Schmidt-Bleek, F.: „Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Faktor 10 – das Maß für ökologisches Wirtschaften“ C. H. Beck Druckerei, Nördlingen, 1997

<sup>138</sup> Biedermann, P., Menzer, M., Grube, T., Dienhardt, H., Pehnt, M., Dreier, T.: „Brennstoffzellenstudie – Ganzheitliche Systemuntersuchung zur Energiewandlung durch Brennstoffzellen“, Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ) / Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) / TU München Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik (IfE), Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V., 1998

<sup>139</sup> Ritthof, M., Rohn, H., Liedtke C.: „MIPS berechnen – Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen“, Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 2002

<sup>140</sup> Marheineke, T., Krewitt, W., Neubarth, J., Friedrich, R., Voß, A.: „Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken“, Universität Stuttgart – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Forschungsbericht Band 74, Stuttgart, 2000

<sup>141</sup> Tagungsband VDI: „Kumulierter Energieaufwand“, VDI-Gesellschaft Energietechnik, Tagung Veitshöchheim, November 1995, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf

intensiv sowie mit einem hohen Anteil an Forschung verbunden. Das macht sie teuer und somit nicht repräsentativ für die einzelnen Wirtschaftssektoren. Aus diesem Grunde wird auf Ergebnissen von Prozesskettenanalysen zurückgegriffen.

Um eine hohe Datenkonsistenz zu gewährleisten, wird vornehmlich auf den Datensatz des Umweltbundesamtes zurückgegriffen, das mit dem System „Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (ProBas)“ Ergebnisse von Studien mehrerer Institute zu über 2000 Prozessen mit Informationen zu Stoff- und Energieflüssen zusammengefaßt hat.<sup>142/143</sup> Fehlende Daten werden mit Resultaten anderer Studien ergänzt.

Die Berechnung der kumulierten Stoffbilanz basiert vor allem auf der Prozesskettenanalyse. Allerdings sind die Bilanzgrenzen so gezogen, daß sämtliche Eingriffe in die Ökosphäre Berücksichtigung finden. Dabei werden sämtliche Abfälle (Asche, Klärschlamm, Abraum, Produktionsabfälle ...), aber auch die Einleitungen in die Gewässer und die Emissionen, die gesondert aufgeführt werden, nicht berücksichtigt, da sie keine Aufwendungen darstellen.

Der Tabelle 4-7 sind die entsprechenden kumulierten energetischen Aufwendungen und die kumulierten Stoffflüsse für den Bau der Anlagenkomponenten zu entnehmen. Des weiteren sind die Ergebnisse der Bilanzierungen für die Endenergien Elektrizität und Erdgas aufgeführt. Auf eine Berechnung des Nahwärmenetzes wurde verzichtet, da das Netz in allen Varianten vorgesehen ist. Diese Analyse erhebt nicht den Anspruch der Vollständigkeit, sondern soll einen ganzheitlichen Vergleich unterschiedlicher Versorgungskonzepte ermöglichen und ökologisch relevante Effekte qualitativ und quantitativ für unterschiedliche Anlagenkonfigurationen bei einem dezentralen Energieversorgungssystem ausweisen.

**Tabelle 4-7:** Spezifische kumulierte Material- und Energieverbräuche<sup>142/144</sup>.

	<b>ST-Feld<sup>a</sup></b>	<b>PV-Feld</b>	<b>WKA</b>	<b>BHKW</b>	<b>Kessel</b>	<b>LSp<sup>b</sup></b>	<b>Batterie<sup>c</sup></b>	<b>AKM<sup>d</sup></b>	<b>Elektrizität<sup>e</sup></b>	<b>Erdgas</b>
	MWh/m <sup>2</sup> t/m <sup>2</sup>	MWh/kW <sub>p</sub> t/kW <sub>p</sub>	MWh/kW t/kW	MWh/kW <sub>el</sub> t/kW <sub>el</sub>	MWh/kW t/kW	MWh/m <sup>3</sup> t/m <sup>3</sup>	MWh/kWh <sub>lk</sub> t/kWh <sub>lk</sub>	MWh/kW t/kW	MWh/MWh t/kWh	MWh/MWh t/kWh
<b>Lebensdauer</b>	20 Jahre	30 Jahre	20 Jahre	15 Jahre	15 Jahre	40 Jahre	10 Jahre	15 Jahre	–	–
<b>KEA</b>	0,68	17,07	1,66	0,00	0,00	0,22	0,31	2,06	3,20	1,14
<b>KMB</b>	0,02	38,62	3,00	0,00	0,00	0,45	0,03	0,78	4,30	0,01986
a ... inc. Rohrleitung, Pumpe, anteilig Bereitschaftsspeicher. b ... eigene Berechnungen für einen 12000 m <sup>3</sup> großen Wasser-Langzeitspeicher, Materialien: Beton, Stahl, Mineralwolle, Aufwendungen für Bau und Wartung pauschal 15 Prozent des Outputs. c ... anhand eines Bleiakkus, eigene Berechnungen, teilweise geschätzt. d ... geschätzt, Material: Stahl 14,91 kg/kW <sub>Kälte</sub> . e ... incl. Stromnetz und Verteilung.										

<sup>142</sup> Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum>

<sup>143</sup> Fritsche, U. R., Jenseit, W., Hochfeld, C.: „Methodikfragen bei der Berechnung des Kumulierten Energieaufwands (KEA) – Erarbeitung von Basisdaten zum Energieaufwand und der Umweltbelastung von energieintensiven Produkten und Dienstleistungen für Ökobilanzen und Öko-Audits“, UBA-F&E-Forschungsorhaben, Öko-Institut, Darmstadt, 1999

<sup>144</sup> Köhler, D. / Rosenbauer, G. / Schwaiger, K. / Wabro, R.: „Ganzheitliche energetische Bilanzierung der Energiebereitstellung – Teil VI Untersuchung von Blockheizkraftwerken“, „Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE)“, München, Oktober 1996

Für eine kumulierte Massen- und Energiebilanz (KMB [Tonnen/anno] und KEB [MWh/anno]) läßt sich folgende Gleichung unter Berücksichtigung der Lebensdauer  $a$  formulieren:

$$KMB_{Anlage/System} = \sum_i \left( \frac{KMB_i}{a_i} \right) \quad \text{sowie} \quad KEB_{Anlage/System} = \sum_i \left( \frac{KEB_i}{a_i} \right)$$

**Gleichungen 4-37 und 4-38**

Die kumulierten Gesamtbilanzen stellen demnach die Summen der Prozeßketten für die zum Bau der Einzelanlagen bzw. aller Energieumwandlungsanlagen benötigten Stoffe und Energien dar. Zur Systemanalyse kommen noch die Speicher- und Verteilungseinrichtungen hinzu.

Die Massen- und Energiebilanzen beziehen sich allerdings nicht nur auf den Bau der Anlagen, sondern auch auf deren Planung, Wartung Betrieb und Entsorgung. An dieser Stelle soll folgende Vereinfachung getroffen werden: Für regenerative Energieumwandlungsanlagen werden nur die Prozeßketten zum Bau und Aufbau der Anlagen berücksichtigt. Für Anlagen, die fossile Energieträger nutzen, kommen die Prozeßketten dieser Brennstoffe hinzu. Die Speicher- und Verteilungskomponenten werden ebenfalls berücksichtigt. Die übrigen Aufwendungen sind gegenüber den kumulierten Massen- und Energieaufwendungen zum Bau und Aufbau der Anlagen bzw. zur Bereitstellung fossiler Energieträger wesentlich kleiner und somit vernachlässigbar.

Bezieht man den energetischen Nutzen mit ein, lassen sich ein spezifischer Massenaufwandsfaktor  $\delta_M$  [kg/(anno · kWh)] und ein spezifischer Energieaufwandsfaktor  $\delta_E$  [MWh/(anno · kWh)] definieren.

$$\delta_M = \frac{KMB_{Anlage/System}}{\text{jährliche Nutzenergie}} \quad \text{sowie} \quad \delta_E = \frac{KEB_{Anlage/System}}{\text{jährliche Nutzenergie}}$$

**Gleichungen 4-39 und 4-40**

Hierbei ist eine Unterscheidung in Brutto- und Nettonutzen  $\delta_{M,B}$  und  $\delta_{M,N}$  erforderlich (siehe Abschnitt 4. 3. 1.). Des weiteren ist mit gleicher Herangehensweise der spezifische exergetische Aufwandsfaktor mit der kumulierten Exergiebilanz (KExB) definierbar.

$$KExB_{Anlage/System} = \sum_i \left( \frac{KExB_i}{a_i} \right) \quad \text{und} \quad \delta_{Ex} = \frac{KExB_{Anlage/System}}{\text{jährliche Nutzexergie}}$$

**Gleichungen 4-41 und 4-42**

Die Einbeziehung der Massen- und Energiebilanzen ist Bestandteil der globalen Bilanz. Die bereits definierten energetischen und exergetischen Bewertungskennzahlen ändern sich demzufolge hinsichtlich ihrer Aufwendungen. Dazu werden die spezifischen Aufwandsfaktoren mit den energetischen und exergetischen Nutzungsgraden für die einzelnen Energieumwandlungsanlagen bzw. mit den Nutzungsgraden für das gesamte Energieversorgungssystem verknüpft. Damit ergeben sich die energetischen und exergetischen Nutzungsgrade  $\xi_M^g$ ,  $\xi_E^g$  und  $\xi_{Ex}^g$  für die globale Bilanz, wobei auch hier Brutto- und Nettonutzungsgrad unterschieden werden müssen. Die allgemeine Gleichung für den globalen Nutzungsgrad lautet somit:

$$\xi_M^g = \delta_M \cdot \int_{1\text{Jahr}} (\text{Nutzen}) \cdot dt \quad \text{sowie} \quad \xi_E^g = \frac{\int_{1\text{Jahr}} (\text{Nutzen}) \cdot dt}{\int_{1\text{Jahr}} (\text{Aufwand}) \cdot dt + \delta_E \cdot \text{Nutzen}}$$

**Gleichungen 4-43, 4-44 und 4-45**

$$\text{und} \quad \xi_{Ex}^g = \frac{\int_{1\text{Jahr}} (\text{Nutzen}) \cdot dt}{\int_{1\text{Jahr}} (\text{Aufwand}) \cdot dt + \delta_{Ex} \cdot \text{Nutzen}}$$

### 4.3.3.3. Energieerntefaktor und Amortisationszeit

Mit verstärktem Einsatz regenerativer Energieumwandlungsanlagen wurde teilweise kontrovers über den Sinn dieser Anlagen – meist über Photovoltaik und Windkraft – diskutiert. Ein zentrales Argument derjenigen, die sich gegen ein größeres Gewicht dieser Technologien im Energiemix aussprachen, war neben der hohen Kosten und der geringen Energiedichte von Sonne und Wind sowie der Diskrepanz von Dargebot und Nachfrage die These, daß die Energieumwandlungsanlagen angeblich mehr Energie zu ihrer Herstellung benötigen, als sie während ihrer Lebensdauer dem Verbraucher zur Verfügung stellen.

Die Produktion regenerativer Energieumwandlungsanlagen ist in der Tat sowohl energetisch als auch ökonomisch aufwendig. Andererseits werden Energieumwandlungsanlagen, die fossile Energieträger als Brennstoff nutzen, im Gegensatz zu ersteren, mit wesentlich mehr primärenergetischen Aufwendungen (Ergas, Kohle, Öl, ...) während der Laufzeit betrieben.

Eine Untersuchung der primärenergetisch notwendigen Aufwendungen bei regenerativen Technologien ist deshalb eine wesentliche Grundlage für eine vollständige und vergleichende Bewertung von Energieversorgungssystemen. Hierzu werden Ergebnisse quantitativer Untersuchungen, also die bereits vorgestellten Prozesskettenanalysen, genutzt. Allerdings ist bei den Regenerativkomponenten – wie bereits erwähnt – eine Diskrepanz von Dargebot und Nachfrage zu verzeichnen. Der Vergleich der Einzelanlagen aufgrund der Systemdynamik sowie der Wechselwirkungen zwischen den Komponenten und den Speichereffekten, ist deshalb oftmals nur bedingt aussagekräftig. Deshalb werden alle Anlagekomponenten, sowohl einzeln als auch im Energieversorgungssystem gekoppelt, in die Berechnungen mit einbezogen. Für das Blockheizkraftwerk und die Nachheizung kommen somit die Energieaufwendungen zur Brennstoffbereitstellung zum Tragen.

Um eine wirtschaftliche und energetisch sinnvolle Energieversorgung zu ermöglichen, muß demzufolge der energetische Nutzen stets größer als die gesamten energetischen Aufwendungen sein. Als Bewertungskriterium hierfür dient der Energieerntefaktor  $\varepsilon$ , der das Verhältnis vom Nutzen, also von der gesamten Nutzenergieabgabe der Energieumwandlungsanlage während ihrer Lebensdauer, zum energetischen Aufwand (Bau, Betrieb und Abriß der Anlage sowie ggf. zur Brennstoffaufbereitung), angibt<sup>145/146</sup>:

$$\varepsilon = \frac{E_N}{E_{A,Bau} + E_{A,Betrieb} + E_{A,Abriß} + E_{A,Bereitstellung}}$$

Gleichung 4-46

Mit gleicher Herangehensweise kann der Energieerntefaktor  $\varepsilon_a$  für ein Energieversorgungssystem, welches zudem die Energieverteilung umfaßt, berechnet werden. Dabei sind die Summen der Nutzenergien und der Energieaufwendungen zu bilden, bevor sie ins Verhältnis gesetzt werden. Des weiteren kann die Nutzenergie auf den dezentralen Energieverbrauch bezogen werden. Das ergibt den Energieerntefaktor  $\varepsilon_b$ . Diese Faktoren werden sowohl für die Einzelanlagen (A) wie auch für das Gesamtsystem (S) berechnet.

$$\varepsilon_{a,A} = \frac{\dot{E}_{N,i}}{\sum \dot{E}_{A,i}} \quad \varepsilon_{a,S} = \frac{\sum \dot{E}_N}{\sum \dot{E}_A}$$

Gleichungen 4-47 und 4-48

<sup>145</sup> Unger, J.: „Alternative Energietechnik“, B. G. Teubner-Verlag, Stuttgart 1993

<sup>146</sup> Lange, A.: „Konzept-Studie zur Nutzenergieversorgung für Kommunen auf Basis einer ökologischen Gesamtbeurteilung am Beispiel der Stadt Bad Harzburg“, Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 1995

$$\varepsilon_{b,A} = \frac{\dot{E}_{Verb,i}}{\sum \dot{E}_{A,i}} \quad \varepsilon_{b,S} = \frac{\sum \dot{E}_{Verb}}{\sum \dot{E}_A}$$

Gleichungen 4-49 und 4-50

Mit der Integration über ein Jahr kann unter Nutzung der Vereinbarungen des Abschnittes 4.3.3.2. für die energetischen Aufwendungen die kumulierte Energiebilanz KEB berechnet werden. Die Datengrundlage für dieses Bewertungskriterium ist der Tabelle 4-7 zu entnehmen.

Eine ähnliche Aussage hat die Berechnung der energetischen Amortisationszeit von Energieumwandlungsanlagen. Sie stellt genau die Zeit dar, welche die Anlage bei durchschnittlichen Dargebots- und Verbrauchsparametern in Betrieb sein muß, um die Energie, die zu ihrer Herstellung, Betrieb und Entsorgung ( $E_{A,i}$ ) notwendig ist, dem Verbraucher zur Verfügung zu stellen. Ein Einsatz einer Anlage ist also dann sinnvoll, wenn sie mehr Energie während ihrer prognostizierten Lebensdauer „liefert“, als die Summe der energetischen Aufwendungen. Die Amortisationszeit kann demnach folgendermaßen berechnet werden<sup>107</sup>:

$$\chi = \frac{E_{A,Bau} + E_{A,Betrieb} + E_{A,Abriß} + E_{A,Bereitstellung}}{E_{N,per\ anno}}$$

Gleichung 4-51

Die Definition der Amortisationszeit für die Einzelanlagen bzw. das Gesamtsystem erfolgt analog des Algorithmus zur Berechnung des Energieerntefaktors.

$$\chi_{a,A} = \frac{\sum E_{A,i}}{E_{N,i,per\ anno}} \quad \chi_{a,S} = \frac{\sum E_A}{\sum E_{N,per\ anno}}$$

Gleichungen 4-52 und 4-53

$$\chi_{b,A} = \frac{\sum E_{A,i}}{E_{Verb,i,per\ anno}} \quad \chi_{b,S} = \frac{\sum E_A}{\sum E_{Verb,per\ anno}}$$

Gleichungen 4-54 und 4-55

Die Bewertungskriterien Energieerntefaktor und Amortisationszeit werden in dieser Arbeit nicht weiterverfolgt. Sie sind für Einzelanlagen auf exergetisch gleichwertiger Grundlage sinnvoll. Für die Bewertung von Energieversorgungssystemen sind sie ungeeignet, da es hierfür keine einheitlichen Standards existieren und die jeweilige Methode zur Berechnung „etwas Willkürliches anhaftet“.<sup>147/116</sup>

#### 4.3.3.4. Schadstoffemissionen

Die Schadstoffemissionen werden in lokale (vor Ort) und globale (indirekte) unterteilt. Die indirekten Emissionen basieren auf den Ergebnissen der Prozesskettenanalyse. Für die lokalen Schadstoffemissionen werden Durchschnittswerte für die Verbrennung in einem Kessel bzw. BHKW angenommen.<sup>142</sup> Die Schadstoffemission der Komponente  $i$  für eine Anlage  $j$  kann, wiederum auf ein Jahr bezogen und als Summe von direkter und indirekter Emission, wie folgt berechnet werden:

$$\Gamma_{i,j}^{ges} = \Gamma_{i,j}^g + \Gamma_{i,j}^l \quad \text{mit} \quad \Gamma_{i,j}^g = \frac{\varphi_i^g}{E_{Nutz,i} \cdot a} \quad \text{und} \quad \Gamma_{i,j}^l = \frac{\varphi_i^l}{E_{Nutz,i} \cdot a} \left[ \frac{kg}{kWh \cdot a} \right]$$

Gleichungen 4-56, 4-57 und 4-58

<sup>147</sup> Rebhan, E. et.al.: „Energiehandbuch – Gewinnung, Wandlung und Nutzung von Energie“, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg 2002

Die Summe der Emissionen der Einzelanlagen stellt die Emission des gesamten Energieversorgungssystems  $\Pi$  dar, wobei hierbei ebenfalls eine Unterscheidung von globalen und lokalen Emissionen erfolgt:

$$\Pi_{i,j}^{ges} = \Pi_i^g + \Pi_i^l \quad \text{mit} \quad \Pi_i^g = \sum_j (\Gamma_{i,j}^g) \quad \text{und} \quad \Pi_i^l = \sum_j (\Gamma_{i,j}^l)$$

Gleichungen 4-59, 4-60 und 4-61

Um der Tatsache Rechnung zu tragen, daß die Schadstoffe unterschiedliche Wirkungsintensitäten beispielsweise in bezug auf den Treibhauseffekt (siehe Tabelle 4–8) haben, ist eine Zusammenfassung auf Basis der jeweiligen Hauptkomponente sinnvoll. So ist ein Methanmolekül in der Lage, 32 mal mehr Strahlung zu absorbieren als ein Kohlendioxidmolekül; ein Distickstoffmonoxidmolekül hat den 150 – fachen- und ein FCKW – Molekül gar den 15 000 – fachen Effekt. Zudem ist die Beständigkeit in der Atmosphäre unterschiedlich.

**Tabelle 4-8:** Eigenschaften und Konzentrationen klimarelevanter Spurengase.<sup>146</sup>

Gas	Volumen- anteil 1765 / heute / 2050	mittlere Verweil- dauer	globale anthropogene Emission 1994	klimatische Wirksamkeit	Anteil am natürlichen Treibhaus- effekt [%]	Anteil am anthropogenen Treibhaus- effekt [%]	geschätzte zusätzliche Temperatur- erhöhung [grd]	jährl. Anst. d. Konz. [%]
Kohlendioxid CO <sub>2</sub>	279,00 ppm / 353,93 ppm / 600,00 ppm	6 - 10 a	29 Gt/a	IR - Absorption	22	61	1,5 - 4,5	0,4
Methan CH <sub>4</sub>	790,00 ppb / 1717,00 ppb / 3000,00 ppb	4 - 10 a	400 Mt/a	O <sub>3</sub> - Produktion und Destruktion	2,5	15	0,09	1,5
Distickstoff- monoxid N <sub>2</sub> O	285,00 ppb / 309,68 ppb / 600,00 ppb	100 - 200a	ca. 15 Mt/a	IR - Absorption und O <sub>3</sub> Destr.	4	4	0,12	0,25
Fluorchlorkoh- lenwasserstoff FCKW ?	0 / ca. 3000 ppt / ?	bis 500 a	0,5 Mt/a	IR - Absorption und O <sub>3</sub> Destr.	/	11	0,5 ?	4
Ozon	- / ca. 0,05 ppm / 0,06 ppm	30 - 90 d	ca. 0,5 GT/a	IR - Absorption UV - Absorpt.	9,5 (davon weitere Spurengase 2,5%)	9 (mit Zunahme d. stratosph. Wasserdampf- gehaltes)	1,05 (davon weitere Spurengase 0,15 °C)	1
Wasserdampf H <sub>2</sub> O	- / ca. 2,6 % - /	/	/	/	62	/	/	0,4

Ähnliche Betrachtungen sind für die Bildung von Ozon in der Atmosphäre und den „sauren Regen“, die bekanntlich u. a. für den „Sommersmog“, Krankheiten beim Menschen (Herz-Kreislauf, Atemwege usw.), Artensterben in der Flora (Waldsterben) und als dessen Folge in der Fauna sowie Gebäudeschäden verantwortlich gemacht werden, notwendig.

- CO<sub>2</sub>-Äquivalente entsprechen der Summe des Treibhauspotentials der Gase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, SF<sub>6</sub>, PFC und HFC (sog. Kyoto-Gase), umgerechnet und dargestellt in Masse der Hauptkomponente Kohlendioxid.
- Für die SO<sub>2</sub>-Äquivalente gilt das gleiche in bezug auf das Versauerungspotential unter Berücksichtigung der Gase SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, HF, NH<sub>3</sub> und H<sub>2</sub>S.
- Die TOPP – Äquivalente (tropospheric ozone precursor potential) beruhen auf der Definition der Europäischen Umwelt-Agentur (EEA) und aggregierten NO<sub>x</sub>, leichtflüchtige organische Verbindungen (NMVOC – non-methan Volatile Organic Compounds), CH<sub>4</sub> und CO in TOPP, basierend auf der relative Stärke der troposphärischen Ozon-Erzeugung.

Die spezifischen lokalen und globalen Emissionen können den Tabellen 4-9 und 4-10 entnommen werden. Sie basieren auf den kumulierten Energiebilanzen und den dazu ermittelten Daten (Tabelle 4-7).

**Tabelle 4-9:** Spezifische indirekte bzw. globale Schadstoffemissionen, berechnet anhand von Prozeßkettenanalysen.<sup>142</sup>

Anlagen		CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	NM VOC	N <sub>2</sub> O	Staub	CO <sub>2</sub> Äquiv.	SO <sub>2</sub> Äquiv.	TOPP Äquiv.
ST-Feld	Kg/m <sup>2</sup>	160,20	0,96	0,60	0,63	0,47	0,09	0,01	0,26	184,32	1,08	0,93
PV-Feld	Kg/kW <sub>p</sub>	4330,26	19,35	6,48	8,07	8,87	0,43	0,13	3,74	4693,79	12,94	10,60
WKA	Kg/kW	658,94	2,76	1,56	0,50	1,06	0,19	0,01	0,36	687,31	1,58	2,40
LSp	Kg/m <sup>3</sup>	96,00	1,09	0,20	0,10	0,16	0,0265	1,86 10 <sup>-03</sup>	5,06 10 <sup>-02</sup>	99,77	0,46	0,30
Batterie	kg/kWh <sub>kap</sub>	68,59	5,11 10 <sup>-02</sup>	0,16	0,13	0,17	9,95 10 <sup>-03</sup>	7,62 10 <sup>-03</sup>	1,54 10 <sup>-02</sup>	74,80	0,25	0,21
Elektrizität	Kg/MWh	612,00	0,24	0,64	0,64	302,75	4,61 10 <sup>-02</sup>	2,36 10 <sup>-02</sup>	0,14	641,00	1,13	0,87
Erdgas	Kg/MWh	21,80	7,06 10 <sup>-02</sup>	0,11	0,00673	1,08	2,18 10 <sup>-02</sup>	8,93 10 <sup>-04</sup>	5,72 10 <sup>-03</sup>	46,80	8,42 10 <sup>-02</sup>	0,18

**Tabelle 4-10:** Spezifische direkte bzw. lokale Schadstoffemissionen, berechnet anhand von Prozeßkettenanalysen.<sup>142</sup>

Anlagen		CO <sub>2</sub>	CO	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	NM VOC	N <sub>2</sub> O	Staub	CO <sub>2</sub> Äqui- valent	SO <sub>2</sub> Äqui- valent	TOPP Äqui- valent
BHKW	Kg/kWh	5,76 10 <sup>-01</sup>	5,36 10 <sup>-04</sup>	6,59 10 <sup>-04</sup>	4,46 10 <sup>-06</sup>	3,96 10 <sup>-05</sup>	4,93 10 <sup>-05</sup>	1,65 10 <sup>-05</sup>	1,65 10 <sup>-05</sup>	5,83 10 <sup>-01</sup>	4,64 10 <sup>-04</sup>	9,14 10 <sup>-04</sup>
Kessel	Kg/kWh	2,27 10 <sup>-01</sup>	8,64 10 <sup>-05</sup>	2,30 10 <sup>-04</sup>	1,76 10 <sup>-06</sup>	2,07 10 <sup>-05</sup>	2,07 10 <sup>-05</sup>	4,14 10 <sup>-06</sup>	5,76 10 <sup>-07</sup>	2,29 10 <sup>-01</sup>	1,62 10 <sup>-04</sup>	3,11 10 <sup>-04</sup>

#### 4.4. Wirtschaftlichkeitsberechnungen

Die Wirtschaftlichkeitsberechnungen erfolgen in dieser Arbeit nach der VDI 2067 Blatt 1. Auf eine Darstellung des Berechnungsalgorithmus wird an dieser Stelle verzichtet. Er ist der VDI 2067 Blatt 1 zu entnehmen. Grundlage bilden auch hierbei die Hauptkomponenten des Energieversorgungssystems, die der Tabelle 4-11 entnommen werden können. Eine allgemeingültige Aussage über die Höhe der tatsächlichen Investitionen kann nicht getroffen werden, da sie teilweise bis zu 30 Prozent von örtlichen Gegebenheiten abhängen; es wird auch kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben. Zu den Unsicherheiten bei der Höhe der Investitionskosten kommt, daß eine Ausschreibung bei den hohen Investitionskosten zu Preisnachlässen führen würde, die aber in ihrer Größenordnung nicht abzusehen sind. Mit steigendem Anteil regenerativer Systemkomponenten wird die Wirtschaftlichkeitsberechnung zudem von der Praxis abweichen, da die Europäische Union, der Bund, das Land sowie einige Kommunen Fördermittel ausreichen, die in ihrem Anteil sehr unterschiedlich sind.

Unabhängig von diesen Randbedingungen kann allerdings eine derzeitige durchschnittliche Kostenstruktur deutlich gemacht werden mit dem Hinweis auf weiterhin zu erwartende Kostendegressionen für regenerative Energieumwandlungsanlagen. Des weiteren werden die ökonomischen Vorzüge der Kombination von unterschiedlichen Systemkomponenten durch zu verzeichnenden Synergieeffekte deutlich.

**Tabelle 4-11:** Spezifische Investitionen einzelner Systemkomponenten.

Komponente	Abschreibungszeitraum	Spezifische Investkosten
Solarthermiefeld <sup>148</sup>	10 oder 20 Jahre	400 € / m <sup>2</sup>
Photovoltaikanlage <sup>148/149</sup>	10 oder 20 Jahre	5300 € / kW <sub>p</sub>
Windkraftanlage <sup>148/149</sup>	10 oder 16 Jahre	1250 € / kW
Blockheizkraftwerk <sup>108/150/151</sup>	10 oder 15 Jahre	750 € / kW <sub>el</sub>
Kessel <sup>150</sup>	10 oder 20 Jahre	70 € / kW
Langzeitspeicher <sup>99</sup>	10 oder 40 Jahre	100 € / m <sup>3</sup>
Batterie <sup>152</sup>	5 Jahre	80 € / kWh <sub>Lk</sub>
Absorptionskältemaschine <sup>153</sup>	10 oder 15 Jahre	400 € / kW <sub>Kälte</sub>
Bautechnik <sup>150</sup> , Heizungstechn. Einbindung, Speicher	10 oder 40 Jahre	100 000 €
Nahwärmenetz <sup>150</sup> Annahme 2000 Meter	10 oder 30 Jahre	500 € / m

Die Daten der Tabelle 4–11 sind als Systemkosten zu verstehen, d. h. die Planungskosten, die Montage und die Genehmigung sind für alle Komponenten eingerechnet. Für die Windkraft z. B. bedeutet dies, daß Fundament, Verkabelung, Netzanschluß ... usw. Berücksichtigung finden. Bei der Absorptionskältemaschine, dem Motor-BHKW und dem Kessel sind u. a. Rohrleitungen, Pumpen, Wärmeübertrager und sonstige Armaturen Schornstein bzw. Katalysator eingerechnet. In die Systemkosten mit einbezogen sind außerdem bei der Photovoltaik neben den Modulen die Wechselrichter, das Installationsmaterial und der Netzanschluß sowie bei der Solarthermie die Rohrleitungen, Regelung, Armaturen, Pumpen.

Der Aufwand für Wartung wird bei allen Komponenten mit 1,5 Prozent der jeweiligen Investitionskosten veranschlagt. Des weiteren wird von einem Zinssatz von 6 Prozent und einem 10-jährigen Betrachtungszeitraum ausgegangen. Mit einer angenommenen Inflationsrate von 2 Prozent kann der Barwert-, der Annuitäts- und der preisdynamische Annuitätsfaktor berechnet werden.

Für den Bezug von Elektroenergie bzw. die Einspeisung in Stromnetz sowie den Verkauf von Elektrizität und Kälte an die Verbraucher sind folgende Festlegungen getroffen worden:

- Bezug von Erdgas: 2,0 Cent/kWh
- Verbraucher Bezug von Netzstrom: 15,0 Cent/kWh
- Einspeisung von PV-Strom ins Netz: 54,0 Cent/kWh
- Einspeisung von WKA-Strom ins Netz: 8,7 Cent/kWh
- Einspeisung von BHKW-Strom ins Netz: 4,5 Cent/kWh
- Verkauf der Elektrizität an die Verbraucher: 15,0 Cent/kWh
- Verkauf der Klimakälte an die Verbraucher: 15,0 Cent/kWh

Die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung werden in Preisen für die Wärmebereitstellung pro Jahr angegeben. Die detaillierte Berechnungsmethodik ist dem Abschnitt 6 zu entnehmen

<sup>148</sup> Staiß, F.: „Jahrbuch Erneuerbare Energien“, Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, Bieberstein Fachbuchverlag, Radebeul, 2003

<sup>149</sup> Hirschl, B., et al.: „Markt- und Kostenentwicklung erneuerbarer Energien“, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH und Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Kassel, 2002

<sup>150</sup> Traube, K., Schulz, W.: „Aktuelle Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung“, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2001

<sup>151</sup> Schaumann, G., Pohl, C.: „Praxisorientierte Energiekonzepte“, C. F. Müller Verlag Heidelberg, 1996

<sup>152</sup> Lang, J.: „Kinetische Speicherung von Elektrizität“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2003

<sup>153</sup> Kögler, M.: „Analyse und wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen zur Regelung der Lufttemperatur im Ansaugstutzen einer Gasturbine zur Minimierung des Einflusses äußerer Witterungsbedingungen auf die Leistung“, Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2002

## **5. Darstellung der Simulationsergebnisse des dezentralen Energieversorgungssystems**

### **5.1. Allgemeines**

Die Darstellung der Simulationsergebnisse erfolgt vornehmlich aus energetischer Sicht mit Blick auf die Energieflüsse in den Versorgungskreisen. Zunächst werden hierbei der Brennstoffbedarf und die simulativ ermittelten Anlagenparameter (Größe des Saisonspeichers, Leistung des Heizkessels) des Gesamtsystems herausgearbeitet. Sie bilden dann eine wesentliche Basis für die ökonomischen Berechnungen. Grundlage zur Berechnung der in Hauptabschnitt 4 definierten Bewertungskennzahlen sind die Energieflüsse – d. h. deren Anteile in den Anlagenkomponenten – bei der dezentralen Versorgung mit Elektrizität, Wärme und Klimakälte.

Bei der Kennzeichnung der Ergebnisse wird auf die im Hauptabschnitt 2 (Tabelle 2-4) festgelegte Nomenklatur für die Anlagenkonfigurationen zurückgegriffen (Simulationsvarianten 1 bis 11). Die ungeraden Variantenzahlen beziehen sich – bis auf die Simulationsvariante 11 – auf den größeren Heizenergiebedarf, der dem derzeitigen durchschnittlichen Standard entspricht; die geraden Numerierungen (und die Variante 11) wurden mit Verbräuchen eines Niedrigenergiehausstandards, der um ca. 70 Prozent niedriger liegt, simuliert. Zudem sind die Simulationsvarianten ohne Klimakälte mit „a“ und die mit Klimakälte mit „b“ deklariert. Eine weitere wichtige Anlagenkomponente ist die Solarthermie. Jede Variante ist ohne Solarthermie und mit Kollektorfeldgrößen (2250 m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> und 6750 m<sup>2</sup>) simuliert worden (siehe Hauptabschnitt 2).

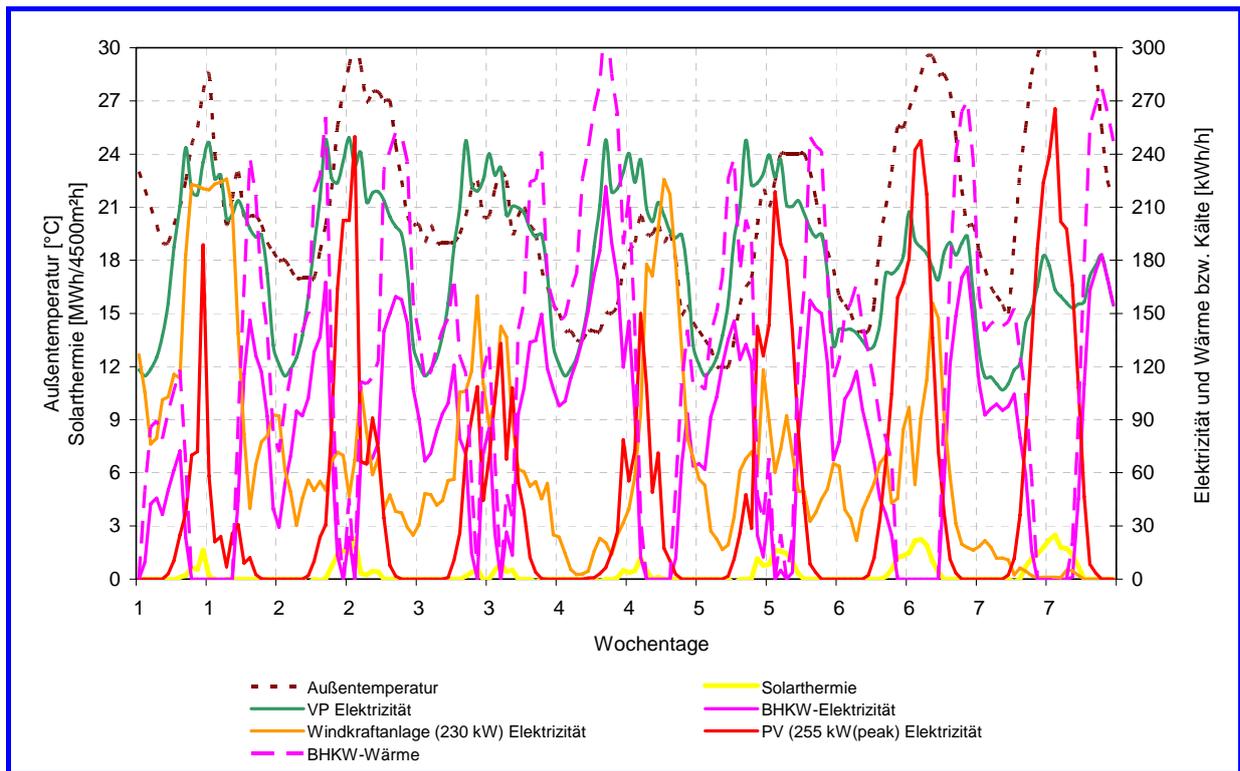
Aufgrund der großen Datenmenge ist eine vollständige Ergebnisdarstellung im Textteil nicht sinnvoll. Es werden zunächst nur einzelne Diagramme, danach daraus abgeleitete wesentliche Gesichtspunkte und jahresintegrale Ergebnisse explizit dargestellt und diskutiert. Dem Anhang sind die detaillierten Simulationsergebnisse zu entnehmen.

### **5.2. Tages- und Wochensimulationen**

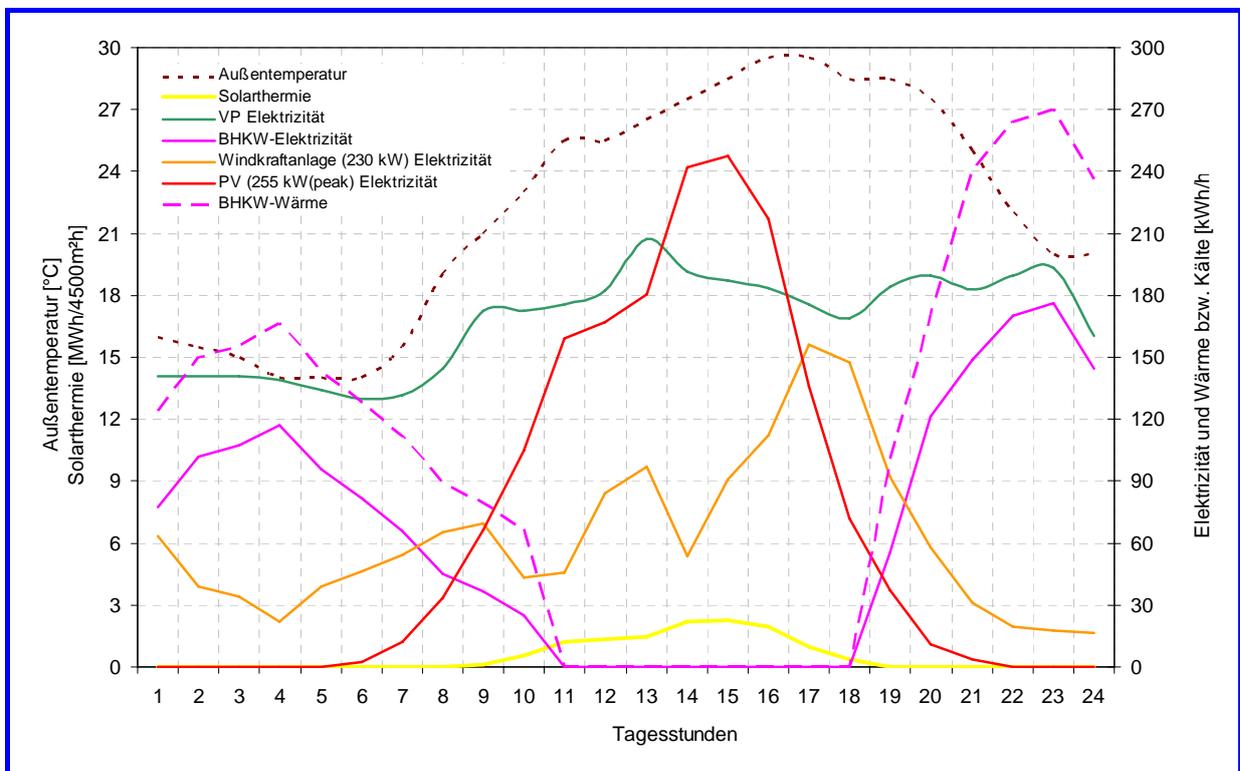
Für eine Sommerwoche (Datensatz der 28. Kalenderwoche 1999) wird exemplarisch die Methodik auf der die gesamten Simulationen basieren, anhand einer Tages- und einer Wochenkennlinie dargestellt. Beispielhaft sind dazu die Ergebnisse der Simulation der Variante 9b mit einer Solarthermiefläche von 4500 m<sup>2</sup> sowie den Regenerativkomponenten Windkraft mit einer Leistung von 230 kW und Photovoltaik mit einer Leistung von 255 kW<sub>p</sub> ausgewählt worden.

Die Strom- und Wärmeerträge der Regenerativkomponenten, die als Ergebnis der Simulationen den Abbildungen 5-1 und 5-2 entnommen werden können, richten sich nach den zeitlichen Verläufen der Windgeschwindigkeit und der Solarstrahlung (vgl. Abbildung 2-12) sowie den Leistungsparametern der Windkraft-, Photovoltaik-, und Solarthermieanlage. Fehlender Strom wird, entsprechend den Verbrauchsprofilen an Elektrizität (vgl. Abbildung 2-12), durch das Blockheizkraftwerk ergänzt. Ist der Stromertrag der Windkraft und Photovoltaik größer als die Nachfrage an Elektrizität, wird der Überschuss bei Netzkopplung eingespeist bzw. bei autarker Stromversorgung in der Batterie gespeichert.

Die vom Solarthermiefeld und vom Blockheizkraftwerk bereitgestellte Wärmeenergie wird zur Deckung des Bedarfs an Trinkwarmwasser und gegebenenfalls an Klimatisierungskälte verwendet. Der Saisonspeicher dient der Speicherung der in der heizungsfreien Zeit überschüssigen Wärmeenergie. Die Wärmeerträge des Blockheizkraftwerkes sinken mit der Zunahme der Windenergie- und Photovoltaikerträge.



**Abbildung 5-1:** Wochenprofil der Erträge der Regenerativkomponenten Windkraft, Photovoltaik und Solarthermie sowie der Strom- und Wärmelieferung des Blockheizkraftwerkes als Ergebnis der Simulationen für das stromgeführte BHKW der Varianten 9 und 10 (Datenmaterial der 28. Kalenderwoche 1999).



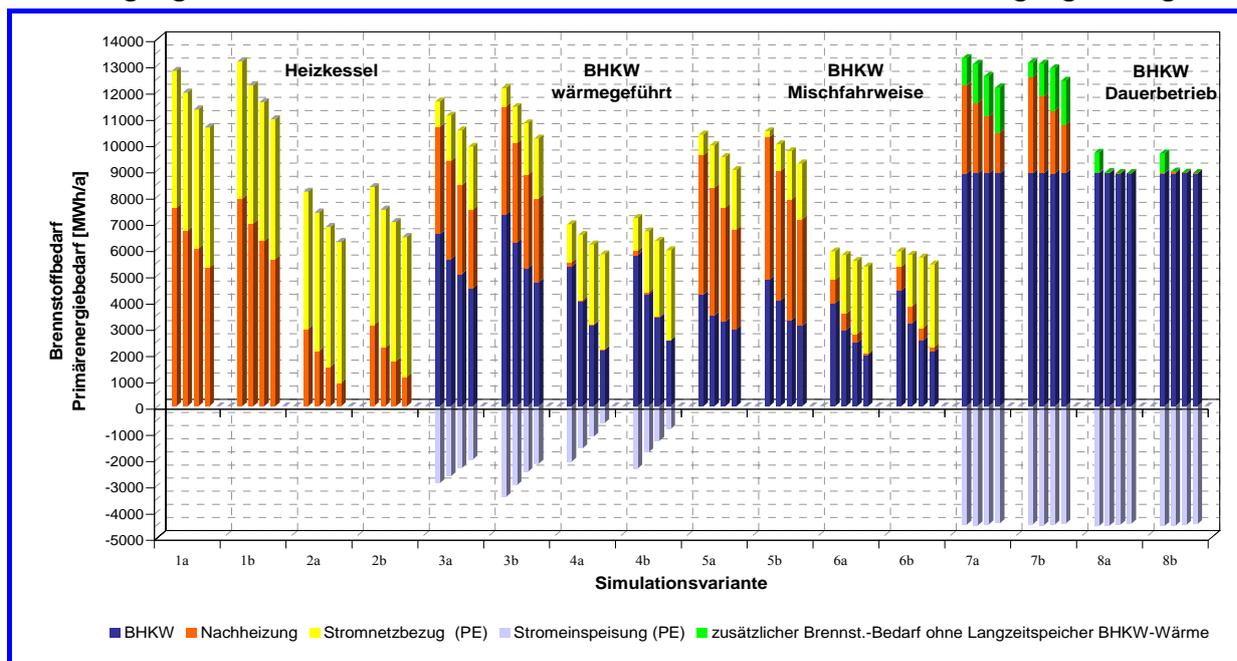
**Abbildung 5-2:** Tagesprofil der Erträge der Regenerativkomponenten Windkraft, Photovoltaik und Solarthermie sowie der Strom- und Wärmelieferung des Blockheizkraftwerkes als Ergebnis der Simulationen für das stromgeführte BHKW der Varianten 9 und 10 (Datenmaterial 6. Tag, Sonnabend, der 28. Kalenderwoche 1999).

## 5.3. Gesamtes dezentrales Energieversorgungssystem

### 5.3.1. Brennstoffbedarf

Zur Sicherstellung der Versorgung der im Hauptabschnitt 2 definierten dezentralen Energieverbrauchsstruktur sind in Abhängigkeit der Anlagenkonfigurationen deutliche Unterschiede im Brennstoffbedarf sichtbar (Abbildungen 5-3 bis 5-5). Wesentlichen Einfluß auf den Bedarf an fossilen Energieträgern hat zudem die Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes. Um die energetische Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurde der Bezug von Elektrizität aus dem Stromnetz bzw. die Einspeisung des BHKW-Stromes in das Stromnetz mit einem Jahresnutzungsgrad von 33 Prozent, der dem Kraftwerkspark in Deutschland entspricht (Verhältnis vom Endenergieverbrauch – Strom – zum Primärenergieaufwand der Kraftwerke), in den Primärenergieaufwand umgerechnet.

Zur weiteren Verringerung des Primärenergiebedarfes sind zusätzliche Anlagenkomponenten eingebunden worden. So wird die im Sommer nicht genutzte Abwärme des Blockheizkraftwerkes für die Anlagenkonfigurationen mit dem Dauerbetrieb (Var. 7 und 8) und der stromgeführten Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes (Var. 9 und 10) sowie mit der elektrizitätsautarken Simulationsvariante (11) mittels Erdlangzeitspeicher für die Heizperiode nutzbar gemacht. Zum Vergleich wird dem jeweils die Bilanz ohne Erdlangzeitspeicher gegenübergestellt. Diese Nichtnutzung der BHKW-Wärme in der heizungsfreien Zeit trägt der üblichen Praxis Rechnung, daß Langzeitspeicher wegen des ökonomischen Aufwandes sehr selten gebaut werden. Zudem werden Erdlangzeitspeicher stets zur Nutzung innerhalb der Heizperiode für die im Sommer gelieferte Wärme der Solarthermiefelder benötigt. Das betrifft alle Simulationsvarianten. Die dafür notwendigen ökonomischen, stofflichen und energetischen Aufwendungen werden im Hauptpunkt 6 dargestellt. Des weiteren wird der Primärenergiebedarf durch die Nutzung der Windkraft- und der Photovoltaikanlage verringert, wobei mit zunehmenden Anteil dieser Komponenten weniger Wärme des Blockheizkraftwerkes bei der stromgeführten Betriebsweise zur Verfügung steht und damit der Anteil des Heizkessels an der Wärmeversorgung ansteigt.

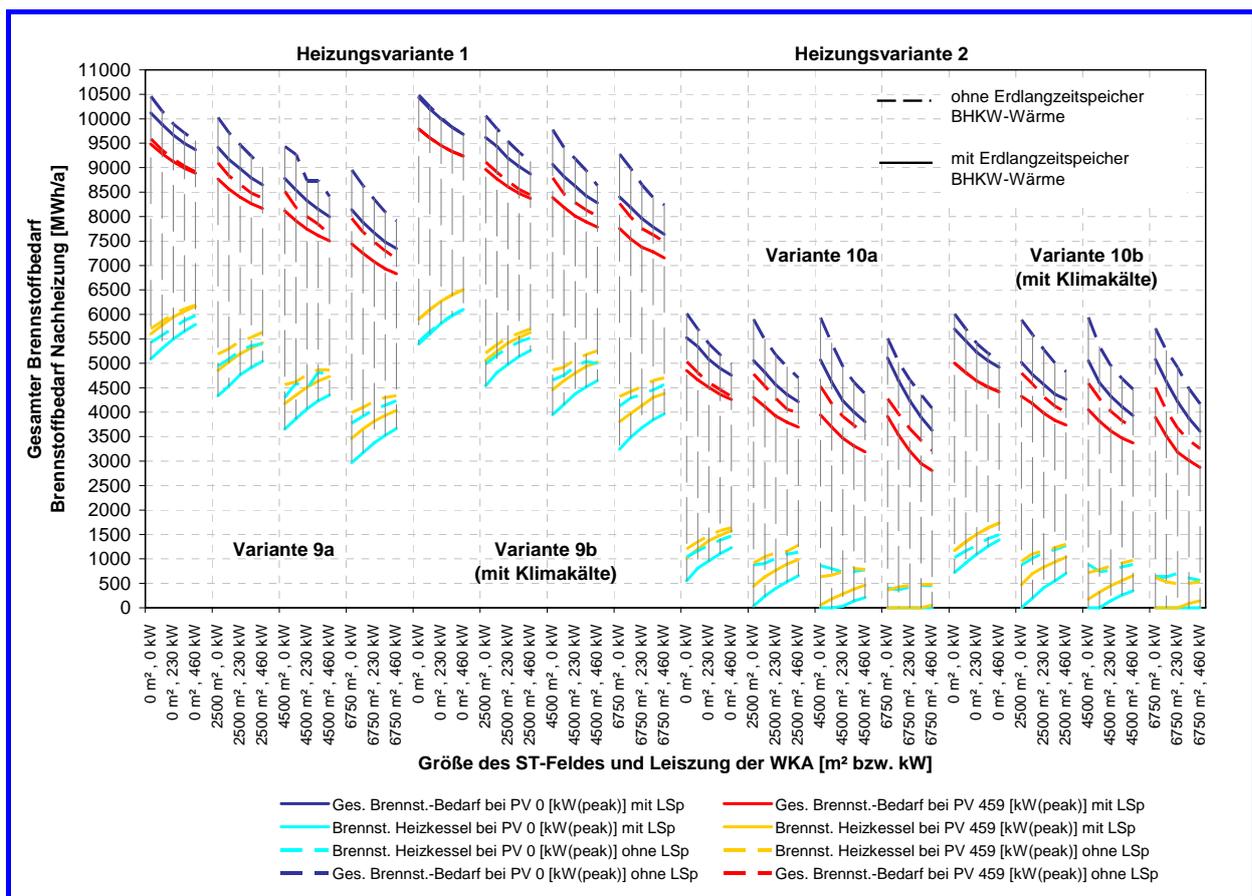


**Abbildung 5-3:** Primärenergiebedarf bestehend aus dem Brennstoffbedarf des Heizkessels und des Blockheizkraftwerkes sowie dem Strombezug bzw. der Netzeinspeisung (umgerechnet als Primärenergie, Nutzungsgrad 33 Prozent) für die Simulationsvarianten 1 bis 8. Die vier Säulen repräsentieren die Solarthermievvarianten (Kollektorfelder mit einer Fläche von 0 m<sup>2</sup>, 2250m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> und 6750 m<sup>2</sup>).

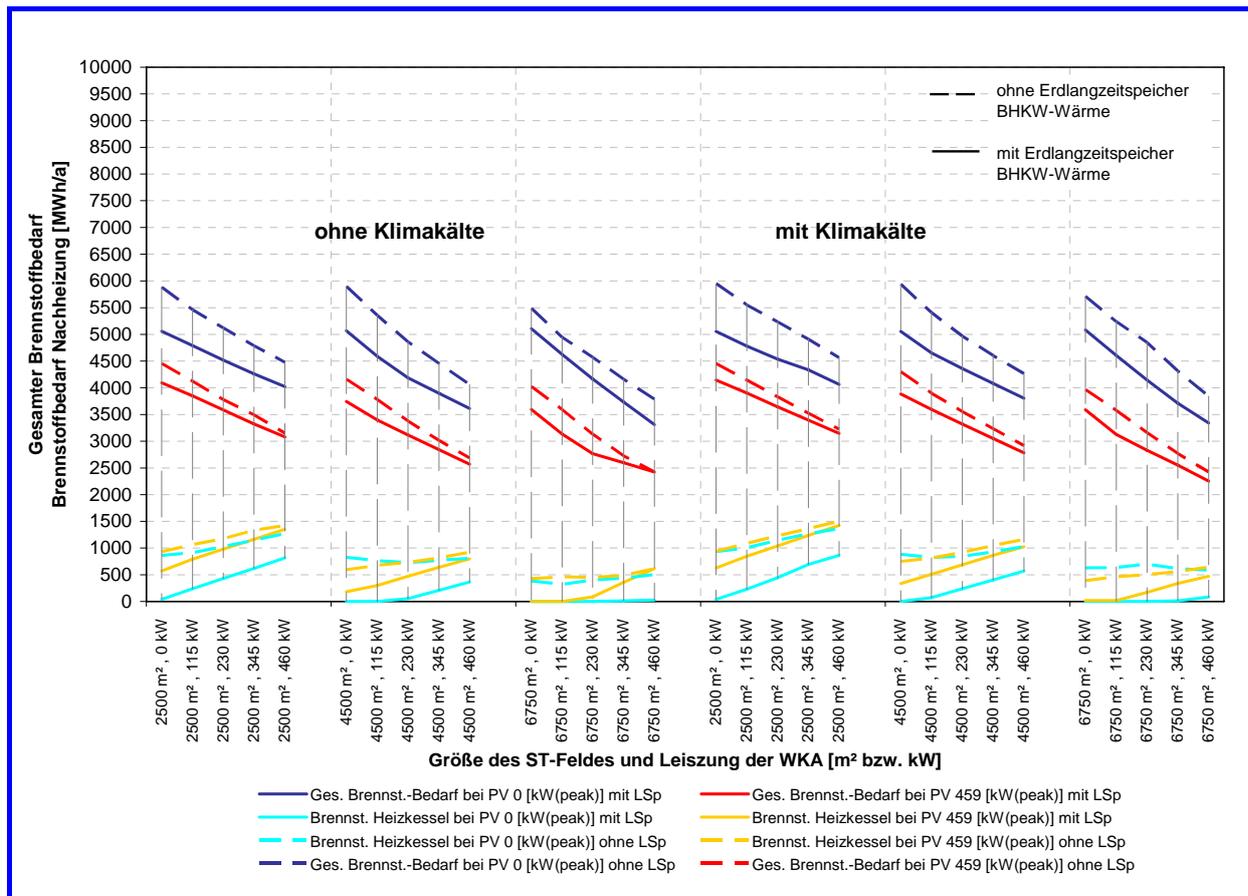
Mit zunehmender Größe des Solarthermiefeldes (jeweils von erster zur vierten Säule) sinkt der Primärenergiebedarf für die Simulationsvarianten 1 bis 4 deutlich. Bei der Mischfahrweise wird vor allem weniger Nachheizung benötigt; allerdings ist der Strombezug relativ hoch.

Die Stromeinspeisung in das Netz für die Varianten 3, 4 sowie 7, 8 ist in der Abbildung 5-1 als negativer Wert dargestellt. Diese Elektrizität könnte man auch als Substitution von Netzstrom interpretieren; für die Versorgung der dezentralen Elektrizitätsverbrauchsstruktur könnte sie nur mit einem Stromspeicher nutzbar gemacht werden. Wird in der Gesamtbilanz die Netzeinspeisung des Blockheizkraftwerkes nicht berücksichtigt, ist der Verbrauch an Primärenergie der wärme- und mischgeführten Betriebsweisen etwa gleich groß. Der Dauerbetrieb des Blockheizkraftwerkes wird nur unter Berücksichtigung der Netzeinspeisung energetisch vorteilhaft.

Deutlich darunter liegt der Primärenergieverbrauch bei der stromgeführten Betriebsweise (Abbildung 5-4, Var. 9 u. 10) des Blockheizkraftwerkes, der sich mit der zunehmenden Einbeziehung der Windkraft und der Photovoltaik nochmals verringert. Das gleiche gilt für die autarke Stromversorgung (Abbildung 5-5, Var. 11), wobei das BHKW ebenfalls stromgeführt betrieben wird. Allerdings steigt hiermit auch die Nutzung des Heizkessels, was die Effizienz der Brennstoffnutzung wieder verringert. Bei der Simulationsvariante 8 (Dauerbetrieb, niedriger Heizenergiebedarf) übersteigt das Wärmeangebot deutlich den Verbrauch, so daß der Einsatz der Solarthermie keine Verringerung des Primärenergiebedarfs bewirkt.



**Abbildung 5-4:** Gesamter Brennstoffbedarf sowie der des Heizkessels für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit Netzkopplung (Simulationsvarianten 9 und 10; „ohne LSP“ bedeutet ohne Langzeitspeicher BHKW-Wärme).



**Abbildung 5-5** Gesamter Brennstoffbedarf sowie der des Heizkessels für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes bei autarker Elektrizitätsversorgung (Simulationsvariante 11; „ohne LSp“ bedeutet ohne Langzeitspeicher BHKW-Wärme).

Da die Errichtung von Erdlangzeitspeichern für Wärmeenergie relativ hohe ökonomische und energetische Aufwendungen sowie zusätzliche Flächen benötigt, wird untersucht, wie sich die primärenergetischen Aufwendungen erhöhen, wenn diese Abwärme nicht genutzt werden würde.

Ohne Nutzung von Erdlangzeitspeichern für die BHKW-Wärme erhöht sich der Bedarf an Erdgas für die Simulationsvarianten 7 bis 11 (Abbildung 5-4 u. Abbildung 5-5, Strich-Strich-Linien). Vor allem der Einsatz der Photovoltaik reduziert die Betriebsdauer des BHKW im Sommer deutlich, so daß eine Langzeitspeicherung der Wärme mit zunehmender PV-Leistung deutlich verringert wird.

Die untere Speichertemperatur der Erdlangzeitspeicher sollte indes eine Temperatur von 75°C nicht oder nur wenig überschreiten, da die maximale Rücklauftemperatur des BHKW diesen Wert nicht übersteigen darf. Höhere Rücklauftemperaturen werden auf 75°C gekühlt. Je niedriger die Speichertemperatur, desto weniger Wärme kann allerdings in den Heizkreis übertragen werden. Die Speichergröße wird, siehe Tabelle 2-5, iterativ in Stufen von 3000 m<sup>3</sup>, unter einer Größe von 6000 m<sup>3</sup> in 1000 m<sup>3</sup> – Schritten, eingestellt.

Der Primärenergieverbrauch bei einer Versorgung mit Klimakälte (Abbildung 5-3) ist generell ein wenig höher. Der Bedarf an Klimakälte für den Wohnbereich ist für die geographischen Breiten von Sachsen-Anhalt gering. Da die Solarthermie gleich genutzt werden kann, verringern sich die Solarthermieverluste, die ansonsten infolge der Langzeitspeicherung auftreten. Zudem fallen die Erdlangzeitspeicher für die Solarthermie deutlich kleiner aus oder sogar teilweise weg.

Zum besseren Vergleich der unterschiedlichen Systemkonfigurationen und Betriebsweisen ist es sinnvoll, die Simulationsvarianten pro Versorgungsaufgabe zusammenzufassen und getrennt zu bewerten. Insgesamt können vier Versorgungsaufgaben festgelegt werden. Zunächst werden die Heizenergieverbräuche getrennt untersucht. Diese lassen sich wiederum in eine Versorgung mit und ohne Klimakälte unterteilen.

Hierzu wird ein Variantenvergleichsfaktor  $F_{V,Br}$  definiert, der das Verhältnis – in diesem Falle des Brennstoffverbrauches – der jeweiligen Simulationsvariante zu der, ausgehend vom Solarthermieprofil, dazugehörigen Grundversorgungskonfiguration. Als Grundversorgungskonfiguration gelten die Simulationsvarianten 1 und 2, da sie die derzeit vornehmliche Energieversorgungsstruktur repräsentieren. Bei den in Abbildung 5-6 a) bis d) dargestellten Variantenresultaten repräsentieren die vier Kurvenbereiche die jeweiligen Anlagen ohne Solarthermie sowie mit einer Solarthermiefläche von 2250 m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> und 6750 m<sup>2</sup>.

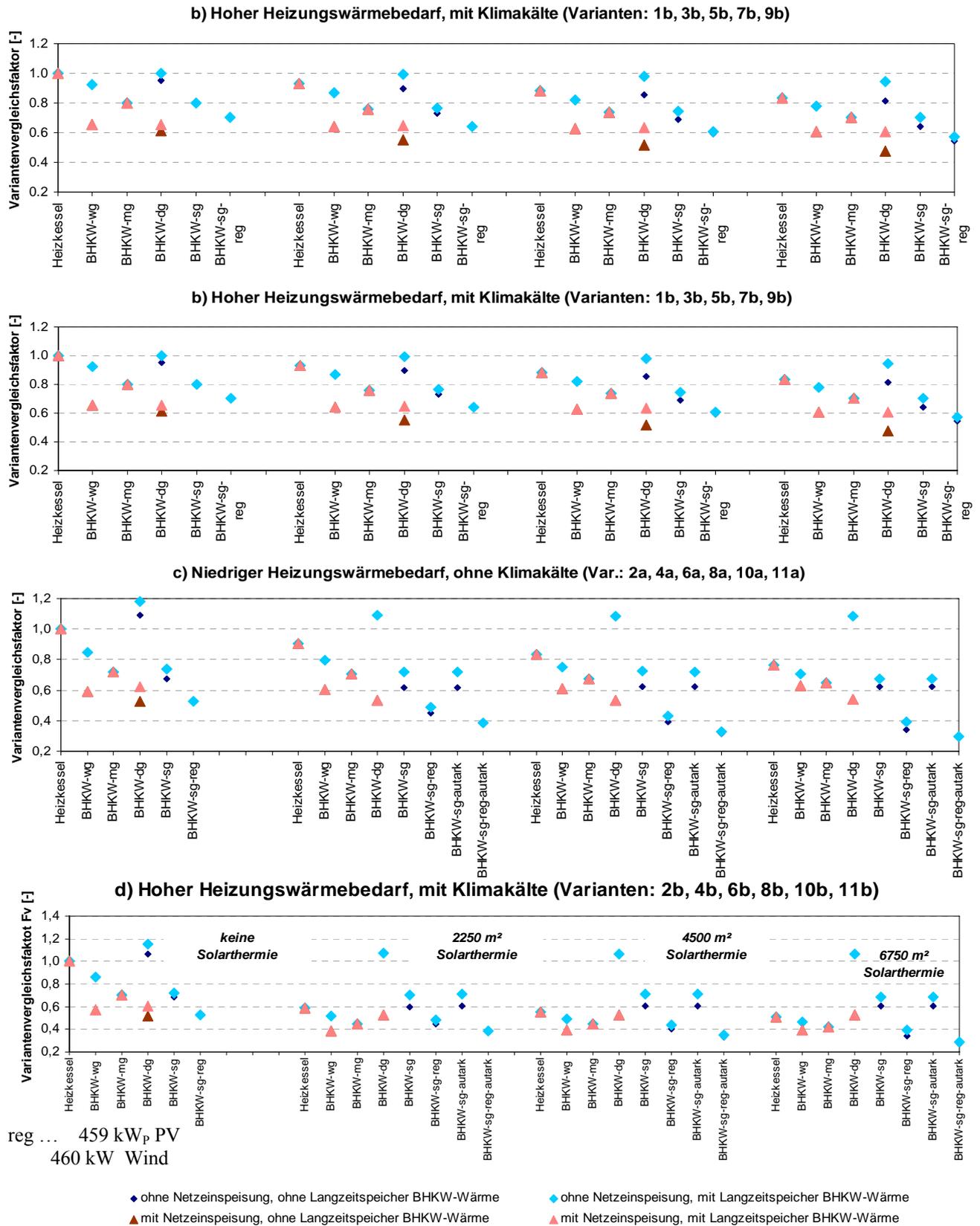
$$F_{V,Br} = \frac{\text{Brennstoffbedarf Variante } i}{\text{Brennstoffbedarf Referenzvariante Heizkessel (1a, 1b, 2a, 2b) 0 m}^2 \text{ Solarthermie}}$$

**Gleichung 5-1**

Mit dem Einsatz eines Blockheizkraftwerkes zur Energieversorgung kann der Primärenergiebedarf deutlich gesenkt werden. Allerdings sind die Differenzen bei jeder Art der Betriebsführung unterschiedlich. Ist das Blockheizkraftwerk im Dauerbetrieb, können primärenergetische Einsparungen nur unter der Bedingung einer Netzeinspeisung des überschüssigen BHKW-Stromes und eines hohen Wärmebedarfs erzielt werden.

Eine Netzeinspeisung verbessert die Ergebnisse für die wärmegeführte Betriebsweise ebenfalls deutlich, obwohl auch ohne diese Möglichkeit Vorteile sichtbar sind. Die stromgeführte Betriebsweise hat insgesamt sehr niedrige primärenergetische Aufwendungen zur Folge, wobei die netzautarke Variante am günstigsten ist, siehe Abbildung 5-6 a) und d). Mit dem Einsatz der Photovoltaik- und Windkraftkomponenten kann der Primärenergiebedarf nochmals gesenkt werden.

Bei allen Simulationsvarianten wird mit dem Einsatz der Solarthermie der Brennstoffbedarf deutlich gesenkt. Bei einer Solarthermiefläche von 6750 m<sup>2</sup> liegt er – je nach Jahreswärmebedarf – bis zu 40 bis 70 Prozent unter denen der Referenzvarianten.



**Abbildung 5-6:** Vergleich des Brennstoffverbrauches der unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen in Abhängigkeit der Versorgungsaufgabe und der Versorgungscharakteristik (a bis d) unter Beachtung des Einsatzes von Erdlangzeitspeichern für die BHKW-Wärme und der Einspeisung des BHKW-Stromes in das Elektrizitätsnetz.

### 5.3.2. Voroptimierung der Anlagenkonfigurationen

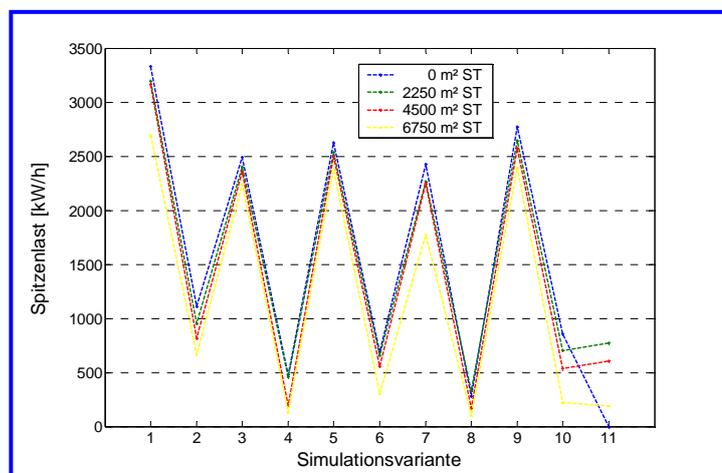
Neben der Größe der Erdlangzeitspeicher für die Solarthermie und die BHKW-Wärme wird die Größe des Heizkessels sowie der Ladekapazität der Batterie (für die Simulationsvariante 11) iterativ bestimmt (Tabelle 5-1). Sie bilden eine wesentliche Grundlage für die weiteren energetischen und ökonomischen Berechnungen und Bewertungen (Hauptabschnitt 6).

**Tabelle 5-1.:** Leistung des Heizkessels und Größe der Erdlangzeitspeicher für die Solarthermie.

Simulations-Variante	Heizkessel				Erdlangzeitspeicher Solarthermie		
	Größe Solarthermiefeld						
	0 [m <sup>2</sup> ]	2250 [m <sup>2</sup> ]	4500 [m <sup>2</sup> ]	6750 [m <sup>2</sup> ]	2250 [m <sup>3</sup> ]	4500 [m <sup>3</sup> ]	6750 [m <sup>3</sup> ]
1a	4000 [kW]	4000 [kW]	4000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	12000 [m <sup>3</sup> ]	24000 [m <sup>3</sup> ]
1b	4000 [kW]	4000 [kW]	4000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	–	4000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]
2a	2000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]	27000 [m <sup>3</sup> ]
2b	2000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	–	9000 [m <sup>3</sup> ]	21000 [m <sup>3</sup> ]
3a	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	12000 [m <sup>3</sup> ]	24000 [m <sup>3</sup> ]
3b	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	–	4000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]
4a	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]	27000 [m <sup>3</sup> ]
4b	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	–	9000 [m <sup>3</sup> ]	21000 [m <sup>3</sup> ]
5a	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	12000 [m <sup>3</sup> ]	24000 [m <sup>3</sup> ]
5b	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	–	4000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]
6a	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]	27000 [m <sup>3</sup> ]
6b	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	–	9000 [m <sup>3</sup> ]	21000 [m <sup>3</sup> ]
7a	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	2000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	12000 [m <sup>3</sup> ]	24000 [m <sup>3</sup> ]
7b	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	2000 [m <sup>3</sup> ]	–	4000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]
8a	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	3000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]	27000 [m <sup>3</sup> ]
8b	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	–	9000 [m <sup>3</sup> ]	21000 [m <sup>3</sup> ]
9a	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	4000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]	27000 [m <sup>3</sup> ]
9b	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	–	6000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]
10a	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	4000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]	27000 [m <sup>3</sup> ]
10b	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	–	9000 [m <sup>3</sup> ]	21000 [m <sup>3</sup> ]
11a	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [kW]	3000 [m <sup>3</sup> ]	4000 [m <sup>3</sup> ]	15000 [m <sup>3</sup> ]	27000 [m <sup>3</sup> ]
11b	–	1000 [kW]	1000 [kW]	1000 [m <sup>3</sup> ]	–	9000 [m <sup>3</sup> ]	21000 [m <sup>3</sup> ]

Die Auslegung des Heizkessels richtet sich nach der Spitzenlast für den Heizkreis (Abbildung 5-7) und beträgt mindestens 1000 kW<sub>th</sub>, wobei die Schrittweite ebenfalls mit 1000 kW<sub>th</sub> festgelegt wurde. Als maximale Leistung des Heizkessels ergibt sich für die Simulationsvariante 1 ein Wert von 4000 kW<sub>th</sub>.

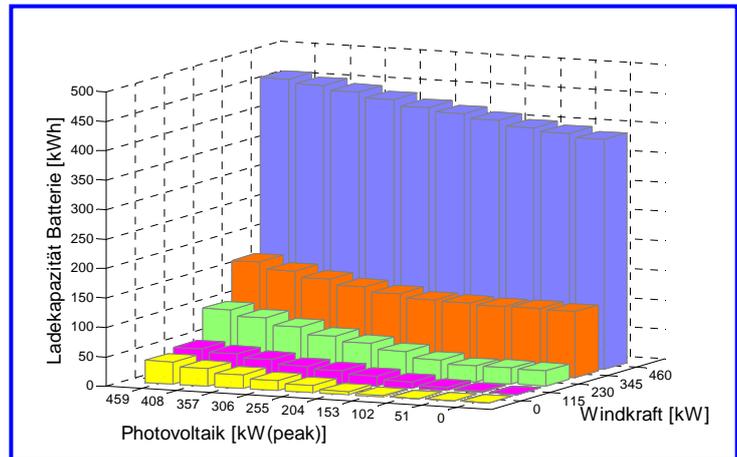
Die Schrittweite bei der iterativen Bestimmung der Größe der Erdlangzeitspeicher-Solarthermie wurde für Volumen, die über 6000 m<sup>3</sup> liegen mit 3000 m<sup>3</sup> und unterhalb mit 1000 m<sup>3</sup> festgelegt.



**Abbildung 5-7:** Spitzenlast des Heizkreises für die einzelnen Simulationsvarianten.

Die Mindestgröße beträgt hierbei  $1000 \text{ m}^3$ . Deutlich erkennbar ist die geringere Speichergröße bei einer Versorgung mit Klimakälte (Tabelle 5–1), da zunächst die Solarthermie diese Aufgabe übernimmt. Ab einer Solarthermiefläche von  $4500 \text{ m}^2$  ist die Versorgung nahezu ausschließlich mit Solarenergie möglich. Des Weiteren wird die Versorgung mit Trinkwarmwasser vorrangig von der Solarthermie, ergänzt vom BHKW, und wenn diese Wärme nicht reicht, vom Heizkessel sichergestellt.

Die Festlegung der Ladekapazität der Akku-Batterie erfolgte ebenfalls im Ergebnis von Simulationen. Dabei wurde auf ganze Zahlenwerte für die Kilowattstunden aufgerundet (Abbildung 5-8). Während für die Simulationsvarianten mit einem geringen Anteil an Photovoltaik- und Windstrom noch keine oder eine sehr kleine Batterie notwendig ist, steigt der Kapazitätsbedarf erst ab einer Leistung der Windkraftanlage von  $460 \text{ kW}$  deutlich an.

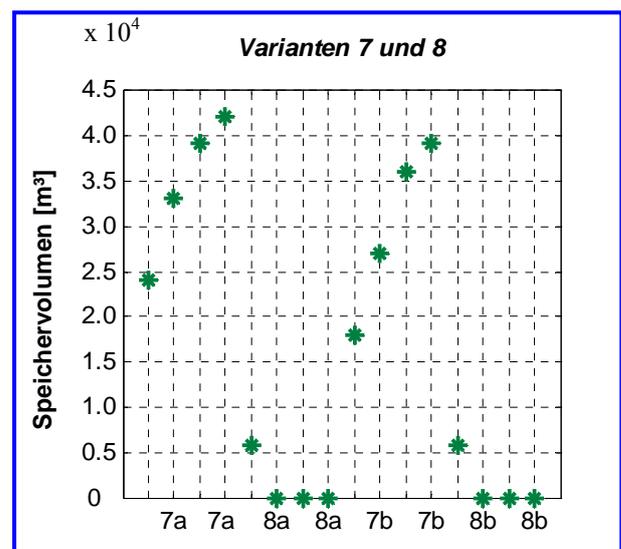


**Abbildung 5-8** Notwendige Ladekapazität der Batterie für die Var. (11) der autarken Elektrizitätsversorgung.

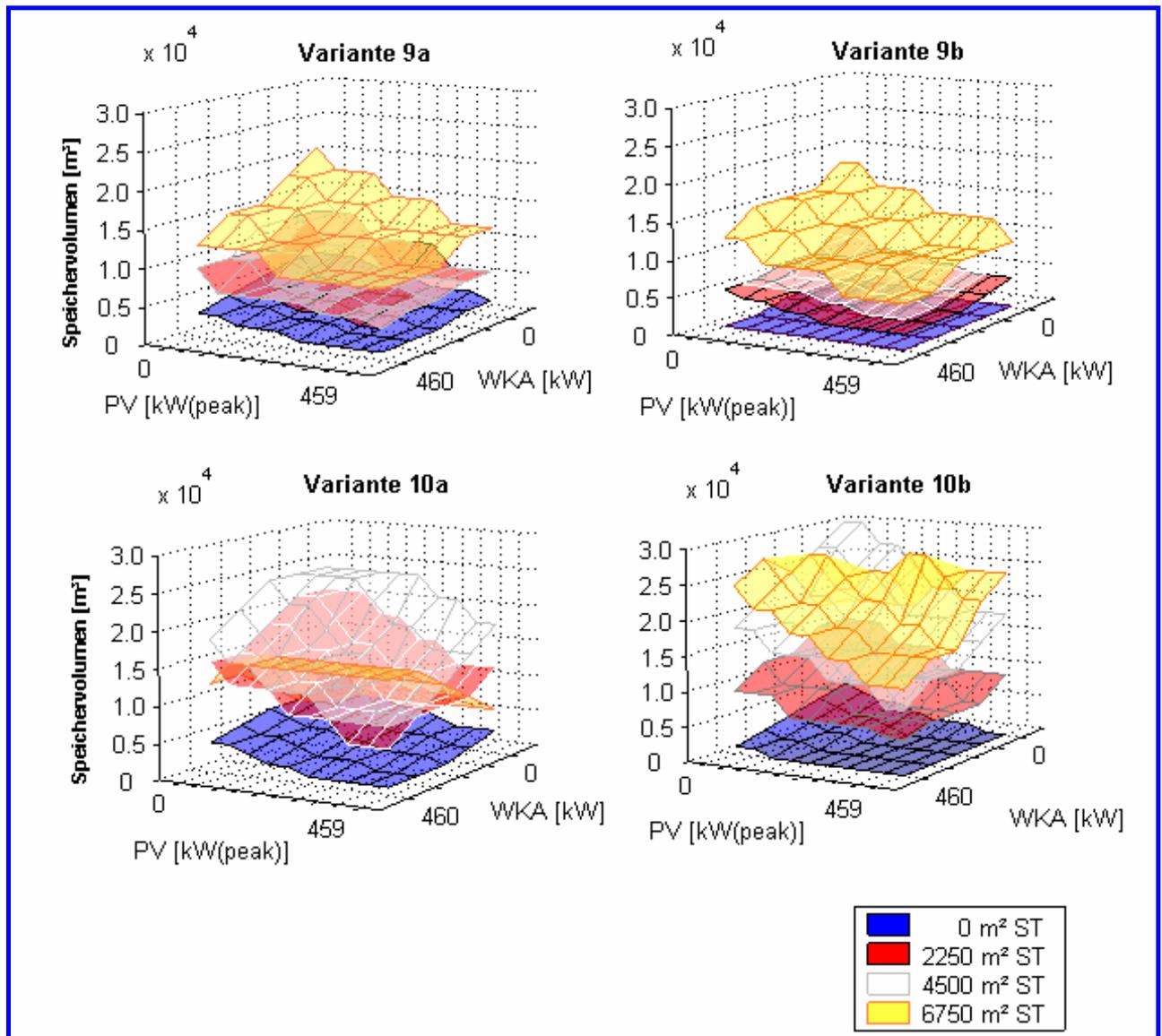
Die Ermittlung der Größen für die Erdlangzeitspeicher der BHKW-Wärme erfolgte analog zur Speicherung der Solarthermie. Sie haben ein Volumen zwischen  $0$  bis  $30000 \text{ m}^3$  für die stromgeführten BHKW-Betriebsweisen (Netzkopplung Varianten 9 und 10, autarke Stromversorgung Variante 11) und  $42000 \text{ m}^3$  für das BHKW im Dauerbetrieb (Abbildungen 5–9 bis 5–11).

Die optimale Speichergröße (Abbildungen 5–9 bis 5–11) nimmt im allgemeinen mit der Solarthermiefläche zu, da vorrangig die Solarthermiewärme in den Heizkreis übertragen wird. Für die Var. 8 (niedriger Heizwärmebedarf) ist meist kein oder nur ein kleiner Speicher notwendig. Während der Heizperiode steht genug Wärme zur Verfügung. Die Abwärme des BHKW wird in der heizungsfreien Zeit an die Umgebung abgegeben. Das gleiche Ergebnis ist für die Var. 9 ohne Solarthermie zu verzeichnen. Allerdings ist die Ursache die hohe Nachfrage an Wärme (hoher Heizwärmebedarf) in den Sommermonaten zur Versorgung mit Klimatisierungskälte.

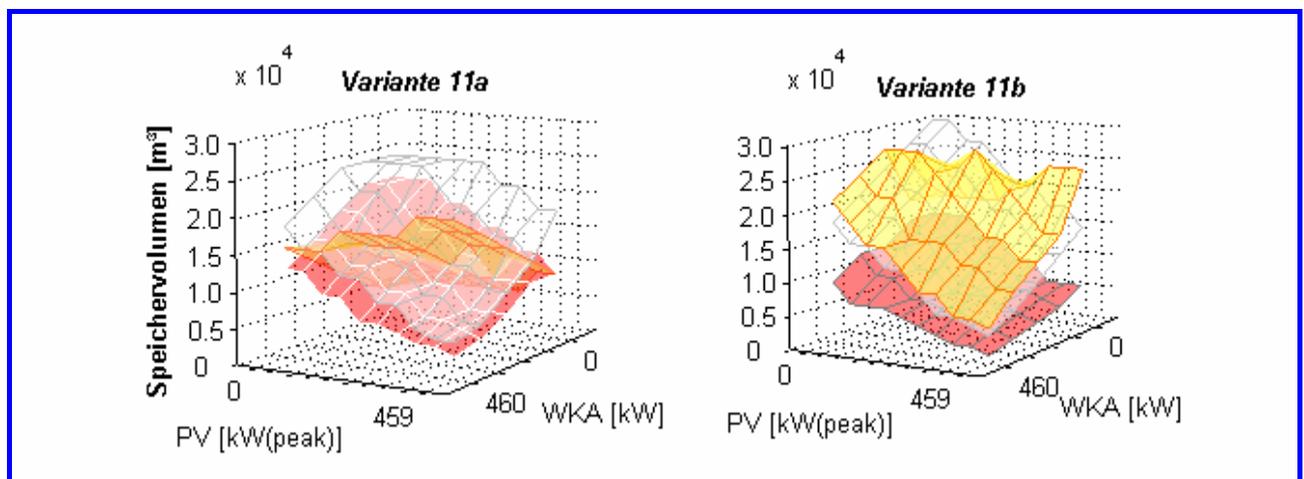
Des Weiteren sind die Speichergrößen bei einigen stromgeführten Simulationsvar. (9 bis 11) bei niedrigem Heizenergiebedarf zunächst gering (meist bei  $6000 \text{ m}^3$ ), bevor sie mit Zunahme des Einsatzes der Windkraft und Photovoltaik ansteigen. Zurückzuführen ist das auf die geringere Betriebszeit des BHKW in der Heizperiode. Bei der Simulationsvar. 11b mit  $6750 \text{ m}^2$  Solarthermie steigt die Speichergröße aus den genannten Gründen zunächst an, bevor sie wegen der geringer werdenden Wärmeabgabe des Blockheizkraftwerkes in den Sommermonaten wieder abnimmt.



**Abbildung 5-9:** Größe der Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme im Dauerbetrieb, für jede Variante ohne und mit  $2250 \text{ m}^2$ ,  $4500 \text{ m}^2$  u.  $6500 \text{ m}^2$  Solarthermie.



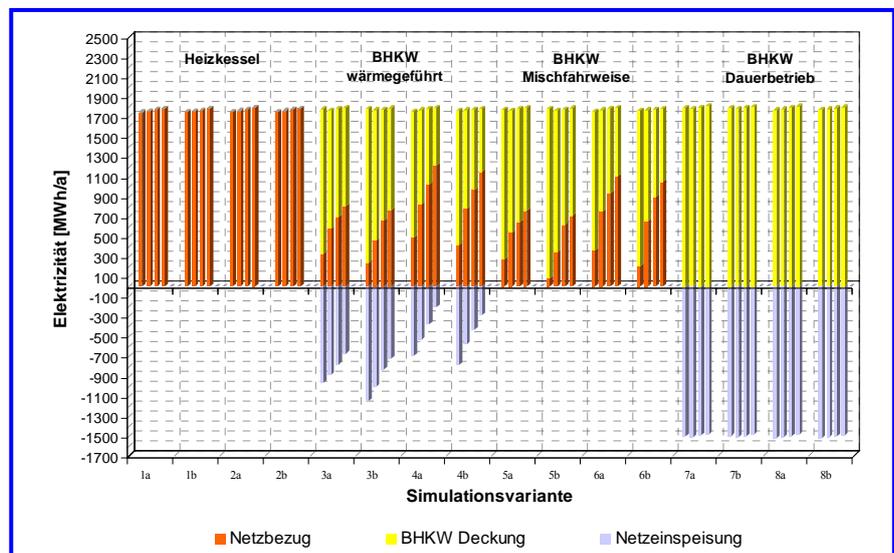
**Abbildung 5-10:** Größe der Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme der stromgeführten Betriebsweise (Simulationsvar. 9 und 10).



**Abbildung 5-11:** Größe der Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme der stromgeführten Betriebsweise bei autarker Stromversorgung – ohne Elektrizitätsnetzkopplung (Simulationsvariante 11).

## 5.4. Bereitstellung von Elektrizität

Die Versorgung mit Elektrizität wird vom BHKW, den Regenerativkomponenten Windkraft und Photovoltaik sowie durch Bezug aus dem Stromnetz sichergestellt. Die Anteile können den Abbildungen 5–12 und 5–13 entnommen werden. Strom, der nicht von den Verbrauchern genutzt werden kann, wird ins Elektrizitätsnetz eingespeist.

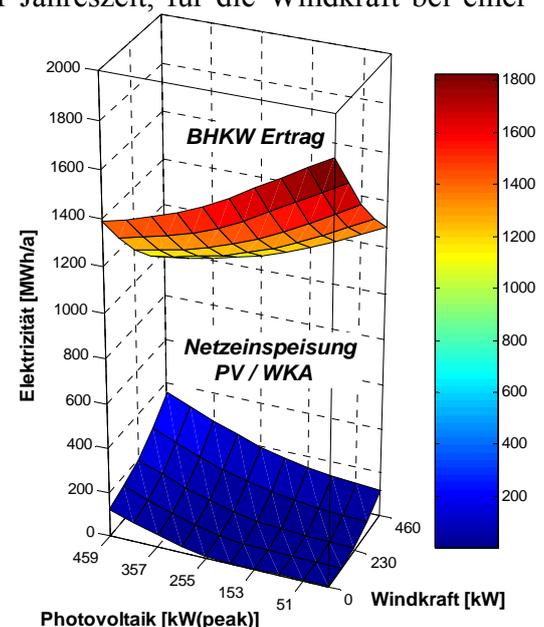
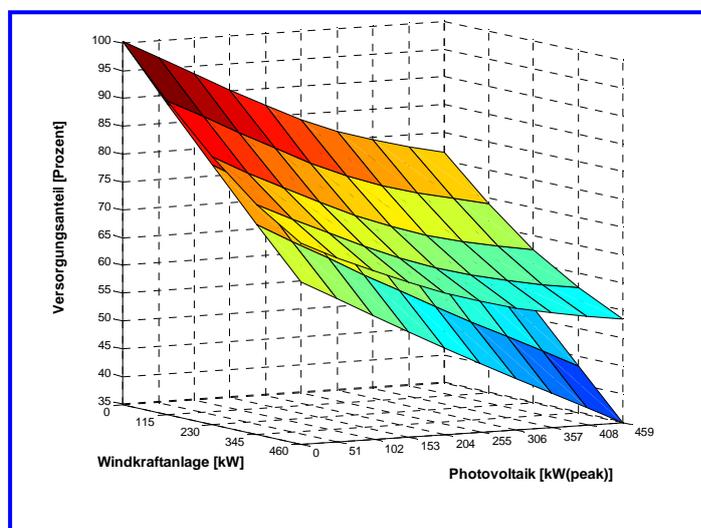


Eine Stromeinspeisung in das Netz durch das BHKW

**Abbildung 5-12:** Elektrizitätsversorgung der Simulationsvarianten 1 bis 8.

erfolgt in der wärmegeführten Betriebsweise und im Dauerbetrieb. Die Windkraft und die Photovoltaik speisen bei der stromgeführten Betriebsweise mit Netzkopplung (Simulationsvarianten 9 und 10) Elektrizität in das Netz ein. Trotzdem ist ein Strombezug aus dem Netz zur Versorgung für die wärmegeführte Betriebsweise und der Mischfahrweise des BHKW notwendig. Das gilt auch für den Fall, daß die Jahressumme der Einspeisung größer ist als der jährliche Netzbezug. Der Grund hierfür im Unterschied der Angebots- und Nachfragecharakteristika.

Im Gegensatz zur autarken Stromversorgung sinkt mit Zunahme der Windkraft und der Photovoltaik für die stromgeführte Betriebsweise des BHKW mit Netzkopplung der Anteil des BHKW-Stromes an der Versorgung mit Elektrizität nicht linear (Abbildung 5-13). Vor allem der Photovoltaikstrom der Sommermonate übersteigt bei zunehmender PV-Leistung die Nachfrage teilweise deutlich. Das gleiche gilt, allerdings bei jeder Jahreszeit, für die Windkraft bei einer Leistung von 460 kW.

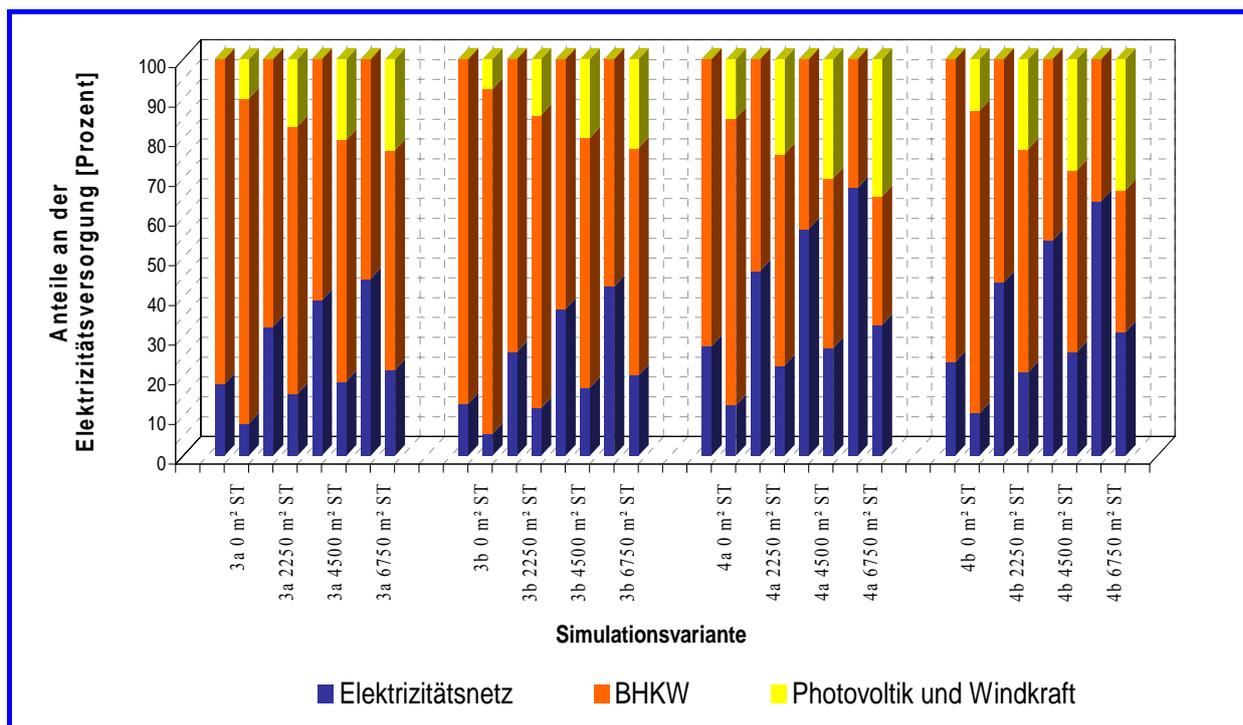


**Abbildung 5-13:** Elektrizitätsversorgungsanteil des BHKW der Simulationsvarianten 10 und 11 sowie Entwicklung des BHKW Stromertrages und der Netzeinspeisung für die Simulationsvariante 10.

Die Simulationsergebnisse sind bei der Kombination unterschiedlicher Energieumwandlungsanlagen für die stromgeführten Betriebsweisen des Blockheizkraftwerkes (Varianten 9, 10 und 11) simuliert worden. In Ergänzung und zum Vergleich hierzu wurden für den wärmegeführten Betrieb (Varianten 3 und 4) ebenfalls die Anlagenkomponenten Windkraft und Photovoltaik hinzugefügt. Auch in diesem Falle sollen sie zur dezentralen Energieversorgung beitragen. Diese Resultate beruhen auf zusätzlichen Berechnungen. Als Datenbasis hierzu dienten die Ergebnisse der Simulationen für die Varianten 3, 4 und 9 bis 11. Für die übrigen Betriebsweisen des Blockheizkraftwerkes ist auf eine derartige Berechnung verzichtet worden, da keine zusätzlichen Erkenntnisse zu erwarten wären.

Nach Abbildung 5-14 sinkt mit zunehmender Solarthermiefläche der Einsatz des Blockheizkraftwerkes zur Wärmeversorgung und somit auch der Stromertrag. Der Strombezug vom Elektrizitätsnetz steigt von ca. 20 Prozent auf über 40 Prozent für die Variante mit hohem Heizwärmebedarf und bei niedrigem Heizwärmebedarf sogar auf deutlich über 60 Prozent. Mit dem Einsatz der Windkraft und der Photovoltaik (jeweils zweite Säule der Varianten in Abbildung 5-14) kann der Netzbezug in etwa halbiert werden.

Der Anteil des Ertrages der Regenerativkomponenten, welche an der Stromversorgung des dezentralen Systems beteiligt sind, liegt bei ca. 40 Prozent und sinkt mit zunehmender Solarthermiefläche auf ungefähr 15 Prozent, wobei der absolute Betrag steigt. So nimmt er mit zunehmender Leistung von 1,5 auf fast 10 Prozent zu.



**Abbildung 5-14:** Anteile der einzelnen Anlagenkomponenten an der Elektrizitätsversorgung für die wärmegeführte Betriebsweise des BHKW ohne zusätzliche Anlagenkomponenten sowie mit einer Windkraftanlage von 460 kW und einer Photovoltaikleistung von 459 kW<sub>p</sub> (zweite Säule jeder Variante).

## 5.5. Wärme- und Klimakälteversorgung

Die Wärmeversorgung wird, in Abhängigkeit der Konfiguration, von den Anlagenkomponenten Heizkessel, Blockheizkraftwerk und Solarthermie sichergestellt. Wärme wird benötigt, um die Versorgung mit Heizwärme, Trinkwarmwasser und Klimakälte sicherzustellen.

Prinzipiell wird primär die Wärme der Solarthermieanlage genutzt. Zunächst wird damit der Bereitschaftsspeicher für das Trinkwarmwasser erwärmt. Überschüssige Wärme wird bei Bedarf zur Absorptionskältemaschine oder in den Heizkreis abgegeben. Ist beides nicht möglich, kann der Erdlangzeitspeicher beladen werden. Das Blockheizkraftwerk ergänzt den fehlenden Bedarf in der gleichen Reihenfolge, wobei die überschüssige Wärme bei den stromgeführten Betriebsweisen ebenfalls in einen Erdlangzeitspeicher eingespeist wird. Wie bei den vorherigen Punkten wird vergleichend davon ausgegangen, daß kein Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme vorhanden ist. Sollte das Angebot der Solarthermieanlage und des Blockheizkraftwerkes zur Versorgung dennoch nicht ausreichen, wird sie mit Energie vom Heizkessel ergänzt.

Den Abbildungen 5-15 und 5-16 können die Anteile der Anlagenkomponenten an der Heizwärmeversorgung entnommen werden. Die Solarthermie – gelbe Säulen – trägt für die Varianten eines hohen Heizenergiebedarfes (1, 3, 5, 7 und 9) nur mit maximal ca. 23 Prozent zur Versorgung bei. Ist der Heizenergieverbrauch niedrig (Varianten 2, 4, 6, 8, 10 und 11), steigt dieser Anteil auf beachtliche 65 Prozent für eine Kollektorfläche von 6500 m<sup>2</sup>. Wird allerdings im Sommer Wärme für die Bereitstellung von Klimakälte benötigt (alle Varianten mit der Nomenklatur „b“), sinkt er auf ungefähr 55 Prozent. Diese Versorgungsanteile steigen mit den der Vergrößerung des Solarthermiefeldes allerdings nicht linear, da primär der Bereitschaftsspeicher für das Trinkwarmwasser beladen wird.

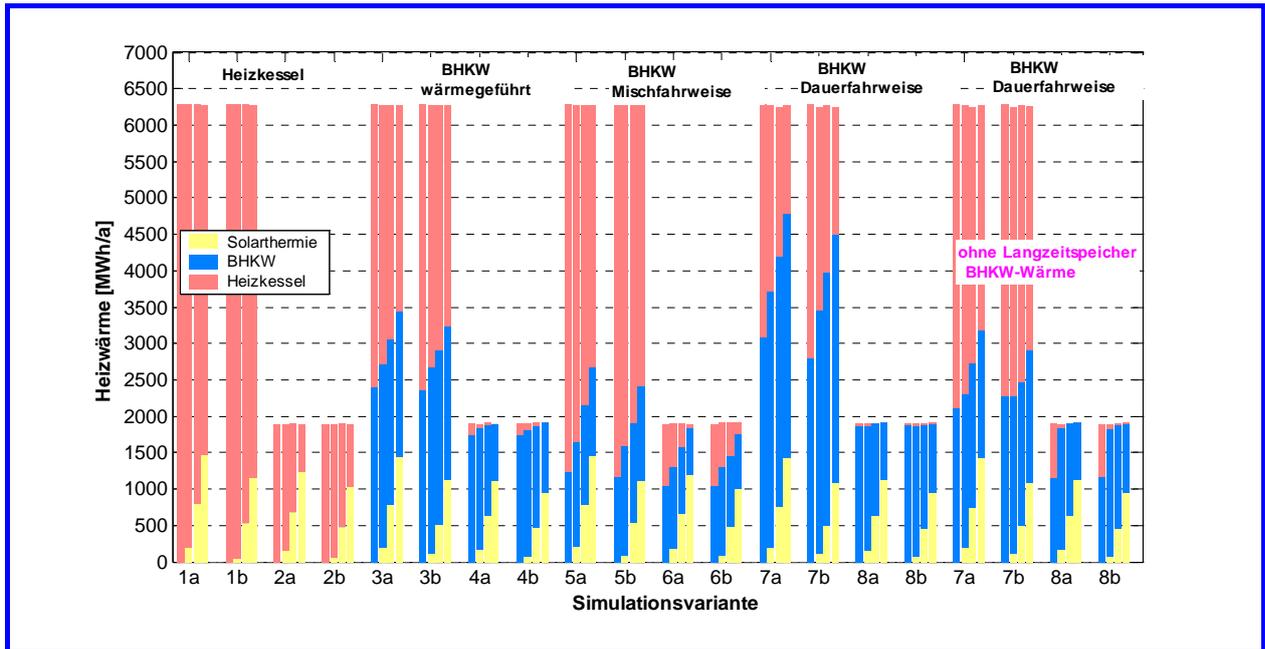
Bei einer Solarthermiefläche von 2250 m<sup>2</sup> deckt die Sonnenenergie bereits mit rund 70 Prozent den Großteil des Bedarfes an Trinkwarmwasser. Allerdings steigt dieser Anteil trotz größerer Fläche nur auf reichlich 75 bis 77 Prozent. Die restliche Wärme wird bis auf die Simulationsvarianten 1 und 2 fast ausschließlich vom Blockheizkraftwerk zur Verfügung gestellt (siehe Anhang zu Hauptpunkt 5).

Die Versorgung mit Klimakälte wird ab einem Kollektorfeld von 4500 m<sup>2</sup> nahezu vollständig von der Solarthermie garantiert. Beträgt die Solarthermiefläche 2250 m<sup>2</sup>, können bei einem hohen Klimakältebedarf 25 Prozent und bei niedrigem Klimakältebedarf sogar ca. 60 Prozent abgedeckt werden, wie dem Anhang entnommen werden kann. Auch hierbei übernimmt vornehmlich das BHKW die Versorgung mit der fehlenden Wärmeenergie.

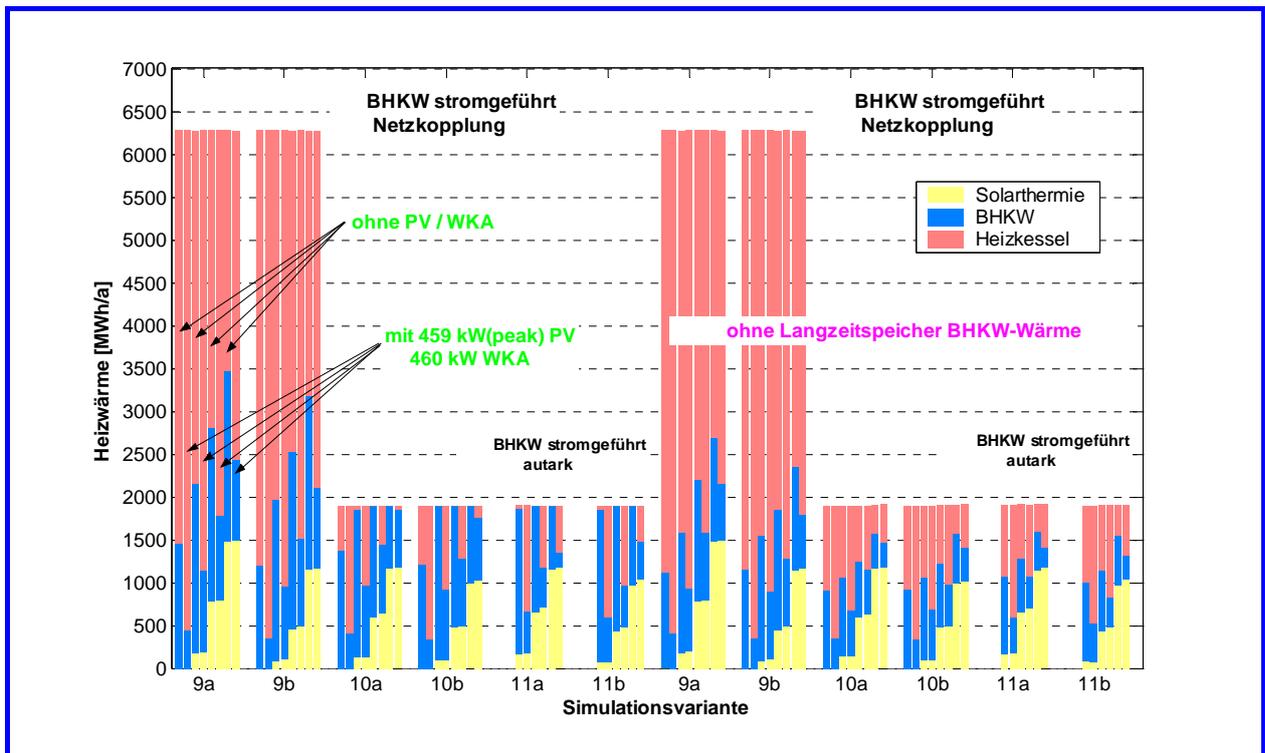
Der weitaus größte Teil der Wärmeenergie des Blockheizkraftwerkes wird in den Heizkreis eingespeist. Bei niedrigem Wärmeverbrauch decken das Blockheizkraftwerk und die Solarthermie fast gänzlich den Bedarf, wie die gelben und blauen Säulenlängen der Abbildungen 5-15 und 5-16 zeigen. Nur bei der Mischfahrweise und der Ergänzung mit Windkraft und Photovoltaik bei der stromgeführten Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes reicht der Wärmeertrag nicht aus. Für die fehlende Bedarfsdeckung steht der Heizkessel zur Verfügung. Zudem wird über die Hälfte des Verbrauches bei hohem Wärmebedarf bei beinahe allen Simulationsvarianten vom Heizkessel, wie die Länge der roten Säulen zeigt, gedeckt.

Wird die in der heizfreien Zeit überschüssige Wärme des Blockheizkraftwerkes nicht mittels Erdlangzeitspeicher für die Heizperiode verfügbar gemacht, ist bis auf die wärmegeführte Betriebsweise (Var. 3 und 4) und den Dauerbetrieb (Var. 7 und 8) des Blockheizkraftwerkes bei niedrigem Heizenergiebedarf immer eine Ergänzung durch den Heizkessel notwendig.

Die detaillierten Daten der Simulationen können dem Anhang entnommen werden.



**Abbildung 5-15:** Deckung des Heizenergiebedarfes durch die Anlagenkomponenten für die Simulationsvarianten 1 bis 8 sowie für den Dauerbetrieb ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme, jede Variante ohne und mit 2250 m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> u. 6500 m<sup>2</sup> Solarthermie.



**Abbildung 5-16:** Deckung des Heizenergiebedarfes durch die Anlagenkomponenten für die Simulationsvarianten 9 bis 11 mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme, für jede Variante ohne und mit 2250 m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> u. 6500 m<sup>2</sup> Solarthermie.

## 6. Auswertung der Simulationsergebnisse

Die Auswertung der Simulationsergebnisse erfolgt anhand der im Hauptpunkt 4 definierten Kennzahlen. Aufgrund der Datenmenge werden nur ausgewählte Ergebnisse dargestellt und diskutiert. Vollständig sind sie dem Anhang zu entnehmen.

### 6.1. Energetische Bewertungskennzahlen

#### 6.1.1. Energetischer Nutzungsgrad ausgewählter Anlagenkomponenten

Bevor die Ergebnisse der Berechnungen der energetischen Kennzahlen zur Bewertung des gesamten Energieversorgungssystems dargestellt werden, ist es sinnvoll, einzelne Anlagenkomponenten zu bewerten und so die Auswirkungen der Kopplung unterschiedlicher Energieumwandlungskomponenten auf den jährlichen energetischen Nutzungsgrad  $\xi_N$  (vgl. Abschnitt 4.3.1.2.2.) herauszuarbeiten. Hierbei wird auf den Nettonutzungsgrad Bezug genommen. Als Nutzen gelten die vom Verbraucher verwendeten Energien; als Aufwendungen werden die Primärenergien Sonne, Wind und des Brennstoffes Erdgas (mit unterem Heizwert berechnet) definiert.

#### Blockheizkraftwerk

Bei maximaler Leistungsabgabe beträgt der elektrische Nutzungsgrad der eingesetzten Blockheizkraftwerke 37,1 Prozent. Mit einem thermischen Nutzungsgrad von 52,9 Prozent sind das insgesamt 89,0 Prozent. In Abhängigkeit der Betriebsweise und der Anlagenkonfiguration (Simulationsvariante) ändert sich der Gesamtnutzungsgrad, was zum größten Teil auf die jeweiligen thermischen Verluste zurückzuführen ist. Des weiteren ändern sich die Anteile des Strom- und des Wärmeertrages (Abbildung 6-1). Das liegt bei der stromgeführten Betriebsweise vor allem an dem Teillastverhalten, welches einen geringeren elektrischen und einen höheren thermischen Ertrag zur Folge hat. Nicht zu vernachlässigen sind hierbei zudem die An- und Abfahrvorgänge. Insgesamt bleibt der Nutzungsgrad im Teillastbetrieb unter der Voraussetzung einer verlustfreien Wärmenutzung nahezu gleich groß.

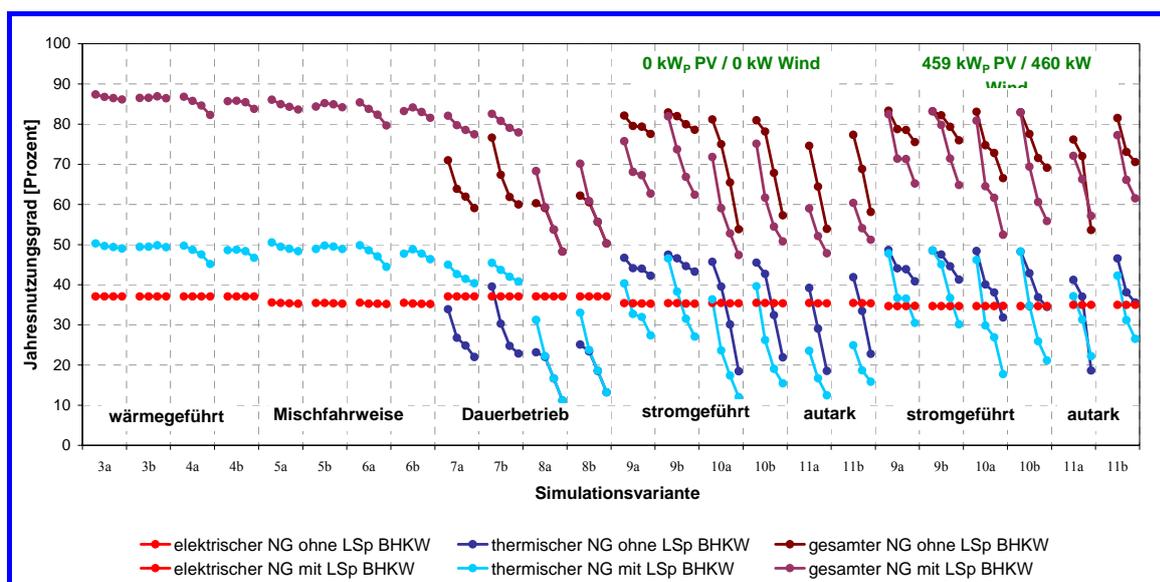


Abbildung 6-1: Jahresnutzungsgrad des Blockheizkraftwerkes *ohne* und *mit* Erdlangzeitspeicher BHKW-Wärme (Var. 7-11) für jede Variante ohne und mit 2250 m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> u. 6500 m<sup>2</sup> Solarthermie.

Der Gesamtnutzungsgrad wird zudem geringer, je mehr Wärme vom Kollektorfeld zur Verfügung steht, da diese Erträge primär genutzt werden. (siehe Punkt 6.1.2.) Das hat zur Folge, daß die Erdlangzeitspeicherung ausgeweitet werden müsste und damit die Verluste zunehmen. Sind keine Erdlangzeitspeicher für die BHKW-Wärme vorgesehen, muß die überschüssige thermische Energie an die Umgebung abgegeben werden.

### **Solarthermie**

Der Jahresnutzungsgrad ist einerseits von der Kollektorfeldgröße und andererseits vom Temperaturniveau der Bereitschafts- und Langzeitspeicher abhängig. Bei hohem Heizenergiebedarf beträgt der Nutzungsgrad bei einer Solarthermiefläche von 2250 m<sup>2</sup> 30 Prozent. Mit Zunahme dieser Fläche sinkt er aufgrund der thermischen Verluste durch die Langzeitspeicher auf 26 Prozent bei einer Kollektorfläche von 6750 m<sup>2</sup>. Für die Simulationsvarianten mit niedrigem Heizenergiebedarf sinkt der Nutzungsgrad um ca. 3 Prozent infolge des höheren Temperaturniveaus (Werte sind dem Anhang zu entnehmen).

Demgegenüber wirkt sich eine sofortige Verwendung der Wärmeenergie zur Klimatisierung wegen des geringen Bedarfes nicht wesentlich auf den Nutzungsgrad aus, da zwar Speicher-verluste vermieden, allerdings gleichzeitig ein hohes Temperaturniveau zu verzeichnen sind.

Mit einer sofortigen Nutzung des Wärmeenergieertrages des Kollektorfeldes (keine Langzeitspeicherung) könnte eine Steigerung des Nutzungsgrades um 10 Prozent erzielt werden (vgl. Abbildungen 6-3 und 6-4).

### **Windkraft und Photovoltaik**

Die Nutzungsgrade sind hierbei unter den im Hauptpunkt 3 beschriebenen idealisierten Bedingungen unabhängig von der Anlagenleistung. Für die Photovoltaik beträgt er 14,46 Prozent und für die Windkraftanlage 27,55 Prozent, was 1392,79 Vollaststunden entspricht.

#### **6.1.2. Energetische Nutzungsgrade für das gesamte Energieversorgungssystem**

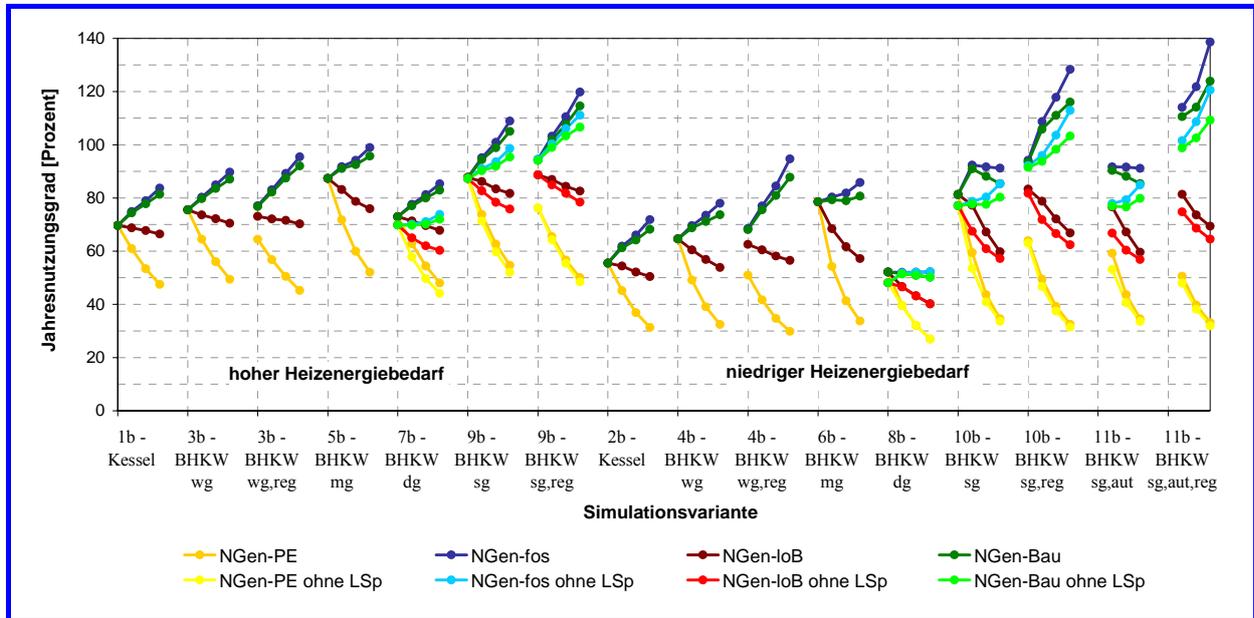
Zur energetischen Bewertung des dezentralen Energieversorgungssystems wurden vier Kennzahlen festgelegt (siehe Hauptpunkt 4). Sie unterscheiden sich jeweils in bezug auf die energetischen Aufwendungen; berechnet werden sie für alle vier Versorgungsprofile, wobei die Varianten ohne Klimakälte im Textteil nicht dargestellt werden, da die Unterschiede zwischen diesen und den Simulationsvarianten mit Klimakälte sehr gering sind. Sie können, wie alle anderen Werte, dem Anhang entnommen werden.

Folgende energetische Nutzungsgrade, die sich in den Aufwendungen unterscheiden, sollen im folgenden diskutiert werden (Abbildungen 6–2 bis 6–4):

- o mit Bezug auf alle Primärenergien  $\xi_{N,g}$  (Brennstoffe, Solarstrahlung und Windenergie) „NGen-PE“ (vgl. Gleichung 4-10),
- o unter Berücksichtigung der fossilen Energieträger  $\xi_{N,FE,g}$  „NGen-fos“ (vgl. Gleichung 4-13),
- o nach der „lokalen Bilanz“  $\psi_{N,g}$ , siehe Hauptpunkt 4 (Endenergien der Solarthermie, Windkraft und Photovoltaik sowie Brennstoffe) „NGen-loB“ (vgl. Gleichung 4-16),
- o neben den fossilen Energieträgern werden die energetischen Aufwendungen zum Bau der Regenerativkomponenten  $\psi_{N,g,Bau}$  – einbezogen „NGen-Bau“ (vgl. Gleichung 4-19).

Als Nutzen ist für alle Kennzahlen zur Bewertung der dezentralen Energieversorgung ausschließlich der dezentrale Elektrizitäts-, Wärme-, und Kälteverbrauch definiert.

Für das wärmegeführte Blockheizkraftwerk wurde die Anlagenkonfiguration der Varianten 3 und 4 mit Photovoltaik und Windkraft, die rechnerisch ermittelt wurde (siehe Punkt 5.2.), ergänzt. Der Abbildung 6-2 bis 6-4 sind die energetischen Nutzungsgrade zu entnehmen, wobei die Simulationsvarianten mit hohem Heizenergiebedarf denen mit niedrigem Bedarf gegenübergestellt wurden.



**Abbildung 6-2:** Energetische Bewertungskennzahlen mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme (Var.7-11) sowie mit der berechneten Variante eines wärmegeführten Blockheizkraftwerkes mit Regenerativkomponenten zur Strombereitstellung („reg“=459kW<sub>p</sub> PV / 460 kW Wind).

Aufgrund der niedrigen Nutzungsgrade der Regenerativkomponenten – Photovoltaik, Windkraft und Solarthermie – gegenüber jenen, die fossile Energieträger nutzen, sinken die Systemnutzungsgrade mit Bezug auf alle Primärenergien  $\xi_{N,g}$  bei zunehmendem Einsatz dieser Komponenten (siehe Punkt 6.2.1.). Es werden allerdings fossile Energieträger substituiert, deren Umwandlung in Elektrizität mit höheren Nutzungsgraden (ca. 33 bis 40 Prozent) gegenüber den Regenerativkomponenten verbunden ist. Bei dieser Berechnung muß berücksichtigt werden, daß unterschiedliche Primärenergien (Wind, Solarstrahlung und Erdgas) miteinander in die Berechnungen einfließen. Würde die gemeinsame Basis verwendet, müßte man auf die Solarstrahlung zurückgreifen, denn fossile Energieträger stellen auch nur gespeicherte Solarenergie dar. Berücksichtigt man diese Tatsache, würde sich der Einsatz der Regenerativkomponenten energetisch „lohnen“, da davon ausgegangen werden kann, daß nur ein sehr kleiner Teil der Sonnenenergie in fossilen Energieträgern gespeichert werden konnte der heute auch in Form von Biomasse gespeichert wird.

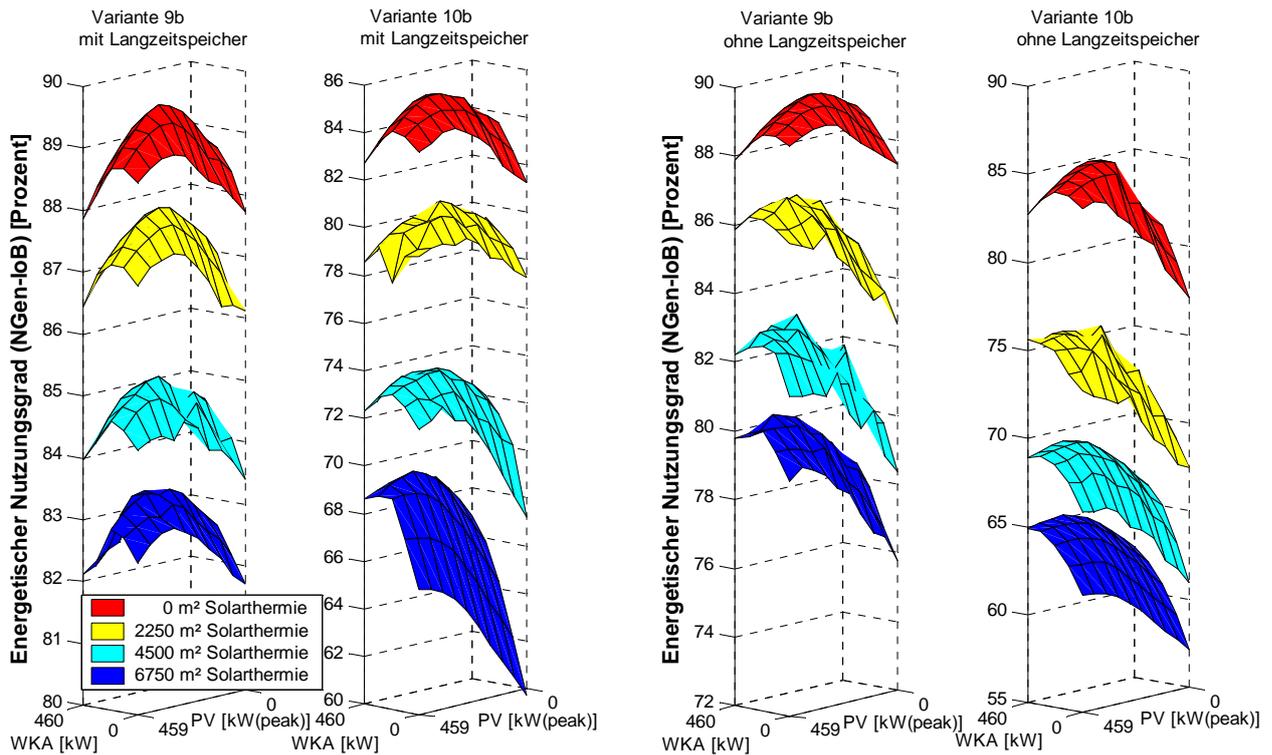
Werden hingegen die unterschiedlichen Versorgungsmöglichkeiten, die alle auf Basis fossiler Energieträger beruhen, miteinander verglichen (Abbildung 6-2 bis 6-4), schneiden die Mischfahrweisen (Var. 5b und 6b) und die stromgeführten Betriebsweisen (Var. 9b bis 11b) des Blockheizkraftwerkes beim primärenergetischen Nutzungsgrad  $\xi_{N,g}$  am besten ab. Sowohl beim Dauerbetrieb (Var. 7b und 8b) als auch bei der wärmegeführten Betriebsweise sind Strombezüge aus dem Netz zur Elektrizitätsversorgung notwendig, da ein Großteil des vom BHKW zwangsläufig bereitgestellten Stromes nicht für die dezentrale Versorgung genutzt werden kann. Diese Elektrizität gilt, da nur der dezentrale Verbrauch als Nutzen definiert ist, de facto als Verlust, auch wenn diese Energie via Netz an anderer Stelle genutzt wird. Des weiteren ist der Nutzungsgrad bei hohem Heizenergiebedarf generell größer, da der Gaskessel mit einem Nutzungsgrad von ca. 95 Prozent öfter im Betrieb ist.

Demgegenüber steigt in Abbildung 6-2 der Nutzungsgrad  $\xi_{N,FE,g}$ , welcher nur auf die Nutzung fossiler Energieträger Bezug nimmt, mit erhöhtem Einsatz regenerativer Energien. Deutlich sichtbar ist das mit der Zunahme der Solarthermiefläche. Zudem kann der Abbildung 6-2 entnommen werden, daß infolge eines höheren Brennstoffbedarfes der Nutzungsgrad  $\xi_{N,FE,g}$  abnimmt. Mit der stromgeführten Betriebsweise bei autarker Stromversorgung (Var. 11b) und einer Solarthermiefläche von 6750 m<sup>2</sup> wird ein Nutzungsgrad von deutlich über 100 Prozent erreicht, da der Anteil der fossilen Energieträger drastisch sinkt. Andererseits liegt wegen der Strom- und Wärmeüberschüsse beim Dauerbetrieb der Nutzungsgrad nur bei ungefähr 50 Prozent.

Der Nutzungsgrad  $\psi_{N,g,Bau}$  berücksichtigt (neben den fossilen Energieträgern) die energetischen Bauaufwendungen für die Regenerativkomponenten inklusive der Erdlangzeitspeicher für die Solarthermie; nicht mit einbezogen wurden die Bauaufwendungen der Langzeitspeicher für die überschüssige BHKW-Wärme. Diese Kennzahl trägt der Tatsache Rechnung, daß die materiellen und energetischen Aufwendungen für die Regenerativkomponenten nicht unerheblich sind.

Diese drei Nutzungsgrade (bezogen auf die Primärenergie  $\xi_{N,g}$ , die fossilen Energieträger  $\xi_{N,FE,g}$  und die Bauaufwendungen  $\psi_{N,g,Bau}$ ) verdeutlichen die energetischen Vorteile einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung bei der dezentralen Energieversorgung, wobei die Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes eine bedeutende Rolle spielt. Eine Nutzung von Solarthermie, Photovoltaik und Windkraft, wie aus den Abbildungen 6-2 bis 6-4 ersichtlich, kann zu beträchtlichen Einsparungen an fossilen Energieträgern beitragen.

Eine umfassende Bewertung der dezentralen Energieversorgung ist wegen der unterschiedlichen Qualität der Wärmeenergie und der Elektrizität sowie wegen der Kopplung verschiedener Energieumwandlungsanlagen, die jeweils andere Primärenergien nutzen, schwierig. Aus diesem Grunde wurde der Nutzungsgrad  $\psi_{N,g}$  (*NGen-loB*), entsprechend dem „lokalen“ Bilanzkreis (vgl. Gleichung 4-17), definiert. Vor allem für die Kopplung dieser unterschiedlichen Energieversorgungstechnologien mit der Problematik der Diskrepanz von Energienachfrage und Energieangebot kann eine optimale dezentrale Nutzung der Anlagenkomponenten zur Deckung eines dezentralen Energieversorgungsprofils mit Hilfe dieses energetischen Nutzungsgrades *NGen-loB* (Abbildungen 6-3 und 6-4) dargestellt, gefunden werden.

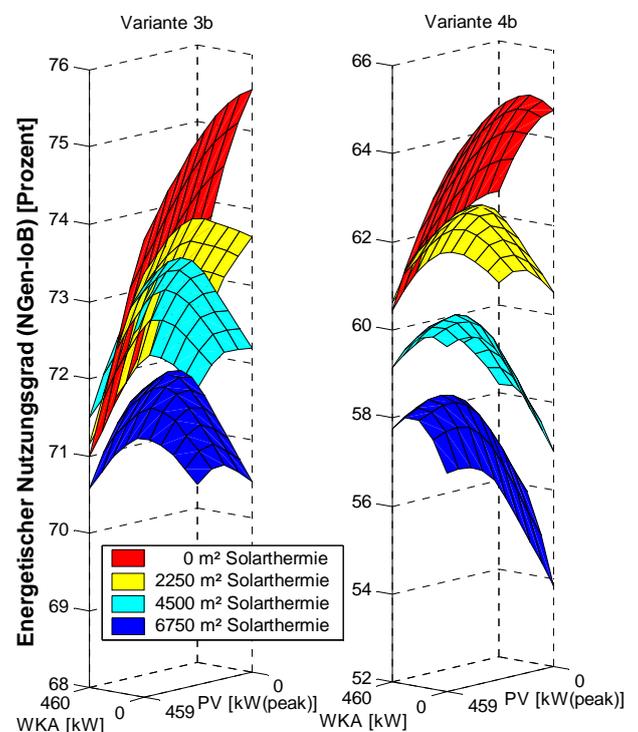


**Abbildung 6-3:** Nutzungsgrad  $NGen-loB$  nach der lokalen Bilanz für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit Erdlangzeitspeicher für die BHKW-Wärme (links) und ohne Erdlangzeitspeicher (rechts) für die Varianten 9b (hoher Heizenergiebedarf) und 10b (niedriger Heizenergiebedarf).

Den Abbildungen 6-3 und 6-4 kann das energetische Optimum (lokales Maximum) der jeweiligen Anlagenkonfiguration zur dezentralen Energieversorgung entnommen werden. Diese Darstellung ist nur für die simulierte stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit Netzkopplung (Simulationsvarianten 9 und 10) aussagekräftig. Neben der Solarthermie wurden hierbei auch die Photovoltaik und die Windkraft in die Simulationen mit einbezogen. Zudem ist der wärmegeführte Betrieb dargestellt, da unter Nutzung der Simulationsergebnisse der Varianten 9 und 10 die Windkraft und die Photovoltaik mit berücksichtigt wurden.

Das energetische Optimum stellt sich bei einer größtmöglichen dezentralen Nutzung der zugeführten Energien ein. Mit Erhöhung der Stromproduktion aus Windkraft und Photovoltaik verringert sich die Betriebsdauer des Blockheizkraftwerkes und damit dessen Stromerzeugung.

Gleichzeitig verringern sich die thermischen Verluste der BHKW-Wärme. Beim Einsatz von Langzeitspeichern ergibt das verstärkte Speicherverluste, ohne Langzeitspeicher die im Sommer nicht genutzte Abwärme. Demgegenüber steigt



**Abbildung 6-4:** Nutzungsgrad  $NGen-loB$  nach der lokalen Bilanz für die wärmegeführten Betriebsweise d. Blockheizkraftwerkes, Varianten 3b (hoher Heizenergiebedarf) und 4b (niedriger Heizenergiebedarf).

mit zunehmendem Stromertrag die Netzeinspeisung, was den lokalen Nutzungsgrad (*NGen-loB*) reduziert. Man beachte in diesem Zusammenhang die unterschiedlichen Skalenwerte des lokalen Nutzungsgrades in den Abbildungen 6-3 und 6-4 bei den einzelnen Varianten.

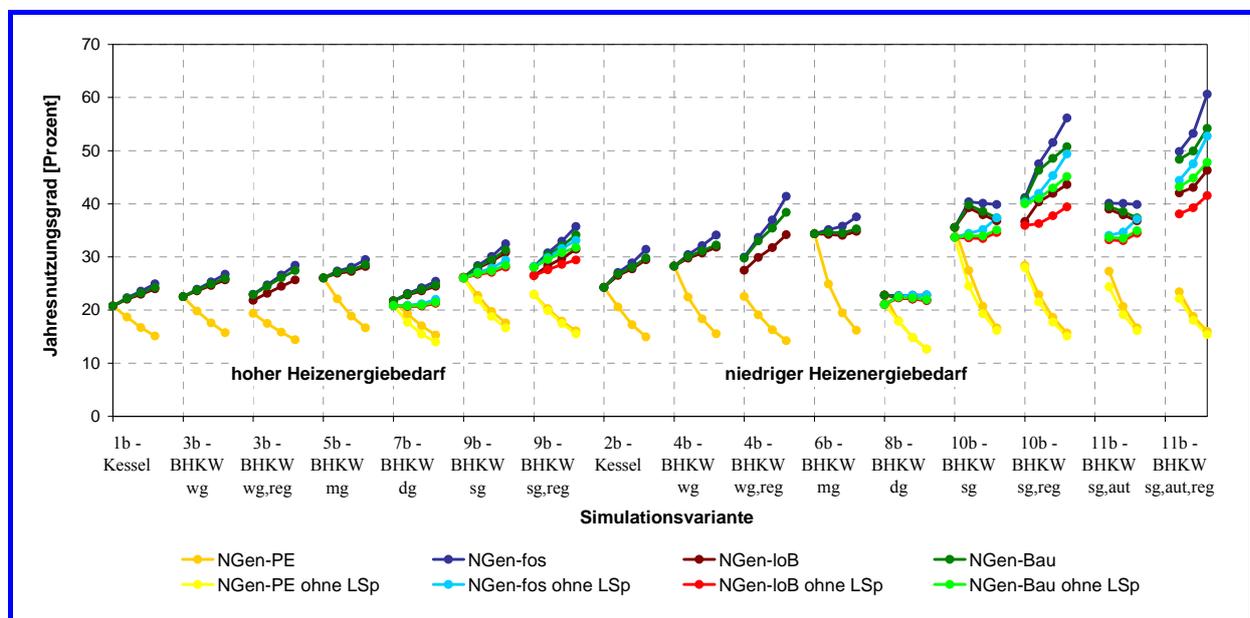
Bei stromgeführter Betriebsweise und bei autarker Elektrizitätsversorgung (Var. 11) kann der lokale Nutzungsgrad für diese Simulationen kein lokales Optimum aufweisen, weil die dezentral bereitgestellten Endenergien bei gegebenem Verbrauchsprofil nahezu vollständig genutzt werden. Es wird lediglich der Brennstoffbedarf minimiert.

Die energetischen Nutzungsgrade sinken generell mit Einbeziehung der Solarthermie, die zwar zur Substitution des Brennstoffes beiträgt, aber infolge der Langzeitspeicherung auch höhere thermische Verluste impliziert. Andererseits verschiebt sich das optimale Photovoltaik-Windkraft-Verhältnis zu höheren Leistungsparametern hin.

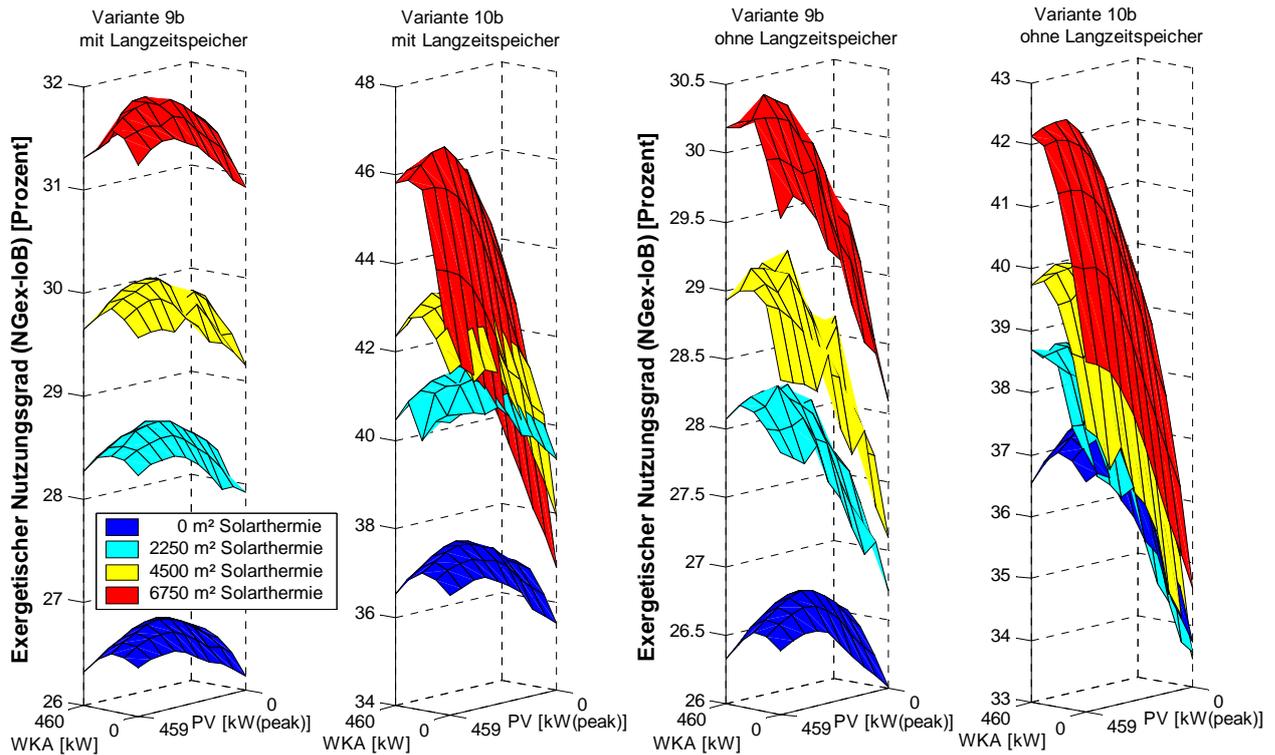
Die Nutzungsgrade, welche sich getrennt auf die Elektrizität und die Wärme beziehen sind dem Anhang zu entnehmen.

## 6.2. Exergetische Bewertungskennzahlen

In Analogie zu den energetischen Nutzungsgraden werden nachfolgend die exergetischen Nutzungsgrade dargestellt. Sie wurden ebenfalls im Punkt 4.3.2.2. festgelegt und berücksichtigen die unterschiedlichen Qualitäten von thermischer und elektrischer Energie. Das hat zur Folge, daß – im Gegensatz zum energetischen Nutzungsgrad – der nominelle Anteil der thermischen Energie zurückgeht. Das betrifft vor allem den Verbrauch an thermischer Energie und die Energiebereitstellung der Solarthermie, wogegen die elektrische Energie der Exergie und die Brennstoffenergie annähernd der Brennstoffexergie entsprechen. Demzufolge sind die exergetischen Nutzungsgrade deutlich geringer als die energetischen Nutzungsgrade (Abbildung 6-5).



**Abbildung 6-5:** Exergetische Bewertungskennzahlen mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme (Var. 7-11) sowie mit der berechneten Variante eines wärmegeführten Blockheizkraftwerkes mit Regenerativkomponenten zur Strombereitstellung („reg“=459kW<sub>p</sub> PV / 460 kW Wind). Die vier Punkte pro Var. repräsentieren die Simulationen ohne und mit Solarthermie (2250 m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> und 6750 m<sup>2</sup>).



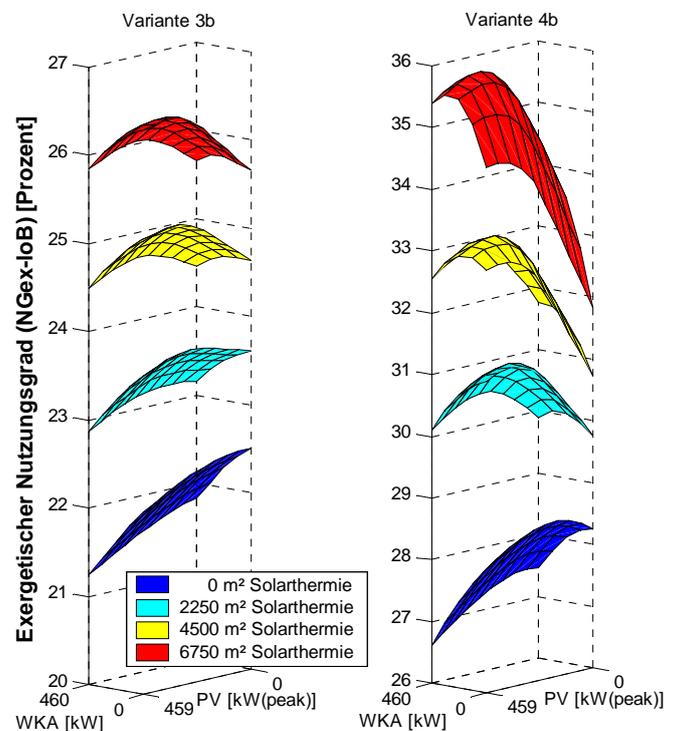
**Abbildung 6-6:** Nutzungsgrad  $NG_{ex-loB}$  nach der lokalen Bilanz für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit Erdlangzeitspeicher für die BHKW-Wärme (links) und ohne Erdlangzeitspeicher (rechts) für die Var. 9b (hoher Heizenergiebedarf) u. 10b (niedriger Heizenergiebedarf).

Die Abbildungen 6-6 und 6-7 stellen den exergetischen Nutzungsgrad der stromgeführten und der wärmegeführten Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes bei Variation der Regenerativkomponenten dar.

Die Charakteristik der Flächen entspricht denen des energetischen Nutzungsgrades. Deutliche Unterschiede sind demgegenüber in der Bewertung der Solarthermie ersichtlich. Mit einer größeren Solarthermiefläche steigt, im Gegensatz zum energetischen Nutzungsgrad, der exergetische Nutzungsgrad, weil fossile Brennstoffe, die eine deutlich höhere Exergie besitzen als Wärme, substituiert werden.

Nimmt der Wärmeverbrauch ab, steigt generell der exergetische Nutzungsgrad, was mit dem geringen exergetischen Nutzungsgrad bei der Umwandlung von Brennstoffenergien in thermische

Energie des Heizkessels zu erklären ist.



**Abbildung 6-7:** Nutzungsgrad  $NG_{ex-loB}$  nach der lokalen Bilanz für die wärmegeführte Betriebsweise.

Die stromgeführte Betriebsweise führt zu besseren exergetischen Nutzungsgraden als die wärmegeführte Betriebsweise, obwohl die Langzeitspeicherung entfällt, da ein Bezug von Netzstrom notwendig ist.

Der exergetische Nutzungsgrad sinkt, wenn die Möglichkeit der Langzeitspeicherung nicht gegeben ist, weil mehr Erdgas benötigt wird. Besonders deutlich wird das für die Simulationsvarianten mit niedrigem Heizenergieverbrauch (Niedrigenergiegebäude). Des weiteren verschieben sich die Maxima deutlich in Richtung größerer Leistung der Windkraft und Photovoltaik, während sie sich sonst nur wenig vom Zentrum zu höheren Leistungsparametern der Regenerativkomponenten des Stromes bei größerer Solarthermiefläche bewegen.

Aufschlußreich ist in diesem Zusammenhang die Änderung des exergetischen „Optimums“ in Abhängigkeit der Windkraft- und Photovoltaikleistung bei Änderung der Solarthermiefläche. Während bei einem steigenden Einsatz der Photovoltaik und Windkraft, verbunden mit einem hohen Anteil der Solarthermie an der Wärmeversorgung, der exergetische Nutzungsgrad zunimmt, liegen die Verhältnisse bei einer kleinen oder gar keinen Solarthermieanlage umgekehrt.

Berücksichtigt man die Netzeinspeisung der Blockheizkraftwerke, würde der exergetische Nutzungsgrad steigen. Wird hingegen durch den Einsatz der Windkraft und/oder Photovoltaik BHKW-Strom ersetzt, sinkt die Effizienz bei der Nutzung der eingesetzten Brennstoffe. Gleichzeitig werden aber weniger fossile Energieträger benötigt.

### 6.3. Ökonomische Bewertung

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgte nach der Annuitätsmethode VDI 2067 Blatt 1. Im folgenden wird in gebotener Kürze die Herangehensweise dargestellt, wobei ein Wärmepreis (Heizung und Trinkwarmwasser) berechnet wird. Die Einspeisungserlöse der Windkraft und Photovoltaik nach dem EEG führen zu einer Reduzierung der Kosten.

#### 1. Annuität der kapitalgebundenen Auszahlungen ( $A_{N,K}$ ):

$$A_{N,K} = (A_0 + A_1 + A_2 + A_3 - R_W) \cdot a + A_0 \cdot ba_{IN} \cdot \frac{f_K}{100}$$

Gleichung 6-1

$$\text{Barwert: } A_n = A_0 \cdot \frac{r^{(n \cdot T_N)}}{q^{(n \cdot T_N)}}, \quad \text{Restwert: } R_W = A_0 \cdot r^{(n \cdot T_N)} \cdot \frac{(n+1) \cdot T_N - T}{T_N} \cdot \frac{1}{q^T}$$

$$\text{Annuitätsfaktor: } a = \frac{q-1}{1-q^{-T}}, \quad \text{Barwertfaktor: } b = \frac{1 - \left(\frac{r}{q}\right)^T}{q-r}$$

$$\text{Preisdynamischer Annuitätsfaktor: } ba = b \cdot a$$

- |   |
|---|
| $A_0$ ... Investitionsbetrag  |
| $A_{1,2,3}$ ... Barwert der ersten, zweiten und dritten Ersatzbeschaffung   |
| $R_W$ ... Restwert  |
| $a$ ... Annuitätsfaktor   |
| $f_K$ ... Faktor für Instandsetzung   |
| $ba_{IN}$ ... Preisdynamischer Annuitätsfaktor für Instandsetzungszahlungen |
| $T_N$ ... Nutzungsdauer der Anlagenkomponente                               |
| $T$ ... Betrachtungszeitraum  |
| $q$ ... Zinsfaktor  |
| $r$ ... Preisänderungsfaktor  |
| $n$ ... Anzahl der Ersatzbeschaffungen innerhalb des Betrachtungszeitraumes |

## 2. Annuität der Wartung und sonstigen Kosten ( $A_{N,W,S}$ ):

$$A_{N,W,S} = A_0 \cdot ba_W \cdot \frac{f_W}{100} + A_0 \cdot ba_S \cdot \frac{f_S}{100}$$

$ba_W$  ... Pr eisdynamischer Annuitätsfaktor für Wartungszahlungen  
 $ba_S$  ... Pr eisdynamischer Annuitätsfaktor für sonstige Zahlungen  
 $ba_{Br}$  ... Pr eisdynamischer Annuitätsfaktor für Brennstoffe  
 $ba_{E,i}$  ... Pr eisdynamischer Annuitätsfaktor für Erlöse der Anlage i

Gleichung 6-2

## 3. Annuität des Brennstoffbezuges ( $A_{N,Br}$ ):

$$A_{N,Br} = \dot{Q}_{Br} \cdot Pr eis_{Br} \cdot ba_{Br}$$

Gleichung 6-3

## 4. Erlöse aus Energieverkäufen ( $E_N$ ):

$$\text{BHKW}_{\text{Strom}}: \quad E_{St,BHKW} = ba_{BHKW} \cdot \dot{P}_{BHKW} \cdot Pr eis_{St,BHKW}$$

$$\text{Photovoltaik}_{\text{Strom}}: \quad E_{St,PV} = ba_{PV} \cdot \dot{P}_{PV} \cdot Pr eis_{St,PV}$$

$$\text{Windkraft}_{\text{Strom}}: \quad E_{St,Wind} = ba_{WKA} \cdot \dot{P}_{WKA} \cdot Pr eis_{St,WKA}$$

$$\text{AKM}_{\text{Kälte}}: \quad E_{Kälte} = ba_{AKM} \cdot \dot{Q}_{Kälte} \cdot Pr eis_{Kälte}$$

Gleichung 6-4

## 5. Wärmepreissberechnung ohne Gewinnberücksichtigung:

$$(E_{St,BHKW} + E_{St,PV} + E_{St,Wind} + E_{Kälte} + E_{Wärme}) = (A_{N,K} + A_{N,W,S} + A_{N,Br})$$

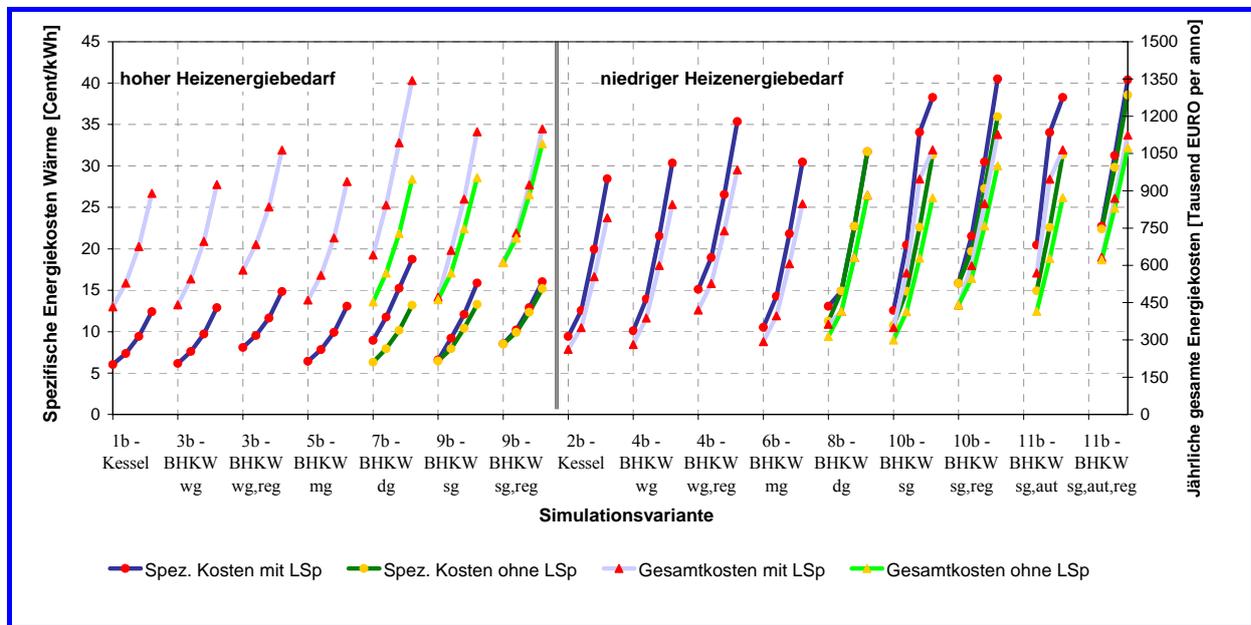
Gleichung 6-5

$$Pr eis_{Wärme} \left[ \frac{cent}{kWh} \right] = \frac{(A_{N,K} + A_{N,W,S} + A_{N,Br}) \left[ \frac{Cent}{anno} \right] - (E_{St,BHKW} + E_{St,PV} + E_{St,Wind} + E_{Kälte}) \left[ \frac{Cent}{anno} \right]}{\dot{Q}_{Wärme} \left[ \frac{kWh}{anno} \right]}$$

Gleichung 6-6

Der Wärmepreis bezieht sich auf den Gesamtwärmebedarf und errechnet sich aus der Summe des Heizwärmeverbrauches und der Wärme zur Bereitstellung des Trinkwarmwassers. Die Wärme zum Betrieb der Absorptionskältemaschine ist dabei nicht berücksichtigt; die resultierende Klimakälte wird an die Verbraucher für 15 EURO/MWh<sub>Kälte</sub> verkauft.

Die Abschreibungszeit wurde mit 10 Jahren festgelegt. Berechnet wurde der spezifische Wärmepreis mit einer Inflationsrate von 2 Prozent und einem Zinssatz von 6 Prozent. Eine Gewinnmarge wurde nicht einkalkuliert. Zudem bleiben sowohl mögliche finanzielle Förderungen, Steuervergünstigungen und die Möglichkeit Kredite mit niedrigem Zinssatz in Anspruch nehmen zu können, unberücksichtigt.



**Abbildung 6-8:** Spezifische Wärmepreise sowie jährliche Gesamtkosten mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme (Var. 7-11) sowie mit der berechneten Variante eines wärmegeführten Blockheizkraftwerkes mit Regenerativkomponenten zur Strombereitstellung („reg“=459kW<sub>P</sub> PV / 460 kW Wind). Die vier Punkte pro Var. repräsentieren die Simulationen ohne und mit Solarthermie (2250 m<sup>2</sup>, 4500 m<sup>2</sup> und 6750 m<sup>2</sup>).

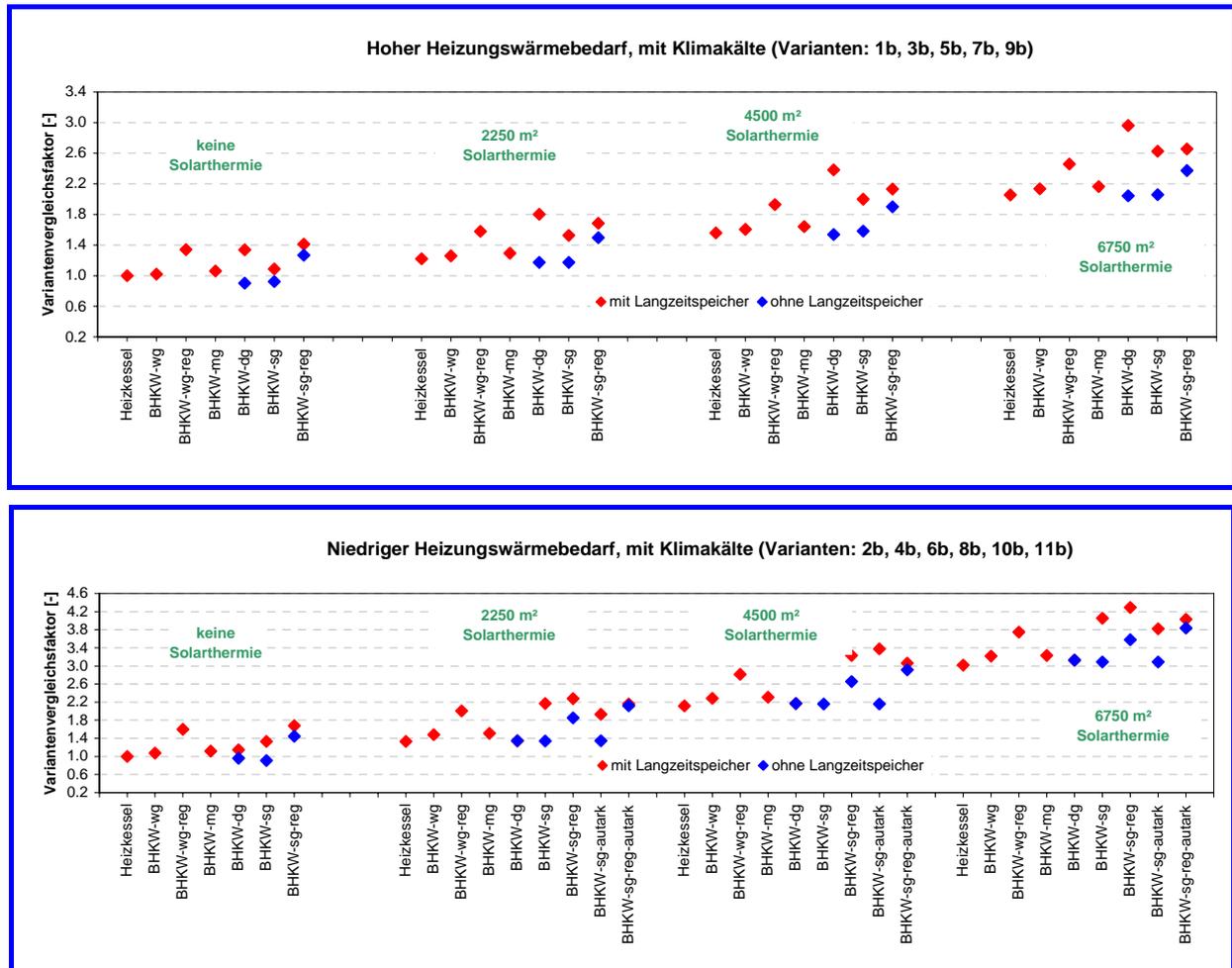
Für die Brennstoffe wird, abweichend von den sonstigen Preissteigerungen (2 Prozent), eine Verteuerung von 3 Prozent für den Abschreibungszeitraum angenommen. Die Einspeisevergütung für Photovoltaik sinkt jährlich um 2 Prozent und die der Windkraft um 5 Prozent, wie es das „Erneuerbare-Energie-Gesetz“ (EEG) vorsieht. Demgegenüber wird angenommen, daß die Einspeisevergütung des Blockheizkraftwerkes konstant bleibt. Die Preise für die Kälte steigen, entsprechend der allgemeinen Verteuerung für Energie, um 3 Prozent.

Um die unterschiedlichen Simulationsvarianten miteinander vergleichen zu können, wird für die Wirtschaftlichkeitsberechnungen vorausgesetzt, daß die Stromerträge der Windkraft, Photovoltaik und des Blockheizkraftwerkes vollständig ins Stromnetz eingespeist und damit die Wärmepreise vermindert werden. Das gilt auch für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes sowie die *autarke* Stromversorgung. Die Wärmepreise bei einer Direktvermarktung der Erträge aus Windkraft und Photovoltaik an die Verbraucher (mit 150 EURO/MWh) wird anschließend berechnet (Abbildung 6-10).

Des weiteren wird unter Anwendung des *Variantenvergleichsfaktors* (siehe Punkt 5.2.1, Gleichung 5-1) die Veränderung der Kosten für die Wärmeversorgung gegenüber der Referenzvariante (Heizkessel ohne Solarthermie – 1b, 2b) in der Abbildung 6–9 dargestellt.

$$F_{V,Pr} = \frac{\text{Spezifische Preise Wärme Variante } i}{\text{Spezifische Preise Wärme Referenzvariante Heizkessel (1b,2b) 0 m}^2 \text{ Solarthermie}}$$

Gleichung 6-7



**Abbildung 6-9:** Veränderung der Wärmepreise mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme in Bezug zur Referenzvariante 1 und 2 ohne Solarthermie („reg“=459kW<sub>p</sub> PV / 460 kW Wind).

Der Bau von Langzeitspeichern verteuert die Wärmegestehungskosten deutlich, obwohl Brennstoff eingespart werden kann (siehe Abbildungen 6-8 und 6-9). Das erklärt die generell höheren Preise bei der Nutzung der Solarthermie, wobei die Preisunterschiede für die Varianten mit hohem Heizenergiebedarf (Varianten 1, 3, 5, 7 und 9) mit ungefähr 3 Cent relativ gering sind. Für die anderen Simulationsvarianten kann nahezu eine Verdopplung bis Vervierfachung des Wärmepreises abgelesen werden (Abbildung 6–9).

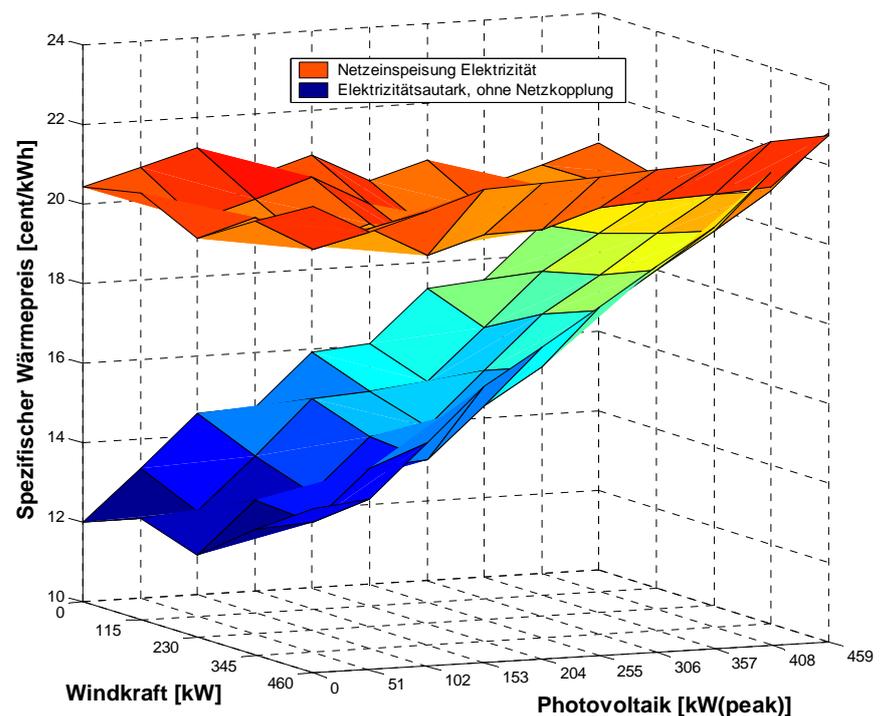
Hervorzuheben ist, daß sich die Entwicklung der jährlichen Gesamtkosten für die Verbraucher entgegengesetzt der spezifischen Kosten (Cent/kWh) verhalten (Abbildung 6-8). Infolge des geringeren Wärmeverbrauches für die Simulationsvarianten 2, 4, 6, 8, 10 und 11 sinkt die jährliche Gesamtbelastung, obwohl die spezifischen Kosten für diese Simulationsvarianten höher liegen.

Die Unterschiede zwischen den Simulationsvarianten sind für das jeweilige Niveau des Heizenergiebedarfes insgesamt gering. Als Ausnahme kann hierbei der Dauerbetrieb des Blockheizkraftwerkes angesehen werden. Etwas über dem Durchschnitt liegen zudem die Varianten ohne Blockheizkraftwerk (Var. 1 und 2). Der Einsatz der Photovoltaik und Windkraft wirkt sich eher positiv auf den Wärmepreis aus, was auf die Erlöse aus der Elektrizitätseinspeisung zurückzuführen ist.

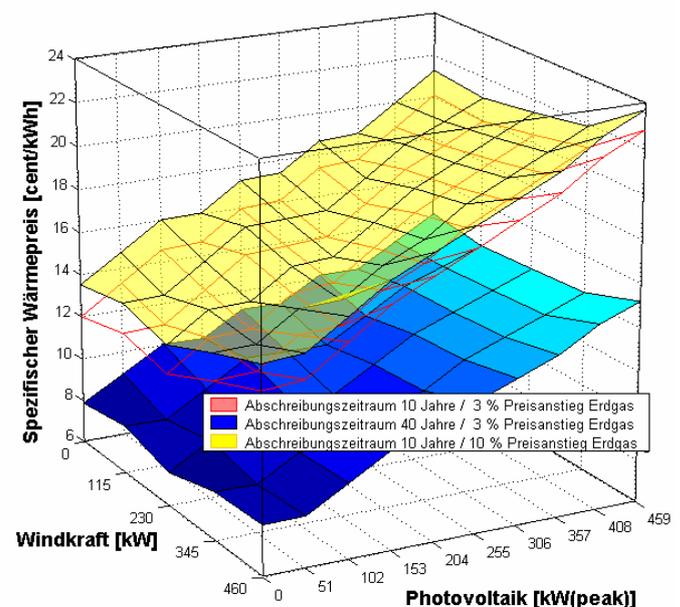
Für die Simulationsvariante der autarken Stromversorgung (Var. 11) ist keine Netzkopplung vorgesehen. Zunächst wurde jedoch von einer Netzkopplung ausgegangen, um die Berechnungsgrundlage für alle Varianten auf eine gemeinsame Basis zu stellen. In der Praxis wird keine Strom-einspeisung in das Netz vorgesehen sein. Aus diesem Grunde wurde die Simulationsvariante 11b (autarke Stromversorgung) vergleichend mit und ohne Netzeinspeisung der Elektrizitätserträge berechnet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 6-10 dargestellt, wobei die obere Fläche die spezifischen Wärmegestehungskosten bei Netzeinspeisung und die untere Fläche die resultierenden Kosten bei einer Direktvermarktung darstellt. Der Elektrizitätsertrag der Photovoltaik, Windkraft und des Blockheizkraftwerkes wird hierbei an die dezentralen Verbraucher mit 150 EURO pro MWh verkauft.

Der Abbildung 6-10 kann die unterschiedliche Tendenz der Wärmepreientwicklung in Abhängigkeit der Photovoltaik und/oder der Leistung der Windkraftanlage entnommen werden. Die Einspeisevergütung vor allem für die Photovoltaik führt nicht zu sinkenden Wärmepreisen für die Berechnung der Direktvermarktung, da die Erlöse mit 150 EURO/kWh deutlich unter denen der Netzeinspeisung (Vergütung gemäß EEG 540 EURO/kWh) liegen und die Investitionskosten hoch sind. Auffällig ist weiterhin, daß für die Varianten ohne Windkraft und die mit einer Leistung von 460 kW die resultierenden spezifischen Wärmepreise höher liegen.

Um die Auswirkungen des Abschreibungszeitraumes auf die resultierenden Wärmepreise zu untersuchen, wurde für die Simulationsvariante 11b (mit Direktvermarktung) mit einer Solarthermiefläche von 2250 m<sup>2</sup> der Wärmepreis



**Abbildung 6-10:** Änderung des Wärmepreises infolge unterschiedlicher Nutzungs- und somit Vermarktungsstrategien, d. h. Gegenüberstellung von Netzeinspeisung und dezentrale, autarke Nutzung (Direktvermarktung) für die Var. 11b mit einer Solarthermiefläche von 2250 m<sup>2</sup>.



**Abbildung 6-11:** Änderung des Wärmepreises infolge unterschiedlicher Abschreibungszeiträume und Preis-dynamik von Erdgas für die Var. 11b mit einer Solarthermiefläche von 2250 m<sup>2</sup>.

für einen Abschreibungszeitraum von 40 Jahren (anstatt 10 Jahre) berechnet. Wie der Abbildung 6-11 entnommen werden kann, liegt er deutlich unter den Wärmepreisen für einen Abschreibungszeitraum von 10 Jahren.

Etwas über diesem Preisniveau liegen die Ergebnisse für die Berechnungen, welche unter einer Annahme einer höheren Brennstoffpreisentwicklung zusätzlich durchgeführt wurden. Statt einer Preissteigerung für Erdgas von 3 Prozent ist eine Erhöhung der Brennstoffkosten um jährlich 10 Prozent angenommen worden (siehe Abbildung 6-11).

#### **6.4. Bewertung nach den Kriterien der Nachhaltigkeit**

Die Ergebnisse der Bewertung nach den Kriterien der Nachhaltigkeit resultieren aus den Berechnungen der Prozessketten (vergleich Abschnitt 4.3.3.). Analog zum Punkt 6.4. werden exemplarisch die Simulationsvarianten mit Kälteversorgung („b“) betrachtet. Zudem wird auf die Gesamtbilanz Bezug genommen, d. h. die getrennte Betrachtung der Emissionen in lokale (vor Ort) und globale (Prozesskettenanalyse) ist, wie die Ergebnisse der Energie- und Massenbilanzen, dem Anhang zu entnehmen.

Die Simulationsvarianten mit den Regenerativkomponenten Photovoltaik und Windkraft (9, 10 und 11 – stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes) sowie die Simulationsvarianten 3 und 4, wo diese Komponenten ebenfalls Berücksichtigung finden (siehe Abschnitt 5.2.), werden mit den jeweiligen Eckpunkten der Komponentenmatrix – ohne WKA und PV sowie mit 460 kW WKA und 459 kW PV (entspricht der Abkürzung „reg“), die in der Regel auch die Maxima bzw. Minima repräsentieren, im Textteil dargestellt. Des weiteren werden, wie in den vorherigen Punkten, die Bewertungskennzahlen für die Simulationsvarianten 7 bis 11 mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme berechnet und die Ergebnisse gegenübergestellt (Abbildungen 6-12 und 6-13).

##### **6.4.1. Kumulierter Energie- und Materialaufwand**

Die Substitution von fossilen Energieträgern durch Energieumwandlungsanlagen, welche regenerative Energiequellen nutzen, bzw. deren effektivere Verwendung z. B. durch die Kraft-Wärme-Kopplung, hat höhere Bauaufwendungen und demzufolge auch zusätzliche Material- und Energieverbräuche zur Folge. Diese können u. a. mit den quantitativen Größen der kumulierten Energie- und Materialaufwendungen, die im Abschnitt 4.3.3. herausgearbeitet wurden, abgebildet werden. Sie haben allerdings keine Aussagekraft über die qualitativen Umweltbelastungen. Zudem sind Rückschlüsse auf das Ausmaß der Ressourcenschonung schwierig, da für jeden Rohstoff ein Knappheitsfaktor eingeführt werden müßte. Die kumulierten Material- und Energiebilanzen sind dennoch ein wichtiger Indikator für die zusätzlichen Aufwendungen, die zur Minimierung der zweifellos sichtbaren Umweltbelastungen erforderlich sind.

In die Berechnung wurden demnach alle Energieumwandlungsanlagen einbezogen, die zur Substitution der fossilen Energieträger beitragen. Das betrifft folgende Komponenten:

1. Photovoltaik,
2. Windkraft,
3. Solarthermie,
4. Erdlangzeitspeicher,
5. Batterie.

Positiv wirkt sich der geringere Leistungsbedarf der Gaskessel aus und wird entsprechend berücksichtigt. Es wird allerdings davon ausgegangen, daß sich die höheren Aufwendungen für den

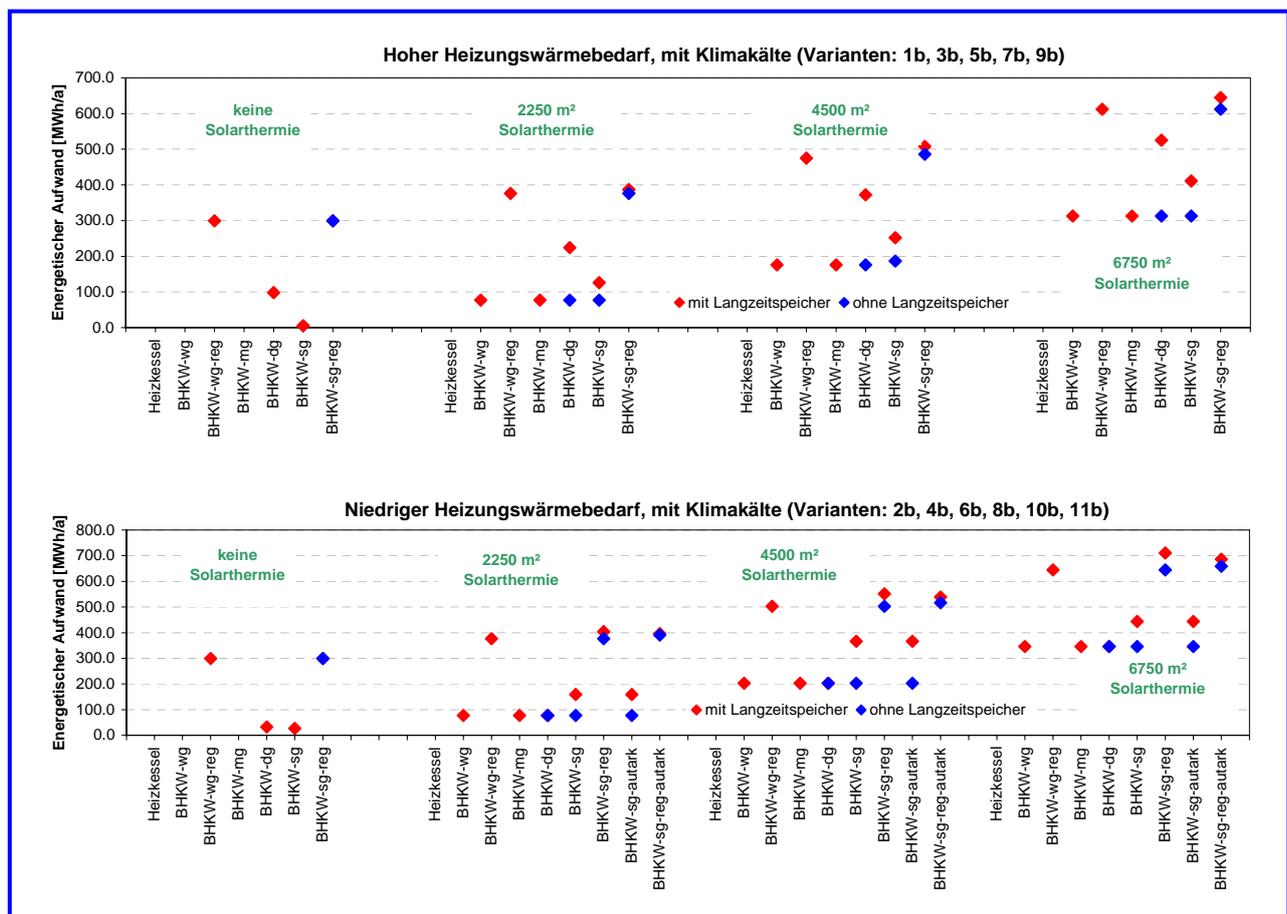
Bau des Blockheizkraftwerkes mit den Einsparungen, die infolge der geringeren Leistung des Gaskessels zu verzeichnen sind, annähernd aufheben.

Die Absorptionskältemaschine nutzt die Wärmeenergie, die von den vorgelagerten Komponenten bereitgestellt wird. Sie bleibt demzufolge bei diesen Berechnungen unberücksichtigt.

Da die Nutzungsdauer der Anlagenkomponenten unterschiedlich ist, wird der Material- und Energieaufwand auf ein Jahr bezogen.

Der Abbildung 6-12 können die kumulierten Energiebilanzen für die oben aufgeführten Komponenten in Abhängigkeit ihrer Größe für die Simulationsvarianten 3 bis 11 entnommen werden. Die kumulierten Materialbilanzen sind im Anhang dargestellt.

Bedeutenden Einfluß auf die kumulierten Energieverbräuche hat der Erdlangzeitspeicher. Das wird vor allem beim Dauerbetrieb des Blockheizkraftwerkes deutlich. Mit zunehmender Solarthermiefläche ist ebenfalls ein Anstieg des Energieverbrauches für den Anlagenbau festzustellen, der wiederum vornehmlich auf den Bau der Erdlangzeitspeicher zurückzuführen ist.



**Abbildung 6-12:** Kumulierte Energiebilanz für die zusätzlichen Anlagenkomponenten, in bezug auf die Referenzvarianten (1 und 2), ohne WKA und PV sowie mit 460 kW WKA und 459 kW PV (entspricht der Abkürzung „reg“).

### 6.4.2. Emissionsbilanzen

Die gesamten Schadstoffemissionen setzen sich aus den lokalen (vor Ort – Heizkessel und Blockheizkraftwerk) und den globalen Emissionen als Resultat der Prozesskettenanalyse (Bereitstellung der Brennstoffe, Strombereitstellung sowie den Bau der Anlagenkomponenten) zusammen (siehe Abschnitt 4.3.3.4.). An dieser Stelle werden nur die Kohlendioxidemissionen diskutiert. Die Emissionen der übrigen Schadstoffe sind dem Anhang zu entnehmen.

Zur besseren Vergleichbarkeit wird hier der dimensionslose Faktor  $F_{V,E}$  für die Kohlendioxidemissionen berechnet und in Abbildung 6-13 dargestellt. Die Berechnungen beziehen sich auf den dezentralen Energieverbrauch, d. h. Einspeisung von Elektrizität ins Netz wird nicht gutgeschrieben. Das hat zur Folge, daß für die Simulationsvariante des Blockheizkraftwerkes im Dauerbetrieb (Var. 7 und 8) die Kohlendioxidemissionen deutlich über den Referenzvarianten 1 und 2 liegen. Der Einsatz der Solarthermie wirkt sich durchweg positiv auf die Emissionsbilanz aus. Für die Variante der autarken Elektrizitätsversorgung können die geringsten Kohlendioxidemissionen verzeichnet werden.

$$F_{V,E} = \frac{\text{Kohlendioxidemissionen Simulations variante } i}{\text{Kohlendioxidemissionen Re ferenz variante Heizkessel (1b,2b) 0 m}^2 \text{ Solarthermie}}$$

Gleichung 6–7

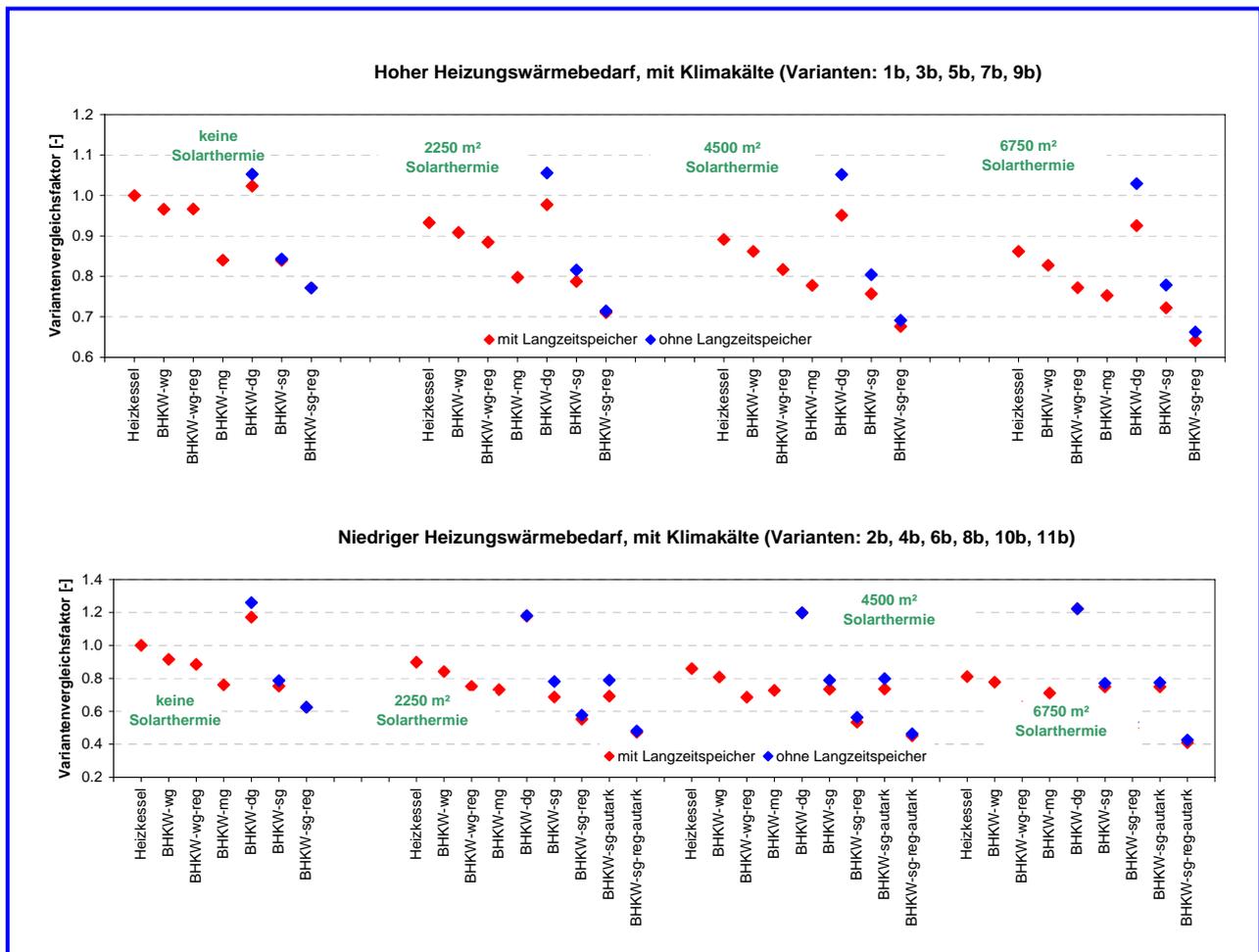


Abbildung 6-13: Gesamte Kohlendioxidemissionen für die dezentrale Versorgung mit Elektrizität, Wärme und Kälte im Verhältnis zu den Referenzvarianten (1 und 2), ohne WKA und PV sowie mit 460 kW WKA und 459 kW PV (entspricht der Abkürzung „reg“).

## ***7. Schlussfolgerungen für die dezentrale Energieversorgung***

### ***7.1. Allgemeines***

Sowohl zur Bewertung des gesamten dezentralen Energieversorgungssystems als auch zur Entscheidung über den Einsatz und die Dimensionierung der Anlagenkomponenten gibt es keine allgemeingültigen Empfehlungen. Bewertungen werden gewöhnlich vornehmlich unter ökonomischen Gesichtspunkten getroffen. Eine energetische oder exergetische Bewertung bzw. Optimierung ist meist dann von Interesse, wenn sie sich günstig auf die Gestehungskosten für Anlagenbetreiber auswirkt. Des Weiteren sind alle Bewertungen von Umfang und Art des Energieverbrauches, den Verbrauchsprofilen, dem Verhältnis von Elektrizitäts- und Wärmeverbrauch abhängig. Eine wesentliche Rolle spielen zudem der Standort und das Betreiberkonzept (Regelung, Art der Betriebsweise der Einzelkomponenten). Aus diesen Gründen stellen die nachfolgenden Bewertungsaussagen den Versuch einer weiteren ökonomischen Wichtung dar.

Die Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen zur Förderung regenerativer Energien und zur effizienten Energienutzung (u. a. Kraft-Wärme-Kopplung) sowie die Liberalisierung der Energiemärkte haben eine spürbare Dynamik zur Dezentralisierung der Energieversorgung ausgelöst. Diese Entwicklung wird durch weitere Instrumente wie den Emissionshandel und die sich abzeichnende Verteuerung fossiler Energieträger verstärkt werden. Zudem ist mit einer weiteren Senkung der Investitionskosten für Regenerativkomponenten infolge einer Erhöhung der produzierten Stückzahlen sowie weiterer Innovationen zu rechnen.

Gleichzeitig wird die Problematik der Diskrepanz von Nachfrage und Dargebot an Energie bei der dezentralen Versorgung unter Nutzung der Solarstrahlung und der Windkraft deutlich. Das Hauptaugenmerk liegt demnach in einer optimalen Verknüpfung und Betriebsweise unter Berücksichtigung der Dynamik der Einzelkomponenten. Diese Synergieeffekte bilden die Grundlage für eine Optimierung der dezentralen Energieversorgung in Abhängigkeit der Optimierungsschwerpunkte, welche sich wiederum nach der Dynamik der Kostenentwicklung richtet.

Einige wesentliche Aspekte, welche die Resultate der Bewertungskriterien (Hauptabschnitt 6) ergänzen sowie einen Ausblick zum weiteren Forschungsbedarf und zur zukünftigen Entwicklung der dezentralen Energieversorgung, sind Gegenstand dieses Abschnittes.

Bei Bewertungen wird häufig auf die sog. Referenzvarianten (1a, 1b, 2a und 2b) Bezug genommen, um aus Vergleichen Tendenzen und Tendenzaussagen ableiten zu können.

### ***7.2. Einbindung der Solarkomponenten und der Windkraft in Abhängigkeit der Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes***

Die Kraft-Wärme-Kopplung bzw. Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung bietet die Möglichkeit einer effizienten Brennstoffnutzung. Die Höhe der Brennstoffeinsparungen richtet sich nach der Betriebsweise und den Nachfrageprofilen an Elektrizität und Wärme, da die gleichzeitige Nutzung von Elektrizität und Wärme gewährleistet sein sollte. Besteht die Möglichkeit einer Stromeinspeisung in das überregionale Netz, wird der Betrieb des Blockheizkraftwerkes am Wärmebedarf ausgerichtet.

Für eine dezentrale Energieversorgung sind noch weitere Betriebsweisen möglich. Das sind zum einen die stromgeführte Betriebsweise, die sich nach dem Elektrizitätsbedarf richtet, und die „Mischfahrweise“, die einen gleichzeitigen Bedarf an Strom und Wärme voraussetzt, sowie zum anderen der „Dauerbetrieb“, der keine Bedarfsausrichtung aufweist. Im folgenden wird auf die Vor- und Nachteile der Betriebsweisen für eine dezentrale Energieversorgung eingegangen:

- o Die *wärmegeführte Betriebsweise* führt in den Wintermonaten zu einem Überschuss an Elektrizität, die ins Netz eingespeist werden könnte. Bezogen auf die dezentrale Verbrauchsstruktur ist diese Energie nicht nutzbar. In der heizfreien Zeit wird Wärme vor allem für das Trinkwarmwasser und die Klimakälte benötigt. Der Bedarf an Elektrizität kann auch durch Ergänzung mit den regenerativkomponenten Photovoltaik und Windkraft nicht vollständig gedeckt werden. Mit zunehmender Größe des Solarthermiefeldes ist das Blockheizkraftwerk in den Sommermonaten kaum noch in Betrieb. Die autarke Stromversorgung, die in dieser Arbeit für diese Betriebsweise nicht simuliert wurde, setzt den Einsatz einer Batterie voraus.

Bezogen auf den dezentralen Endenergieverbrauch hängt die energetisch optimale Anlagenkonfiguration von der Größe des Solarthermiefeldes und vom Heizwärmebedarf ab. Der energetische Nettonutzungsgrad nach der *lokalen Bilanz*  $\psi_{N,g}$  (siehe Punkt 6.1.) sinkt wegen der Speicherverluste mit zunehmender Solarthermiefläche (Abbildung 6-4). Demgegenüber steigt der exergetische Nutzungsgrad, wie der Abbildung 6-7 zu entnehmen ist, an. Ist die Solarthermiefläche klein, ergibt sich ein Optimum bei geringen Anteilen von Solarthermie und Windkraft; mit steigendem Anteil der Solarthermie an der Wärmeversorgung ist ein Ansteigen des exergetischen und des energetischen Nutzungsgrades mit größeren Versorgungsanteilen von Windkraft und Photovoltaik zu verzeichnen.

Die Wärmegebungskosten liegen für die wärmegeführte Betriebsweise nur geringfügig über denen der Referenzvariante. Sie steigen allerdings mit Zunahme der regenerativkomponenten zur Stromversorgung, vor allem durch die Photovoltaik.

- o Eine etwa gleich hohe Brennstoffausnutzung ist bei der „*mischgeführten*“ *Betriebsweise*, bei der das Blockheizkraftwerk nur in Betrieb ist, wenn gleichzeitig Strom und Wärme nachgefragt wird, zu erreichen. Das Blockheizkraftwerk ist im Gegensatz zum wärmegeführten Betrieb deutlich weniger ausgelastet. Eine Stromeinspeisung in das Netz ergibt sich somit nicht. Der Bezug von Elektrizität aus dem Netz ist bei hohem Heizenergieverbrauch etwas höher und bei niedrigem Wärmebedarf etwas geringer als beim wärmegeführten Betrieb. Die Kosten sind insgesamt mit ca. 0,3 Cent/kWh<sub>Wärme</sub> etwas höher.
- o Der *Dauerbetrieb* eines Blockheizkraftwerkes ist mit dieser Dimensionierung nur bei hohen Wärmeabnahmen, bevorzugt über das ganze Jahr, zu empfehlen, da ansonsten der Vorteil der Kraft-Wärme-Kopplung mit der gleichzeitigen Nutzung von Strom und Wärme nicht mehr gegeben ist. Die Nutzbarmachung der Wärme für den Winter ist durch die erforderliche Größe der Erdlangzeitspeicher – bis zu 42000 m<sup>3</sup> – mit großen ökonomischen Aufwendungen verbunden, wobei auch der Flächenbedarf bei diesen Größenordnungen nicht vernachlässigt werden kann. Der dezentrale Strombedarf würde vollständig gedeckt. Die jährliche Stromeinspeisung ins Netz hätte fast die gleiche Größenordnung wie der dezentrale Verbrauch (ca. 1500 MWh/a).

- o Die *stromgeführte Betriebsweise* in bezug auf die dezentrale Elektrizitätsversorgung ist wegen der Möglichkeit einer netzunabhängigen Bedarfsdeckung interessant. In dieser Arbeit wurde diese Möglichkeit unter Nutzung eines Stromspeichers (Batterie) untersucht. Allerdings wurde zusätzlich die Möglichkeit einer Elektrizitätseinspeisung des dezentral nicht genutzten Stromes der Regenerativkomponenten in das Netz betrachtet.

Der Primärenergiebedarf ist, ähnlich wie beim „mischgeführten“ Betrieb des Blockheizkraftwerkes, im Vergleich zu den übrigen Simulationsvarianten relativ gering. Diese Vorteile werden bei Betrachtung der energetischen und exergetischen Nutzungsgrade deutlich (Abschnitte 6-1 und 6-2). Die auf das dezentrale Energieversorgungssystem bezogene günstigste Anlagenkonfiguration ist abhängig vom Heizungsbedarf. Ist dieser hoch, liegt die optimale Konfiguration sowohl aus exergetischer wie aus energetischer Sicht bei 255 kW<sub>p</sub> Photovoltaik und 230 kW Windkraft. Mit sinkendem Wärmebedarf steigt das Optimum bei zunehmender Leistung der Regenerativkomponenten. Wie bei wärmegeführter Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes sinkt der energetische Nettonutzungsgrad nach der *lokalen Bilanz*  $\psi_{N,g}$  (siehe Punkt 6.1.) durch die Wärmeverluste vor allem infolge der Langzeitspeicherung. Genau umgekehrt verhält sich der exergetische Nutzungsgrad, da Brennstoffenergie eingespart wird.

Nachteilig wirkt sich die Notwendigkeit der Langzeitspeicherung der BHKW-Wärme aus, die notwendig wird, da das BHKW auch in den Sommermonaten in Betrieb ist. Das betrifft sowohl die Kosten als auch den Flächenbedarf. Verzichtet man auf diese Speicher erhöht sich der Brennstoffbedarf entsprechend.

Wegen des Energieeinspeisegesetzes ist der Kostenanstieg gegenüber den übrigen Simulationsvarianten gering. Setzt man eine Direktvermarktung bei der autarken Energieversorgung voraus, steigen die Wärmegestehungskosten erst mit zunehmendem Einsatz der Photovoltaik deutlich.

### 7.3. Kosten der Einsparung an Kohlendioxidemissionen

Im Hinblick auf den geplanten Emissionshandel rücken die ökonomischen Aufwendungen zur Vermeidung von Kohlendioxidemissionen verstärkt in den Mittelpunkt der Anlagenplanung. Aus diesem Grunde wird dieser Aspekt in die Diskussion einbezogen.

Den Berechnungen liegt folgende Gleichung des Kostenfaktors zur Einsparung von Kohlendioxidemissionen KF [EURO/Tonne Kohlendioxid] zugrunde:

$$KF = \frac{\text{Jährliche Gesamtkosten Variante } i - \text{Jährliche Gesamtkosten Referenzvariante (Heizkessel 1a, 2a)}}{\text{Jährliche Kohlendioxidemissionen Referenz var. (Heizkessel 1a, 2a)} - \text{Jährliche Kohlendioxidemissionen Var. } i}$$

Gleichung 7-1

Wegen der großen Wärmelieferung des Blockheizkraftwerkes bei Dauerbetrieb sinken die Kosten zur Reduzierung der Emissionen von Kohlendioxid, wenn die im Sommer überschüssige Wärme mittels Saisonspeicher für die Heizzeit verfügbar gemacht wird. Dies gilt allerdings nur für die Varianten mit hohem Heizenergiebedarf (Abbildung 7-1). Ist der Heizungsbedarf niedrig, übersteigen sogar die CO<sub>2</sub>-Emissionen die der Referenzanlage, was negative spezifische Kosten zur Folge hätte. Aus diesem Grunde wurde auf eine Darstellung für den Dauerbetrieb verzichtet (unteres Diagramm der Abbildung 7-1).

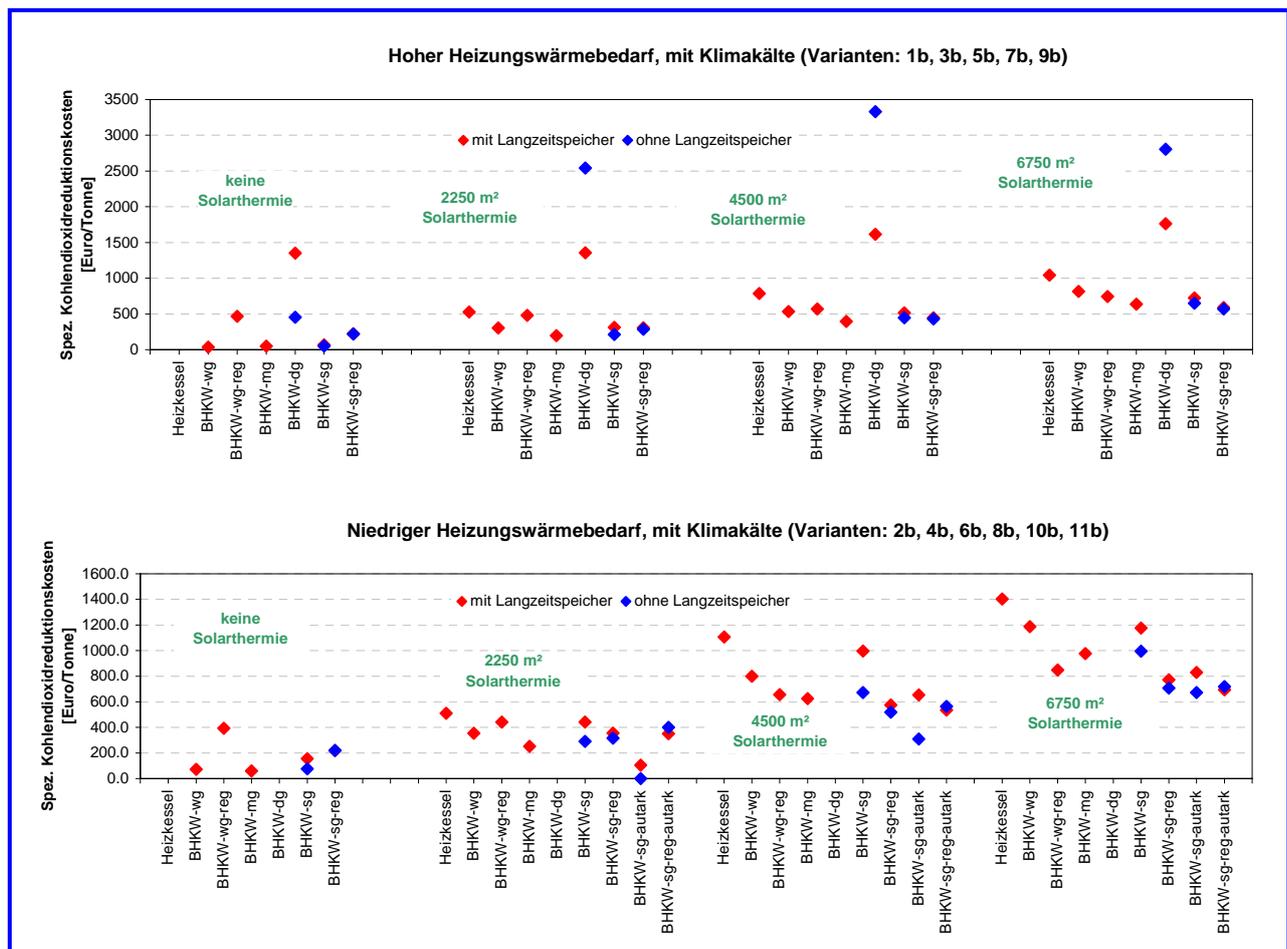
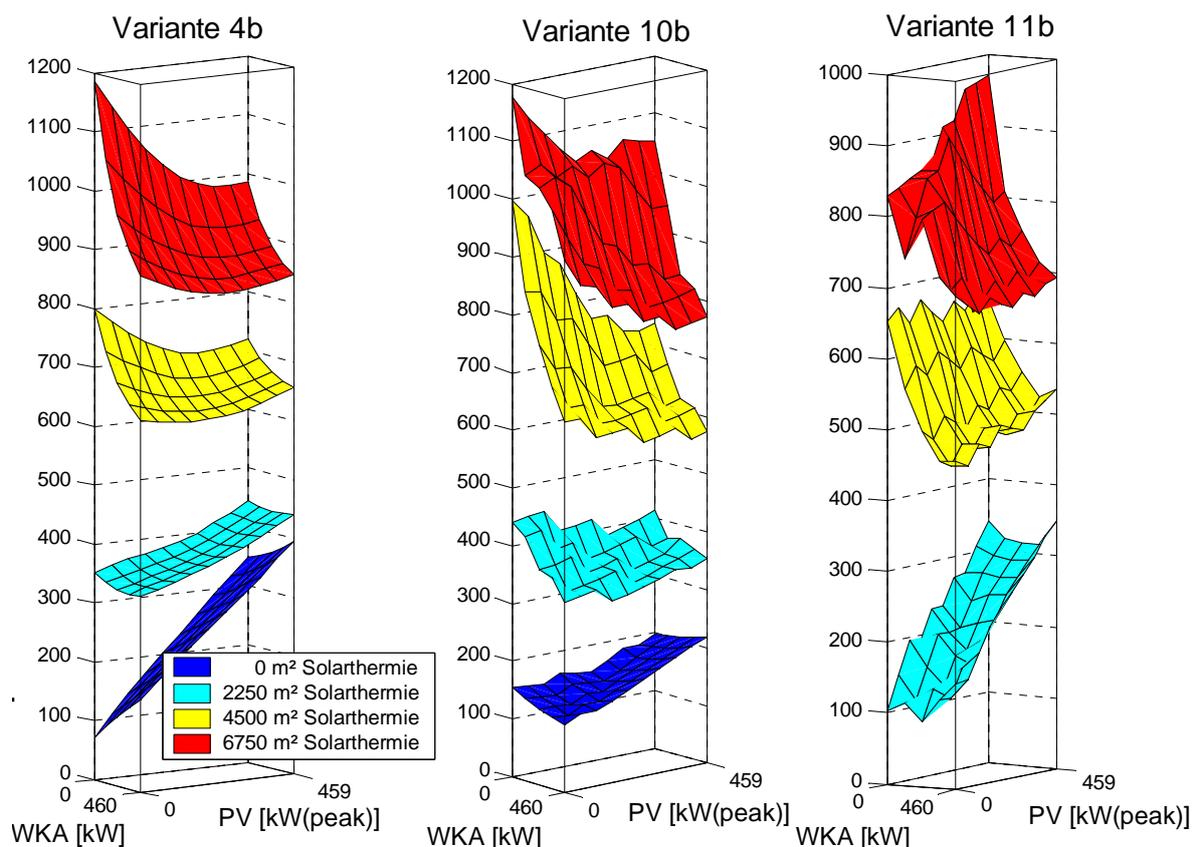


Abbildung 7-1: Kosten der Reduktion der Emission von Kohlendioxid [EURO/Tonne Kohlendioxid] für die dezentrale Versorgung Elektrizität, Wärme und Kälte im Vergleich mit den Referenzvarianten 1 und 2, ohne WKA und PV sowie mit 460 kW WKA u. 450 kW PV (entspr. d. Abkürzung „reg“).

In der Abbildung 7-2 sind die spezifischen Kosten für die Senkung der Kohlendioxidemissionen für die Simulationsvarianten 4b, 10b und 11b in Abhängigkeit der Regenerativkomponenten dargestellt. Man kann leicht erkennen, daß die Kosten nicht im gleichen Verhältnis mit Zunahme der Regenerativkomponenten steigen. Die Ursache liegt einerseits in der Nutzung der Synergieeffekte und andererseits an dem Bezug zur dezentralen Energieversorgung, d. h. die Reduktion der Kohlendioxidemission infolge der Stromeinspeisung ist nicht berücksichtigt.

Die Solarthermienutzung hat infolge der Langzeitspeicherung für die Varianten 1 bis 6 und 9 bis 11 generell höhere spezifische Minderungskosten zur Folge. Deutliche Minderung der ökonomischen Aufwendungen kann mit dem größeren Einsatz der Windkraft erreicht werden. Ein Grund dafür ist der niedrige energetische Aufwand zum Bau der Anlagen im Vergleich zu ihrer Stromerzeugung. Mit zunehmender Leistung sinken allerdings die Einsparmöglichkeiten, da die dezentrale Nutzung infolge des Überangebotes zurückgeht.

Bei der Nutzung der Photovoltaik ist dieser Sachverhalt wegen der höheren energetischen Aufwendungen zum Bau der Anlagen differenzierter. Steigende Reduktionskosten sind mit zunehmender Leistung für die stromgeführte Betriebsweise (Var. 9 bis 11) auszumachen. Im Gegensatz dazu ist eine generelle Tendenz beim wärmegeführten Betrieb des Blockheizkraftwerkes (Var. 3 und 4) nicht ersichtlich. Die Reduktionskosten sind mit größerer Leistung der Photovoltaik sowohl von der Größe des Solarthermiefeldes als auch von der Leistung der Windkraft abhängig.



**Abbildung 7-2:** Kosten der Reduktion der Emission von Kohlendioxid [EURO/Tonne Kohlendioxid] für die dezentrale Versorgung Elektrizität, Wärme und Kälte der Varianten 4b, 10b u. 11b im Vergleich mit den Referenzvarianten (1 u. 2).

## Literaturverzeichnis

- ARGE IFEK/WTU: "Energie- und Emissionskataster Sachsen-Anhalt für die Emittentengruppe 'Nicht genehmigungsbedürftige Feuerungsanlagen' " Endbericht im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung, Landwirtschaft und Umwelt des Landes Sachsen-Anhalt, Magdeburg/Jena, Dezember 2000
- Arlt, A.: „Konfiguration eines kostengünstigen Speichersystems zur Warmwasserbereitung“, Diplomarbeit, 1995
- Assado, C.: „Studie zur Optimierung einer solarthermischen Warmwasserbereitungsanlage“, Belegaufgabe, 1995
- Autorenkollektiv: „Die technische Entwicklung auf dem Strom- und Gasmarkt“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal, 2002
- Baerns, M., Hofmann, H., Renken, A.: „Chemische Reaktionstechnik – Band1“, G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1999
- Bard, J., Blum, L., Brinner, A.: „Dezentrale Kraftwärmekopplung – Konversionstechnologien und Einsatzmöglichkeiten“, Forschungsverbund Sonnenenergie (FVS), Themenheft 2001
- Bard, J., Krautkremer, B.: „KWK-Konzepte im Vergleich“, „Erneuerbare Energien, 04/2003, S. 64
- Besch, H., Neuffer, H., Witterhold, F.-G., et. al.: „Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraftwärmekopplung und erneuerbarer Energien“, ARBEITSGEMEINSCHAFT FERNWÄRME e.V. BEI DER VEREINIGUNG DEUTSCHER ELEKTRIZITÄTSWERKE (AGFW), Frankfurt am Main, 2000
- Beyer, H.-G.: Software „WGEN“ und „WASP“ zur Berechnung von Windgeschwindigkeiten aus Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD).
- Biedermann, P., Menzer, M., Grube, T., Dienhardt, H., Pehnt, M., Dreier, T.: „Brennstoffzellenstudie – Ganzheitliche Systemuntersuchung zur Energiewandlung durch Brennstoffzellen“, Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ) / Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) / TU München Energiewirtschaft und Kraftwerkstechnik (IfE), Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V., 1998
- Biran, A., Breiner, M.: „MATLAB – für Ingenieure“, Addison-Wesley Publishing Company, Bonn, 1995
- BMU-Publikation: „Erneuerbare Energien in Zahlen“, BMU-Reihe „Umweltpolitik“, April 2003
- Bohn, T., Bitterlich, W.: „Grundlagen der Energie- und Kraftwerkstechnik“, Technischer Verlag Resch / Verlag TÜV Rheinland, Köln / Kandel, 1982
- BUND, MISEREOR: „Zukunftsfähiges Deutschland – Ein Beitrag zu einer global nachhaltigen Entwicklung“, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie GmbH, Birkhäuser Verlag, Basel, 1996
- BUND/MISEREOR: „Zukunftsfähiges Deutschland“, Birkhäuser Verlag Basel, 1996
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Geld vom Staat fürs Energiesparen – Überblick über Förderprogramme von EU, Bund, Ländern, Kommunen und Energieversorgungsunternehmen, die auf eine nachhaltige Energieversorgung und besseren Klimaschutz zielen“, Berlin, Mai 2003
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Umweltbericht 2002 – Bericht über die Umweltpolitik der 14. Legislaturperiode“, Berlin, März 2002
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Richtziel der BRD für der Verbrauch von Strom aus erneuerbaren Energiequellen im Jahr 2010 und Maßnahmen zur Verwirklichung des Richtziels“, Berlin, 2003
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: „Entwicklung der Erneuerbaren Energien – Aktueller Sachstand“, Berlin, Januar 2002
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): „Bericht über den Stand der Markteinführung und der Kostenentwicklung von Anlagen zur Erzeugung von Strom aus erneuerbaren Energien (Erfahrungsbericht zum EEG), Berlin, 2002
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): „Nachhaltige Energiepolitik für eine zukunftsfähige Energieversorgung – Energiebericht“, Berlin, 2001
- Bundesministerium für Wirtschaft und Technologien (BMWi): „Energieforschung – Investition in die Zukunft“, Juli 2001
- Bundesregierung: „Perspektiven für Deutschland – Unsere Strategie für eine nachhaltige Entwicklung“ (Nachhaltigkeitsstrategie), Berlin, 2002
- Conrady H.: „60 Sklaven oder das ganz persönliche Energiemenü“, „VDI Nachrichten“, VDI-Verlag GmbH Düsseldorf, Wochenzeitung, Nr. 5, 1994, Seite 8.
- COPRA: „Wirtschaftlichkeitsberechnung und Optimierung von Energieversorgungssystemen“, Software, Dr.-Ing. G. Valentin & Partner GbR
- Corradini, R.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Schätzung für Chrom und Nickel“ Auskunft per e-mail, München, Dezember 1999
- Corradini, R., Köhler, D.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Teil III Matelle“, Forschungsstelle für Energiewirtschaft / Der Gesellschaft für praktische Energietechnik e. V., München, Juli 1999

- Corradini, R.; Köhler, D.; Hutter, C.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Teil I Allgemeiner Teil“ Forschungsstelle für Energiewirtschaft / Der Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V., München, Juli 1999
- DBI Gas- und Umwelttechnik GmbH, Technische Universität Dresden, GASTEC N. V. (NL): „Rationelle Versorgung mit Strom, Wärme und Kälte im Malteser-Krankenhaus Kanmenz – Technischer Endbericht, EU-Forschungsprogramm „THERMIE“, Projektnummer: BU/0065/97, 2000
- Degner, T.: „Analyse des Betriebsverhaltens von Wind-Diesel Systemen unter besonderer Berücksichtigung der Speicherauslegung und der Betriebsführungsstrategie“, Dissertation, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, 1996
- Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW): „Selbstverpflichtung der Wirtschaft zur CO<sub>2</sub>-Reduktion: Kein Ersatz für aktive Klimapolitik“, „Wochenbericht“, Verlag Duncker & Humblot Berlin, Heft 14 1995, Seiten 277ff.
- Dieckmann, B., Heinloth, K.: „Energie“, B. G. Teubner-Verlag, 2. Auflage, Stuttgart, 1997
- Dieterich, S., Wagner, A.: „Solarunterstützte Warmwassererwärmung für die Alte Mensa der TU Dresden“, Diplomarbeit, 1992, TU Dresden
- Dietrich, V.: „Makroökonomische Wirkungen von Umweltschutz“ „Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung“, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Verlag Duncker & Humblot Berlin, Heft 4, 1994, Seiten 341ff.
- DIN V 4108-6: „Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden“, Teil 6: „Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfs“, November 2000
- Dittmann, A., Zschernig, J.: „Energiewirtschaft“, Teubner Verlag Stuttgart, 1998
- Drake, F.-D.: „Kumulierte Treibhausgasemissionen zukünftiger Energiesysteme“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1996
- Düwall, P., Lange-Hüsken, M.: „Lastganglinien der Haushalte“, VDEW, 1985
- Elsner, N. et al.: „Grundlagen der Technischen Thermodynamik“, Akademie-Verlag Berlin, 1980
- Energieagentur Sachsen-Anhalt GmbH: "Energiebericht Sachsen-Anhalt 1994/95" im Auftrag des Ministeriums für Raumordnung und Umwelt, Dezember 1996
- Enquete-Kommission des Bundestages
- Enquete-Kommission: „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“, Deutscher Bundestag, 2002
- Enquete-Kommission: „Nachhaltige Energieversorgung unter den Bedingungen der Globalisierung und der Liberalisierung“, Abschnitt 4.3.8.: „Energieeffizienzpotentiale durch verstärkte Kreislaufwirtschaft sowie bessere Material- und intensivere Produktnutzung“, Deutscher Bundestag, 2002
- Falk, G., Ruppel, W.: „Energie und Entropie“, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1976
- Fechter, L.: „Energetische und Exergetische Untersuchungen an einem Blockheizkraftwerk“ Technische Universität Berlin, Dissertation, 1984
- Finke, T.: „Optimierung dezentraler Energieversorgungsanlagen am Beispiel Blockheizkraftwerk“, VDI Verlag, „Fortschrittsberichte - Energietechnik“ Nr.: 339, Düsseldorf, 1996
- Firma Vaillant: „Das Brennstoffzellen-Heizgerät von Vaillant – Stand der Entwicklungen und Feldtests“, Quelle: Internet [www.vaillant.de](http://www.vaillant.de), 2003
- Fischer, J. et al.: „Monitoring zur Biomasseverordnung – auf Basis des Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) aus Umweltsicht, Institut für Energetik und Umwelt (IE), Leipzig, 2002
- Fratzcher, W., Brodjanskij, V. M., Michalek, K.: „EXERGIE – Theorie und Anwendung“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie“, Leipzig, 1986
- Fritsche, U. R., Jenseit, W., Hochfeld, C.: „Methodikfragen bei der Berechnung des Kumulierten Energieaufwands (KEA) – Erarbeitung von Basisdaten zum Energieaufwand und der Umweltbelastung von energieintensiven Produkten und Dienstleistungen für Ökobilanzen und Öko-Audits“, UBA-F&E-Forschungs-orhaben, Öko-Institut, Darmstadt, 1999
- Geitmann, S.: „Wasserstoff- & Brennstoffzellenprojekte“, Berlin 2002, ISBN 3-8311-3280-1
- Gerdes, G., Santjer, F.: „Die modulare Wind/Diesel-Versuchsanlage auf dem DEWI-Testfeld“, Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI), Magazin, Nr.:3, S. 67-72, 1993
- Grassmann, P.: „Physikalische Grundlagen der Verfahrenstechnik“, Otto Salle Verlag, Frankfurt a. Main, 1983
- Gruhn, G., et al.: „Systemverfahrenstechnik I und II“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1. Auflage, Leipzig, 1976
- Hebecker, D., Bittrich, P.: „Thermoökonomische Analyse einer Bioenergie-Anlage“, „BWK – Das Energie-Fachmagazin“, Springer-VDI Verlag, 55. Jahrgang, Nr.: 5/2003, Seiten 46 – 50
- Hebecker, D.: „Energieeinsparung durch energetische Analyse von chemisch-technologischen Verfahren“, Zeitschrift: „Energieanwendung“, Jahrgang 39, Heft 7, Oktober 1990, Seiten 216 bis 219
- Henneberg M.: „Ausgewählte Beispiele für eine mögliche Sonnenenergienutzung in Magdeburg, Diplomarbeit 1996
- Herbrik, R.: „Energie- und Wärmetechnik“, B. G. Teubner Stuttgart Leipzig, 1993
- Hiller, R.: „Strom-, Wärme- und Kälteversorgung mit Brennstoffzelle, Mikroturbine, Gasmotor und Absorptionskältemaschine. Das Projekt » PEM-Oberhausen «“, Deutscher Wasserstofftag, Essen, 2002

- Hirschl, B., et al.: „Markt- und Kostenentwicklung erneuerbarer Energien“, Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) GmbH und Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Kassel, 2002
- Hocker, T., Kraus, M.: „Dezentrale Strom- und Wärmeversorgung mit Brennstoffzellen-Heizgeräten“, Siebtes Fachforum Brennstoffzellen, Würzburg, 2000
- Hutter, C.; Köhler, D.; Lilleike J.; Schwärzer M.: „Ganzheitliche Bilanzierung von Grundstoffen und Halbzeugen – Teil II Baustoffe“, Forschungsstelle für Energiewirtschaft / Der Gesellschaft für praktische Energiekunde e. V., München, Juli 1999
- Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/baum>
- Jahn, K., Schwenk, C.: „Thermische Solaranlagen für Mehrfamilienhäuser – Untersuchungen der Künftigen Einsatzmöglichkeiten im kostensparenden Wohnungsbau“ Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1999
- Jeschar, R.; Specht, E.; Steinbrück, A.: „Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emission bei der Herstellung und Entsorgung von Abwasserrohren aus verschiedenen Werkstoffen“ Korrespondenz Abwasser“; 4; 1995 Seiten 537 bis 549
- Jochum, P.: „Simulation und Optimierung solar unterstützter Heizsysteme mit dem Simulationssysteme Smile“, Dissertation, Technische Universität Berlin, 1997
- Jungnickel, H., Agsten, R. Kraus, W. E.: „Grundlagen der Kältetechnik“, 3. Auflage, Verlag Technik GmbH Berlin, 1990
- Kaltschmitt, M., Wiese, A. (Hrsg.): „Erneuerbare Energien – Systematik / Wirtschaftlichkeit / Umwelt-aspekte, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997
- Kattaneck, S., Künne, H.-J., Krell, L.: „Grundlagen der Verfahrenstechnik – Bilanzgleichungen“, Verlag Technik Berlin, 1977
- Kattaneck, S., Künne, H.-J., Krell, L.: „Grundlagen der Verfahrenstechnik – Verweilzeitmodellierung“, Verlag Technik Berlin, 1977
- Kippenberger C., et al.: „Stoffmengenflüsse und Energiebedarf bei der Gewinnung ausgewählter mineralischer Rohstoffe“, „Geologisches Jahrbuch – Sonderhefte“, Reihe H, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe / Staatliche Geologische Dienst der BRD, Hefte: „Methodische Erläuterung“ / Auswertende Zusammenfassung“ basierend u. a. auf die Teilstudien: „Eisen“ / „Kupfer“ / „Chrom“ / „Nickel“ / „Phosphat“, Chudeck Druck Service Bornheim-Sechtem, Hannover 1998 und 1999
- Knorr, U.: „Optimierung einer gewerblichen Warmwasserbereitungsanlage“, Diplomarbeit, 1996
- Knorr, U.: „Studie zu Möglichkeiten einer ergänzenden solarthermischen Warmwasserbereitung für das Wohnheim 12 der Universität Magdeburg“, Belegaufgabe, 1994
- Koch, M.: „Prozess-Simulation eines Blockheizkraftwerkes unter Einbindung einer Brennstoffzelle“, Diplomarbeit, Berufsakademie Mannheim, 2000
- Kögler, M.: „Analyse und wirtschaftliche Bewertung von Maßnahmen zur Regelung der Lufttemperatur im Ansaugstutzen einer Gasturbine zur Minimierung des Einflusses äußerer Witterungsbedingungen auf die Leistung“, Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2002
- Köhler, D. / Rosenbauer, G. / Schwaiger, K. / Wabro, R.: „Ganzheitliche energetische Bilanzierung der Energiebereitstellung – Teil VI Untersuchung von Blockheizkraftwerken“, „Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE)“, München, Oktober 1996
- Kohlhaas, M.: „Ökonomische Instrumente der Umweltpolitik“ „Vierteljahreshefte zur Wirtschaftsforschung“, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Verlag Duncker & Humblot Berlin, Heft 4, 1994, Seiten 354ff.
- Koschorke, W., Marscheider-Weidemann, F., Bünger, U.: „Auswirkungen der Innovation Brennstoffzelle auf Handwerksberufe – Anforderungen, Tätigkeiten, Berufsbilder, Ausbildungsordnungen“, Heinz-Piest-Institut für Handwerkstechnik der Universität Hannover, Fraunhofer Institut Systemtechnik und Innovationsforschung, Ludwig-Bölkow-Stiftung Systemtechnik, Berlin, 2002
- Kosz M.: „Ökosteuern für eine nachhaltige Entwicklung“, „Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht“, Deutscher Fachverlag GmbH Frankfurt am Main, Vierteljahreszeitschrift, Heft 1 1995, Seiten 21ff.
- Kugeler, K., Phlippen, P.-W.: „Energietechnik“, Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1993
- Lang, J.: „Kinetische Speicherung von Elektrizität“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2003
- Lange, A.: „Aufnahme des IST - Zustandes in der Warmwasserversorgung der Universität Magdeburg sowie Erarbeitung von Vorschlägen zur Anlagengestaltung einer künftigen bivalenten Warmwasserbereitung mit integrierter Solarkollektoranlage“ Machbarkeitsstudie zum Bau der Solaranlage Universität Magdeburg, Belegaufgabe, 1994
- Linz, M. et al.: „Von nichts zu viel – Suffizienz gehört zur Zukunftsfähigkeit“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie, Wuppertal, 2002
- Lottner, V.: „Thermochemische Speicher“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2001
- Lukas, P., Schöne, A.: „Ein Konzept zur Betriebsführung von Wind-Diesel-Systemen mit Kurzzeitspeichern“, Deutsches Windenergie-Institut GmbH (DEWI), Magazin, Nr.:3, S. 55-65, 1993
- Malingrioux, S.: „Simulative Untersuchung und energetische Bewertung eines Blockheizkraftwerkes“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Apparate- und Umwelttechnik (IAUT), 2003

- Mangold, D., Benner, M., Schmidt, T.: „Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2001
- Mangold, D., Benner, M., Schmidt, T.: „Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2001
- Mangold, D., et al.: „Solarthermie-2000 TP 3 – Solar unterstützte Nahwärme Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitforschung“ OPET-Seminar Solar unterstützte Nahwärme, Neckarsulm, 29. und 30. März 2001
- Marheineke, T., Krewitt, W., Neubarth, J., Friedrich, R., Voß, A.: „Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken“, Universität Stuttgart – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Forschungsbericht Band 74, Stuttgart, 2000
- Matthes, F. C., Ziesing, H.-J.: „Zur ökologischen und ökonomischen Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, bearbeitet vom Öko-Institut und vom DIW, Berlin, 2000
- Meyer, F.: „Modulare Systemtechnik für dezentrale Energieversorgung“, Pilotanlagen: Inselversorgung Kythnos – 100 kW<sub>p</sub> Photovoltaik und 500 kW Windkraft sowie Starkenberger Hütte – BHKW und Photovoltaik, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2002
- Mittelbach, W., Henning, H.-M.: „Sorptionsspeicher – Saisonale Wärmespeicherung für die solare Raumheizung“, Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme Freiburg (ISE), UFE Solar GmbH Eberswalde
- Molly, J.P., Ender, C.: „Windenergie-Studie 2002 - Markteinschätzung der Windindustrie bis zum Jahr 2010“, Deutsches Windenergie-Institut GmbH im Auftrag der Hamburger Messe und Congress GmbH, 2002
- Müller-Erlwein, E.: „Chemische Reaktionstechnik“, B. G. Teubner Stuttgart Leipzig, 1998
- Nitsch, J. et al.: „Langfristszenarien für eine nachhaltige Energienutzung in Deutschland“, Wuppertal Institut für Klima Umwelt Energie (WI) sowie Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR) – Institut für Thermodynamik, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Berlin, 2002
- Nitsch, J.: „Potentiale der Wasserstoffwirtschaft“, Expertise für den Wissenschaftlichen Beirat der Bundesregierung – Globale Umweltveränderungen, Heidelberg, 2003
- Nüsser, P.: „Zur Modellierung und Berechnung turbulenter Kohlenstaubflammen“, Dissertation Akademie der Wissenschaften der DDR – Institut für Mechanik, 1988
- Öko-Institut e. V. Darmstadt: „GEMIS - Gesamt-Emissions-Modell integrierter Systeme: Ein Programm zu Analyse der Umweltaspekte von Energie-, Stoff- und Transportprozessen“ 1997
- Patyk, A., Reinhardt G. A.: „Düngemittel - Energie- und Stoffstrombilanzen“ Vieweg Verlag, 1. Auflage, Braunschweig / Wiesbaden 1997
- Pauer, W.: „Einführung in die Kraft- und Wärmewirtschaft“, Verlag v. T. Steinkorff, Dresden u. Leipzig, 1964
- Paul, U.: „Untersuchung eines Blockheizkraftwerkes für die Wärmeversorgung der Universität Magdeburg“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Apparate- und Umweltechnik (IAUT), 2003
- Peuser, F. A., Croy, R., Schumacher, J., Weiß, R.: „Langzeiterfahrungen mit thermischen Solaranlagen“, Rationelle Energietechnik GmbH (ZfS), Hilden, 1997
- Peuser, F. A.: „Große Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 2002
- Pößner L.: „Studie zum Potential solarthermischer Warmwasserbereitung in den Jugendherbergen Sachsen-Anhalts“, Studienarbeit, 1997
- PROGNOS AG: „Energiepolitische und gesamtwirtschaftliche Bewertung eines 40%-Reduktionsszenarios“, in Kooperation mit dem Energiewirtschaftlichen Institut der Universität Köln (EWI) und dem Bremer Energie Institut (BEI), im Auftrag des Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), 2001
- Programm TRNSYS: „a transient system simulation program“, Version 15 Transsolar Energietechnik GmbH Stuttgart, 2002
- Reinecke, S.: „Analyse von Regelungsvarianten für solarthermische Anlagen zur Brauchwasserbereitung“, Diplomarbeit, 2000
- Remmers, K.-H.: „Große Solaranlagen – Einstieg in Planung und Praxis“, SOLARPRAXIS Berlin, URANUS-Verlagsgesellschaft, Wien, 1999
- Richter, W.: „Mathematische Modelle technischer Flammen“ Dissertation Universität Stuttgart, 1978
- Richtlinie 2001/77EG des Europäischen Parlamentes und des Rates zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsmarkt vom 27. September 2001 (Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom Oktober 2001, L283/33ff)
- Richtlinie zur Förderung von Maßnahmen zur Nutzung erneuerbarer Energien vom 15. März 2002, Bundesanzeiger Nr. 58 vom 23. März 2002, S. 5877
- Ritthof, M., Rohn, H., Liedtke C.: „MIPS berechnen – Ressourcenproduktivität von Produkten und Dienstleistungen“, Wuppertal-Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, 2002
- Robel, H. et al.: „Lehrbuch der chemischen Verfahrenstechnik“, Deutscher Verlag Grundstoffindustrie, Leipzig, 1983
- Rouvel, L. et al.: „IKARUS – Instrumente für Klimagas-Reduktionsstrategien“, Abschlußbericht Teilprojekt 5, „Energieverbrauchsstruktur im Sektor Kleinverbraucher“ Monographien des Forschungszentrums Jülich 1995, Band 18

- Safarik, M.: „Solare Klimakälteerzeugung – Technologie, Erprobung und Simulation“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, April 2004
- Schaumann, G., Pohl, C.: „Praxisorientierte Energiekonzepte“, C. F. Müller Verlag Heidelberg, 1996
- Schlesinger, M., et al.: „Die längerfristige Entwicklung der Energiemärkte im Zeichen von Wettbewerb und Umwelt“, Prognos AG und Energiewirtschaftliches Institut der Universität Köln (EWI), im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, Berlin, 1999
- Schlesinger, M., et al.: „Szenariendarstellung für die Enquete-Kommission „Nachhaltige Energieversorgung“ des Deutschen Bundestages“, Prognos AG, Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung (IER) und Wuppertal Institut (WI), 2002
- Schmidt-Bleek, F.: „Wieviel Umwelt braucht der Mensch? Faktor 10 – das Maß für ökologisches Wirtschaften“ C. H. Beck Druckerei, Nördlingen, 1997
- Schmitz, K. W., Koch, G.: „Kraft-Wärme-Kopplung – Anlagenauswahl, Dimensionierung, Wirtschaftlichkeit, Emissionsbilanz“, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1996
- Schmitz, K. W., Koch, G.: „Kraft-Wärme-Kopplung / Anlagenauswahl – Dimensionierung – Wirtschaftlichkeit – Emissionsbilanz“, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1996
- Schneider, L.: „Wirtschaftlichkeit und optimaler Betrieb von KWK-Anlagen unter den neuen energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen“, Diplomarbeit an der Technischen Universität Berlin, veröffentlicht durch das Öko-Institut, Berlin, 2000
- Schönberg, I., Noeres, P.: „Kraft – Wärme – Kälte – Kopplung“, Fachinformationszentrum Karlsruhe, 1998
- Schumpich F.: „Potentiale solarthermischer Energienutzungsverfahren bei Rekonstruktionsanlagen an Wohnhäusern“, Studienarbeit, 1997
- Schumpich, F.: „Untersuchung innovativer Speicherkonfigurationen und Regelungsvarianten für solarthermische Anlagen“, Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2001
- Sontag, R., Lange A.: „Solarthermie für 2000 Studenten und die Mensa“, „Erneuerbare Energien“, April 1998
- Staiß, F.: „Jahrbuch Erneuerbare Energien – 2001“, Stiftung Energieforschung Baden-Württemberg, Radebeul, 2001
- Statistisches Landesamt 2002 / Recherche Internet
- Sundmacher, K., Heidebrecht, P.: „Systemverfahrenstechnik“, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, 2002
- Tagungsband VDI: „Kumulierter Energieaufwand“, VDI-Gesellschaft Energietechnik, Tagung Veitshöchheim, November 1995, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf
- Thomas, S. et al.: „Die vergessene Säule der Energiepolitik – Energieeffizienz im liberalisierten Strom- und Gasmarkt in Deutschland“, Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH, Wuppertal, 2002
- Traube, K., Schulz, W.: „Aktuelle Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung“, „Kommunalwirtschaftliche Forschung und Praxis“, Band 3, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2001
- Traube, K., Schulz, W.: „Aktuelle Bewertung der Kraft-Wärme-Kopplung“, Europäischer Verlag der Wissenschaften, Frankfurt am Main, 2001
- ULLEBERG, Ø: „STAND-ALONE POWER SYSTEMS FOR THE FUTURE: OPTIMAL DESIGN, OPERATION & CONTROL OF SOLAR-HYDROGEN ENERGY SYSTEMS“, Ph. D. Dissertation Department of Thermal Energy and Hydropower Norwegian University of Science and Technology Trondheim, Dezember 1998
- Unger, J.: „Alternative Energietechnik“, B. G. Teubner-Verlag, Stuttgart 1993
- Unruh, O., Blesing, A.: „Marktpotentialstudie für BHKW-Anlagen kleiner Leistung im Thyssengas-Liefergebiet“, „GAS“, 05/06, 1998
- Vauck, W. R. A., Müller, A. M.: „Grundoperationen chemischer Verfahrenstechnik“, Deutscher Verlag Grundstoffindustrie, Leipzig Stuttgart, 1994
- VDI 2067 Blatt 7 „Berechnung der Kosten von Wärmeversorgungsanlagen – Blockheizkraftwerke“, Beuth Verlag, Berlin 1988
- VDI-Gesellschaft Energietechnik: „Energietechnische Arbeitsmappe“, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2000
- Vorholz, F.: „Rechnen schwach“, „Die Zeit“, KG Zeitverlag Gerd Bucerius GmbH & Co Hamburg, Wochenzeitung, Nr. 12 1995, Seite 28.
- Voß, A. et al.: „Ganzheitliche Bilanzierung der Energie- und Stoffströme von Energieversorgungstechniken“, Forschungsbericht – Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, August 2000
- Wagner, T.: „Öko-physikalisches Gleichgewicht in einem ökonomischen Klimamodell“, „Wirtschaftswissenschaftliches Studium (WiSt)“, Zeitschrift für Ausbildung und Hochschulkontakt Verlage C. H. Beck F. Vahlen, München und Frankfurt a. M., Monatszeitschrift, Heft 1 1995, Seiten 39ff.
- Weiß, S., Militzer, K.-E., Gramlich, K.: „Termische Verfahrenstechnik“, Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig Stuttgart, 1993
- Wissenschaftsrat (WR): Stellungnahme zur Energieforschung, Köln 1999
- Wuppertal-Institut „Die MIPS Ergebnisse – Ökologische Rucksäcke“ Internet, Abteilung Stoffströme u. Strukturwandel, Stand: 17.07.1998, <http://www.wupperinst.org/mipsonline>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1:	Globaler Temperaturanstieg.....	1
Abbildung 1-2:	Struktur des Primärenergieverbrauches und der Kohlendioxidemission des Referenzszenarios und einiger Nachhaltigkeitsszenarios für Deutschland bis zum Jahr 2050. <sup>12/13/14</sup> .....	7
Abbildung 1-3:	Entwicklung des Bestandes an Kraftwerken zur Strombereitstellung im UBA-Szenario von 2000-2050 für die BRD. <sup>12</sup> .....	7
Abbildung 1-4:	Struktur der Bereitstellung von Wärme im UBA-Szenario von 2000 bis 2050 für die BRD. <sup>12</sup> .....	8
Abbildung 1-5:	Entwicklung der Energieträgerstruktur zur Strombereitstellung des Referenzszenarios und verschiedener Nachhaltigkeitsszenarios. <sup>13/14</sup> .....	8
Abbildung 1-6:	Charakteristik und Entwicklungs-perspektiven ausgewählter dezentraler Energietechnologien <sup>16</sup> .....	10
Abbildung 1-7:	Jährlich installierte Wind- und Photo-voltaikleistung. (Quellen: IEA, BMWi, VDMA).....	11
Abbildung 1-8:	Jährlich bereitgestellte Wärmeenergie.....	12
Abbildung 1-9:	Entwicklungsrichtung der Stromerzeugung.....	15
Abbildung 1-10:	Möglichkeit einer dezentralen Energieversorgungsstruktur für Gebäude und Nahversorgungsgebiete.....	17
Abbildung 2-1:	Politische Gliederung des Bundeslandes.....	20
Abbildung 2-2:	Anzahl der Gemeinden nach Gemeindegrößenklassen sowie Anzahl der Einwohner pro Gemeinde für die jeweilige Gemeindeklasse.....	21
Abbildung 2-3:	Berufstätigkeit und Bevölkerungsdichte im Land Sachsen-Anhalt in bezug auf die Kreise. <sup>68</sup> .....	21
Abbildung 2-4:	Endenergieverbrauch der Haushalte nach Energieträgern im Land Sachsen-Anhalt in bezug auf die Kreise.....	22
Abbildung 2-5:	Verbrauchsprofil Warmwasser für jeweils eine Woche im Winter und im Sommer.....	24
Abbildung 2-6:	Jahresverbrauchsprofil Warmwasser.....	24
Abbildungen 2-7 und 2-8:	Verbrauchsprofile Heizwärme im Vergleich für einen Winter- und einen Sommer.....	25
Abbildung 2-9:	Verbrauchsprofile der Elektrizität für die Wochentage und ein Kalenderjahr in den Sommermonaten.....	27
Abbildung 2-10:	Gegenüberstellung der Verbrauchsprofile von Wärme (Heizung und Trinkwarmwasser) sowie von Elektrizität.....	27
Abbildung 2-11:	Vergleich der Dargebots- u. Verbraucherprofile einer Winterwoche (7. Kalenderwoche 1999).....	29
Abbildung 2-12:	Vergleich der Dargebots- und Verbraucherprofile einer Sommerwoche (28. Kalenderwoche 1999).....	29
Abbildung 2-13:	Prinzipielles Schema des dezentralen Energieversorgungssystems der Simulationsvariante 9b bzw. 10b.....	31
Abbildung 2-14:	Prinzipbild der Energieströme der Simulationsvariante 9b bzw. 10b.....	35
Abbildung 3-1:	Prinzipielle Darstellung eines offenen Systems zur Energieversorgung.....	38
Abbildung 3-2:	Enthalpiebilanz eines Speichers mit dem Modell des ideal durchmischten Rührkessels.....	41
Abbildung 3-3:	Datengrundlage zur Berechnung der Energiebilanz des Modells eines idealen Rührkessels.....	43
Abbildung 3-4:	Gegenüberstellung der analytisch berechneten Wärmebilanz und des mit TRNSYS simulierten Temperaturverlaufes im Warmwasserspeicher unter Modellannahme idealer Durchmischung (idealer Rührkessel).....	44
Abbildung 3-5:	Temperaturverlauf eines solar beheizten Warmwasserspeichers für einen Tag mit einer Entladung, simuliert mit dem Programm TRNSYS.....	45
Abbildung 3-6:	Allgemeine integrale Bilanzierung einer verfahrenstechnischen Apparatur mit einem einstufigen Prozeß und externer Wärmezufuhr.....	46
Abbildung 3-7:	Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz einer Windkraftanlage.....	47
Abbildung 3-8:	Leistungscharakteristik der Windkraftanlage.....	48
Abbildung 3-9:	Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz einer Photovoltaikanlage.....	49
Abbildung 3-10:	Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz eines Flachkollektors.....	51
Abbildung 3-11:	Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz eines Motor-Blockheizkraftwerkes.....	52
Abbildung 3-12:	Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz der Absorptionskältemaschine (AKM) <sup>98</sup> .....	54
Abbildung 3-13:	Prinzipielle Darstellung der integralen Bilanz eines Speichers.....	56
Abbildung 3-14:	Entwicklungsstufen der Speicherentwicklung in Friedrichshafen. <sup>99</sup> .....	56
Abbildung 3-15:	Schaltschema BHKW Sandtorstraße GETEC AG Magdeburg. <sup>102</sup> .....	58
Abbildung 3-16:	Energiebilanz der Simulation für das Jahr 1999. <sup>102</sup> .....	59
Abbildung 3-17:	Energiebilanz der Messungen für das Jahr 1999. <sup>102</sup> .....	59
Abbildung 4-1:	Schematische Darstellung der Bilanzgrenzen.....	61
Abbildung 4-2:	Schematische Darstellung der lokalen Bilanz eines Energieversorgungssystems als Grundlage zur Aufstellung der Bilanzgleichungen.....	62
Abbildung 4-3:	Darstellung einer kumulierten Energie- und Materialbilanz zur Charakterisierung der globalen Bilanz.....	64

Abbildung 4-4:	Schematische Darstellung der Bilanzgrenzen eines Energieversorgungssystems als Grundlage zur Aufstellung der globalen Bilanzgleichungen. ....	65
Abbildung 4-5:	Exergiebilanz und Exergieströme eines stationär durchströmten Systems. <sup>103/109/110/111/115</sup> .....	76
Abbildung 5-1:	Wochenprofil der Erträge der Regenerativkomponenten Windkraft, Photovoltaik und Solarthermie sowie der Strom- und Wärmelieferung des Blockheizkraftwerkes als Ergebnis der Simulationen für das stromgeführte BHKW der Varianten 9 und 10 (Datenmaterial der 28. Kalenderwoche 1999). ....	91
Abbildung 5-2:	Tagesprofil der Erträge der Regenerativkomponenten Windkraft, Photovoltaik und Solarthermie sowie der Strom- und Wärmelieferung des Blockheizkraftwerkes als Ergebnis der Simulationen für das stromgeführte BHKW der Varianten 9 und 10 (Datenmaterial 6. Tag, Sonnabend, der 28. Kalenderwoche 1999). ....	91
Abbildung 5-3:	Primärenergiebedarf bestehend aus dem Brennstoffbedarf des Heizkessels und des Blockheizkraftwerkes sowie dem Strombezug bzw. der Netzeinspeisung (umgerechnet als Primärenergie, Nutzungsgrad 33 Prozent) für die Simulationsvarianten 1 bis 8. Die vier Säulen repräsentieren die Solarthermievarianten (Kollektorfelder mit einer Fläche von 0 m <sup>2</sup> , 2250m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> und 6750 m <sup>2</sup> ). ....	92
Abbildung 5-4:	Gesamter Brennstoffbedarf sowie der des Heizkessels für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit Netzkopplung (Simulationsvarianten 9 und 10; „ohne LSp“ bedeutet ohne Langzeitspeicher BHKW-Wärme). ....	93
Abbildung 5-5:	Gesamter Brennstoffbedarf sowie der des Heizkessels für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes bei autarker Elektrizitätsversorgung (Simulationsvariante 11; „ohne LSp“ bedeutet ohne Langzeitspeicher BHKW-Wärme). ....	94
Abbildung 5-6:	Vergleich des Brennstoffverbrauches der unterschiedlichen Anlagenkonfigurationen in Abhängigkeit der Versorgungsaufgabe und der Versorgungscharakteristik (a bis d) unter Beachtung des Einsatzes von Erdlangzeitspeichern für die BHKW-Wärme und der Einspeisung des BHKW-Stromes in das Elektrizitätsnetz. ....	96
Abbildung 5-7:	Spitzenlast des Heizkreises für die einzelnen Simulationsvarianten. ....	97
Abbildung 5-8:	Notwendige Ladekapazität der Batterie für die Var. (11) der autarken Elektrizitätsversorgung. ...	98
Abbildung 5-9:	Größe der Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme im Dauerbetrieb, für jede Variante ohne und mit 2250 m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> u. 6500 m <sup>2</sup> Solarthermie. ....	98
Abbildung 5-10:	Größe der Langzeitspeicher für d. BHKW-Wärme d. stromgeführten Betriebsweise (Simulationsvar. 9 und 10). ....	99
Abbildung 5-11:	Größe der Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme der stromgeführten Betriebsweise bei autarker Stromversorgung – ohne Elektrizitätsnetzkopplung (Simulationsvariante 11). ....	99
Abbildung 5-13:	Elektrizitätsversorgungsanteil des BHKW der Simulationsvarianten 10 und 11 sowie Entwicklung des BHKW Stromertrages und der Netzeinspeisung für die Simulationsvariante 10. ....	100
Abbildung 5-14:	Anteile der einzelnen Anlagenkomponenten an der Elektrizitätsversorgung für die wärmegeführte Betriebsweise des BHKW ohne zusätzliche Anlagenkomponenten sowie mit einer Windkraftanlage von 460 kW und einer Photovoltaikleistung von 459 kW <sub>p</sub> (zweite Säule jeder Variante). ....	101
Abbildung 5-15:	Deckung des Heizenergiebedarfes durch die Anlagenkomponenten für die Simulationsvarianten 1 bis 8 sowie für den Dauerbetrieb ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme, jede Variante ohne und mit 2250 m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> u. 6500 m <sup>2</sup> Solarthermie. ....	103
Abbildung 5-16:	Deckung des Heizenergiebedarfes durch die Anlagenkomponenten für die Simulationsvarianten 9 bis 11 mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme, für jede Variante ohne und mit 2250 m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> u. 6500 m <sup>2</sup> Solarthermie. ....	103
Abbildung 6-1:	Jahresnutzungsgrad des Blockheizkraftwerkes <i>ohne</i> und <i>mit</i> Erdlangzeitspeicher BHKW-Wärme (Var. 7-11) für jede Variante ohne und mit 2250 m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> u. 6500 m <sup>2</sup> Solarthermie. ....	104
Abbildung 6-2:	Energetische Bewertungsfaktoren mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme (Var. 7-11) sowie mit der berechneten Variante eines wärmegeführten Blockheizkraftwerkes mit Regenerativkomponenten zur Strombereitstellung („reg“=459kW <sub>p</sub> PV / 460 kW Wind). ....	106
Abbildung 6-3:	Nutzungsgrad <i>NGen-loB</i> nach der lokalen Bilanz für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit Erdlangzeitspeicher für die BHKW-Wärme (links) und ohne Erdlangzeitspeicher (rechts) für die Varianten 9b (hoher Heizenergiebedarf) und 10b (niedriger Heizenergiebedarf). ....	108
Abbildung 6-4:	Nutzungsgrad <i>NGen-loB</i> nach der lokalen Bilanz für die wärmegeführten Betriebsweise d. Blockheizkraftwerkes, Varianten 3b (hoher Heizenergiebed.) und 4b (niedriger Heizenergiebed.). ....	108

Abbildung 6-5:	Exergetische Bewertungsfaktoren mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme (Var. 7-11) sowie mit der berechneten Variante eines wärmegeführten Blockheizkraftwerkes mit Regenerativkomponenten zur Strombereitstellung („reg“=459kW <sub>p</sub> PV / 460 kW Wind). Die vier Punkte pro Var. repräsentieren die Simulationen ohne und mit Solarthermie (2250 m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> und 6750 m <sup>2</sup> ).	109
Abbildung 6-6:	Nutzungsgrad <i>NG<sub>ex-loB</sub></i> nach der lokalen Bilanz für die stromgeführte Betriebsweise des Blockheizkraftwerkes mit Erdlangzeitspeicher für die BHKW-Wärme (links) und ohne Erdlangzeitspeicher (rechts) für die Var. 9b (hoher Heizenergiebedarf) u. 10b (niedriger Heizenergiebedarf).	110
Abbildung 6-7:	Nutzungsgrad <i>NG<sub>en-loB</sub></i> nach der lokalen Bilanz für die wärmegeführten Betriebsweise	110
Abbildung 6-8:	Spezifische Wärmepreise sowie jährliche Gesamtkosten mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme (Var. 7-11) sowie mit der berechneten Variante eines wärmegeführten Blockheizkraftwerkes mit Regenerativkomponenten zur Strombereitstellung („reg“=459kW <sub>p</sub> PV / 460 kW Wind). Die vier Punkte pro Var. repräsentieren die Simulationen ohne und mit Solarthermie (2250 m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> und 6750 m <sup>2</sup> ).	113
Abbildung 6-9:	Veränderung der Wärmepreise mit und ohne Langzeitspeicher für die BHKW-Wärme in Bezug zur Referenzvarianten 1 und 2 ohne Solarthermie („reg“=459kW <sub>p</sub> PV / 460 kW Wind). Die vier Punkte pro Var. repräsentieren die Simulationen ohne und mit Solarthermie (2250 m <sup>2</sup> , 4500 m <sup>2</sup> und 6750 m <sup>2</sup> ).	114
Abbildung 6-10:	Änderung des Wärmepreises infolge unterschiedlicher Nutzungs- und somit Vermarktungsstrategien, d. h. Gegenüberstellung von Netzeinspeisung und dezentrale, autarke Nutzung (Direktvermarktung) für die Var. 11b mit einer Solarthermiefläche von 2250 m <sup>2</sup> .	115
Abbildung 6-11:	Änderung des Wärmepreises infolge unterschiedlicher Abschreibungszeiträume und Preisdynamik von Erdgas für die Var. 11b mit einer Solarthermiefläche von 2250 m <sup>2</sup> .	115
Abbildung 6-12:	Kumulierte Energiebilanz für die zusätzlichen Anlagenkomponenten, in bezug auf die Referenzvarianten (1 und 2), ohne WKA und PV sowie mit 460 kW WKA und 459 kW PV (entspricht der Abkürzung „reg“).	117
Abbildung 6-13:	Gesamte Kohlendioxidemissionen für die dezentrale Versorgung mit Elektrizität, Wärme und Kälte im Verhältnis zu den Referenzvarianten (1 und 2), ohne WKA und PV sowie mit 460 kW WKA und 459 kW PV (entspricht der Abkürzung „reg“).	118
Abbildung 7-1:	Kosten der Reduktion der Emission von Kohlendioxid [EURO/Tonne Kohlendioxid] für die dezentrale Versorgung Elektrizität, Wärme und Kälte im Vergleich mit den Referenzvarianten 1 und 2, ohne WKA und PV sowie mit 460 kW WKA u. 459 kW PV (entspr. d. Abkürzung „reg“).	122
Abbildung 7-2:	Kosten der Reduktion der Emission von Kohlendioxid [EURO/Tonne Kohlendioxid] für die dezentrale Versorgung Elektrizität, Wärme und Kälte der Varianten 4b, 10b u. 11b im Vergleich mit den Referenzvarianten (1 u. 2).	123

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1-1: Auswahl weiterer Langzeitszenarien der Energieversorgung.....	9
Tabelle 1-2: Solar unterstützte Nahwärmeprojekte.....	13
Tabelle 1-3: Ausgewählte Kraft-Wärme-Kopplungssysteme mit möglichen Energieträgern <sup>2/16/</sup> .....	14
Tabelle 1-4: Charakteristische Daten von Brennstoffzellen. <sup>57</sup> .....	16
Tabelle 2-1: Wohnfläche pro Einwohner in Abhängigkeit der Einwohnerzahl pro Gemeinde. <sup>68</sup> .....	22
Tabelle 2-2: Energieverbrauchsparameter des Bundeslandes Sachsen-Anhalt. ....	23
Tabelle 2-3: Energieverbrauchsparameter der definierten Verbrauchsstruktur.....	23
Tabelle 2-4: Allgemeine Darstellung der simulierten Varianten für die zu simulierenden dezentralen.....	33
Tabelle 2-5: Leistungsparameter der Systemkomponenten für die erste Heizungsvariante.....	34
Tabelle 3-1: Gewählte Parameter zum Vergleich von Simulation mit TRNSYS und Berechnung eines idealen Rührkessels.....	42
Tabelle 3-2: Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das <i>Type</i> der Windkraftanlage (Nr. 190) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.....	48
Tabelle 3-3: Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das <i>Type</i> der Photovoltaikanlage (Nr. 48a) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.....	50
Tabelle 3-4: Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das <i>Type 1a</i> der Solarthermieanlage (Nr. 1a) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.....	52
Tabelle 3-5: Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das <i>Type</i> des Blockheizkraftwerkes (Nr. 145) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.....	53
Tabelle 3-6: Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für das <i>Type</i> der Absorptionskältemaschine (Nr. 680) sowie deren Beschreibung und die Weitergabe des berechneten Datenoutputs.....	55
Tabelle 3-7: Wesentliche Grundeinstellungen im Programm TRNSYS für die übrigen <i>Types</i> .....	57
Tabelle 4-1: Die für die jeweilige Bilanz zu bilanzierende Größen.....	60
Tabelle 4-2: Gleichungen zur Berechnung des Nutzungsgrades in Abhängigkeit der Bilanzgrenzen./.....	69
Tabelle 4-3: Exergetische Kennzahlen zur Bewertung stationär durchströmter Systeme. <sup>110</sup> .....	77
Tabelle 4-4: Gegenüberstellung unterschiedlicher Ansätze zur Berechnung der chemischen Exergie technischer Brennstoffe.....	78
Tabelle 4-5: Energetische und Exergetische Jahressummen der Solarthermie. ....	79
Tabelle 4-6: Energetische und Exergetische Jahressummen des Heizkreises sowie der Klimakälte. ....	79
Tabelle 4-7: Spezifische kumulierte Material- und Energieverbräuche <sup>142/</sup> .....	83
Tabelle 4-8: Eigenschaften und Konzentrationen klimarelevanter Spurengase. <sup>146</sup> .....	87
Tabelle 4-9: Spezifische indirekte bzw. globale Schadstoffemissionen, berechnet anhand von Prozeßkettenanalysen. <sup>142</sup> .....	88
Tabelle 4-10: Spezifische direkte bzw. lokale Schadstoffemissionen, berechnet anhand von Prozeßkettenanalysen. <sup>142</sup> .....	88
Tabelle 4-11: Spezifische Investitionen einzelner Systemkomponenten.....	89
Tabelle 5-1.: Leistung des Heizkessels und Größe der Erdlangzeitspeicher für die Solarthermie.....	97

## *Lebenslauf*

Name: Andreas Lange  
Geburtsdatum: 12. Februar 1971  
Geburtsort: Berlin  
Familienstand: ledig

### **Schulbesuch:**

1977 bis 1987 Polytechnische Oberschule  
Berlin – Marzahn

### **Berufsausbildung:**

1987 bis 1989 Ausbildung zum Elektromonteur  
EA - Berlin, später ELPRO AG

### **Hochschulausbildung:**

1990 bis 1995 Otto - von - Guericke - Universität Magdeburg  
Studiengang: Verfahrenstechnik  
Vertiefung: Umwelttechnik

### **Berufstätigkeit:**

1995 bis 1997 Tätigkeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Otto – von –Guericke – Universität Magdeburg  
Institut für Apparate- und Umwelttechnik

1997 bis 2000 Tätigkeit als Wissenschaftlicher Mitarbeiter  
Fachhochschule Magdeburg – Stendal,  
Fachbereich Wasserwirtschaft

2001 bis 2003 Promotionsstipendiat an der  
Otto – von –Guericke – Universität Magdeburg  
Institut für Apparate- und Umwelttechnik

# **Einbindung von Solar- und Windkraft-Anlagen in dezentrale Energieversorgungssysteme**

## **Anhang**

### **Dissertation**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktoringenieur  
(Dr.-Ing.)**

Von Dipl.-Ing. Andreas Lange

geb. am 12. Februar 1971 in Berlin

genehmigt durch die Fakultät für Verfahrens- und Systemtechnik  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Käferstein,  
Institut für Apparate- und Umwelttechnik und Betreuer der Arbeit

Prof. Dr.-Ing. habil. Zbigniew Styczynski,  
Institut für Elektrische Energiesysteme

PD. Dr.-Ing. habil. Rüdiger Sonntag,  
Institut für Apparate- und Umwelttechnik

Promotionskolloquium am 10. Februar 2005

## *Inhaltsverzeichnis*

<b>SYMBOLVERZEICHNIS .....</b>	<b>II</b>
<b>ABSCHNITT 3.1 .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSCHNITT 5.3.1 .....</b>	<b>2</b>
<b>ABSCHNITT 5.3.2 .....</b>	<b>14</b>
<b>ABSCHNITT 5.4 .....</b>	<b>17</b>
<b>ABSCHNITT 6.1 .....</b>	<b>68</b>
<b>ABSCHNITT 6.2 .....</b>	<b>88</b>
<b>ABSCHNITT 6.3 .....</b>	<b>108</b>
<b>ABSCHNITT 6.4 .....</b>	<b>116</b>

## Symbolverzeichnis

Neben den allgemein gebräuchlichen chemischen und mathematischen Symbolen und Abkürzungen werden in der Arbeit folgende Formelzeichen und Abkürzungen verwendet:

### Formelzeichen

A	m <sup>2</sup>	Fläche
a	% -	Anteil einer Komponente an der Versorgung/ Annuitätsfaktor
A <sub>0</sub>	Euro	Investitionsbetrag
A <sub>N, K</sub>	Euro/a	Annuität der der kapitalgebundenen Auszahlungen
B	MJ/kg	Brennwert
ba	-	Preisdynamischer Annuitätsfaktor
c <sub>i</sub>	kmol/m <sup>3</sup>	Stoffkonzentration
c <sub>p</sub>	W h (kg K) <sup>-1</sup>	spezifische Wärmekapazität
E	kWh	Energie
$\dot{E}$	kW	Energiestrom
E <sub>x</sub>	kW	Exergie
$\dot{E}_x$	kW	Exergiestrom
f <sub>K</sub>	-	Instandsetzungsfaktor
F <sub>V</sub>	-	Variantenvergleichsfaktor
F <sub>V, E</sub>	-	Variantenvergleichsfaktor bezogen auf CO <sub>2</sub> -Emission
$\dot{F}$	kg/h	Flüssigkeitsmassenstrom
G	Menge/(Volumen Zeit)	Quellen
$\dot{G}$	kg/h	Gasmassenstrom
h/ H	W h/kg	spezifische-/ Enthalpie
$\dot{H}$	kW	Enthalpiestrom
H <sub>U</sub>	MJ/kg	Heizwert/ unterer Brennwert
k	W/m <sup>2</sup> K	spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient
k <sub>d</sub>	kWh/K	spezifischer Wärmedurchgangskoeffizient
KF	Euro/Tonne CO <sub>2</sub>	Kostenfaktor zur Einsparung von CO <sub>2</sub> -Emission
$\dot{M}$	kg/h	Massenstrom
n	-	Anzahl, Stückzahl...
P	W/ kW	elektrische- /mechanische Leistung
Q	kWh	Wärme
$\dot{Q}$	kW	Wärmestrom

q	-	Zinsfaktor
r	-	Preisänderungsfaktor
R <sub>w</sub>	Euro	Restwert
s/ S	W h/kg	spezifische-/ Entropie
T	K/ a	Temperatur/ Betrachtungszeitraum
t	h, min, s, d, a	Zeit
T <sub>N</sub>	a	Nutzungsdauer der Anlagenkomponente
U	kWh/kg	innere Energie
v/ V	m <sup>3</sup>	spezifisches-/ Volumen
$\dot{V}$	m <sup>3</sup> /h	Volumenstrom
W	kWh	Stromverbrauch
$\dot{W}$	kW	Stromverbraucherleistung

### ***Griechische Buchstaben***

$\alpha$	W/m <sup>2</sup> K	Wärmeübergangskoeffizient
$\beta$	kg/h	Stoffübergangskoeffizient
$\Gamma$	kg/kWh	Transportgröße/ spezifische Schadstoffemission
$\gamma$	m/s	Impulsübergangskoeffizient
$\delta_E$	kJ/kWh	Energieaufwandsfaktor
$\delta_{Ex}$	kJ/kWh	Exergieaufwandsfaktor
$\delta_M$	kg/kWh	Massenaufwandsfaktor
$\varepsilon$	kJ/kWh	Energieerntefaktor
$\eta$	%	Wirkungsgrad
$\lambda$	W/(m k) <sup>-1</sup>	Wärmeleitfähigkeit
$\nu$	%	Gütegrad
$\xi$	%	energetischer Nutzungsgrad
$\Pi$	kg/kWh	Emission des gesamten Energieversorgungssystem
$\rho$	kg/m	Dichte
$\upsilon$	°C	Temperatur
$\varphi$	kg	Schadstoffemission
$\chi$	a	Amortisationszeit
$\psi$	%	Nutzungsgrad nach lokalen Bilanz

## *Indizes*

a	außen
A	Output/ Aufwendungen/ Einzelanlage
Ag	Abgas
B	Brutto
bez	Bezug
Br	Brennstoff
d	day/ Tag
E	Input/ Energetisch
el	elektrisch
Ex	exergetisch
F	flüssig
FE	fossile Energieträger
G	gasförmig
g	gesamtes Energieversorgungssystem
h	Stunde/ stündlich
Hz	Heizung
irrev	irreversibel
K	Kessel
l	lokal/ dezentrale Verbraucher
M	Misch/ Masse
mech	mechanisch
N	Netto/ Nutzen
P	peak
PE	Primärenergie
PV	Photovoltaik
rück	Rücklauf
S	Gesamtsystem
ST	Solarthermie
t	technische
th	thermisch
TWW	Trinkwarmwasser
U / Umg	Umgebung
Verl / V	Verlust
vor	Vorlauf
WKA	Wärmeanlage

## *Abkürzungen*

a	Jahr
AGFW	Arbeitsgemeinschaft Fernwärme e.V.
AKM	Absorbtionskältemaschine
ARGE	ARGE-Solar e.V.
Aut	Autarke Stromversorgung
BE	Beschäftigter/ Arbeitsplatz
BEI	Bremer Energie Institut
BEWAG	Stadtwerke Berlin
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMFT	Bundesministerium für Forschung und Technologie
BMU	Bundesministerium für Umwelt
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BSp	Bereitschaftsspeicher
COPRA	Valentin GmbH Energiesoftware
d	Tag
DEWI	Deutsches Windenergie Institut
dg	Dauerfahrweise des BHKW
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.
EEA	Europäische Umwelt-Agentur
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EG	Europäische Gemeinschaft
EIA	Environmental Investigation Agency
EnEV	Energieeinsparverordnung
EU	Europäische Union
EW	Einwohner
EWI	Energiewirtschaftlichen Institut der Universität Köln
FhGISI	Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung
FNE	Fossil-Nuklearer Energiemix
fos	fossil
FZJ	Forschungszentrum Jülich
GuD	Gas und Dampfturbinen
HH	Haushalte

IAUT	Institut für Apparate und Umwelttechnik
IE	Institut für Energetik und Umwelt
IEA	Internationale Energieagentur
IER	Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
ISE	Institut für Solare Energiesysteme Freiburg
KEB	global kumulierte Energiebilanz
KExB	global kumulierte Exergiebilanz
KMB	global kumulierte Materialbilanz
KV	Kleinverbraucher
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
KWK-G	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
KWKK	Kraft-Wärme-Kältekopplung
LK	Ladepkapazität
loB	lokale Bilanz
LSp	Langzeitspeicher/ Saisonalspeicher
M	Motor
MATLAB	Softwarepaket
MCFC	Schmelzcarbonat Brennstoffzelle
mg	Mischfahrweise des BHKW
min	Minute
NGen	energetischer Nutzungsgrad
NK	Netzkopplung
NMVOC	leicht flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
PAFC	Phosphorsäure Brennstoffzelle
PE	primär Energie
PEM	Polymer-Elektrolyte-Membran
ProBas	Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement Instrumente
PSp	Pufferspeicher
PV	Photovoltaik
REF	Referenzszenario
s	Sekunde
S.-A.	Sachsen-Anhalt
sg	Stromgeführte Betriebsweise des BHKW

SOFC	Festoxid Brennstoffzelle
ST	Solarthermie
TOPP	tropospheric ozone precursor potential
TRNSYS	Transient System Simulation Program
UBA	Umweltbundesamt
UNO	Vereinte Nationen
UWE	Umwandlungseffizienz
Var	Variante
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband deutscher Maschinen und Anlagenbau
VP	Verbrauchsprofil
WEC	World Environment Center
wg	Wärmegeführte Betriebsweise des BHKW
WI	Klima Umwelt Energie
WI	Wuppertal Institut
WKA	Windkraftanlage
WR	Wissenschaftsrat
WSF	Wirbelschichtfeuerung
WW	Warmwasser
ZfS	Rationelle Energietechnik GmbH
ZSW	Zentrum für Sozialforschung und Wissenschaftsdidaktik

## Anhang Abschnitt 3.2

Vollständige analytische Lösung der inhomogenen linearen Differentialgleichung für den zweiten Teilbereich (Tagesminuten  $t = 495$  bis  $945$ ), wo gegenüber den ersten und dritten Teilbereichen neben der Funktion der Außentemperatur eine Funktion der Eintrittstemperatur  $T_E$ , die durch das Kollektorfeld bereitgestellt wurde, berücksichtigt werden musste. Die Integrationskonstante  $C$  ergibt sich aus folgender Randbedingung:

$$T(t = 495) = 68,29^\circ\text{C}.$$

$$T_A(t) = e^{-\left(\frac{\dot{V}}{V} \cdot t\right)} \cdot \left[ C + \frac{V}{\dot{V} + FZ \cdot V} \cdot \left[ \begin{aligned} & \frac{V^2 \cdot \dot{V} \cdot Ke}{(\dot{V} + FZ \cdot V)^3} \cdot (e^{(\Omega \cdot t)} \cdot \Omega^3 \cdot t^3 - 3 e^{(\Omega \cdot t)} \cdot \Omega^2 \cdot t^2 + 6 \Omega \cdot t \cdot e^{(\Omega \cdot t)} - 6 \cdot e^{(\Omega \cdot t)}) \\ & + \frac{\dot{V} \cdot V \cdot Kf}{(\dot{V} + FZ \cdot V)^2} \cdot (e^{(\Omega \cdot t)} \cdot \Omega^2 \cdot t^2 - 2 \cdot \Omega \cdot t \cdot e^{(\Omega \cdot t)} + 2 \cdot e^{(\Omega \cdot t)}) \\ & + \frac{\dot{V} \cdot Kg}{\dot{V} + FZ \cdot V} \cdot (\Omega \cdot t \cdot e^{(\Omega \cdot t)} - e^{(\Omega \cdot t)}) + \frac{e^{(\Omega \cdot t)} \cdot \dot{V} \cdot Kh}{V} \\ & + \frac{FZ \cdot Ka \cdot V^3}{(\dot{V} + FZ \cdot V)^3} \cdot (e^{(\Omega \cdot t)} \cdot \Omega^3 \cdot t^3 - 3 e^{(\Omega \cdot t)} \cdot \Omega^2 \cdot t^2 + 6 \Omega \cdot t \cdot e^{(\Omega \cdot t)} - 6 \cdot e^{(\Omega \cdot t)}) \\ & + \frac{FZ \cdot Kb \cdot V^2}{(\dot{V} + FZ \cdot V)^2} \cdot (e^{(\Omega \cdot t)} \cdot \Omega^2 \cdot t^2 - 2 \Omega \cdot t \cdot e^{(\Omega \cdot t)} + 2 e^{(\Omega \cdot t)}) + \frac{FZ \cdot Kc \cdot V}{\dot{V} + FZ \cdot V} \cdot (\Omega \cdot t \cdot e^{(\Omega \cdot t)} - e^{(\Omega \cdot t)}) \\ & + e^{(\Omega \cdot t)} \cdot FZ \cdot Kd \end{aligned} \right] \right]$$

mit  $\Omega = \frac{\dot{V} + FZ \cdot V}{V}$  und  $FZ = -\frac{k \cdot A}{c_p \cdot \rho}$  sowie den Konstanten  $k_a \dots k_h$  (siehe Text Abschnitt 3)

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvarianten 1 bis 8																
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]																
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0				2250				4500				6750			
1a	7559.81	6685.51	6002.32	5275.76	5a	9548.74	8326.11	7565.76	6731.14							
1b	7905.06	6964.83	6291.67	6291.67	5b	10247.33	8951.45	7864.87	7864.87							
2a	2940.78	2103.19	1508.42	903.34	6a	4811.65	3522.41	2756.75	2009.68							
2b	3103.38	2216.78	1715.17	1116.14	6b	5296.23	3808.50	2978.25	2245.86							
3a	10645.20	9348.54	8420.41	7487.34	7a	12234.52	11568.16	11036.65	10427.57							
3b	11412.17	10015.70	8808.86	8808.86	7b	12543.54	11798.79	11266.12	11266.12							
4a	5481.82	4052.85	3110.73	2156.51	8a	8898.29	8904.52	8880.12	8870.91							
4b	5921.25	4341.11	3416.67	2507.86	8b	8890.81	8915.28	8897.32	8875.13							
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]																
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0				2250				4500				6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	4246.44	3453.92	3217.53	2938.14							
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	4819.69	4023.92	3274.08	3274.08							
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	3930.64	2898.97	2421.78	1956.79							
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	4403.78	3159.08	2498.62	2083.95							
3a	6549.42	5605.36	5033.36	4499.50	7a	8870.06	8870.08	8870.14	8870.11							
3b	7290.22	6224.94	5260.33	5260.33	7b	8870.31	8870.06	8870.11	8870.11							
4a	5323.64	3983.42	3090.61	2140.28	8a	8869.72	8870.81	8870.89	8870.78							
4b	5762.81	4254.31	3372.81	2506.20	8b	8869.78	8870.83	8870.86	8870.86							
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]																
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0				2250				4500				6750			
1a	7559.81	6685.51	6002.32	5275.76	5a	5302.29	4872.19	4348.23	3793.00							
1b	7905.06	6964.83	6291.67	6291.67	5b	5427.64	4927.53	4590.78	4590.78							
2a	2940.78	2103.19	1508.42	903.34	6a	881.01	623.44	334.97	52.89							
2b	3103.38	2216.78	1715.17	1116.14	6b	892.45	649.41	479.63	161.91							
3a	4095.78	3743.18	3387.05	2987.84	7a	3364.47	2698.08	2166.51	1557.46							
3b	4121.95	3790.76	3548.53	3548.53	7b	3673.24	2928.73	2396.01	2396.01							
4a	158.18	69.44	20.12	16.22	8a	28.56	33.71	9.23	0.13							
4b	158.44	86.81	43.86	1.67	8b	21.04	44.44	26.46	4.27							
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]																
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0				2250				4500				6750			
1a	6610.31	6400.04	5770.41	5058.96	5a	5302.28	4872.08	4348.08	3792.87							
1b	6610.31	6566.03	6057.50	6057.50	5b	5380.72	4925.72	4589.55	4589.55							
2a	1991.28	1818.74	1275.81	687.77	6a	880.98	623.31	334.83	52.77							
2b	1991.28	1930.30	1484.88	903.52	6b	892.21	649.29	479.46	161.73							
3a	4095.75	3743.06	3386.90	2987.71	7a	3364.41	2697.95	2166.35	1557.33							
3b	4117.89	3790.64	3547.62	3547.62	7b	3660.80	2928.19	2395.04	2395.04							
4a	158.12	69.29	19.95	16.10	8a	28.50	33.58	9.08	0.00							
4b	158.39	86.68	43.70	1.51	8b	20.98	44.31	26.30	4.10							
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]																
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0				2250				4500				6750			
1a	949.50	285.47	231.91	216.80	5a	0.02	0.11	0.15	0.13							
1b	949.50	283.65	232.15	232.15	5b	0.02	0.13	0.14	0.14							
2a	949.50	284.45	232.61	215.57	6a	0.03	0.13	0.14	0.12							
2b	949.50	283.04	230.21	212.54	6b	0.03	0.12	0.14	0.15							
3a	0.03	0.12	0.15	0.12	7a	0.05	0.13	0.16	0.14							
3b	0.03	0.12	0.16	0.16	7b	0.06	0.13	0.15	0.15							
4a	0.06	0.14	0.16	0.12	8a	0.06	0.13	0.15	0.13							
4b	0.06	0.13	0.14	0.14	8b	0.05	0.13	0.14	0.15							
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]																
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0				2250				4500				6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	0.00	0.00	0.00							
1b	345.25	115.15	2.01	2.01	5b	46.90	1.68	1.09	1.09							
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	0.00	0.00	0.00							
2b	162.61	3.45	0.08	0.08	6b	0.22	0.00	0.03	0.03							
3a	0.00	0.00	0.00	0.00	7a	0.00	0.00	0.00	0.00							
3b	4.03	0.00	0.75	0.75	7b	12.38	0.42	0.82	0.82							
4a	0.00	0.00	0.00	0.00	8a	0.00	0.00	0.00	0.00							
4b	0.00	0.00	0.02	0.02	8b	0.00	0.00	0.02	0.02							

### Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 9a						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a					2250 m <sup>2</sup> ST				
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]											Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460			
0	10119.90	9886.30	9668.67	9495.96	9365.86		9413.91	9166.50	8978.94	8788.65	8650.40									
51	10022.08	9795.23	9582.98	9424.56	9279.35		9309.34	9084.44	8875.07	8701.49	8603.04									
102	9936.68	9709.94	9506.69	9333.96	9214.34		9216.47	9005.00	8778.22	8657.59	8511.90									
153	9839.92	9616.33	9411.75	9265.57	9134.29		9148.17	8896.71	8737.60	8562.53	8423.59									
204	9753.03	9532.67	9339.49	9189.33	9074.47		9043.42	8818.64	8641.56	8477.66	8358.94									
255	9670.67	9459.51	9274.55	9132.48	9028.95		8951.13	8769.14	8563.28	8413.40	8300.73									
306	9605.36	9407.12	9221.21	9099.07	8980.06		8884.62	8698.02	8502.09	8371.56	8256.36									
357	9551.81	9358.15	9181.73	9055.26	8941.91		8863.44	8643.15	8459.45	8329.23	8221.41									
408	9509.63	9315.07	9160.05	9018.92	8913.67		8809.37	8595.96	8429.04	8290.58	8195.48									
459	9482.13	9284.56	9125.05	8989.40	8890.75		8765.36	8560.70	8395.83	8264.22	8166.65									
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]											Brennstoffbedarf BHKW [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460			
0	5033.19	4586.22	4173.33	3838.33	3572.50		5080.94	4629.22	4215.42	3877.00	3608.31									
51	4876.31	4430.58	4018.56	3693.08	3433.72		4918.78	4469.11	4058.19	3729.08	3469.36									
102	4720.94	4273.75	3867.89	3550.78	3299.06		4764.17	4314.97	3907.25	3588.44	3334.83									
153	4554.39	4111.17	3716.67	3412.22	3173.28		4597.17	4152.33	3755.83	3448.67	3207.42									
204	4396.14	3962.36	3581.22	3289.44	3061.22		4437.39	4000.11	3618.92	3324.39	3093.42									
255	4248.72	3829.17	3465.28	3184.14	2965.58		4289.17	3866.33	3499.86	3216.06	2995.03									
306	4129.33	3723.47	3371.39	3100.61	2888.03		4163.28	3757.56	3402.75	3128.72	2916.19									
357	4032.69	3638.03	3295.33	3031.56	2825.44		4066.56	3669.83	3324.89	3059.39	2851.28									
408	3951.19	3566.47	3231.83	2974.47	2771.92		3983.39	3596.39	3259.81	2999.94	2796.72									
459	3882.58	3505.39	3177.42	2923.94	2725.81		3912.31	3532.47	3203.61	2948.39	2749.33									
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]											Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460			
0	5086.71	5300.08	5495.33	5657.63	5793.36		4332.96	4537.28	4763.52	4911.65	5042.10									
51	5145.78	5364.65	5564.43	5731.48	5845.63		4390.57	4615.33	4816.87	4972.41	5133.68									
102	5215.74	5436.19	5638.80	5783.19	5915.29		4452.30	4690.03	4870.97	5069.14	5177.07									
153	5285.53	5505.17	5695.09	5853.35	5961.01		4551.00	4744.38	4981.76	5113.86	5216.18									
204	5356.89	5570.30	5758.27	5899.89	6013.25		4606.03	4818.52	5022.65	5157.27	5265.52									
255	5421.95	5630.34	5809.28	5948.34	6063.37		4661.96	4902.81	5063.42	5197.34	5305.70									
306	5476.02	5683.65	5849.82	5998.46	6092.03		4721.35	4940.46	5099.34	5242.84	5340.16									
357	5519.12	5720.12	5886.39	6023.71	6116.47		4796.88	4973.31	5134.56	5269.84	5370.13									
408	5558.44	5748.60	5928.22	6044.45	6141.75		4825.99	4999.57	5169.23	5290.64	5398.76									
459	5599.54	5779.17	5947.63	6065.46	6164.94		4853.06	5028.22	5192.21	5315.83	5417.32									
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]											Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460			
0	5086.69	5300.06	5495.31	5654.01	5784.51		4332.82	4537.15	4763.38	4910.23	5039.27									
51	5145.76	5364.63	5564.37	5727.55	5836.89		4390.43	4615.19	4816.75	4970.91	5130.50									
102	5215.71	5436.17	5638.70	5779.10	5905.86		4452.16	4689.89	4870.83	5067.58	5173.81									
153	5285.51	5505.14	5694.92	5849.30	5950.85		4550.86	4744.23	4981.62	5112.27	5212.70									
204	5356.87	5570.28	5758.09	5895.62	6002.61		4605.89	4818.38	5022.50	5151.69	5261.86									
255	5421.93	5630.32	5809.09	5943.49	6051.60		4661.83	4902.67	5063.26	5195.75	5301.79									
306	5476.00	5683.62	5849.62	5992.87	6079.99		4721.20	4940.33	5099.19	5241.23	5336.20									
357	5519.10	5720.10	5886.05	6017.79	6104.22		4796.76	4973.18	5134.40	5268.22	5366.10									
408	5558.42	5748.57	5927.81	6038.53	6128.66		4825.85	4999.44	5169.07	5289.01	5394.66									
459	5599.52	5779.15	5947.16	6059.08	6151.30		4852.92	5028.09	5192.05	5314.21	5413.17									
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]											Brennstoff Nachh. TWW [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460			
0	0.02	0.02	0.02	3.62	8.85		0.14	0.13	0.14	1.42	2.83									
51	0.02	0.02	0.06	3.93	8.74		0.14	0.14	0.12	1.50	3.18									
102	0.02	0.02	0.11	4.09	9.43		0.14	0.14	0.14	1.57	3.26									
153	0.02	0.02	0.17	4.05	10.16		0.14	0.14	0.14	1.59	3.48									
204	0.02	0.02	0.17	4.26	10.64		0.14	0.14	0.15	1.59	3.67									
255	0.02	0.02	0.19	4.85	11.76		0.13	0.13	0.15	1.60	3.91									
306	0.03	0.02	0.20	5.59	12.04		0.15	0.13	0.15	1.61	3.96									
357	0.02	0.02	0.35	5.92	12.25		0.12	0.14	0.16	1.63	4.04									
408	0.02	0.03	0.40	5.92	13.10		0.14	0.14	0.16	1.63	4.09									
459	0.02	0.02	0.47	6.38	13.64		0.14	0.14	0.17	1.62	4.15									
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]											Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 9a		4500 m² ST					Simulationsvar. 9a		6750 m² ST				
		Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]							Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		8780.39	8541.38	8324.28	8151.26	7996.49		8142.22	7884.51	7668.62	7480.42	7349.49	
51		8690.19	8445.29	8243.40	8056.13	7962.96		8035.47	7813.06	7570.37	7411.87	7258.80	
102		8584.59	8380.53	8141.64	8023.29	7865.30		7944.09	7705.61	7492.92	7316.70	7176.97	
153		8533.38	8265.55	8047.33	7920.16	7782.32		7857.44	7611.62	7408.93	7235.18	7113.73	
204		8415.18	8172.49	8004.67	7835.73	7703.45		7754.29	7523.61	7312.22	7160.39	7054.98	
255		8313.85	8134.27	7919.55	7763.21	7651.47		7660.96	7443.92	7243.37	7115.36	6976.82	
306		8240.89	8059.96	7853.15	7714.39	7598.32		7602.99	7376.57	7189.43	7050.48	6932.80	
357		8224.63	7995.05	7809.76	7670.71	7561.77		7544.72	7317.91	7162.64	7002.70	6891.60	
408		8167.90	7946.14	7778.32	7634.23	7528.22		7483.55	7280.94	7114.07	6965.94	6860.16	
459		8120.32	7909.63	7740.47	7612.11	7503.15		7439.71	7249.42	7073.68	6931.36	6834.15	
		Brennstoffbedarf BHKW [MWh]							Brennstoffbedarf BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		5130.33	4675.72	4254.06	3919.86	3647.69		5177.58	4715.47	4298.39	3955.47	3683.78	
51		4964.14	4512.08	4100.33	3767.11	3507.06		5005.92	4554.14	4138.03	3804.53	3541.39	
102		4808.36	4358.39	3947.14	3626.83	3371.42		4848.00	4396.22	3983.92	3661.83	3404.97	
153		4643.42	4196.47	3791.61	3485.14	3241.53		4682.81	4233.58	3831.89	3519.39	3273.89	
204		4483.42	4040.92	3655.86	3358.97	3126.03		4522.78	4080.50	3692.39	3392.36	3158.75	
255		4332.67	3906.72	3534.39	3247.92	3024.78		4371.08	3942.50	3568.47	3281.22	3056.08	
306		4201.03	3794.22	3434.97	3158.28	2944.31		4240.75	3828.53	3467.28	3190.39	2973.00	
357		4103.83	3702.75	3353.64	3087.69	2878.14		4137.36	3736.14	3385.36	3116.17	2905.47	
408		4018.56	3628.06	3288.89	3026.89	2822.36		4050.56	3658.92	3317.67	3054.06	2848.31	
459		3944.89	3561.89	3230.19	2973.92	2774.04		3976.17	3592.67	3258.58	3000.17	2797.72	
		Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]							Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		3650.06	3865.66	4070.22	4231.40	4348.80		2964.64	3169.04	3370.23	3524.95	3665.71	
51		3726.05	3933.21	4143.06	4289.02	4455.91		3029.55	3258.92	3432.34	3607.34	3717.41	
102		3776.23	4022.15	4194.50	4396.46	4493.88		3096.09	3309.39	3509.00	3654.87	3772.00	
153		3889.96	4069.08	4255.72	4435.02	4540.79		3174.64	3378.03	3577.04	3715.79	3839.84	
204		3931.76	4131.57	4348.81	4476.76	4577.42		3231.52	3443.11	3619.83	3768.03	3896.23	
255		3981.18	4227.55	4385.16	4515.29	4626.70		3289.88	3501.42	3674.90	3834.14	3920.73	
306		4039.86	4265.74	4418.18	4556.11	4654.02		3362.24	3548.05	3722.15	3860.09	3959.80	
357		4120.80	4292.30	4456.12	4583.01	4683.63		3407.36	3581.77	3777.28	3886.53	3986.13	
408		4149.34	4318.08	4489.43	4607.34	4705.86		3433.00	3622.02	3796.40	3911.88	4011.86	
459		4175.43	4347.74	4510.27	4638.20	4729.11		3463.54	3656.76	3815.10	3931.19	4036.43	
		Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]							Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		3649.91	3865.51	4070.07	4230.36	4347.10		2964.53	3168.93	3370.12	3524.82	3665.30	
51		3725.90	3933.06	4142.91	4287.84	4454.09		3029.44	3258.81	3432.23	3607.13	3716.93	
102		3776.08	4022.00	4194.36	4395.17	4492.08		3095.98	3309.28	3508.89	3654.74	3771.39	
153		3889.82	4068.93	4255.56	4433.71	4538.95		3174.53	3377.92	3576.93	3715.61	3839.02	
204		3931.62	4131.42	4348.66	4475.41	4575.50		3231.41	3443.00	3619.72	3767.66	3895.60	
255		3981.04	4227.40	4385.02	4513.95	4624.70		3289.76	3501.31	3674.79	3833.88	3920.05	
306		4039.71	4265.60	4418.04	4554.76	4652.00		3362.13	3547.93	3722.04	3859.67	3958.96	
357		4120.66	4292.17	4455.97	4581.66	4681.58		3407.25	3581.65	3777.16	3886.06	3985.17	
408		4149.20	4317.94	4489.28	4605.99	4703.75		3432.89	3621.90	3796.28	3911.33	4010.83	
459		4175.28	4347.59	4510.12	4636.86	4726.91		3463.43	3656.63	3814.97	3930.59	4035.36	
		Brennstoff Nachh. TWW [MWh]							Brennstoff Nachh. TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.14	0.15	0.15	1.04	1.69		0.12	0.11	0.11	0.13	0.41	
51		0.14	0.15	0.15	1.18	1.82		0.12	0.11	0.11	0.22	0.48	
102		0.14	0.15	0.14	1.29	1.80		0.11	0.11	0.11	0.13	0.61	
153		0.14	0.15	0.15	1.31	1.84		0.11	0.11	0.11	0.18	0.83	
204		0.14	0.15	0.14	1.35	1.92		0.11	0.11	0.11	0.37	0.63	
255		0.14	0.14	0.14	1.34	2.00		0.11	0.11	0.11	0.26	0.68	
306		0.15	0.14	0.14	1.36	2.02		0.11	0.12	0.11	0.42	0.84	
357		0.14	0.14	0.15	1.35	2.05		0.11	0.12	0.12	0.47	0.96	
408		0.14	0.14	0.15	1.35	2.11		0.11	0.12	0.12	0.55	1.02	
459		0.15	0.15	0.15	1.34	2.20		0.12	0.13	0.12	0.60	1.07	
		Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]							Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
102		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
153		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
204		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
255		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
306		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
357		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
408		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
459		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 9b					0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b					2250 m <sup>2</sup> ST				
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]										Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	10432.96	10200.43	10000.50	9825.60	9682.09		9619.08	9438.19	9193.00	9019.02	8869.78		9619.08	9438.19	9193.00	9019.02	8869.78		
51	10340.06	10112.93	9920.30	9741.01	9603.09		9536.37	9323.13	9093.93	8923.21	8791.69		9536.37	9323.13	9093.93	8923.21	8791.69		
102	10250.55	10043.42	9823.67	9658.87	9527.10		9478.40	9218.27	9003.14	8842.69	8708.97		9478.40	9218.27	9003.14	8842.69	8708.97		
153	10178.32	9947.54	9736.70	9579.53	9457.87		9359.00	9125.87	8921.04	8758.55	8632.18		9359.00	9125.87	8921.04	8758.55	8632.18		
204	10092.64	9858.48	9659.92	9511.60	9401.08		9261.91	9034.98	8832.48	8690.14	8568.36		9261.91	9034.98	8832.48	8690.14	8568.36		
255	10001.20	9782.44	9594.38	9457.42	9352.67		9172.79	8955.75	8766.18	8620.64	8520.68		9172.79	8955.75	8766.18	8620.64	8520.68		
306	9931.01	9721.77	9545.83	9416.51	9314.66		9101.71	8894.59	8711.23	8584.94	8467.10		9101.71	8894.59	8711.23	8584.94	8467.10		
357	9875.49	9672.88	9508.08	9382.93	9283.21		9048.68	8848.79	8664.46	8538.37	8428.61		9048.68	8848.79	8664.46	8538.37	8428.61		
408	9827.52	9636.27	9477.36	9354.79	9256.91		8996.23	8803.53	8645.03	8504.54	8395.77		8996.23	8803.53	8645.03	8504.54	8395.77		
459	9789.71	9606.91	9450.91	9330.22	9234.08		8964.44	8771.27	8610.84	8471.64	8373.50		8964.44	8771.27	8610.84	8471.64	8373.50		
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]										Brennstoffbedarf BHKW [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5042.17	4596.94	4184.06	3847.89	3581.50		5078.39	4627.58	4214.92	3876.97	3608.50		5078.39	4627.58	4214.92	3876.97	3608.50		
51	4885.75	4441.22	4028.53	3702.00	3443.31		4915.06	4469.94	4056.83	3728.67	3469.53		4915.06	4469.94	4056.83	3728.67	3469.53		
102	4732.58	4284.53	3877.83	3560.86	3308.94		4761.81	4314.86	3906.36	3587.78	3332.81		4761.81	4314.86	3906.36	3587.78	3332.81		
153	4565.83	4121.75	3726.42	3420.94	3181.36		4596.33	4152.11	3754.44	3445.61	3204.94		4596.33	4152.11	3754.44	3445.61	3204.94		
204	4406.00	3971.72	3590.64	3297.78	3069.25		4435.69	3999.69	3616.19	3320.75	3090.50		4435.69	3999.69	3616.19	3320.75	3090.50		
255	4258.50	3837.22	3472.50	3191.56	2972.08		4287.06	3863.03	3495.11	3211.47	2991.03		4287.06	3863.03	3495.11	3211.47	2991.03		
306	4135.33	3730.44	3377.25	3105.78	2894.11		4158.31	3751.89	3397.28	3123.83	2910.86		4158.31	3751.89	3397.28	3123.83	2910.86		
357	4037.44	3643.19	3300.36	3035.67	2829.61		4060.06	3663.64	3317.61	3052.19	2844.89		4060.06	3663.64	3317.61	3052.19	2844.89		
408	3955.75	3570.89	3236.53	2978.33	2775.96		3975.75	3589.31	3252.69	2992.92	2790.08		3975.75	3589.31	3252.69	2992.92	2790.08		
459	3886.53	3509.81	3181.28	2927.19	2730.21		3903.92	3525.31	3195.64	2940.72	2742.52		3903.92	3525.31	3195.64	2940.72	2742.52		
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]										Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5390.79	5603.48	5816.44	5977.71	6100.59		4540.69	4810.61	4978.08	5142.04	5261.28		4540.69	4810.61	4978.08	5142.04	5261.28		
51	5454.31	5671.71	5891.78	6039.01	6159.79		4621.32	4853.19	5037.10	5194.55	5322.17		4621.32	4853.19	5037.10	5194.55	5322.17		
102	5517.97	5758.90	5945.83	6098.01	6218.16		4716.60	4903.41	5096.78	5254.91	5376.17		4716.60	4903.41	5096.78	5254.91	5376.17		
153	5612.48	5825.79	6010.28	6158.58	6276.51		4762.67	4973.75	5166.59	5312.93	5427.24		4762.67	4973.75	5166.59	5312.93	5427.24		
204	5686.64	5886.76	6069.28	6213.82	6331.83		4826.22	5035.29	5216.29	5369.39	5477.86		4826.22	5035.29	5216.29	5369.39	5477.86		
255	5742.70	5945.22	6121.88	6265.86	6380.59		4885.73	5092.72	5271.06	5409.16	5529.65		4885.73	5092.72	5271.06	5409.16	5529.65		
306	5795.68	5991.32	6168.58	6310.73	6420.55		4943.41	5142.70	5313.95	5461.11	5556.24		4943.41	5142.70	5313.95	5461.11	5556.24		
357	5838.05	6029.68	6207.72	6347.26	6453.60		4988.62	5185.15	5346.85	5486.17	5583.72		4988.62	5185.15	5346.85	5486.17	5583.72		
408	5871.77	6065.39	6240.84	6376.45	6480.95		5020.48	5214.22	5392.34	5511.62	5605.69		5020.48	5214.22	5392.34	5511.62	5605.69		
459	5903.18	6097.11	6269.63	6403.02	6503.87		5060.52	5245.96	5415.20	5530.92	5630.98		5060.52	5245.96	5415.20	5530.92	5630.98		
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]										Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5357.36	5551.08	5739.37	5873.58	5974.03		4534.67	4804.68	4970.32	5133.42	5246.65		4534.67	4804.68	4970.32	5133.42	5246.65		
51	5408.71	5601.45	5793.46	5917.44	6015.72		4613.62	4845.78	5028.01	5182.36	5305.79		4613.62	4845.78	5028.01	5182.36	5305.79		
102	5456.55	5670.37	5833.47	5959.83	6057.28		4710.27	4893.83	5087.28	5241.79	5357.42		4710.27	4893.83	5087.28	5241.79	5357.42		
153	5531.83	5719.28	5879.69	6002.17	6098.22		4753.98	4964.03	5155.88	5299.23	5409.44		4753.98	4964.03	5155.88	5299.23	5409.44		
204	5585.94	5762.75	5922.50	6041.81	6135.14		4813.83	5022.87	5201.81	5354.00	5458.91		4813.83	5022.87	5201.81	5354.00	5458.91		
255	5625.89	5805.36	5960.61	6077.08	6165.94		4873.79	5080.49	5259.15	5391.95	5510.25		4873.79	5080.49	5259.15	5391.95	5510.25		
306	5665.50	5839.86	5994.61	6107.44	6191.69		4929.97	5126.58	5299.07	5446.49	5535.03		4929.97	5126.58	5299.07	5446.49	5535.03		
357	5698.11	5868.92	6022.25	6131.81	6212.92		4976.35	5172.01	5330.89	5470.54	5559.94		4976.35	5172.01	5330.89	5470.54	5559.94		
408	5724.56	5896.17	6045.78	6151.44	6229.47		5005.41	5201.80	5380.00	5494.36	5580.65		5005.41	5201.80	5380.00	5494.36	5580.65		
459	5749.00	5919.47	6065.56	6169.33	6242.72		5042.90	5231.71	5402.54	5511.40	5605.20		5042.90	5231.71	5402.54	5511.40	5605.20		
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]										Brennstoff Nachh. TWW [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.02	0.02	0.06	6.48	11.46		0.13	0.14	0.15	1.67	3.51		0.13	0.14	0.15	1.67	3.51		
51	0.02	0.02	0.10	6.63	11.74		0.16	0.16	0.14	1.70	3.71		0.16	0.16	0.14	1.70	3.71		
102	0.02	0.02	0.36	6.78	12.11		0.15	0.14	0.16	1.73	3.88		0.15	0.14	0.16	1.73	3.88		
153	0.02	0.02	0.43	7.03	12.49		0.14	0.17	0.19	1.71	4.22		0.14	0.17	0.19	1.71	4.22		
204	0.02	0.02	0.45	7.31	13.06		0.16	0.14	0.20	1.78	4.37		0.16	0.14	0.20	1.78	4.37		
255	0.02	0.02	0.47	7.55	13.65		0.14	0.15	0.23	1.79	4.52		0.14	0.15	0.23	1.79	4.52		
306	0.02	0.03	0.49	7.81	14.30		0.14	0.16	0.23	1.80	4.62		0.14	0.16	0.23	1.80	4.62		
357	0.02	0.02	0.52	8.18	14.94		0.16	0.14	0.23	1.81	4.67		0.16	0.14	0.23	1.81	4.67		
408	0.02	0.02	0.51	8.38	15.60		0.14	0.16	0.29	1.83	4.68		0.14	0.16	0.29	1.83	4.68		
459	0.02	0.02	0.58	8.70	16.25		0.15	0.14	0.28	1.91	4.83		0.15	0.14	0.28	1.91	4.83		
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]										Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	33.42	52.38	77.01	97.64	115.10		5.89	5.78	7.61	6.96	11.12		5.89	5.78	7.61	6.96	11.12		
51	45.58	70.24	98.21	114.94	132.33		7.55	7.24	8.95	10.49	12.68		7.55	7.24	8.95	10.49	12.68		
102	61.40	88.50	112.00	131.39	148.76		6.18	9.44	9.35	11.39	14.87		6.18	9.44	9.35	11.39	14.87		
153	80.63	106.49	130.16	149.38	165.80		8.54	9.56	10.53	11.99	13.58		8.54	9.56	10.53	11.99	13.58		
204	100.68	123.99	146.33	164.71	183.63		12.24	12.28	14.28	13.61	14.58		12.24	12.28	14.28	13.61	14.58		
255	116.79	139.83	160.80	181.22	200.99		11.80	12.09	11.69	15.42	14.89		11.80	12.09	11.69	15.42	14.89		
306	130.16	151.44	173.48	195.48	214.55		13.29	15.96	14.66	12.82	16.60		13.29	15.96	14.66	12.82	16.60		
357	139.92	160.74	184.95	207.28															

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 9b		4500 m² ST					Simulationsvar. 9b		6750 m² ST				
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]							Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	9068.37	8821.93	8623.05	8421.50	8279.55		8402.08	8185.31	7962.02	7783.93	7636.14		
51	8957.93	8762.37	8513.31	8338.26	8241.50		8319.32	8080.24	7873.01	7697.30	7554.32		
102	8868.73	8647.81	8423.47	8297.82	8142.16		8213.96	7994.12	7781.84	7611.77	7506.81		
153	8798.30	8537.26	8379.81	8191.22	8050.37		8124.23	7908.43	7692.99	7565.55	7409.20		
204	8683.74	8511.14	8274.28	8103.92	7984.70		8032.99	7809.25	7615.59	7468.10	7339.85		
255	8595.66	8406.91	8189.88	8044.33	7927.30		7956.08	7741.13	7564.13	7396.42	7285.86		
306	8570.78	8326.06	8135.85	7990.61	7877.29		7879.76	7701.32	7493.09	7343.31	7283.24		
357	8497.43	8264.11	8093.22	7943.03	7849.30		7823.79	7636.63	7443.16	7313.69	7235.09		
408	8436.98	8222.80	8050.47	7916.07	7814.71		7781.34	7587.59	7404.69	7320.36	7196.53		
459	8387.72	8189.42	8012.19	7893.52	7782.90		7756.88	7542.55	7371.46	7280.13	7155.21		
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]							Brennstoffbedarf BHKW [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5120.08	4661.72	4247.25	3908.78	3636.28		5158.97	4697.28	4280.22	3938.56	3668.36		
51	4950.42	4502.86	4089.31	3756.42	3496.58		4983.11	4535.53	4119.58	3788.25	3525.97		
102	4791.67	4346.33	3934.28	3616.50	3361.33		4828.03	4378.58	3967.69	3645.69	3391.06		
153	4629.92	4182.94	3784.72	3473.83	3229.36		4664.31	4216.36	3815.94	3502.86	3258.39		
204	4469.19	4030.69	3645.03	3347.28	3114.28		4501.83	4063.00	3675.28	3374.58	3141.89		
255	4316.31	3892.42	3521.47	3234.50	3012.97		4350.81	3922.42	3549.86	3262.83	3038.61		
306	4188.36	3779.36	3420.44	3146.03	2930.78		4218.36	3806.56	3447.28	3170.14	2954.83		
357	4085.78	3687.33	3340.25	3072.36	2864.28		4112.94	3713.25	3363.58	3094.50	2885.89		
408	4001.56	3611.39	3272.28	3011.64	2807.89		4025.89	3635.44	3295.25	3033.31	2828.28		
459	3927.67	3544.72	3214.03	2958.58	2758.73		3950.86	3568.56	3235.19	2978.25	2777.44		
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]							Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3948.29	4160.21	4375.80	4512.73	4643.28		3243.11	3488.03	3681.80	3845.37	3967.78		
51	4007.51	4259.51	4424.01	4581.85	4744.92		3336.21	3544.72	3753.42	3909.05	4028.35		
102	4077.07	4301.47	4489.19	4681.32	4780.83		3385.94	3615.54	3814.15	3966.07	4115.76		
153	4168.38	4354.32	4595.09	4717.39	4821.00		3459.92	3692.07	3877.05	4062.69	4150.81		
204	4214.55	4480.44	4629.25	4756.64	4870.42		3531.16	3746.25	3940.31	4093.51	4197.96		
255	4279.36	4514.49	4668.41	4809.83	4914.32		3605.27	3818.72	4014.27	4133.59	4247.24		
306	4382.42	4546.70	4715.41	4844.58	4946.51		3661.40	3894.77	4045.81	4173.17	4328.41		
357	4411.65	4576.77	4752.97	4870.67	4985.02		3710.85	3923.38	4079.57	4219.19	4349.20		
408	4435.43	4611.41	4778.19	4904.43	5006.82		3755.45	3952.15	4109.44	4287.06	4368.25		
459	4460.05	4644.70	4798.16	4934.93	5024.17		3806.02	3973.99	4136.26	4301.88	4377.76		
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]							Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3947.73	4159.51	4374.98	4510.57	4640.21		3242.58	3487.47	3681.17	3843.85	3965.74		
51	4006.77	4258.73	4423.02	4579.47	4741.71		3335.63	3544.07	3752.79	3907.53	4026.18		
102	4076.36	4300.68	4488.09	4678.81	4777.57		3385.32	3614.89	3813.44	3964.52	4113.60		
153	4167.58	4353.29	4593.88	4714.87	4817.61		3459.30	3691.41	3876.33	4061.15	4148.65		
204	4213.74	4479.34	4628.01	4753.99	4866.90		3530.50	3745.52	3939.50	4091.79	4195.65		
255	4278.33	4513.23	4667.12	4807.11	4910.57		3604.61	3818.06	4013.50	4131.76	4244.83		
306	4381.31	4545.51	4714.04	4841.75	4942.64		3660.71	3894.12	4045.05	4171.25	4325.90		
357	4410.51	4575.50	4751.52	4867.83	4981.03		3710.08	3922.69	4078.70	4217.22	4346.68		
408	4434.21	4610.05	4776.69	4901.52	5002.81		3754.74	3951.45	4108.65	4284.99	4365.54		
459	4458.78	4643.31	4796.64	4931.98	5020.05		3805.33	3973.16	4135.47	4299.83	4375.19		
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]							Brennstoff Nachh. TWW [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.14	0.15	0.15	1.40	2.04		0.14	0.14	0.13	0.97	1.44		
51	0.14	0.14	0.15	1.39	2.12		0.15	0.14	0.13	0.93	1.59		
102	0.14	0.14	0.14	1.45	2.14		0.14	0.14	0.14	0.99	1.57		
153	0.14	0.15	0.13	1.47	2.21		0.13	0.13	0.14	0.99	1.58		
204	0.12	0.14	0.14	1.45	2.20		0.13	0.14	0.14	1.14	1.62		
255	0.14	0.15	0.14	1.45	2.36		0.13	0.14	0.14	1.15	1.64		
306	0.15	0.15	0.15	1.46	2.42		0.13	0.13	0.15	1.25	1.66		
357	0.14	0.14	0.13	1.46	2.52		0.14	0.13	0.14	1.24	1.70		
408	0.15	0.14	0.14	1.47	2.54		0.14	0.13	0.14	1.25	1.70		
459	0.15	0.15	0.15	1.48	2.58		0.14	0.14	0.15	1.25	1.74		
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]							Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.42	0.54	0.67	0.75	1.02		0.40	0.43	0.50	0.55	0.60		
51	0.61	0.64	0.84	0.98	1.09		0.44	0.51	0.51	0.60	0.58		
102	0.56	0.66	0.96	1.06	1.12		0.48	0.51	0.57	0.56	0.59		
153	0.67	0.88	1.07	1.05	1.18		0.50	0.53	0.58	0.54	0.58		
204	0.68	0.97	1.10	1.20	1.32		0.52	0.59	0.67	0.59	0.69		
255	0.88	1.11	1.14	1.27	1.40		0.54	0.52	0.63	0.68	0.78		
306	0.97	1.04	1.22	1.36	1.44		0.56	0.52	0.61	0.68	0.85		
357	1.00	1.14	1.31	1.38	1.47		0.63	0.56	0.74	0.73	0.82		
408	1.07	1.22	1.35	1.43	1.47		0.57	0.56	0.65	0.82	1.01		
459	1.13	1.24	1.37	1.47	1.54		0.55	0.69	0.64	0.80	0.84		

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 10a 0 m² ST						Simulationsvar. 10a 2250 m² ST				
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]						Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	5524.48	5341.26	5079.46	4895.48	4755.92	5057.67	4812.92	4558.84	4359.41	4215.18
51	5437.11	5219.51	4985.97	4812.31	4670.76	4954.57	4722.47	4472.92	4270.65	4120.68
102	5377.11	5110.88	4896.94	4722.74	4588.72	4866.87	4602.17	4355.96	4193.33	4034.68
153	5248.89	5009.08	4798.51	4639.82	4527.39	4742.55	4485.15	4271.28	4086.85	3966.57
204	5152.50	4917.98	4721.03	4581.12	4449.15	4651.27	4394.74	4169.78	4020.80	3892.70
255	5069.10	4851.99	4652.05	4507.34	4414.39	4539.35	4304.86	4104.45	3954.84	3825.43
306	4988.27	4778.84	4603.26	4459.48	4361.08	4470.74	4232.82	4059.16	3895.22	3783.49
357	4945.82	4732.11	4553.09	4425.56	4317.67	4405.29	4184.51	4002.73	3852.35	3770.17
408	4890.43	4701.06	4519.30	4398.11	4283.28	4346.55	4160.11	3958.45	3821.97	3728.74
459	4847.92	4659.77	4506.98	4364.47	4258.72	4304.44	4114.83	3921.66	3795.04	3693.44
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]						Brennstoffbedarf BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	4975.08	4532.42	4121.81	3789.58	3526.22	5019.36	4572.25	4160.83	3826.36	3560.83
51	4817.67	4377.58	3967.61	3644.69	3387.69	4861.19	4416.28	4005.33	3680.22	3422.81
102	4666.00	4220.36	3817.06	3502.97	3254.06	4707.72	4260.56	3855.75	3538.61	3287.89
153	4498.53	4058.58	3666.08	3364.78	3128.72	4541.33	4098.50	3703.83	3399.89	3160.06
204	4340.83	3909.89	3532.50	3242.67	3017.58	4381.86	3948.58	3568.75	3275.31	3048.44
255	4194.72	3777.39	3415.14	3138.22	2922.11	4235.47	3814.14	3449.25	3168.53	2950.50
306	4074.69	3672.11	3322.39	3054.33	2845.58	4112.11	3706.47	3353.89	3082.94	2872.14
357	3979.33	3585.92	3247.44	2985.67	2783.03	4013.78	3618.28	3276.61	3013.11	2807.53
408	3898.61	3516.19	3183.89	2929.72	2730.20	3931.50	3546.08	3212.17	2954.14	2753.19
459	3830.69	3456.22	3130.53	2880.25	2684.70	3861.58	3484.14	3156.33	2902.67	2707.03
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]						Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	549.39	808.84	957.66	1105.90	1229.70	38.31	240.67	398.01	533.05	654.35
51	619.44	841.93	1018.36	1167.61	1283.07	93.37	306.19	467.58	590.43	697.88
102	711.11	890.52	1079.88	1219.77	1334.67	159.14	341.61	500.21	654.72	746.79
153	750.37	950.50	1132.43	1275.04	1398.67	201.21	386.65	567.45	686.96	806.51
204	811.67	1008.09	1188.53	1338.46	1431.56	269.40	446.15	601.03	745.50	844.25
255	874.38	1074.60	1236.91	1369.12	1492.28	303.88	490.72	655.20	786.31	874.93
306	913.57	1106.73	1280.87	1405.15	1515.50	358.62	526.35	705.27	812.28	911.35
357	966.49	1146.19	1305.64	1439.90	1534.64	391.52	566.24	726.12	839.23	962.64
408	991.82	1184.86	1335.41	1468.39	1553.08	415.05	614.03	746.28	867.83	975.55
459	1017.23	1203.55	1376.45	1484.22	1574.02	442.86	630.69	765.33	892.37	986.41
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]						Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	549.34	808.80	957.61	1103.08	1222.42	38.14	240.52	397.84	532.54	653.14
51	619.41	841.89	1018.31	1164.67	1275.43	93.21	306.03	467.43	589.80	696.80
102	711.07	890.48	1079.83	1216.37	1326.51	158.98	341.46	500.04	653.90	745.52
153	750.33	950.46	1132.31	1271.64	1389.64	201.05	386.49	567.29	686.30	804.94
204	811.64	1008.06	1188.42	1334.37	1421.58	269.24	445.99	600.87	744.62	842.92
255	874.35	1074.57	1236.74	1365.04	1480.89	303.71	490.56	655.04	785.61	873.41
306	913.55	1106.70	1280.62	1400.30	1503.41	358.47	526.18	705.12	811.49	909.48
357	966.47	1146.17	1305.32	1434.63	1523.01	391.35	566.07	725.95	838.31	960.55
408	991.79	1184.84	1335.07	1462.11	1540.28	414.88	613.87	746.12	866.82	973.32
459	1017.20	1203.53	1375.96	1477.48	1560.54	442.68	630.53	765.17	891.29	984.13
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]						Brennstoff Nachh. TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.05	0.04	0.04	2.82	7.27	0.16	0.15	0.17	0.51	1.21
51	0.03	0.04	0.05	2.94	7.63	0.16	0.16	0.16	0.63	1.08
102	0.04	0.04	0.05	3.40	8.15	0.16	0.15	0.17	0.82	1.27
153	0.04	0.03	0.11	3.40	9.03	0.16	0.16	0.16	0.66	1.58
204	0.03	0.03	0.11	4.08	9.98	0.16	0.16	0.16	0.88	1.33
255	0.03	0.03	0.17	4.07	11.39	0.17	0.16	0.16	0.70	1.52
306	0.03	0.03	0.25	4.86	12.08	0.16	0.17	0.16	0.79	1.87
357	0.02	0.03	0.32	5.26	11.63	0.16	0.17	0.16	0.92	2.09
408	0.03	0.03	0.34	6.28	12.80	0.17	0.16	0.16	1.02	2.24
459	0.02	0.02	0.49	6.73	13.48	0.17	0.17	0.16	1.09	2.28
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]						Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

# Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 10a 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10a 6750 m <sup>2</sup> ST				
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]						Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	5068.35	4614.92	4233.97	4003.15	3807.08	5106.80	4648.88	4235.88	3898.35	3629.75
51	4903.85	4456.52	4096.87	3868.85	3689.77	4937.63	4489.21	4076.88	3748.97	3488.74
102	4748.85	4300.69	4008.49	3756.52	3602.25	4780.85	4332.69	3925.05	3606.87	3353.93
153	4583.66	4190.44	3876.31	3663.50	3501.80	4616.77	4170.46	3773.23	3465.64	3222.95
204	4423.64	4054.59	3757.88	3592.19	3422.90	4456.24	4018.32	3634.53	3339.48	3108.53
255	4274.08	3927.95	3682.87	3486.28	3364.84	4305.63	3881.15	3511.86	3228.54	3006.77
306	4147.86	3865.37	3608.31	3434.46	3306.69	4176.43	3767.80	3411.68	3138.64	2929.34
357	4079.10	3770.56	3541.05	3399.43	3255.21	4073.42	3676.30	3330.37	3065.59	2876.18
408	3983.34	3728.37	3498.62	3349.57	3219.39	3987.61	3599.99	3263.68	3004.05	2836.43
459	3943.42	3691.72	3467.54	3309.45	3190.74	3914.33	3534.63	3204.79	2950.79	2806.27
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]						Brennstoffbedarf BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	5068.19	4614.75	4202.31	3865.75	3598.08	5106.67	4648.75	4235.75	3898.22	3629.42
51	4903.69	4456.36	4044.17	3717.42	3457.81	4937.50	4489.08	4076.75	3748.83	3488.39
102	4748.69	4300.53	3893.17	3575.92	3322.94	4780.72	4332.56	3924.92	3606.72	3353.58
153	4583.50	4137.47	3741.75	3435.33	3193.44	4616.64	4170.33	3773.08	3465.50	3222.61
204	4423.47	3986.81	3604.11	3308.75	3079.31	4456.11	4018.19	3634.39	3339.33	3108.19
255	4273.92	3849.97	3483.11	3200.53	2979.61	4305.50	3881.03	3511.72	3228.39	3006.44
306	4147.69	3738.86	3385.47	3112.56	2900.00	4176.31	3767.67	3411.53	3138.50	2924.17
357	4046.78	3650.08	3306.31	3041.58	2834.08	4073.28	3676.17	3330.22	3065.44	2857.14
408	3962.92	3575.56	3240.11	2981.25	2778.92	3987.47	3599.86	3263.53	3003.92	2800.44
459	3890.83	3511.31	3182.86	2929.28	2730.10	3914.19	3534.50	3204.64	2950.64	2751.00
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]						Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.16	0.17	31.67	137.40	209.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.33
51	0.16	0.16	52.70	151.44	231.97	0.13	0.12	0.13	0.14	0.35
102	0.16	0.16	115.32	180.60	279.31	0.13	0.13	0.14	0.14	0.34
153	0.16	52.97	134.56	228.17	308.35	0.13	0.13	0.15	0.14	0.33
204	0.16	67.78	153.77	283.44	343.60	0.13	0.13	0.14	0.15	0.33
255	0.16	77.98	199.76	285.76	385.23	0.13	0.13	0.13	0.15	0.33
306	0.17	126.51	222.83	321.90	406.69	0.13	0.13	0.15	0.14	5.18
357	32.32	120.48	234.74	357.85	421.13	0.14	0.14	0.14	0.14	19.04
408	20.42	152.81	258.50	368.32	440.47	0.14	0.13	0.15	0.14	35.99
459	52.59	180.42	284.68	380.17	460.64	0.14	0.13	0.15	0.15	55.27
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]						Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	31.51	137.24	208.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	0.00	0.00	52.54	151.25	231.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	0.00	0.00	115.16	180.43	278.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153	0.00	52.81	134.39	227.99	307.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204	0.00	67.62	153.59	283.21	343.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	0.00	77.81	199.60	285.57	384.69	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306	0.00	126.34	222.67	321.71	406.27	0.00	0.00	0.00	0.00	4.84
357	32.16	120.29	234.57	357.67	420.71	0.00	0.00	0.00	0.00	18.70
408	20.26	152.64	258.34	368.14	440.04	0.00	0.00	0.00	0.00	35.61
459	52.43	180.23	284.51	379.99	460.14	0.00	0.00	0.00	0.00	54.85
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]						Brennstoff Nachh. TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.16	0.17	0.16	0.16	0.49	0.13	0.13	0.13	0.13	0.33
51	0.16	0.16	0.16	0.18	0.41	0.13	0.12	0.13	0.14	0.35
102	0.16	0.16	0.16	0.17	0.51	0.13	0.13	0.14	0.14	0.34
153	0.16	0.16	0.17	0.18	0.40	0.13	0.13	0.15	0.14	0.33
204	0.16	0.16	0.18	0.22	0.46	0.13	0.13	0.14	0.15	0.33
255	0.16	0.16	0.16	0.19	0.54	0.13	0.13	0.13	0.15	0.33
306	0.17	0.17	0.16	0.19	0.41	0.13	0.13	0.15	0.14	0.34
357	0.16	0.18	0.17	0.18	0.42	0.14	0.14	0.14	0.14	0.35
408	0.16	0.17	0.17	0.18	0.44	0.14	0.13	0.15	0.14	0.37
459	0.17	0.19	0.17	0.18	0.50	0.14	0.13	0.15	0.15	0.42
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]						Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 10b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b		2250 m <sup>2</sup> ST				
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]		Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	5701.68	5455.84	5226.75	5051.97	4920.32	5017.31	4768.96	4567.27	4367.37	4262.57			
51	5609.29	5362.95	5137.55	4975.18	4825.29	4924.48	4681.11	4454.27	4322.12	4154.46			
102	5519.68	5269.88	5057.54	4877.09	4756.09	4822.25	4593.80	4366.45	4213.05	4061.36			
153	5395.45	5160.87	4952.87	4804.61	4669.61	4750.62	4489.63	4298.66	4116.77	4046.69			
204	5301.25	5073.25	4883.24	4722.33	4599.27	4632.35	4433.30	4201.58	4041.24	3958.16			
255	5220.47	5006.46	4806.86	4656.17	4543.00	4541.74	4330.36	4123.79	4020.49	3882.59			
306	5138.67	4937.63	4747.75	4607.24	4501.95	4498.40	4256.93	4124.67	3954.34	3827.32			
357	5085.21	4883.55	4701.97	4570.48	4469.49	4427.05	4206.68	4065.59	3903.22	3786.37			
408	5045.93	4840.76	4666.29	4541.31	4441.80	4368.56	4223.27	4016.56	3864.85	3766.33			
459	5002.91	4804.81	4638.00	4515.56	4418.53	4324.72	4175.76	4084.48	3831.08	3732.61			
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]		Brennstoffbedarf BHKW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	4981.17	4540.67	4129.50	3796.61	3532.44	5013.08	4568.39	4156.81	3821.58	3557.03			
51	4825.94	4385.75	3974.86	3651.08	3394.89	4855.81	4412.14	4001.67	3675.69	3418.50			
102	4674.19	4228.47	3824.42	3510.64	3259.50	4702.44	4256.86	3850.28	3534.75	3283.61			
153	4505.86	4064.75	3673.06	3369.44	3132.86	4536.86	4093.50	3698.78	3394.08	3155.67			
204	4347.75	3916.19	3536.86	3247.11	3021.53	4377.00	3943.39	3562.39	3268.81	3042.92			
255	4200.67	3780.92	3419.97	3141.64	2925.50	4228.31	3807.03	3441.44	3162.33	2944.42			
306	4079.17	3674.97	3325.39	3057.42	2848.00	4104.22	3698.64	3346.19	3075.97	2865.56			
357	3981.58	3589.61	3249.89	2988.47	2784.78	4005.47	3609.53	3268.14	3005.47	2800.69			
408	3900.25	3518.17	3186.78	2931.53	2731.62	3922.25	3537.22	3203.61	2947.03	2746.47			
459	3832.72	3458.28	3132.50	2881.50	2686.39	3852.06	3475.19	3148.44	2895.58	2699.19			
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]		Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	720.51	915.17	1097.25	1255.36	1387.87	4.23	200.57	410.46	545.78	705.54			
51	783.35	977.20	1162.69	1324.10	1430.40	68.68	268.97	452.61	646.42	735.96			
102	845.49	1041.40	1233.13	1366.46	1496.59	119.81	336.94	516.17	678.30	777.75			
153	889.59	1096.12	1279.81	1435.16	1536.75	213.76	396.13	599.88	722.69	891.02			
204	953.50	1157.05	1346.38	1475.22	1577.74	255.35	489.92	639.19	772.44	915.24			
255	1019.80	1225.54	1386.89	1514.53	1617.50	313.44	523.33	682.35	858.16	938.17			
306	1059.51	1262.65	1422.36	1549.83	1653.95	394.17	558.29	778.48	878.37	961.77			
357	1103.63	1293.94	1452.08	1582.01	1684.72	421.58	597.15	797.45	897.75	985.68			
408	1145.68	1322.60	1479.51	1609.78	1710.18	446.31	686.05	812.95	917.82	1019.86			
459	1170.19	1346.53	1505.50	1634.06	1732.14	472.67	700.57	936.04	935.50	1033.42			
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]		Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	717.78	911.18	1090.07	1237.19	1360.93	4.05	200.41	410.29	544.84	703.85			
51	780.99	971.05	1153.52	1305.29	1396.65	68.51	268.81	452.44	645.44	734.15			
102	842.17	1036.90	1223.25	1340.25	1458.14	119.64	336.79	516.01	677.23	775.69			
153	883.46	1085.45	1260.98	1403.93	1491.18	213.60	395.98	599.71	721.43	888.31			
204	944.02	1145.82	1326.19	1436.71	1524.15	255.19	489.74	639.02	771.01	912.21			
255	1013.04	1212.90	1359.66	1468.69	1555.58	313.27	523.14	682.19	856.72	935.02			
306	1047.86	1244.29	1389.20	1497.61	1583.28	394.01	558.12	778.29	876.93	958.41			
357	1086.90	1270.03	1414.05	1523.41	1604.21	421.42	596.99	797.28	896.27	982.17			
408	1131.31	1294.43	1437.18	1544.36	1621.00	446.14	685.88	812.76	916.32	1016.07			
459	1152.45	1314.21	1458.07	1561.10	1635.30	472.50	700.39	935.85	933.96	1029.52			
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]		Brennstoff Nachh. TWW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	0.03	0.03	0.03	3.20	9.42	0.18	0.16	0.17	0.95	1.70			
51	0.03	0.04	0.06	4.28	9.93	0.17	0.16	0.16	0.98	1.82			
102	0.03	0.03	0.16	4.55	12.32	0.17	0.15	0.16	1.07	2.06			
153	0.03	0.04	0.26	7.37	12.65	0.16	0.15	0.16	1.26	2.71			
204	0.03	0.04	0.55	7.54	13.06	0.16	0.17	0.17	1.42	3.04			
255	0.03	0.03	0.58	7.76	13.72	0.17	0.19	0.16	1.44	3.15			
306	0.03	0.04	0.57	8.04	14.42	0.17	0.17	0.19	1.44	3.35			
357	0.03	0.03	0.63	8.29	15.15	0.16	0.16	0.17	1.48	3.50			
408	0.03	0.03	0.67	8.57	15.85	0.17	0.17	0.18	1.51	3.79			
459	0.03	0.03	0.72	8.96	16.54	0.17	0.17	0.18	1.53	3.90			
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]		Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	2.70	3.96	7.14	14.96	17.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
51	2.32	6.11	9.11	14.54	23.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
102	3.28	4.47	9.71	21.66	26.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
153	6.09	10.62	18.57	23.87	32.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
204	9.45	11.20	19.64	30.97	40.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
255	6.73	12.60	26.65	38.07	48.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
306	11.61	18.33	32.59	44.18	56.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
357	16.70	23.87	37.40	50.31	65.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
408	14.33	28.14	41.66	56.85	73.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
459	17.71	32.29	46.72	64.00	80.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			

## Anhang Abschnitt 5.3.1

		Simulationsvar. 10b 4500 m² ST					Simulationsvar. 10b 6750 m² ST				
		Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]					Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		5052.60	4600.88	4330.18	4111.85	3931.97	5081.25	4625.75	4212.51	3875.53	3608.93
51		4888.46	4508.88	4204.21	3995.20	3852.04	4911.68	4467.01	4054.84	3726.48	3467.29
102		4733.35	4375.36	4116.70	3907.22	3743.12	4756.31	4310.62	3902.27	3584.55	3342.72
153		4567.88	4284.81	3993.98	3803.64	3662.14	4592.62	4147.90	3750.65	3442.51	3220.87
204		4431.06	4158.46	3916.23	3721.06	3598.29	4432.76	3995.23	3611.07	3315.27	3154.97
255		4307.07	4043.99	3814.44	3661.64	3515.83	4282.01	3857.02	3487.35	3218.43	3052.38
306		4234.33	3981.97	3754.29	3610.35	3463.14	4150.98	3742.60	3386.58	3130.81	3003.91
357		4204.50	3933.53	3709.95	3538.56	3427.08	4047.71	3650.34	3304.85	3078.17	2951.32
408		4093.71	3853.18	3657.94	3502.75	3406.35	3962.01	3574.10	3237.36	3042.90	2906.05
459		4053.50	3815.39	3615.80	3471.46	3370.01	3888.54	3508.47	3179.10	3011.86	2869.58
		Brennstoffbedarf BHKW [MWh]					Brennstoffbedarf BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		5052.42	4600.69	4187.81	3851.67	3585.58	5081.08	4625.58	4212.33	3875.36	3608.42
51		4888.28	4442.36	4030.58	3703.42	3444.78	4911.50	4466.83	4054.67	3726.31	3466.83
102		4733.17	4286.61	3879.22	3562.47	3310.47	4756.14	4310.44	3902.08	3584.36	3331.86
153		4567.69	4123.69	3727.33	3421.19	3180.25	4592.44	4147.72	3750.47	3442.31	3200.36
204		4408.22	3972.00	3588.97	3295.08	3066.67	4432.58	3995.06	3610.89	3315.08	3085.06
255		4259.06	3834.83	3467.72	3186.33	2966.67	4281.83	3856.83	3487.17	3204.56	2983.36
306		4130.86	3723.92	3369.17	3097.25	2885.69	4150.81	3742.42	3386.39	3113.17	2899.97
357		4029.67	3633.50	3289.58	3025.39	2819.39	4047.53	3650.17	3304.67	3039.33	2832.11
408		3946.17	3559.00	3223.39	2965.61	2763.66	3961.83	3573.92	3237.17	2978.00	2775.38
459		3874.42	3495.08	3166.14	2913.25	2715.96	3888.36	3508.28	3178.92	2924.03	2726.35
		Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]					Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.19	0.18	142.37	260.19	346.38	0.17	0.17	0.18	0.17	0.51
51		0.18	66.52	173.63	291.78	407.27	0.18	0.17	0.17	0.17	0.46
102		0.18	88.75	237.47	344.75	432.65	0.17	0.17	0.18	0.19	10.86
153		0.19	161.12	266.65	382.45	481.89	0.18	0.18	0.18	0.20	20.51
204		22.84	186.46	327.26	425.98	531.62	0.17	0.17	0.18	0.19	69.92
255		48.02	209.16	346.72	475.31	549.16	0.18	0.18	0.18	13.87	69.02
306		103.47	258.05	385.13	513.10	577.45	0.17	0.18	0.19	17.65	103.93
357		174.83	300.03	420.36	513.17	607.69	0.18	0.18	0.18	38.84	119.21
408		147.55	294.18	434.55	537.14	642.69	0.17	0.18	0.20	64.90	130.67
459		179.09	320.31	449.66	558.21	654.05	0.18	0.19	0.19	87.84	143.22
		Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]					Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	0.00	142.19	260.00	345.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51		0.00	66.34	173.44	291.59	406.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102		0.00	88.57	237.29	344.56	432.24	0.00	0.00	0.00	0.00	10.34
153		0.00	160.93	266.46	382.24	481.45	0.00	0.00	0.00	0.00	20.03
204		22.66	186.28	327.08	425.79	531.08	0.00	0.00	0.00	0.00	69.38
255		47.84	208.98	346.53	475.09	548.74	0.00	0.00	0.00	13.67	68.58
306		103.29	257.86	384.95	512.87	577.01	0.00	0.00	0.00	17.47	103.42
357		174.67	299.83	420.18	512.99	607.20	0.00	0.00	0.00	38.65	118.82
408		147.36	293.99	434.36	536.94	642.26	0.00	0.00	0.00	64.71	130.27
459		178.89	320.11	449.47	558.02	653.62	0.00	0.00	0.00	87.61	142.82
		Brennstoff Nachh. TWW [MWh]					Brennstoff Nachh. TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.16	0.16	0.15	0.15	0.38	0.15	0.15	0.16	0.15	0.49
51		0.15	0.15	0.16	0.16	0.45	0.16	0.15	0.15	0.15	0.44
102		0.15	0.15	0.15	0.15	0.37	0.15	0.15	0.16	0.16	0.50
153		0.16	0.15	0.16	0.17	0.41	0.15	0.15	0.16	0.18	0.45
204		0.15	0.15	0.15	0.15	0.52	0.15	0.15	0.16	0.16	0.51
255		0.15	0.15	0.15	0.18	0.38	0.16	0.16	0.16	0.18	0.41
306		0.15	0.15	0.15	0.21	0.40	0.15	0.16	0.16	0.15	0.49
357		0.16	0.16	0.16	0.15	0.45	0.16	0.15	0.16	0.16	0.36
408		0.15	0.15	0.15	0.16	0.39	0.15	0.15	0.17	0.17	0.37
459		0.16	0.15	0.15	0.15	0.38	0.16	0.16	0.16	0.20	0.37
		Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]					Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
51		0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
102		0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
153		0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
204		0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
255		0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
306		0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
357		0.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
408		0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
459		0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 11a		2250 m² ST					Simulationsvar. 11a		4500 m² ST				
Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]		Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5057.66	4789.07	4520.00	4261.49	4021.99		5067.02	4590.10	4186.26	3893.47	3611.88		
51	4945.79	4696.84	4425.44	4166.55	3911.61		4893.71	4423.68	4052.72	3752.04	3474.75		
102	4846.29	4569.23	4300.53	4048.97	3817.05		4730.94	4258.44	3940.00	3634.35	3371.64		
153	4722.66	4452.38	4195.30	3951.13	3697.59		4555.61	4142.22	3800.33	3513.18	3236.19		
204	4622.68	4347.11	4084.04	3843.37	3614.34		4385.55	4000.56	3675.35	3414.52	3144.00		
255	4498.43	4233.71	3991.45	3739.60	3489.86		4211.57	3863.55	3561.09	3279.22	3014.89		
306	4403.55	4135.06	3880.99	3643.64	3384.11		4067.61	3760.80	3438.31	3172.18	2921.28		
357	4290.33	4036.43	3805.23	3531.58	3278.19		3973.19	3622.81	3331.66	3058.62	2795.05		
408	4195.80	3934.29	3683.50	3428.51	3185.66		3835.97	3534.06	3222.97	2956.82	2681.50		
459	4091.81	3849.74	3584.52	3324.81	3079.54		3743.72	3398.79	3116.42	2842.04	2569.38		
Brennstoffbedarf BHKW [MWh]		Brennstoffbedarf BHKW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5018.86	4549.03	4091.36	3642.83	3203.53		5066.86	4589.94	4130.92	3683.00	3243.97		
51	4852.72	4385.25	3923.61	3476.69	3036.67		4893.56	4423.53	3961.94	3514.78	3075.67		
102	4690.56	4218.67	3757.42	3307.92	2866.36		4730.78	4258.28	3796.67	3346.22	2906.08		
153	4514.39	4045.42	3583.94	3134.72	2696.41		4555.44	4084.28	3622.31	3174.47	2736.03		
204	4344.69	3875.14	3414.25	2967.31	2530.83		4385.39	3913.94	3453.44	3005.92	2570.92		
255	4170.97	3703.06	3244.89	2800.61	2365.43		4211.39	3742.06	3284.67	2839.97	2404.52		
306	4003.44	3537.94	3080.22	2636.86	2203.01		4044.61	3578.03	3120.36	2677.60	2243.03		
357	3841.69	3375.94	2920.14	2476.21	2044.50		3880.94	3414.03	2960.00	2516.33	2083.25		
408	3681.31	3215.58	2762.62	2319.11	1885.86		3720.17	3255.61	2801.36	2358.32	1926.06		
459	3521.31	3058.25	2604.71	2162.93	1728.47		3561.31	3098.00	2644.46	2201.22	1768.24		
Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]		Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	38.80	240.04	428.64	618.65	818.47		0.16	0.16	55.34	210.47	367.90		
51	93.06	311.59	501.83	689.85	874.94		0.16	0.16	90.78	237.26	399.08		
102	155.73	350.57	543.11	741.05	950.69		0.16	0.16	143.34	288.12	465.56		
153	208.27	406.97	611.36	816.41	1001.18		0.16	57.94	178.03	338.70	500.16		
204	277.99	471.97	669.79	876.06	1083.51		0.17	86.62	221.90	408.60	573.08		
255	327.45	530.65	746.56	938.99	1124.44		0.18	121.50	276.42	439.25	610.38		
306	400.11	597.11	800.77	1006.77	1181.10		23.00	182.77	317.95	494.58	678.25		
357	448.64	660.48	885.09	1055.37	1233.70		92.24	208.78	371.66	542.29	711.80		
408	514.50	718.71	920.89	1109.40	1299.81		115.80	278.45	421.60	598.50	755.43		
459	570.50	791.49	979.81	1161.89	1351.08		182.42	300.79	471.96	640.82	801.14		
Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]		Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	38.66	239.90	426.96	597.26	776.60		0.00	0.00	54.13	193.96	333.10		
51	92.92	311.44	499.82	667.64	832.47		0.00	0.00	89.86	220.85	365.25		
102	155.58	350.40	540.99	718.91	907.35		0.00	0.00	142.26	271.59	431.02		
153	208.13	406.82	609.19	793.51	956.88		0.00	57.76	176.63	321.79	465.25		
204	277.85	471.83	667.56	852.88	1037.33		0.00	86.45	220.81	390.78	537.18		
255	327.29	530.50	743.97	915.32	1077.79		0.00	121.31	275.08	421.56	573.63		
306	399.95	596.97	797.95	983.07	1133.48		22.80	182.55	316.70	476.61	640.75		
357	448.49	660.34	881.56	1031.12	1185.96		92.01	208.59	370.23	524.22	674.48		
408	514.36	718.55	917.21	1084.71	1249.87		115.52	278.19	420.23	580.01	717.11		
459	570.34	791.34	975.89	1136.70	1299.70		182.08	300.60	470.71	621.98	761.64		
Brennstoff Nachh. TWW [MWh]		Brennstoff Nachh. TWW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.14	0.14	1.68	21.39	41.87		0.16	0.16	1.21	16.51	34.80		
51	0.15	0.14	2.01	22.21	42.47		0.16	0.16	0.92	16.41	33.84		
102	0.15	0.17	2.12	22.14	43.34		0.16	0.16	1.08	16.53	34.54		
153	0.14	0.15	2.17	22.90	44.29		0.16	0.18	1.40	16.91	34.92		
204	0.14	0.14	2.23	23.18	46.19		0.17	0.17	1.09	17.83	35.89		
255	0.16	0.15	2.59	23.67	46.65		0.18	0.19	1.34	17.69	36.75		
306	0.15	0.14	2.82	23.70	47.63		0.20	0.22	1.24	17.97	37.50		
357	0.15	0.14	3.53	24.25	47.74		0.23	0.19	1.43	18.07	37.32		
408	0.14	0.15	3.67	24.68	49.93		0.28	0.25	1.38	18.48	38.32		
459	0.16	0.15	3.92	25.18	51.38		0.34	0.19	1.25	18.84	39.50		
Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]		Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

## Anhang Abschnitt 5.3.1

Simulationsvar. 11a		6750 m² ST					Simulationsvar. 11b		2250 m² ST				
		Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]							Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		5106.63	4624.95	4166.81	3732.42	3309.54		5054.06	4779.47	4536.27	4334.52	4062.83	
51		4928.69	4456.71	3996.55	3563.75	3139.74		4928.15	4701.54	4434.04	4207.49	4021.53	
102		4764.35	4291.85	3831.22	3396.41	2989.67		4837.91	4579.79	4362.40	4097.15	3887.96	
153		4590.58	4118.65	3658.23	3224.41	2905.69		4743.31	4474.47	4233.67	4034.92	3761.42	
204		4419.69	3948.55	3489.18	3057.16	2810.10		4625.17	4392.45	4190.59	3907.28	3657.03	
255		4247.08	3777.61	3320.51	2904.59	2717.02		4554.24	4352.25	4054.03	3801.48	3553.82	
306		4077.54	3611.64	3156.85	2794.37	2620.38		4429.37	4219.15	3943.50	3695.50	3456.10	
357		3914.46	3449.53	2996.68	2773.90	2604.71		4393.44	4098.52	3839.25	3593.38	3361.91	
408		3754.78	3289.80	2864.59	2684.81	2514.15		4262.09	3995.36	3738.73	3491.55	3247.22	
459		3594.68	3132.79	2768.31	2598.13	2423.78		4143.88	3900.30	3642.07	3395.34	3148.87	
		Brennstoffbedarf BHKW [MWh]							Brennstoffbedarf BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		5106.50	4624.83	4165.92	3718.92	3281.33		5014.92	4545.97	4087.28	3639.42	3200.36	
51		4928.56	4456.58	3995.47	3550.08	3110.44		4848.50	4382.53	3920.36	3472.86	3033.67	
102		4764.22	4291.72	3830.39	3382.69	2942.61		4687.33	4215.94	3754.33	3304.28	2864.00	
153		4590.44	4118.53	3657.00	3210.50	2772.14		4511.42	4040.58	3579.64	3131.50	2693.40	
204		4419.56	3948.42	3488.28	3043.19	2607.08		4341.97	3871.58	3410.61	2964.17	2527.91	
255		4246.94	3777.47	3319.39	2876.17	2441.24		4167.47	3699.69	3242.47	2796.86	2362.43	
306		4077.39	3611.50	3155.72	2712.59	2278.64		4000.50	3535.33	3077.28	2633.55	2199.92	
357		3914.31	3449.39	2995.50	2552.36	2119.57		3835.75	3369.36	2916.56	2472.19	2041.00	
408		3754.64	3289.64	2836.61	2393.84	1962.89		3674.92	3211.69	2757.99	2316.42	1881.37	
459		3594.53	3132.64	2679.65	2238.12	1805.97		3516.81	3054.81	2601.35	2158.83	1725.68	
		Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]							Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.13	0.12	0.90	13.51	28.21		39.15	233.50	448.99	695.10	862.47	
51		0.14	0.12	1.07	13.67	29.30		79.65	319.02	513.68	734.63	987.87	
102		0.13	0.13	0.83	13.72	47.05		150.58	363.84	608.07	792.88	1023.96	
153		0.13	0.12	1.23	13.91	133.55		231.90	433.88	654.03	903.42	1068.02	
204		0.13	0.14	0.91	13.97	203.02		283.19	520.87	779.98	943.11	1129.12	
255		0.14	0.13	1.12	28.42	275.78		386.77	652.56	811.56	1004.62	1191.39	
306		0.15	0.14	1.13	81.77	341.74		428.87	683.82	866.22	1061.95	1256.18	
357		0.16	0.14	1.18	221.55	485.14		557.69	729.16	922.70	1121.19	1320.90	
408		0.14	0.16	27.98	290.97	551.27		587.17	783.66	980.74	1175.13	1365.85	
459		0.15	0.15	88.66	360.01	617.81		627.08	845.50	1040.72	1236.52	1423.18	
		Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]							Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		38.98	233.33	446.95	672.75	818.77	
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		79.49	318.86	511.24	711.94	944.48	
102		0.00	0.00	0.00	0.00	18.47		150.42	363.67	605.45	769.87	979.54	
153		0.00	0.00	0.00	0.00	103.31		231.72	433.71	651.30	879.97	1022.00	
204		0.00	0.00	0.00	0.00	172.99		283.02	520.69	776.74	919.13	1081.49	
255		0.00	0.00	0.00	14.15	245.70		386.61	652.38	808.21	980.43	1141.20	
306		0.00	0.00	0.00	66.99	310.69		428.71	683.65	862.88	1037.04	1205.68	
357		0.00	0.00	0.00	205.62	452.72		557.53	728.99	918.63	1095.54	1269.81	
408		0.00	0.00	26.61	274.74	518.15		587.01	783.49	976.35	1147.43	1313.11	
459		0.00	0.00	87.21	343.08	583.53		626.92	845.34	1036.43	1208.52	1366.52	
		Brennstoff Nachh. TWW [MWh]							Brennstoff Nachh. TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.13	0.12	0.90	13.51	28.21		0.16	0.17	2.04	22.35	43.71	
51		0.14	0.12	1.07	13.67	29.30		0.16	0.15	2.44	22.69	43.39	
102		0.13	0.13	0.83	13.72	28.58		0.16	0.17	2.61	23.01	44.42	
153		0.13	0.12	1.23	13.91	30.24		0.18	0.17	2.73	23.45	45.82	
204		0.13	0.14	0.91	13.97	30.03		0.17	0.17	3.25	23.98	47.06	
255		0.14	0.13	1.12	14.27	30.08		0.16	0.18	3.34	24.19	47.97	
306		0.15	0.14	1.13	14.78	31.05		0.16	0.17	3.34	24.61	48.81	
357		0.16	0.14	1.18	15.93	32.41		0.16	0.17	4.07	24.98	50.10	
408		0.14	0.16	1.37	16.22	33.11		0.16	0.18	4.38	25.33	51.12	
459		0.15	0.15	1.45	16.92	34.29		0.16	0.15	4.29	25.71	52.67	
		Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]							Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
102		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
153		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	
204		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.57	
255		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	2.22	
306		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.30	1.69	
357		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.68	1.00	
408		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	2.36	1.62	
459		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	2.29	4.00	

## Anhang Abschnitt 5.3.1

		4500 m² ST					6750 m² ST				
		Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]					Gesamter Brennstoffbedarf [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		5055.62	4654.18	4361.50	4080.03	3805.03	5082.36	4603.87	4145.80	3710.74	3342.28
51		4882.07	4556.51	4229.27	3944.06	3672.55	4904.70	4436.21	3974.76	3541.95	3199.28
102		4719.84	4417.49	4127.13	3848.97	3574.38	4741.36	4271.75	3810.56	3388.31	3055.27
153		4617.94	4320.72	3987.09	3711.12	3443.04	4567.53	4097.75	3636.66	3237.76	2951.41
204		4478.52	4181.42	3864.85	3611.65	3346.73	4397.71	3927.67	3468.12	3102.13	2816.81
255		4343.39	4046.22	3756.70	3484.89	3221.24	4225.75	3756.53	3299.09	3001.34	2720.46
306		4246.96	3952.16	3639.64	3377.94	3131.96	4057.34	3591.24	3157.66	2866.04	2592.12
357		4112.36	3815.80	3534.72	3264.29	3007.38	3892.86	3426.98	3059.48	2773.04	2501.82
408		4019.69	3697.21	3422.93	3167.27	2894.98	3731.57	3267.74	2926.52	2648.12	2370.74
459		3885.62	3595.26	3319.26	3053.19	2780.63	3588.82	3126.74	2829.23	2551.09	2252.09
		Brennstoffbedarf BHKW [MWh]					Brennstoffbedarf BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		5055.44	4580.28	4120.42	3674.17	3234.47	5082.19	4603.69	4144.78	3697.08	3258.53
51		4881.89	4413.81	3951.97	3505.44	3066.36	4904.53	4436.03	3973.83	3527.67	3088.58
102		4719.67	4248.08	3786.44	3338.03	2897.25	4741.19	4271.58	3809.17	3360.56	2919.81
153		4544.19	4074.03	3612.78	3164.00	2726.92	4567.36	4097.58	3635.25	3187.50	2748.84
204		4374.97	3903.83	3443.81	2997.86	2561.59	4397.53	3927.50	3466.78	3020.14	2584.21
255		4202.00	3732.94	3275.58	2831.06	2394.44	4225.58	3756.33	3297.75	2853.64	2418.08
306		4033.44	3566.69	3110.36	2667.37	2230.52	4057.17	3591.06	3133.33	2688.76	2254.40
357		3870.11	3404.50	2949.33	2505.69	2071.78	3892.67	3426.81	2971.56	2528.29	2094.38
408		3708.56	3244.97	2790.44	2346.53	1913.29	3731.33	3267.53	2813.00	2370.24	1936.67
459		3550.50	3087.83	2632.84	2189.62	1756.01	3572.39	3110.08	2656.14	2212.30	1779.35
		Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]					Brennstoff d. ges. Nachheizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.18	73.90	241.09	405.87	570.56	0.17	0.17	1.03	13.66	83.75
51		0.18	142.70	277.30	438.62	606.18	0.17	0.18	0.93	14.28	110.70
102		0.18	169.41	340.69	510.94	677.13	0.17	0.17	1.40	27.75	135.46
153		73.75	246.69	374.31	547.12	716.12	0.17	0.17	1.41	50.26	202.57
204		103.55	277.59	421.04	613.79	785.14	0.18	0.17	1.34	81.99	232.60
255		141.39	313.27	481.12	653.84	826.79	0.17	0.19	1.34	147.70	302.38
306		213.52	385.47	529.27	710.57	901.44	0.18	0.19	24.33	177.27	337.72
357		242.25	411.30	585.39	758.61	935.60	0.20	0.17	87.92	244.74	407.44
408		311.13	452.23	632.49	820.74	981.69	0.24	0.21	113.52	277.87	434.07
459		335.12	507.42	686.42	863.57	1024.62	16.43	16.66	173.09	338.79	472.74
		Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]					Brennstoff Nachh. Heizung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	73.72	239.93	388.77	535.46	0.00	0.00	0.00	0.00	54.45
51		0.00	142.53	276.40	421.61	572.18	0.00	0.00	0.00	0.00	81.36
102		0.00	169.23	339.56	493.54	642.12	0.00	0.00	0.00	13.41	105.25
153		73.57	246.51	372.95	529.46	681.39	0.00	0.00	0.00	36.02	171.76
204		103.37	277.41	419.79	595.64	749.58	0.00	0.00	0.00	67.47	202.81
255		141.20	313.10	479.80	635.64	790.16	0.00	0.00	0.00	132.88	271.18
306		213.31	385.27	527.79	692.15	864.45	0.00	0.00	23.12	162.53	306.13
357		242.03	411.10	583.98	740.03	898.68	0.00	0.00	86.42	229.51	375.27
408		310.92	452.02	631.09	801.75	943.23	0.00	0.00	112.34	262.66	401.77
459		334.93	507.21	684.89	844.18	985.09	16.15	16.44	171.41	322.75	439.20
		Brennstoff Nachh. TWW [MWh]					Brennstoff Nachh. TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.15	0.16	1.14	17.07	35.07	0.14	0.15	1.00	13.63	29.27
51		0.16	0.15	0.88	16.98	33.97	0.14	0.15	0.91	14.26	29.31
102		0.15	0.16	1.10	17.37	34.97	0.14	0.14	1.37	14.32	30.19
153		0.16	0.16	1.34	17.62	34.69	0.15	0.15	1.38	14.21	30.78
204		0.16	0.15	1.22	18.11	35.51	0.16	0.14	1.32	14.49	29.77
255		0.16	0.15	1.28	18.15	36.60	0.14	0.17	1.32	14.79	31.17
306		0.18	0.17	1.45	18.37	36.95	0.15	0.16	1.18	14.71	31.55
357		0.19	0.16	1.36	18.53	36.87	0.17	0.15	1.47	15.20	32.14
408		0.18	0.18	1.37	18.95	38.41	0.21	0.19	1.16	15.18	32.26
459		0.15	0.17	1.48	19.35	39.48	0.26	0.19	1.65	16.00	33.50
		Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]					Brennstoff Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
51		0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
102		0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
153		0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
204		0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
255		0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
306		0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
357		0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
408		0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
459		0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04

### Anhang Abschnitt 5.3.2

<b>Größe der Langzeitspeicher BHKW-Wärme [m<sup>3</sup>]</b>												
		<b>Simulatinsvar. 9a</b>					<b>Simulatinsvar. 9b</b>					
		<b>0 m<sup>2</sup> ST</b>					<b>0 m<sup>2</sup> ST</b>					
		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	6000	6000	5000	4000	3000	0	1000	1000	1000	0	0	
51	6000	5000	4000	3000	3000	51	1000	1000	1000	0	0	
102	6000	4000	3000	3000	2000	102	1000	1000	0	0	0	
153	5000	4000	3000	2000	2000	153	1000	0	0	0	0	
204	4000	3000	3000	2000	2000	204	1000	0	0	0	0	
255	4000	3000	2000	2000	1000	255	0	0	0	0	0	
306	3000	3000	2000	1000	1000	306	0	0	0	0	0	
357	3000	2000	2000	1000	1000	357	0	0	0	0	0	
408	3000	2000	1000	1000	1000	408	0	0	0	0	0	
459	2000	2000	1000	1000	1000	459	0	0	0	0	0	
		<b>Simulatinsvar. 9a</b>					<b>Simulatinsvar. 9b</b>					
		<b>2250 m<sup>2</sup> ST</b>					<b>2250 m<sup>2</sup> ST</b>					
		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	12000	12000	9000	9000	9000	0	9000	6000	6000	5000	5000	
51	12000	12000	9000	9000	6000	51	9000	6000	6000	5000	4000	
102	12000	9000	9000	6000	6000	102	6000	6000	5000	4000	4000	
153	9000	9000	6000	6000	6000	153	6000	5000	4000	4000	3000	
204	9000	9000	6000	6000	6000	204	6000	5000	4000	3000	3000	
255	9000	6000	6000	6000	5000	255	5000	4000	3000	3000	2000	
306	9000	6000	6000	6000	5000	306	5000	4000	3000	2000	2000	
357	6000	6000	6000	5000	5000	357	4000	3000	3000	2000	2000	
408	6000	6000	5000	5000	4000	408	4000	3000	2000	2000	2000	
459	6000	6000	5000	5000	4000	459	4000	3000	2000	2000	2000	
		<b>Simulatinsvar. 9a</b>					<b>Simulatinsvar. 9b</b>					
		<b>4500 m<sup>2</sup> ST</b>					<b>4500 m<sup>2</sup> ST</b>					
		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	15000	12000	12000	9000	9000	0	12000	12000	9000	9000	9000	
51	12000	12000	9000	9000	6000	51	12000	9000	9000	9000	6000	
102	12000	9000	9000	6000	6000	102	12000	9000	9000	6000	6000	
153	9000	9000	9000	6000	6000	153	9000	9000	6000	6000	6000	
204	9000	9000	6000	6000	6000	204	9000	6000	6000	6000	6000	
255	9000	6000	6000	6000	6000	255	9000	6000	6000	6000	5000	
306	6000	6000	6000	6000	5000	306	6000	6000	6000	5000	5000	
357	6000	6000	6000	5000	5000	357	6000	6000	5000	5000	4000	
408	6000	6000	5000	5000	5000	408	6000	6000	5000	5000	4000	
459	6000	6000	5000	5000	4000	459	6000	6000	5000	4000	4000	
		<b>Simulatinsvar. 9a</b>					<b>Simulatinsvar. 9b</b>					
		<b>6750 m<sup>2</sup> ST</b>					<b>6750 m<sup>2</sup> ST</b>					
		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	21000	18000	15000	15000	12000	0	18000	15000	15000	15000	12000	
51	18000	18000	15000	15000	12000	51	18000	15000	15000	12000	12000	
102	18000	15000	15000	12000	12000	102	15000	15000	12000	12000	9000	
153	18000	15000	12000	12000	12000	153	15000	12000	12000	9000	9000	
204	15000	15000	12000	12000	9000	204	15000	12000	12000	9000	9000	
255	15000	12000	12000	9000	9000	255	12000	12000	9000	9000	9000	
306	15000	12000	12000	9000	9000	306	12000	9000	9000	9000	6000	
357	12000	12000	9000	9000	9000	357	12000	9000	9000	9000	6000	
408	12000	12000	9000	9000	9000	408	12000	9000	9000	6000	6000	
459	12000	12000	9000	9000	9000	459	9000	9000	9000	6000	6000	

### Anhang Abschnitt 5.3.2

<b>Größe der Langzeitspeicher BHKW-Wärme [m<sup>3</sup>]</b>													
		<b>Simulatinsvar. 10a 0 m<sup>2</sup> ST</b>							<b>Simulatinsvar. 10b 0 m<sup>2</sup> ST</b>				
		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0	9000	6000	6000	5000	4000	4000	0	5000	4000	3000	2000	1000	
51	9000	6000	5000	4000	4000	4000	51	4000	3000	2000	1000	1000	
102	6000	6000	4000	4000	3000	3000	102	3000	2000	1000	1000	0	
153	6000	5000	4000	3000	2000	2000	153	3000	2000	1000	0	0	
204	5000	4000	3000	2000	2000	2000	204	2000	1000	0	0	0	
255	5000	3000	3000	2000	1000	1000	255	1000	0	0	0	0	
306	4000	3000	2000	2000	1000	1000	306	1000	0	0	0	0	
357	3000	3000	2000	1000	1000	1000	357	1000	0	0	0	0	
408	3000	2000	2000	1000	1000	1000	408	0	0	0	0	0	
459	3000	2000	1000	1000	1000	1000	459	0	0	0	0	0	
		<b>Simulatinsvar. 10a 2250 m<sup>2</sup> ST</b>							<b>Simulatinsvar. 10b 2250 m<sup>2</sup> ST</b>				
		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0	21000	21000	18000	15000	15000	15000	0	15000	15000	12000	12000	9000	
51	21000	21000	18000	15000	12000	12000	51	15000	15000	12000	9000	9000	
102	21000	18000	15000	15000	12000	12000	102	15000	12000	12000	9000	9000	
153	18000	15000	15000	12000	12000	12000	153	12000	12000	9000	9000	6000	
204	18000	15000	12000	12000	9000	9000	204	12000	9000	9000	9000	6000	
255	15000	12000	12000	9000	9000	9000	255	12000	9000	9000	6000	6000	
306	15000	12000	9000	9000	9000	9000	306	9000	9000	6000	6000	6000	
357	12000	12000	9000	9000	6000	6000	357	9000	9000	6000	6000	6000	
408	12000	9000	9000	9000	6000	6000	408	9000	6000	6000	6000	5000	
459	12000	9000	9000	9000	6000	6000	459	9000	6000	6000	6000	5000	
		<b>Simulatinsvar. 10a 4500 m<sup>2</sup> ST</b>							<b>Simulatinsvar. 10b 4500 m<sup>2</sup> ST</b>				
		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0	24000	24000	24000	21000	18000	18000	0	30000	27000	24000	21000	18000	
51	24000	24000	21000	18000	15000	15000	51	30000	27000	21000	18000	18000	
102	24000	24000	21000	15000	15000	15000	102	27000	24000	21000	18000	15000	
153	24000	24000	18000	15000	12000	12000	153	27000	24000	18000	15000	15000	
204	24000	21000	15000	15000	12000	12000	204	24000	21000	15000	15000	15000	
255	24000	18000	15000	12000	12000	12000	255	21000	18000	15000	15000	12000	
306	21000	18000	12000	12000	9000	9000	306	21000	18000	15000	15000	12000	
357	21000	15000	12000	9000	9000	9000	357	18000	18000	15000	12000	12000	
408	18000	15000	12000	9000	9000	9000	408	18000	15000	12000	12000	9000	
459	18000	15000	12000	9000	9000	9000	459	18000	15000	12000	12000	9000	
		<b>Simulatinsvar. 10a 6750 m<sup>2</sup> ST</b>							<b>Simulatinsvar. 10b 6750 m<sup>2</sup> ST</b>				
		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0	6000	6000	9000	12000	12000	12000	0	18000	18000	24000	27000	24000	
51	6000	6000	9000	15000	15000	15000	51	18000	21000	27000	24000	21000	
102	6000	9000	12000	15000	15000	15000	102	18000	21000	27000	21000	21000	
153	6000	9000	12000	15000	15000	15000	153	18000	24000	24000	21000	18000	
204	6000	9000	12000	15000	15000	15000	204	18000	24000	21000	18000	18000	
255	6000	9000	12000	15000	15000	15000	255	21000	27000	21000	18000	15000	
306	6000	9000	12000	15000	15000	15000	306	21000	27000	18000	15000	15000	
357	6000	9000	12000	15000	15000	15000	357	24000	24000	18000	15000	12000	
408	6000	9000	12000	15000	15000	15000	408	24000	21000	15000	15000	12000	
459	6000	9000	12000	15000	15000	15000	459	24000	21000	15000	15000	12000	

## Anhang Abschnitt 5.3.2

<b>Größe der Langzeitspeicher BHKW-Wärme [m<sup>3</sup>]</b>													
		<b>Simulatinsvar. 11a 2250 m<sup>2</sup> ST</b>							<b>Simulatinsvar. 11b 2250 m<sup>2</sup> ST</b>				
		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0	21000	21000	18000	15000	12000	0	15000	15000	12000	12000	9000	9000	
51	21000	21000	18000	15000	12000	51	15000	12000	12000	9000	6000	6000	
102	21000	18000	15000	12000	9000	102	15000	12000	9000	9000	6000	6000	
153	18000	15000	12000	12000	9000	153	12000	12000	9000	6000	6000	6000	
204	18000	15000	12000	9000	6000	204	12000	9000	6000	6000	5000	5000	
255	15000	12000	9000	9000	6000	255	9000	6000	6000	5000	4000	4000	
306	15000	12000	9000	6000	5000	306	9000	6000	6000	5000	3000	3000	
357	12000	9000	6000	6000	4000	357	6000	6000	5000	4000	2000	2000	
408	12000	9000	6000	5000	4000	408	6000	5000	4000	3000	2000	2000	
459	9000	9000	6000	4000	3000	459	6000	4000	3000	2000	1000	1000	
		<b>Simulatinsvar. 11a 4500 m<sup>2</sup> ST</b>							<b>Simulatinsvar. 11b 4500 m<sup>2</sup> ST</b>				
		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0	24000	24000	24000	21000	18000	0	30000	27000	24000	21000	18000	18000	
51	24000	24000	21000	18000	15000	51	30000	27000	21000	18000	15000	15000	
102	24000	24000	21000	15000	15000	102	27000	24000	21000	18000	15000	15000	
153	24000	24000	18000	15000	12000	153	27000	24000	18000	15000	12000	12000	
204	24000	21000	15000	15000	12000	204	24000	21000	15000	15000	12000	12000	
255	24000	18000	15000	12000	9000	255	21000	18000	15000	12000	9000	9000	
306	21000	18000	12000	9000	9000	306	21000	18000	12000	9000	6000	6000	
357	21000	15000	12000	9000	6000	357	18000	15000	12000	9000	6000	6000	
408	18000	15000	9000	6000	5000	408	18000	12000	9000	6000	5000	5000	
459	18000	12000	9000	6000	5000	459	15000	12000	9000	6000	4000	4000	
		<b>Simulatinsvar. 11a 6750 m<sup>2</sup> ST</b>							<b>Simulatinsvar. 11b 6750 m<sup>2</sup> ST</b>				
		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0	6000	6000	9000	12000	15000	0	18000	18000	27000	24000	21000	21000	
51	6000	6000	9000	15000	15000	51	18000	21000	27000	21000	18000	18000	
102	6000	9000	12000	15000	15000	102	18000	24000	27000	21000	15000	15000	
153	6000	9000	12000	15000	18000	153	18000	24000	24000	15000	15000	15000	
204	6000	9000	12000	15000	18000	204	18000	27000	21000	15000	12000	12000	
255	6000	9000	12000	15000	18000	255	21000	24000	18000	15000	9000	9000	
306	6000	9000	12000	15000	18000	306	21000	21000	15000	12000	9000	9000	
357	6000	9000	15000	18000	21000	357	24000	18000	15000	12000	6000	6000	
408	9000	12000	15000	18000	21000	408	24000	15000	12000	9000	6000	6000	
459	9000	12000	15000	18000	21000	459	24000	15000	12000	9000	5000	5000	
<b>Ladekapazität Batterie [kWh(LK)]</b>													
		<b>Solarthermiefläche [m<sup>2</sup>]</b>						<b>Simulatinsvar. 11b 6750 m<sup>2</sup> ST</b>					
		Var.	0	2250	4500	6750			0	115	230	345	460
7a	24000	33000	39000	42000	0	0	0	26	112	390	390	390	
7b	18000	27000	36000	39000	51	0	2	27	114	397	397	397	
8a	6000				102	0	5	27	114	403	403	403	
8b	6000				153	2	11	34	116	412	412	412	
					204	5	17	45	118	420	420	420	
					255	12	23	55	125	427	427	427	
					306	17	27	64	133	437	437	437	
					357	23	35	76	143	446	446	446	
					408	30	41	88	153	454	454	454	
					459	38	46	98	165	461	461	461	

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvarianten 1 bis 8																
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]																
Var./ST [m²]	0				2250				4500				6750			
1a	1738.93	1753.09	1768.27	1783.45	5a	1774.43	1762.10	1776.45	1790.66							
1b	1744.32	1754.19	1765.09	1765.09	5b	1781.28	1765.22	1773.42	1773.42							
2a	1744.24	1757.87	1772.33	1785.79	6a	1755.90	1766.06	1778.65	1791.00							
2b	1747.70	1757.45	1767.51	1777.59	6b	1760.51	1766.38	1774.11	1783.00							
3a	1776.05	1763.61	1777.36	1791.34	7a	1785.32	1776.62	1791.43	1806.56							
3b	1782.65	1766.26	1774.59	1774.59	7b	1789.81	1777.29	1788.63	1788.63							
4a	1756.48	1766.13	1778.28	1789.90	8a	1766.45	1775.73	1789.29	1802.58							
4b	1760.71	1766.40	1774.17	1782.07	8b	1769.71	1775.47	1784.77	1794.32							
Elektrizität BHKW [MWh]																
Var./ST [m²]	0				2250				4500				6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	1509.81	1224.94	1137.43	1036.69							
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	1708.26	1427.14	1158.34	1158.34							
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	1397.06	1022.31	854.07	688.55							
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	1562.54	1115.58	880.80	733.42							
3a	2429.38	2079.20	1867.03	1669.00	7a	3290.11	3290.14	3290.17	3290.17							
3b	2704.16	2309.02	1951.22	1951.22	7b	3290.22	3290.11	3290.14	3290.14							
4a	1974.70	1477.57	1146.41	793.90	8a	3289.97	3290.47	3290.50	3290.44							
4b	2137.61	1578.05	1251.08	929.63	8b	3290.00	3290.47	3290.47	3290.47							
Elektrizitätsertrag PV [MWh]																
Var./ST [m²]	0				2250				4500				6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	0.00	0.00	0.00							
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	0.00	0.00	0.00	0.00							
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	0.00	0.00	0.00							
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	0.00	0.00	0.00	0.00							
3a	0.00	0.00	0.00	0.00	7a	0.00	0.00	0.00	0.00							
3b	0.00	0.00	0.00	0.00	7b	0.00	0.00	0.00	0.00							
4a	0.00	0.00	0.00	0.00	8a	0.00	0.00	0.00	0.00							
4b	0.00	0.00	0.00	0.00	8b	0.00	0.00	0.00	0.00							
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]																
Var./ST [m²]	0				2250				4500				6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	0.00	0.00	0.00							
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	0.00	0.00	0.00	0.00							
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	0.00	0.00	0.00							
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	0.00	0.00	0.00	0.00							
3a	0.00	0.00	0.00	0.00	7a	0.00	0.00	0.00	0.00							
3b	0.00	0.00	0.00	0.00	7b	0.00	0.00	0.00	0.00							
4a	0.00	0.00	0.00	0.00	8a	0.00	0.00	0.00	0.00							
4b	0.00	0.00	0.00	0.00	8b	0.00	0.00	0.00	0.00							
Netzeinspeisung [MWh]																
Var./ST [m²]	0				2250				4500				6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	2.91	2.54	2.36	2.14							
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	3.57	2.97	2.41	2.41							
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	2.56	1.97	1.61	1.21							
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	3.15	2.22	1.71	1.30							
3a	974.56	889.36	785.34	677.22	7a	1504.79	1513.52	1498.74	1483.61							
3b	1155.53	1004.68	833.35	833.35	7b	1500.41	1512.82	1501.51	1501.51							
4a	702.63	535.68	385.47	213.51	8a	1523.52	1514.74	1501.21	1487.87							
4b	792.86	584.37	439.69	292.00	8b	1520.29	1515.00	1505.71	1496.15							
Netzbezug [MWh]																
Var./ST [m²]	0				2250				4500				6750			
1a	1738.93	1753.09	1768.27	1783.45	5a	267.54	539.71	641.38	756.11							
1b	1744.32	1754.19	1765.09	1765.09	5b	76.59	341.05	617.50	617.50							
2a	1744.24	1757.87	1772.33	1785.79	6a	361.40	745.73	926.19	1103.65							
2b	1747.70	1757.45	1767.51	1777.59	6b	201.12	653.03	895.01	1050.88							
3a	321.23	573.77	695.68	799.56	7a	0.00	0.00	0.00	0.00							
3b	234.02	461.92	656.72	656.72	7b	0.00	0.00	0.00	0.00							
4a	484.41	824.23	1017.35	1209.50	8a	0.00	0.00	0.00	0.00							
4b	415.96	772.72	962.78	1144.44	8b	0.00	0.00	0.00	0.00							

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 9a		0 m² ST					Simulationsvar. 9a		2250 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	1778.48	1777.39	1776.55	1775.87	1775.09	1793.59	1792.57	1791.77	1790.79	1789.58			
51	1778.08	1777.26	1776.42	1775.47	1774.57	1793.28	1791.58	1791.38	1790.11	1789.63			
102	1777.28	1776.91	1776.00	1775.00	1774.14	1792.78	1791.99	1790.84	1790.05	1789.37			
153	1777.16	1776.29	1775.44	1774.49	1773.81	1792.41	1791.48	1790.54	1789.71	1788.93			
204	1776.98	1776.03	1774.72	1774.11	1773.18	1792.06	1790.42	1790.16	1789.36	1788.27			
255	1776.10	1775.34	1774.54	1773.49	1772.89	1791.39	1790.52	1789.76	1788.61	1788.01			
306	1775.85	1774.66	1774.05	1773.21	1772.13	1790.23	1790.12	1789.13	1787.86	1787.60			
357	1775.45	1774.62	1773.58	1772.93	1772.30	1790.60	1789.81	1788.64	1788.03	1787.19			
408	1774.95	1774.32	1773.40	1772.72	1772.01	1790.30	1789.45	1788.59	1787.75	1787.11			
459	1774.82	1773.98	1773.21	1772.46	1771.50	1789.99	1788.96	1788.36	1787.37	1786.89			
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	1782.17	1620.63	1467.39	1346.84	1250.83	1797.36	1635.86	1482.45	1360.86	1263.82			
51	1721.67	1560.36	1408.87	1291.54	1198.44	1736.94	1574.78	1423.52	1305.07	1211.71			
102	1660.79	1500.20	1351.83	1237.97	1148.77	1676.34	1515.31	1366.10	1251.66	1161.78			
153	1600.55	1440.80	1297.09	1188.01	1103.27	1615.85	1455.86	1311.25	1201.28	1115.63			
204	1541.61	1385.58	1247.45	1143.42	1062.28	1556.53	1399.36	1261.17	1156.04	1073.95			
255	1487.77	1338.13	1206.23	1106.05	1028.62	1502.02	1351.52	1218.59	1117.51	1039.28			
306	1445.54	1300.70	1173.35	1076.81	1001.33	1457.79	1313.27	1184.67	1086.97	1011.63			
357	1411.26	1270.93	1146.70	1052.88	979.81	1423.36	1282.35	1157.24	1062.70	988.85			
408	1382.71	1245.83	1124.53	1032.71	961.26	1394.23	1256.52	1134.50	1041.98	969.96			
459	1358.84	1224.35	1105.39	1015.34	945.14	1369.46	1234.38	1114.87	1024.00	953.71			
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03			
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07			
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10			
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14			
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17			
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20			
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24			
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27			
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31			
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69			
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	3.69	3.41	11.18	51.48	116.42	3.77	3.46	11.02	50.59	114.93			
51	3.63	3.31	12.82	56.62	124.59	3.69	3.40	12.51	55.50	122.80			
102	3.58	3.53	16.24	63.55	135.38	3.63	3.55	15.67	62.19	133.16			
153	3.50	4.79	22.10	74.14	150.25	3.54	4.65	21.15	72.19	147.49			
204	4.76	9.85	33.21	89.96	169.92	4.61	9.25	31.49	87.32	166.50			
255	11.83	23.13	52.20	113.24	196.59	10.80	21.34	49.35	109.59	192.12			
306	29.90	46.41	79.84	144.32	230.08	27.77	43.52	76.09	139.83	224.91			
357	56.04	76.72	113.69	180.69	268.43	53.00	72.95	109.18	175.42	262.58			
408	88.03	111.96	151.74	220.78	310.21	84.21	107.51	146.53	215.01	303.82			
459	124.33	150.85	192.82	263.69	354.63	119.77	145.89	187.16	257.45	347.82			
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			



## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 9b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b					2250 m <sup>2</sup> ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	1782.13	1781.53	1780.83	1779.74	1779.09		1793.30	1792.51	1791.89	1790.96	1790.07					
51	1781.94	1781.34	1780.52	1779.52	1778.86		1792.36	1792.29	1791.24	1790.50	1789.95					
102	1781.78	1781.07	1780.07	1779.30	1778.60		1792.78	1792.11	1791.08	1790.34	1789.10					
153	1781.51	1780.58	1779.78	1778.99	1778.29		1792.50	1791.67	1790.76	1789.45	1789.05					
204	1781.21	1780.29	1779.46	1778.68	1777.99		1791.97	1790.96	1790.18	1789.37	1788.36					
255	1780.62	1779.88	1779.08	1778.30	1777.64		1791.62	1790.70	1789.80	1788.69	1788.18					
306	1780.20	1779.52	1778.73	1777.97	1777.34		1790.54	1789.93	1789.29	1788.46	1787.69					
357	1779.89	1779.21	1778.44	1777.69	1777.06		1790.71	1789.82	1788.70	1788.13	1787.46					
408	1779.62	1778.96	1778.22	1777.48	1776.86		1790.21	1789.56	1788.63	1787.81	1787.19					
459	1779.40	1778.75	1778.01	1777.26	1776.68		1789.63	1789.06	1788.38	1787.58	1786.99					
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	1785.89	1624.83	1471.59	1350.51	1254.35		1797.03	1635.72	1482.48	1360.90	1264.11					
51	1725.61	1564.51	1412.88	1295.20	1202.07		1735.98	1575.38	1423.28	1305.22	1211.68					
102	1665.36	1504.36	1355.66	1241.71	1152.17		1676.26	1515.29	1366.06	1251.54	1160.83					
153	1604.94	1444.95	1300.81	1191.41	1106.35		1615.84	1455.73	1310.83	1200.27	1114.78					
204	1545.51	1389.13	1250.94	1146.42	1065.20		1556.07	1399.08	1260.10	1154.85	1072.68					
255	1491.13	1341.08	1208.79	1108.60	1030.81		1501.05	1350.12	1216.99	1115.79	1037.66					
306	1447.92	1303.26	1175.45	1078.70	1003.46		1456.20	1310.97	1182.58	1085.28	1009.41					
357	1413.30	1272.78	1148.59	1054.45	981.27		1421.15	1279.84	1154.74	1060.28	986.63					
408	1384.62	1247.49	1126.13	1034.10	962.59		1391.54	1253.91	1131.86	1039.33	967.42					
459	1360.40	1225.92	1106.83	1016.60	946.64		1366.39	1231.53	1111.99	1021.35	951.07					
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03					
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07					
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10					
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14					
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17					
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20					
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24					
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27					
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31					
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69					
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	3.75	3.47	11.11	51.28	115.95		3.73	3.38	10.93	50.46	114.73					
51	3.70	3.38	12.73	56.23	123.93		3.66	3.30	12.41	55.27	122.45					
102	3.65	3.53	15.99	62.99	134.32		3.55	3.42	15.39	61.78	132.48					
153	3.53	4.65	21.47	73.04	148.85		3.45	4.33	20.50	71.44	146.52					
204	4.44	9.15	31.95	88.39	168.04		4.23	8.43	30.40	86.13	165.13					
255	10.68	21.54	50.22	110.98	194.02		9.60	19.76	47.70	107.78	190.34					
306	27.92	44.12	77.26	141.44	227.02		25.86	41.42	73.83	137.54	222.61					
357	53.65	73.97	110.72	177.51	265.13		50.68	70.43	106.62	172.90	260.09					
408	85.28	108.97	148.52	217.40	306.69		81.61	104.80	143.85	212.31	301.19					
459	121.30	147.64	189.46	260.16	350.96		117.07	142.95	184.26	254.58	345.07					
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00					

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 9b						4500 m² ST					Simulationsvar. 9b						6750 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1805.17	1803.78	1803.49	1802.55	1800.71						1816.69	1815.86	1814.99	1813.92	1813.46						
51	1804.83	1803.93	1803.24	1801.24	1801.29						1816.09	1815.62	1814.46	1813.88	1813.14						
102	1803.41	1803.73	1801.88	1801.71	1800.87						1816.11	1815.20	1814.47	1813.60	1812.99						
153	1804.15	1803.06	1802.19	1801.25	1800.27						1815.73	1814.98	1814.03	1813.19	1812.51						
204	1803.85	1802.73	1801.75	1800.80	1799.53						1815.33	1814.69	1813.71	1812.89	1812.19						
255	1802.39	1802.37	1801.27	1799.70	1799.52						1815.07	1814.08	1813.35	1812.46	1811.82						
306	1802.73	1801.78	1800.45	1799.89	1799.00						1814.54	1813.66	1812.92	1812.11	1811.54						
357	1802.34	1801.37	1800.55	1799.55	1799.02						1814.14	1813.44	1812.58	1811.67	1811.31						
408	1802.17	1800.79	1799.99	1799.08	1798.68						1813.84	1813.16	1812.32	1811.70	1811.12						
459	1801.81	1800.30	1799.82	1799.13	1798.48						1813.60	1812.89	1811.94	1811.48	1810.74						
Elektrizität BHKW [MWh]											Elektrizität BHKW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1808.97	1647.08	1493.91	1371.89	1273.68						1820.54	1659.19	1505.23	1382.32	1284.96						
51	1748.47	1587.09	1435.01	1315.14	1221.70						1759.79	1598.81	1445.91	1326.61	1231.98						
102	1686.96	1526.93	1376.44	1261.94	1171.02						1699.69	1538.39	1388.46	1272.49	1181.32						
153	1627.56	1467.03	1321.58	1210.64	1123.97						1639.17	1478.82	1332.62	1220.95	1133.88						
204	1567.82	1410.34	1270.40	1164.26	1081.32						1579.22	1421.79	1281.08	1174.14	1091.11						
255	1511.15	1360.42	1226.35	1124.00	1045.59						1523.04	1370.78	1236.19	1133.77	1054.21						
306	1466.63	1320.46	1190.76	1093.08	1016.70						1476.66	1330.04	1200.16	1101.39	1024.84						
357	1430.21	1288.25	1162.80	1067.41	993.45						1439.42	1297.19	1170.98	1075.13	1000.75						
408	1400.17	1261.38	1138.89	1045.83	973.74						1408.55	1269.85	1146.69	1053.41	980.71						
459	1374.60	1238.44	1118.65	1027.60	956.88						1382.37	1246.56	1125.79	1034.51	963.17						
Elektrizitätsertrag PV [MWh]											Elektrizitätsertrag PV [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03						60.03	60.03	60.03	60.03	60.03						
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07						120.07	120.07	120.07	120.07	120.07						
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10						180.10	180.10	180.10	180.10	180.10						
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14						240.14	240.14	240.14	240.14	240.14						
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17						300.17	300.17	300.17	300.17	300.17						
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20						360.20	360.20	360.20	360.20	360.20						
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24						420.24	420.24	420.24	420.24	420.24						
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27						480.27	480.27	480.27	480.27	480.27						
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31						540.31	540.31	540.31	540.31	540.31						
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]											Elektrizitätsertrag WKA [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						0.00	160.17	320.34	480.51	640.69						
Netzeinspeisung [MWh]											Netzeinspeisung [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	3.81	3.48	10.77	49.86	113.65						3.85	3.50	10.58	48.91	112.19						
51	3.68	3.36	12.15	54.45	121.13						3.73	3.39	11.82	53.28	119.56						
102	3.62	3.44	14.97	60.81	130.90						3.65	3.43	14.40	59.48	129.09						
153	3.51	4.24	19.83	70.00	144.49						3.55	4.11	19.03	68.37	142.15						
204	4.11	7.91	29.13	84.11	162.62						4.03	7.41	27.84	81.91	159.74						
255	8.93	18.39	45.59	104.99	186.93						8.14	17.04	43.35	101.99	183.25						
306	24.10	39.05	70.86	133.91	218.59						22.32	36.75	67.79	129.99	214.19						
357	48.10	67.29	102.83	168.61	255.36						45.52	64.16	98.99	164.22	250.37						
408	78.27	101.03	139.51	207.54	296.02						74.98	97.14	134.99	202.49	290.55						
459	113.09	138.61	179.48	249.29	339.40						109.08	134.15	174.49	243.85	333.42						
Netzbezug [MWh]											Netzbezug [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

## Anhang Abschnitt 5.4

		Simulationsvar. 10a					0 m² ST					Simulationsvar. 10a					2250 m² ST					
		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0		1760.45	1759.37	1758.62	1757.78	1757.06		1774.71	1773.98	1773.32	1772.49	1771.56										
51		1759.71	1759.12	1758.33	1757.50	1756.43		1774.44	1773.66	1772.85	1772.08	1771.36										
102		1759.63	1758.78	1758.03	1756.94	1756.28		1774.17	1773.54	1772.75	1771.47	1770.93										
153		1759.28	1758.47	1757.48	1756.68	1755.83		1774.02	1773.37	1772.13	1771.35	1770.29										
204		1759.00	1758.16	1757.17	1756.19	1755.49		1773.55	1772.86	1771.93	1770.71	1770.15										
255		1758.50	1757.60	1756.33	1755.77	1754.96		1773.38	1772.54	1771.29	1770.46	1769.70										
306		1758.01	1757.15	1756.21	1755.19	1754.66		1772.80	1772.04	1770.99	1770.06	1769.29										
357		1757.63	1756.42	1755.89	1754.64	1754.42		1772.64	1771.54	1770.67	1769.70	1769.04										
408		1757.32	1756.45	1755.40	1754.82	1754.21		1772.34	1771.37	1770.39	1769.37	1768.85										
459		1757.01	1756.21	1755.30	1754.62	1753.85		1772.03	1771.14	1770.12	1768.96	1768.67										
<b>Elektrizität BHKW [MWh]</b>																						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0		1764.08	1602.53	1449.76	1329.87	1234.53		1778.44	1617.23	1464.26	1343.51	1247.29										
51		1703.26	1542.18	1391.16	1274.70	1182.21		1718.07	1556.80	1405.32	1288.03	1195.09										
102		1643.06	1482.02	1334.26	1221.15	1132.85		1657.69	1496.83	1348.36	1234.18	1145.07										
153		1582.56	1422.89	1279.58	1171.44	1087.45		1597.43	1437.72	1293.27	1184.12	1098.88										
204		1523.54	1367.60	1230.44	1126.99	1046.87		1537.99	1381.79	1243.56	1138.73	1057.89										
255		1470.14	1320.53	1188.75	1090.03	1013.18		1484.10	1333.79	1201.01	1100.95	1023.30										
306		1427.76	1283.42	1156.54	1060.65	986.53		1440.67	1295.73	1167.64	1070.95	995.84										
357		1393.87	1253.24	1130.26	1036.73	964.85		1406.03	1264.87	1140.62	1046.48	973.55										
408		1365.67	1228.80	1107.95	1017.15	946.56		1377.14	1239.49	1117.95	1025.87	954.71										
459		1341.68	1207.62	1089.21	1000.00	930.73		1352.60	1217.78	1098.41	1008.04	938.67										
<b>Elektrizität PV [MWh]</b>																						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
51		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03										
102		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07										
153		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10										
204		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14										
255		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17										
306		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20										
357		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24										
408		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27										
459		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31										
<b>Elektrizität WKA [MWh]</b>																						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
51		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
102		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
153		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
204		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
255		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
306		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
357		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
408		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
459		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
<b>Netzeinspeisung [MWh]</b>																						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0		3.63	3.33	11.48	52.60	118.16		3.73	3.42	11.29	51.53	116.42										
51		3.59	3.27	13.21	57.75	126.50		3.66	3.35	12.85	56.50	124.45										
102		3.50	3.48	16.64	64.79	137.33		3.59	3.53	16.02	63.30	134.89										
153		3.39	4.70	22.54	75.38	152.41		3.51	4.62	21.58	73.38	149.38										
204		4.67	9.75	33.75	91.46	172.20		4.58	9.24	32.11	88.67	168.56										
255		11.81	23.27	52.93	114.94	199.07		10.89	21.59	50.23	111.17	194.45										
306		29.96	46.64	80.88	146.18	232.75		28.08	44.06	77.19	141.61	227.43										
357		56.48	77.22	114.94	182.84	271.36		53.63	73.74	110.52	177.53	265.44										
408		88.62	112.79	153.16	223.12	313.30		85.07	108.57	148.17	217.28	306.82										
459		124.98	151.89	194.56	266.20	357.88		120.88	147.12	188.93	259.90	350.99										
<b>Netzbezug [MWh]</b>																						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
102		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
153		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
204		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
255		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
306		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
357		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
408		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
459		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 10a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		6750 m <sup>2</sup> ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1789.31	1788.63	0.00	1787.03	1786.32		1801.41	1800.58	1800.14	1799.46	1798.84		
51	1789.13	1788.50	0.00	1786.77	1786.02		1801.13	1800.37	1799.87	1799.44	1798.82		
102	1788.97	1788.25	0.00	1786.49	1785.65		1800.94	1800.36	1799.78	1799.26	1798.59		
153	1788.72	1787.76	0.00	1786.12	1785.40		1800.70	1800.08	1799.53	1798.98	1798.37		
204	1788.43	1787.46	0.00	1785.49	1785.03		1800.46	1799.85	1799.24	1798.75	1798.09		
255	1787.86	1787.08	0.00	1785.38	1784.38		1800.13	1799.50	1798.97	1798.42	1797.80		
306	1787.50	1786.44	0.00	1785.00	1784.40		1799.80	1799.17	1798.67	1798.14	1797.59		
357	1786.95	1786.35	0.00	1784.77	1784.12		1799.46	1798.96	1798.40	1797.93	1797.34		
408	1786.87	1785.98	0.00	1784.58	1783.90		1799.14	1798.71	1798.22	1797.71	1797.14		
459	1786.41	1785.63	0.00	1784.34	1783.54		1798.90	1798.49	1798.02	1797.57	1796.95		
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1793.09	1631.91	0.00	1357.13	1260.44		1805.22	1643.88	1490.83	1368.92	1271.83		
51	1732.78	1571.67	0.00	1301.57	1207.85		1744.79	1583.55	1431.66	1313.43	1219.25		
102	1672.51	1511.53	0.00	1247.80	1157.51		1684.50	1523.62	1374.29	1259.51	1168.73		
153	1612.15	1451.93	0.00	1197.00	1111.18		1624.12	1464.11	1318.92	1208.41	1121.91		
204	1552.67	1395.77	0.00	1150.97	1069.31		1564.54	1407.59	1267.97	1162.16	1079.69		
255	1497.64	1346.72	0.00	1112.39	1033.78		1509.06	1357.65	1224.01	1122.55	1043.66		
306	1453.39	1307.58	0.00	1081.62	1005.95		1463.88	1317.91	1188.85	1091.03	1014.78		
357	1417.53	1276.23	0.00	1056.65	982.95		1427.36	1285.66	1160.38	1065.39	991.18		
408	1388.15	1250.10	0.00	1035.58	963.58		1397.04	1258.94	1136.66	1043.83	971.36		
459	1362.91	1227.68	0.00	1017.44	946.88		1371.34	1236.12	1116.23	1025.29	954.42		
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	0.00	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	0.00	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	0.00	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	0.00	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	0.00	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	0.00	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	0.00	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	0.00	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	0.00	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3.78	3.45	0.00	50.61	114.81		3.81	3.48	11.03	49.98	113.68		
51	3.69	3.37	0.00	55.35	122.55		3.69	3.38	12.17	54.53	121.15		
102	3.62	3.51	0.00	61.89	132.61		3.62	3.50	14.93	60.83	130.88		
153	3.53	4.45	0.00	71.49	146.57		3.53	4.30	19.83	70.04	144.34		
204	4.37	8.62	0.00	86.13	165.11		4.22	8.05	29.20	84.07	162.43		
255	9.94	19.98	0.00	107.69	190.25		9.10	18.49	45.55	104.81	186.72		
306	26.10	41.51	0.00	137.34	222.43		24.28	39.11	70.72	133.61	218.08		
357	50.82	70.29	0.00	172.63	259.76		48.13	67.11	102.56	168.21	254.77		
408	81.55	104.56	0.00	211.79	300.64		78.17	100.68	139.06	206.91	295.18		
459	116.81	142.53	0.00	253.91	344.33		112.75	138.10	178.85	248.55	338.46		
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

## Anhang Abschnitt 5.4

		Simulationsvar. 10b					Simulationsvar. 10b				
		0 m² ST					2250 m² ST				
		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1763.31	1762.55	1761.61	1760.74	1759.82	1773.22	1772.69	1771.88	1770.82	1770.13
51		1763.05	1762.28	1761.36	1760.26	1759.50	1773.21	1772.16	1771.54	1770.52	1769.75
102		1762.77	1761.89	1760.83	1759.96	1758.59	1772.88	1772.22	1770.82	1770.22	1769.28
153		1762.22	1761.11	1760.43	1758.98	1758.28	1772.77	1771.68	1770.75	1769.69	1768.96
204		1762.01	1761.00	1759.48	1758.67	1757.98	1772.34	1771.36	1770.31	1768.96	1768.59
255		1761.41	1759.90	1759.08	1758.29	1757.62	1771.67	1770.89	1769.47	1768.91	1768.12
306		1760.84	1759.53	1758.72	1757.95	1757.29	1771.47	1770.35	1769.40	1768.53	1767.82
357		1760.09	1759.22	1758.44	1757.66	1757.01	1771.05	1769.63	1769.04	1768.16	1767.56
408		1759.64	1758.97	1758.19	1757.44	1756.79	1770.72	1769.62	1768.76	1767.97	1767.38
459		1759.41	1758.75	1757.99	1757.23	1756.59	1770.31	1769.39	1770.24	1767.76	1766.93
		Elektrizität BHKW [MWh]					Elektrizität BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1766.88	1605.67	1452.62	1332.65	1237.11	1776.91	1615.91	1462.83	1341.94	1245.98
51		1706.51	1545.26	1394.03	1277.34	1184.88	1716.78	1555.27	1403.97	1286.47	1193.53
102		1646.14	1485.05	1336.93	1223.85	1134.64	1656.36	1495.42	1346.31	1232.84	1143.34
153		1585.43	1425.39	1282.18	1173.26	1089.08	1596.12	1435.84	1291.55	1182.16	1097.30
204		1526.23	1370.03	1232.11	1128.57	1048.29	1536.52	1379.77	1241.36	1136.50	1055.91
255		1472.36	1321.93	1190.44	1091.23	1014.29	1481.68	1331.20	1198.31	1098.59	1021.08
306		1429.56	1284.61	1157.55	1061.78	987.31	1438.18	1292.80	1164.82	1068.39	993.45
357		1394.98	1254.57	1131.12	1037.89	965.45	1403.10	1261.56	1137.58	1043.80	971.02
408		1366.53	1229.56	1108.94	1017.76	947.03	1374.03	1236.18	1114.86	1023.23	952.16
459		1342.58	1208.33	1089.89	1000.53	931.30	1349.34	1214.36	1095.55	1005.52	935.80
		Elektrizitätsertrag PV [MWh]					Elektrizitätsertrag PV [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03
102		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07
153		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10
204		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14
255		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17
306		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20
357		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24
408		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27
459		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31
		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]					Elektrizitätsertrag WKA [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
51		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
102		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
153		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
204		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
255		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
306		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
357		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
408		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
459		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
		Netzeinspeisung [MWh]					Netzeinspeisung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		3.58	3.29	11.36	52.42	117.98	3.70	3.39	11.28	51.64	116.53
51		3.49	3.19	13.05	57.62	126.10	3.61	3.32	12.81	56.50	124.50
102		3.44	3.39	16.51	64.47	136.81	3.55	3.44	15.90	63.20	134.82
153		3.32	4.55	22.20	74.89	151.59	3.45	4.43	21.24	73.09	149.14
204		4.36	9.33	33.12	90.55	171.13	4.32	8.72	31.53	88.19	168.14
255		11.12	22.37	51.87	113.62	197.53	10.19	20.65	49.36	110.37	193.81
306		28.93	45.45	79.37	144.54	230.91	26.91	42.82	75.96	140.58	226.51
357		55.12	75.76	113.26	180.98	269.36	52.29	72.34	109.12	176.39	264.39
408		87.16	111.04	151.36	221.11	311.20	83.58	107.00	146.72	216.04	305.74
459		123.48	150.06	192.54	264.13	355.71	119.34	145.45	185.96	258.59	349.86
		Netzbezug [MWh]					Netzbezug [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
357		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
408		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
459		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Anhang Abschnitt 5.4

		4500 m <sup>2</sup> ST					6750 m <sup>2</sup> ST				
		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1784.29	1783.57	1782.80	1781.90	1781.25	1792.99	1792.33	1791.78	1791.09	1790.41
51		1784.06	1783.20	1782.55	1781.66	1780.88	1792.69	1792.23	1791.61	1790.81	1790.16
102		1783.87	1783.01	1782.17	1781.40	1780.72	1792.56	1792.03	1791.34	1790.61	1789.85
153		1783.43	1782.70	1781.84	1781.11	1780.37	1792.36	1791.82	1791.03	1790.27	1789.55
204		1783.21	1782.31	1781.48	1780.76	1780.18	1792.21	1791.54	1790.71	1789.94	1789.28
255		1782.85	1781.96	1781.17	1780.41	1779.70	1791.88	1791.17	1790.38	1789.61	1788.95
306		1782.28	1781.56	1780.81	1780.02	1779.38	1791.46	1790.76	1790.04	1789.28	1788.66
357		1781.71	1781.20	1780.54	1779.85	1779.26	1791.16	1790.47	1789.79	1789.09	1788.38
408		1781.79	1781.09	1780.29	1779.59	1778.90	1790.94	1790.23	1789.54	1788.80	1788.14
459		1781.55	1780.81	1780.07	1779.45	1778.74	1790.75	1790.04	1789.35	1788.59	1788.01
		Elektrizität BHKW [MWh]					Elektrizität BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1788.04	1626.84	1473.58	1352.29	1255.93	1796.74	1635.59	1482.49	1360.93	1264.12
51		1727.68	1566.36	1414.67	1296.75	1203.21	1736.31	1575.38	1423.50	1305.17	1211.30
102		1667.41	1506.23	1357.17	1242.92	1152.99	1676.08	1515.19	1365.92	1251.18	1160.62
153		1606.81	1446.73	1301.80	1191.99	1106.38	1615.74	1455.66	1310.35	1199.82	1113.55
204		1547.25	1390.19	1251.13	1146.08	1064.53	1556.09	1398.81	1259.08	1153.28	1071.16
255		1492.00	1340.81	1207.71	1106.98	1028.89	1500.16	1348.45	1214.71	1113.43	1034.82
306		1447.19	1301.59	1173.10	1075.96	1000.53	1454.45	1308.30	1179.29	1081.65	1005.73
357		1411.13	1269.83	1145.23	1050.91	977.59	1417.79	1275.88	1150.70	1055.89	982.08
408		1381.76	1243.79	1121.94	1029.80	958.17	1387.42	1249.04	1126.84	1034.24	962.30
459		1356.63	1221.44	1101.94	1011.74	941.60	1361.71	1226.23	1106.42	1015.71	945.34
		Elektrizitätsertrag PV [MWh]					Elektrizitätsertrag PV [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03
102		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07
153		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10
204		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14
255		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17
306		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20
357		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24
408		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27
459		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31
		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]					Elektrizitätsertrag WKA [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
51		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
102		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
153		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
204		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
255		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
306		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
357		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
408		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
459		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
		Netzeinspeisung [MWh]					Netzeinspeisung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		3.76	3.44	11.12	50.90	115.37	3.76	3.43	11.05	50.35	114.40
51		3.66	3.36	12.49	55.63	123.05	3.64	3.36	12.26	54.90	121.86
102		3.61	3.45	15.41	62.11	133.02	3.58	3.41	14.99	61.15	131.52
153		3.49	4.30	20.40	71.50	146.80	3.49	4.11	19.77	70.17	144.79
204		4.17	8.18	30.12	85.97	165.17	4.01	7.58	28.84	83.99	162.70
255		9.32	19.19	47.05	107.25	190.05	8.46	17.63	44.84	104.50	186.72
306		25.11	40.40	72.83	136.65	222.05	23.19	37.91	69.80	133.09	217.96
357		49.66	69.04	105.26	171.81	259.25	46.87	65.82	101.49	167.55	254.63
408		80.24	103.15	142.26	210.99	300.23	76.75	99.25	137.92	206.23	295.12
459		115.39	141.10	182.51	253.11	343.85	111.27	136.67	177.72	247.94	338.33
		Netzbezug [MWh]					Netzbezug [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
357		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
408		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
459		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 11a						2250 m² ST					Simulationsvar. 11a						4500 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	1774.56	1773.85	1772.85	1771.52	1769.96		1788.83	1788.11	0.00	1785.81	1784.36										
51	1774.29	1773.62	1772.40	1770.98	1769.42		1788.63	1787.95	0.00	1785.43	1783.94										
102	1774.07	1773.36	1772.11	1770.52	1768.79		1788.49	1787.72	0.00	1784.93	1783.43										
153	1773.84	1773.04	1771.53	1769.78	1768.18		1788.21	1787.33	0.00	1784.40	1782.85										
204	1773.39	1772.40	1770.82	1769.14	1767.47		1787.89	1786.80	0.00	1783.89	1782.31										
255	1772.79	1771.71	1770.02	1768.31	1766.80		1787.26	1786.13	0.00	1783.23	1781.62										
306	1772.04	1770.91	1769.24	1767.62	1766.16		1786.62	1785.56	0.00	1782.50	1780.95										
357	1771.61	1770.19	1768.43	1767.01	1765.53		1786.01	1784.95	0.00	1781.93	1780.23										
408	1770.81	1769.51	1767.88	1766.39	1764.63		1785.44	1784.36	0.00	1781.24	1779.61										
459	1770.26	1768.73	1767.22	1765.76	1764.01		1784.92	1783.75	0.00	1780.54	1778.86										
Elektrizität BHKW [MWh]											Elektrizität BHKW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	1778.29	1608.65	1441.74	1281.67	1126.02		1792.62	1622.95	0.00	1295.79	1140.16										
51	1714.76	1545.19	1378.58	1219.19	1064.38		1729.11	1559.51	0.00	1233.47	1078.52										
102	1651.26	1481.88	1316.14	1157.36	1003.30		1665.71	1496.16	0.00	1171.30	1017.29										
153	1587.78	1419.00	1254.46	1096.24	942.64		1602.18	1433.29	0.00	1110.43	956.85										
204	1524.96	1357.48	1193.81	1036.64	883.67		1539.34	1371.51	0.00	1050.56	897.82										
255	1464.64	1298.20	1135.07	978.83	826.33		1478.86	1312.05	0.00	992.61	840.32										
306	1405.59	1240.35	1077.84	921.79	769.91		1419.96	1254.33	0.00	936.08	783.78										
357	1348.69	1183.47	1021.70	865.89	714.38		1362.37	1197.15	0.00	880.12	728.02										
408	1292.19	1127.08	966.33	810.85	659.19		1305.80	1141.53	0.00	824.66	673.14										
459	1235.76	1071.56	911.03	755.94	604.48		1249.73	1085.82	0.00	769.68	618.24										
Elektrizitätsertrag PV [MWh]											Elektrizitätsertrag PV [MWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	0.00	60.03	60.03										
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	0.00	120.07	120.07										
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	0.00	180.10	180.10										
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	0.00	240.14	240.14										
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	0.00	300.17	300.17										
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	0.00	360.20	360.20										
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	0.00	420.24	420.24										
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	0.00	480.27	480.27										
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	0.00	540.31	540.31										
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]											Elektrizitätsertrag WKA [MWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	0.00	480.51	640.69										
Netzeinspeisung [MWh]											Netzeinspeisung [MWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	3.73	-5.03	-10.77	-9.34	-3.25		3.79	-4.99	0.00	-9.50	-3.51										
51	0.50	-8.23	-13.44	-11.24	-4.32		0.52	-8.23	0.00	-11.42	-4.70										
102	-2.74	-11.24	-15.56	-12.58	-4.73		-2.71	-11.32	0.00	-13.05	-5.39										
153	-5.96	-13.76	-16.62	-12.93	-4.76		-5.93	-13.76	0.00	-13.36	-5.21										
204	-8.29	-14.62	-16.53	-11.85	-2.98		-8.42	-14.98	0.00	-12.68	-3.67										
255	-7.98	-13.17	-14.44	-8.80	0.39		-8.23	-13.74	0.00	-9.94	-0.44										
306	-6.24	-10.19	-10.86	-5.11	4.64		-6.46	-10.86	0.00	-5.71	3.71										
357	-2.69	-6.32	-6.15	-0.37	9.77		-3.40	-7.39	0.00	-1.06	8.71										
408	1.65	-1.98	-0.94	5.24	15.52		0.64	-2.38	0.00	4.20	14.49										
459	5.80	3.30	4.46	10.99	21.46		5.11	2.55	0.00	9.96	20.37										
Netzbezug [MWh]											Netzbezug [MWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 11a						6750 m² ST					Simulationsvar. 11b					2250 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1801.28	1800.28	1799.66	1798.59	1797.60	1773.88	1772.95	1771.84	1770.36	1768.85										
51	1800.99	1800.09	1799.33	1798.56	1797.26	1773.63	1772.80	1771.30	1769.97	1768.37										
102	1800.83	1800.24	1799.31	1798.26	1796.84	1773.24	1772.46	1771.01	1769.14	1767.84										
153	1800.59	1799.95	1798.96	1797.85	1796.50	1773.09	1771.56	1770.42	1768.82	1767.08										
204	1800.17	1799.55	1798.53	1797.34	1795.91	1772.59	1771.40	1769.71	1768.06	1766.51										
255	1799.61	1798.92	1797.97	1796.76	1795.21	1771.88	1770.41	1769.09	1767.39	1765.86										
306	1799.07	1798.43	1797.37	1796.21	1794.66	1771.18	1769.84	1768.08	1766.47	1765.28										
357	1798.53	1797.92	1797.09	1795.60	1794.21	1770.38	1768.03	1767.49	1765.87	1764.54										
408	1798.43	1797.64	1796.49	1794.94	1793.68	1769.74	1768.38	1766.94	1765.43	1763.68										
459	1797.97	1797.21	1795.96	1794.41	1793.18	1768.81	1767.80	1766.39	1764.80	1763.26										
Elektrizität BHKW [MWh]											Elektrizität BHKW [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1805.08	1635.10	1468.38	1308.52	1153.25	1777.57	1607.72	1440.57	1280.56	1125.11										
51	1741.46	1571.64	1405.49	1246.19	1091.06	1714.05	1544.32	1377.57	1218.08	1063.43										
102	1678.04	1508.62	1343.14	1184.28	1030.15	1650.40	1480.89	1314.82	1156.12	1002.25										
153	1614.56	1445.80	1281.33	1123.28	969.96	1587.01	1417.47	1253.12	1095.17	941.69										
204	1551.58	1384.09	1220.47	1063.55	910.74	1524.03	1356.09	1192.38	1035.33	882.64										
255	1491.16	1324.71	1161.73	1005.58	853.02	1463.49	1296.80	1134.01	977.46	825.34										
306	1431.90	1266.48	1104.60	948.62	796.38	1404.81	1238.92	1076.59	920.75	768.93										
357	1374.36	1209.79	1048.65	892.58	740.87	1346.79	1181.04	1020.46	864.48	713.16										
408	1318.03	1153.52	993.01	837.23	686.21	1290.34	1125.71	964.70	809.87	657.77										
459	1261.86	1098.25	937.83	782.67	631.36	1234.41	1070.41	909.68	754.72	603.52										
Elektrizitätsertrag PV [MWh]											Elektrizitätsertrag PV [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03										
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07										
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10										
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14										
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17										
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20										
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24										
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27										
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31										
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]											Elektrizitätsertrag WKA [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69										
Netzeinspeisung [MWh]											Netzeinspeisung [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	3.79	-5.00	-10.95	-9.56	-3.67	3.69	-5.05	-10.92	-9.29	-3.05										
51	0.51	-8.24	-13.46	-11.82	-5.48	0.45	-8.28	-13.35	-11.34	-4.22										
102	-2.72	-11.38	-15.76	-13.39	-5.94	-2.77	-11.33	-15.78	-12.44	-4.83										
153	-5.93	-13.88	-17.18	-13.96	-5.75	-5.97	-13.82	-16.86	-13.03	-4.60										
204	-8.46	-15.15	-17.58	-13.14	-4.35	-8.43	-15.00	-16.85	-12.08	-3.04										
255	-8.29	-13.86	-15.73	-10.50	-1.33	-8.22	-13.27	-14.57	-9.25	0.33										
306	-6.96	-11.57	-12.23	-6.88	2.61	-6.16	-10.54	-10.94	-5.01	4.54										
357	-3.93	-7.73	-7.86	-2.27	7.58	-3.35	-6.58	-6.46	-0.64	9.54										
408	-0.13	-3.68	-2.87	3.08	13.50	0.88	-2.23	-1.63	5.23	15.04										
459	4.20	1.51	2.51	9.08	19.18	5.91	3.09	3.93	10.73	21.25										
Netzbezug [MWh]											Netzbezug [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										

## Anhang Abschnitt 5.4

		Simulationsvar. 11b 4500 m² ST					Simulationsvar. 11b 6750 m² ST				
		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1785.16	1784.44	1783.46	1782.28	1780.92	1793.34	1792.61	1791.86	1790.75	1789.28
51		1784.89	1784.19	1783.14	1781.91	1780.46	1793.09	1792.49	1791.53	1790.32	1788.90
102		1784.78	1783.93	1782.83	1781.52	1779.97	1792.96	1792.40	1791.41	1789.92	1788.40
153		1784.38	1783.58	1782.40	1780.98	1779.42	1792.69	1792.11	1790.81	1789.49	1787.91
204		1784.11	1783.05	1781.87	1780.43	1778.79	1792.40	1791.77	1790.36	1788.86	1787.36
255		1783.48	1782.53	1781.23	1779.75	1777.95	1791.96	1790.95	1789.81	1788.31	1786.71
306		1782.80	1781.82	1780.51	1778.96	1776.91	1791.54	1790.51	1789.18	1787.56	1786.06
357		1782.26	1781.33	1779.93	1778.16	1776.30	1790.83	1789.92	1788.48	1786.96	1785.33
408		1781.61	1780.73	1779.16	1777.21	1775.59	1790.29	1789.31	1787.92	1786.40	1784.87
459		1781.14	1780.21	1778.50	1776.61	1774.85	1789.80	1788.75	1787.29	1785.74	1784.22
		Elektrizität BHKW [MWh]					Elektrizität BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1788.94	1619.28	1452.14	1292.48	1136.62	1797.11	1627.44	1460.70	1300.67	1145.13
51		1725.37	1555.74	1389.34	1230.01	1075.06	1733.55	1564.04	1397.67	1238.14	1083.35
102		1662.00	1492.33	1326.74	1168.25	1014.02	1670.16	1500.76	1335.16	1176.27	1021.94
153		1598.33	1429.45	1265.00	1106.68	953.61	1606.62	1437.94	1272.93	1115.16	961.43
204		1535.54	1367.60	1204.43	1047.21	894.32	1543.66	1376.24	1212.34	1055.24	902.23
255		1474.90	1308.37	1145.63	989.22	836.35	1483.17	1316.53	1153.43	997.11	844.51
306		1415.83	1250.29	1088.34	932.26	779.45	1424.22	1258.67	1096.22	939.96	787.64
357		1358.39	1193.58	1031.96	876.19	724.02	1366.36	1201.60	1039.83	884.04	732.07
408		1301.56	1137.18	976.21	820.31	668.84	1309.54	1145.25	984.14	828.82	677.04
459		1245.75	1081.96	920.78	765.46	613.90	1253.61	1089.78	929.11	773.53	622.12
		Elektrizität PV [MWh]					Elektrizität PV [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03
102		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07
153		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10
204		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14
255		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17
306		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20
357		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24
408		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27
459		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31
		Elektrizität WKA [MWh]					Elektrizität WKA [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
51		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
102		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
153		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
204		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
255		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
306		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
357		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
408		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
459		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69
		Netzeinspeisung [MWh]					Netzeinspeisung [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		3.77	-5.00	-10.97	-9.29	-3.61	3.77	-5.00	-10.82	-9.56	-3.46
51		0.51	-8.25	-13.42	-11.36	-4.68	0.50	-8.24	-13.49	-11.62	-4.83
102		-2.71	-11.36	-15.68	-12.69	-5.20	-2.73	-11.40	-15.84	-13.07	-5.70
153		-5.94	-13.86	-16.96	-13.68	-5.02	-5.97	-13.90	-17.43	-13.71	-5.70
204		-8.43	-15.14	-16.96	-12.56	-3.65	-8.60	-15.23	-17.54	-12.97	-4.31
255		-8.41	-13.82	-15.09	-9.85	-0.74	-8.63	-14.07	-15.87	-10.51	-1.34
306		-6.77	-11.15	-11.62	-5.98	3.43	-7.11	-11.47	-12.42	-6.89	2.48
357		-3.64	-7.34	-7.39	-1.22	8.64	-4.24	-7.91	-8.07	-2.17	7.66
408		0.22	-3.11	-2.34	3.88	14.21	-0.48	-3.62	-3.16	3.20	13.13
459		4.91	2.23	2.92	9.67	20.05	4.11	1.51	2.47	8.61	18.89
		Netzbezug [MWh]					Netzbezug [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
357		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
408		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
459		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 3a		0 m² ST					Simulationsvar. 3a		2250 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
51	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
102	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
153	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
204	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
255	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
306	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
357	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
408	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
459	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05	1776.05		1763.61	1763.61	1763.61	1763.61	1763.61		
Elektrizität BHKW [MWh]						Elektrizität BHKW [MWh]							
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
51	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
102	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
153	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
204	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
255	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
306	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
357	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
408	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
459	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38	2429.38		2079.20	2079.20	2079.20	2079.20	2079.20		
Elektrizitätsertrag PV [MWh]						Elektrizitätsertrag PV [MWh]							
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]						Elektrizitätsertrag WKA [MWh]							
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
Netzeinspeisung [MWh]						Netzeinspeisung [MWh]							
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	974.56	1096.54	1228.14	1367.45	1511.46		889.36	1004.56	1121.30	1246.16	1377.27		
51	1008.54	1133.34	1267.58	1409.13	1554.62		918.14	1033.45	1151.40	1277.93	1410.44		
102	1045.66	1173.57	1310.51	1453.82	1600.64		947.01	1062.80	1182.52	1310.66	1445.14		
153	1088.00	1218.87	1357.81	1502.52	1650.40		976.19	1093.07	1215.14	1345.49	1482.48		
204	1134.58	1267.31	1407.93	1553.63	1702.21		1006.62	1125.73	1250.77	1383.58	1522.59		
255	1183.31	1317.92	1459.83	1606.28	1755.46		1040.65	1162.98	1291.00	1426.01	1566.66		
306	1234.49	1370.42	1513.36	1660.45	1810.12		1081.25	1206.18	1336.37	1473.06	1614.81		
357	1287.11	1424.22	1568.04	1715.65	1865.72		1126.29	1253.13	1385.00	1522.86	1665.48		
408	1340.91	1479.04	1623.48	1771.53	1921.93		1174.11	1302.48	1435.60	1574.43	1717.77		
459	1395.49	1534.54	1679.55	1828.00	1978.69		1223.77	1353.49	1487.67	1627.34	1771.32		
Netzbezug [MWh]						Netzbezug [MWh]							
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	321.23	283.04	254.46	233.60	217.44		573.77	528.80	485.37	450.06	420.99		
51	295.17	259.81	233.87	215.25	200.57		542.52	497.66	455.44	421.79	394.13		
102	272.27	240.00	216.77	199.91	186.55		511.35	466.98	426.52	394.49	368.80		
153	254.57	225.26	204.04	188.57	176.28		480.50	437.21	399.10	369.29	346.10		
204	241.12	213.68	194.12	179.65	168.06		450.90	409.84	374.70	347.34	326.18		
255	229.81	204.25	185.98	172.26	161.28		424.89	387.05	354.90	329.73	310.22		
306	220.96	196.72	179.48	166.40	155.90		405.46	370.22	340.23	316.75	298.33		
357	213.55	190.49	174.13	161.57	151.47		390.46	357.14	328.84	306.52	288.97		
408	207.30	185.27	169.53	157.41	147.64		378.25	346.44	319.40	298.05	281.23		
459	201.85	180.74	165.57	153.85	144.37		367.87	337.43	311.43	290.93	274.74		

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 3a		4500 m² ST					Simulationsvar. 3a		6750 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
51	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
102	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
153	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
204	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
255	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
306	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
357	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
408	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
459	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36	1777.36		1791.34	1791.34	1791.34	1791.34	1791.34		
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
51	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
102	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
153	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
204	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
255	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
306	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
357	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
408	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
459	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03	1867.03		1669.00	1669.00	1669.00	1669.00	1669.00		
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	785.34	891.41	999.22	1115.60	1239.55		677.22	770.85	869.10	977.93	1096.05		
51	809.71	915.95	1024.85	1143.11	1268.64		698.90	792.68	892.10	1002.97	1122.66		
102	834.24	940.81	1051.55	1171.62	1299.09		720.78	814.91	916.32	1029.07	1150.85		
153	858.89	966.44	1079.61	1202.04	1332.18		742.84	838.01	942.00	1057.29	1181.90		
204	884.41	994.24	1110.56	1235.67	1368.15		765.88	863.49	970.84	1088.94	1216.08		
255	913.42	1026.59	1146.25	1273.90	1408.41		792.45	893.60	1004.59	1125.48	1254.74		
306	949.31	1065.58	1187.83	1317.59	1453.50		826.38	930.90	1044.71	1167.75	1298.46		
357	990.54	1109.22	1233.62	1364.83	1501.90		866.01	973.12	1089.20	1213.77	1345.75		
408	1035.43	1156.06	1282.03	1414.41	1552.36		909.58	1018.85	1136.60	1262.41	1395.32		
459	1082.78	1205.10	1332.26	1465.66	1604.43		955.87	1066.86	1185.89	1312.75	1446.55		
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	695.68	641.57	589.22	545.42	509.21		799.56	733.01	671.09	619.75	577.70		
51	660.01	606.09	554.81	512.90	478.26		761.20	694.81	634.06	584.76	544.28		
102	624.51	570.91	521.48	481.38	448.68		723.05	657.00	598.25	550.83	512.44		
153	589.12	536.51	489.50	451.76	421.73		685.08	620.07	563.89	519.01	483.44		
204	554.62	504.27	460.42	425.36	397.67		648.08	585.51	532.70	490.62	457.59		
255	523.59	476.59	436.07	403.55	377.89		614.61	555.60	506.41	467.13	436.22		
306	499.45	455.54	417.62	387.21	362.95		588.52	532.86	486.50	449.37	419.91		
357	480.65	439.15	403.38	374.42	351.31		568.11	515.05	470.96	435.36	407.16		
408	465.50	425.95	391.76	363.96	341.74		551.65	500.74	458.32	423.96	396.70		
459	452.81	414.96	381.95	355.18	333.78		537.90	488.72	447.58	414.27	387.89		

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 3b		0 m² ST					Simulationsvar. 3b		2250 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
51	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
102	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
153	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
204	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
255	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
306	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
357	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
408	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
459	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65	1782.65		1766.26	1766.26	1766.26	1766.26	1766.26		
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]					Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
51	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
102	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
153	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
204	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
255	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
306	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
357	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
408	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
459	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16	2704.16		2309.02	2309.02	2309.02	2309.02	2309.02		
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]					Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]					Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]					Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1155.53	1287.68	1426.00	1570.43	1718.13		1004.68	1127.42	1251.08	1381.93	1517.95		
51	1197.74	1331.51	1471.55	1617.33	1766.02		1039.16	1161.95	1286.52	1418.56	1555.62		
102	1241.38	1376.92	1518.89	1665.92	1815.57		1073.73	1196.67	1322.62	1455.86	1594.37		
153	1287.79	1425.30	1568.87	1716.91	1867.54		1108.37	1231.86	1359.54	1494.63	1635.25		
204	1337.02	1475.82	1620.73	1769.69	1920.94		1143.52	1268.60	1398.80	1536.10	1678.51		
255	1387.43	1527.90	1674.02	1823.66	1975.46		1181.18	1308.98	1441.99	1581.27	1725.10		
306	1439.81	1581.55	1728.57	1878.78	2031.06		1224.45	1354.77	1489.73	1630.46	1775.19		
357	1493.52	1636.30	1784.11	1934.82	2087.50		1271.76	1403.84	1540.29	1682.03	1827.53		
408	1548.32	1692.06	1840.46	1991.58	2144.58		1321.58	1455.06	1592.60	1735.12	1881.24		
459	1603.93	1748.44	1897.34	2048.86	2202.15		1373.07	1507.68	1646.07	1789.33	1935.98		
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]					Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	234.02	206.00	184.15	168.40	155.93		461.92	424.48	387.97	358.66	334.51		
51	216.19	189.80	169.66	155.27	143.78		436.36	398.98	363.39	335.25	312.14		
102	199.80	175.17	156.97	143.82	133.31		410.90	373.67	339.45	312.51	290.86		
153	186.18	163.51	146.92	134.78	125.24		385.50	348.83	316.34	291.25	271.70		
204	175.37	154.01	138.75	127.53	118.61		360.62	325.54	295.57	272.69	254.93		
255	165.75	146.05	132.00	121.47	113.09		338.25	305.88	278.72	257.83	241.49		
306	158.09	139.67	126.52	116.55	108.66		321.49	291.64	266.42	246.98	231.54		
357	151.77	134.39	122.02	112.56	105.07		308.76	280.67	256.95	238.51	223.85		
408	146.54	130.11	118.33	109.28	102.11		298.55	271.85	249.22	231.57	217.52		
459	142.12	126.45	115.18	106.53	99.64		290.01	264.44	242.66	225.75	212.23		

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 3b		4500 m² ST					Simulationsvar. 3b		6750 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
51	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
102	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
153	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
204	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
255	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
306	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
357	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
408	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
459	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59	1774.59		1785.17	1785.17	1785.17	1785.17	1785.17		
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]					Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
51	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
102	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
153	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
204	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
255	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
306	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
357	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
408	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
459	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22	1951.22		1752.65	1752.65	1752.65	1752.65	1752.65		
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]					Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]					Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]					Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	833.35	942.52	1053.36	1172.25	1298.56		729.88	831.15	933.84	1046.18	1167.32		
51	856.88	966.15	1077.97	1198.72	1326.63		750.26	851.65	955.38	1069.80	1192.63		
102	880.48	989.98	1103.55	1226.25	1356.19		770.88	872.45	978.14	1094.69	1219.54		
153	904.23	1014.58	1130.64	1255.87	1388.77		791.74	894.06	1002.47	1121.59	1249.35		
204	928.95	1041.64	1161.22	1289.27	1424.58		813.30	917.92	1029.86	1152.03	1282.47		
255	957.27	1073.65	1196.68	1327.40	1464.76		838.10	946.40	1062.19	1187.39	1320.03		
306	993.15	1112.78	1238.49	1371.33	1510.08		870.44	982.43	1101.41	1228.82	1362.98		
357	1034.82	1156.83	1284.60	1418.95	1558.82		909.36	1024.10	1145.38	1274.35	1409.73		
408	1080.15	1204.03	1333.38	1468.90	1609.67		952.49	1069.37	1192.38	1322.60	1459.01		
459	1127.87	1253.30	1383.91	1520.47	1662.01		998.43	1117.07	1241.42	1372.75	1510.01		
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]					Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	656.72	605.72	556.39	515.11	481.24		762.40	703.49	646.01	598.18	559.15		
51	620.22	569.31	520.96	481.54	449.28		722.74	663.96	607.52	561.77	524.43		
102	583.79	533.11	486.51	449.04	418.81		683.33	624.73	570.25	526.63	491.30		
153	547.50	497.67	453.57	418.62	391.35		644.15	586.30	534.55	493.49	461.07		
204	512.18	464.70	424.11	391.99	367.13		605.69	550.13	501.90	463.90	434.16		
255	480.47	436.68	399.54	370.09	347.28		570.44	518.57	474.19	439.22	411.69		
306	456.32	415.78	381.32	353.98	332.56		542.75	494.58	453.38	420.62	394.60		
357	437.96	399.80	367.39	341.57	321.27		521.64	476.20	437.32	406.12	381.32		
408	423.25	386.96	356.13	331.48	312.08		504.73	461.44	424.28	394.33	370.57		
459	410.93	376.20	346.63	323.02	304.39		490.64	449.11	413.29	384.45	361.53		

## Anhang Abschnitt 5.4

<b>Simulationsvar. 4a</b>		<b>0 m<sup>2</sup> ST</b>					<b>Simulationsvar. 4a</b>		<b>2250 m<sup>2</sup> ST</b>				
<b>Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]</b>		<b>Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]</b>											
<b>PV/WKA [kW]</b>	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
51	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
102	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
153	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
204	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
255	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
306	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
357	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
408	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
459	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48	1756.48		1766.13	1766.13	1766.13	1766.13	1766.13		
<b>Elektrizität BHKW [MWh]</b>						<b>Elektrizität BHKW [MWh]</b>							
<b>PV/WKA [kW]</b>	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
51	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
102	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
153	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
204	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
255	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
306	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
357	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
408	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
459	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70	1974.70		1477.57	1477.57	1477.57	1477.57	1477.57		
<b>Elektrizitätsertrag PV [MWh]</b>						<b>Elektrizitätsertrag PV [MWh]</b>							
<b>PV/WKA [kW]</b>	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
<b>Elektrizitätsertrag WKA [MWh]</b>						<b>Elektrizitätsertrag WKA [MWh]</b>							
<b>PV/WKA [kW]</b>	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
<b>Netzeinspeisung [MWh]</b>						<b>Netzeinspeisung [MWh]</b>							
<b>PV/WKA [kW]</b>	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	702.63	808.88	926.42	1054.15	1188.84		535.68	627.84	722.94	828.30	943.90		
51	726.02	835.39	956.79	1087.68	1224.48		553.96	646.62	743.11	850.99	968.84		
102	753.33	866.89	992.09	1125.30	1263.93		572.82	665.96	764.80	875.28	995.92		
153	787.83	905.50	1033.44	1168.47	1308.61		591.98	686.37	788.71	902.46	1026.54		
204	828.24	948.50	1078.51	1214.94	1356.15		612.43	709.97	816.61	933.97	1060.89		
255	871.79	994.58	1126.27	1263.92	1406.10		637.48	739.71	850.63	971.11	1100.22		
306	918.85	1043.46	1176.57	1315.23	1458.21		671.17	777.36	891.37	1014.12	1144.72		
357	968.24	1094.37	1228.67	1368.14	1511.78		710.90	820.09	936.41	1060.69	1192.45		
408	1019.36	1146.81	1281.97	1422.16	1566.39		754.59	866.02	983.94	1109.49	1242.26		
459	1071.65	1200.23	1336.25	1477.08	1621.76		800.87	914.10	1033.38	1160.03	1293.68		
<b>Netzbezug [MWh]</b>						<b>Netzbezug [MWh]</b>							
<b>PV/WKA [kW]</b>	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	484.41	430.49	387.86	355.41	329.94		824.23	756.23	691.15	636.34	591.76		
51	447.77	396.97	358.19	328.91	305.54		782.48	714.97	651.29	599.00	556.67		
102	415.04	368.43	333.46	306.50	284.96		741.30	674.28	612.95	563.26	523.72		
153	389.51	347.01	314.78	289.64	269.60		700.44	634.65	576.83	530.40	494.31		
204	369.89	329.98	299.82	276.07	257.11		660.85	598.22	544.68	501.87	468.63		
255	353.40	316.02	287.53	265.02	247.03		625.87	567.92	518.67	478.98	447.92		
306	340.43	304.87	277.81	256.30	239.10		599.52	545.54	499.39	461.96	432.38		
357	329.78	295.75	269.88	249.17	232.64		579.22	528.24	484.39	448.50	420.08		
408	320.87	288.15	263.14	243.16	227.22		562.87	514.13	471.88	437.26	409.85		
459	313.13	281.54	257.38	238.05	222.54		549.12	502.17	461.28	427.77	401.24		

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 4a		4500 m² ST					Simulationsvar. 4a		6750 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
51	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
102	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
153	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
204	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
255	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
306	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
357	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
408	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
459	1778.28	1778.28	0.00	1778.28	1778.28		1789.90	1789.90	1789.90	1789.90	1789.90		
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]					Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
51	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
102	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
153	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
204	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
255	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
306	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
357	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
408	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
459	1146.41	1146.41	0.00	1146.41	1146.41		793.90	793.90	793.90	793.90	793.90		
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]					Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	0.00	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	0.00	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	0.00	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	0.00	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	0.00	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	0.00	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	0.00	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	0.00	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	0.00	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]					Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	0.00	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]					Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	385.47	445.19	0.00	608.87	714.34		213.51	251.70	305.06	382.03	476.77		
51	398.85	459.10	0.00	626.87	734.79		223.32	262.54	317.47	397.44	494.85		
102	412.79	473.62	0.00	646.62	757.36		234.21	274.19	331.64	414.72	515.04		
153	427.00	489.11	0.00	669.16	783.45		245.61	286.85	348.04	434.74	538.59		
204	442.47	507.56	0.00	696.07	813.47		258.18	302.34	368.48	458.96	566.07		
255	462.37	532.24	0.00	728.88	848.75		274.82	323.83	395.03	489.11	598.92		
306	491.06	565.38	0.00	768.08	889.76		300.40	354.22	429.28	526.06	637.77		
357	526.58	604.31	0.00	811.72	934.88		333.37	390.89	468.93	567.70	681.01		
408	566.89	647.41	0.00	858.37	982.71		371.51	432.03	512.24	612.63	727.21		
459	610.48	693.24	0.00	907.12	1032.54		413.13	476.05	558.06	659.82	775.53		
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]					Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1017.35	916.89	0.00	760.23	705.53		1209.50	1087.52	980.71	897.51	832.08		
51	970.69	870.77	0.00	718.20	665.95		1159.28	1038.34	933.09	852.89	790.12		
102	924.60	825.26	0.00	677.91	628.48		1110.14	989.95	887.23	810.14	750.29		
153	878.78	780.72	0.00	640.43	594.54		1061.51	942.57	843.59	770.12	713.80		
204	834.21	739.13	0.00	607.30	564.52		1014.05	898.03	804.00	734.31	681.25		
255	794.08	703.78	0.00	580.07	539.77		970.65	859.49	770.52	704.43	654.06		
306	762.74	676.89	0.00	559.24	520.75		936.20	829.85	744.74	681.34	632.88		
357	738.22	655.78	0.00	542.85	505.84		909.13	806.48	724.35	662.95	616.09		
408	718.50	638.84	0.00	529.46	493.63		887.23	787.59	707.62	647.84	602.25		
459	702.05	624.64	0.00	518.18	483.43		868.83	771.57	693.41	634.99	590.54		

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 4b		0 m² ST					Simulationsvar. 4b		2250 m² ST				
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]		Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
51	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
102	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
153	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
204	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
255	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
306	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
357	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
408	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
459	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71	1760.71		1766.40	1766.40	1766.40	1766.40	1766.40		
Elektrizität BHKW [MWh]		Elektrizität BHKW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
51	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
102	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
153	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
204	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
255	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
306	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
357	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
408	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
459	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61	2137.61		1578.05	1578.05	1578.05	1578.05	1578.05		
Elektrizitätsertrag PV [MWh]		Elektrizitätsertrag PV [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]		Elektrizitätsertrag WKA [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		
Netzeinspeisung [MWh]		Netzeinspeisung [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	792.86	907.29	1030.35	1161.54	1298.68		584.37	681.73	781.58	891.82	1011.45		
51	822.82	939.84	1065.83	1199.62	1338.77		604.42	702.20	803.55	916.11	1037.83		
102	855.71	976.03	1105.07	1240.90	1381.81		625.02	723.20	826.98	941.87	1065.86		
153	893.81	1017.37	1148.57	1286.11	1428.55		645.86	745.20	852.15	969.91	1096.95		
204	936.31	1061.75	1194.89	1333.98	1477.52		667.64	769.84	880.72	1001.79	1131.43		
255	981.16	1108.78	1243.70	1384.11	1528.46		693.55	800.25	915.21	1039.20	1170.90		
306	1028.81	1158.24	1294.55	1435.95	1581.02		727.96	838.41	956.29	1082.43	1215.53		
357	1078.52	1209.44	1347.04	1489.24	1634.94		768.34	881.63	1001.73	1129.34	1263.58		
408	1130.10	1262.27	1400.82	1543.68	1689.96		812.63	928.12	1049.79	1178.56	1313.75		
459	1182.91	1316.17	1455.57	1599.08	1745.78		859.55	976.76	1099.68	1229.50	1365.47		
Netzbezug [MWh]		Netzbezug [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	415.96	370.22	333.12	304.13	281.10		772.72	709.91	649.59	599.66	559.11		
51	385.89	342.74	308.56	282.17	261.16		732.73	670.34	611.52	563.92	525.46		
102	358.75	318.90	287.77	263.42	244.16		693.30	631.32	574.92	529.64	493.45		
153	336.82	300.20	271.23	248.60	230.87		654.11	593.28	540.05	497.65	464.51		
204	319.28	284.55	257.52	236.44	219.80		615.86	557.88	508.59	469.49	438.96		
255	304.10	271.54	246.30	226.53	210.71		581.73	528.26	483.05	446.87	418.40		
306	291.71	260.97	237.11	218.34	203.24		556.10	506.38	464.10	430.07	402.99		
357	281.39	252.14	229.57	211.59	197.12		536.45	489.58	449.50	416.94	391.01		
408	272.93	244.93	223.31	206.00	192.11		520.71	476.03	437.53	406.13	381.14		
459	265.71	238.80	218.03	201.36	187.89		507.59	464.63	427.38	397.03	372.83		

## Anhang Abschnitt 5.4

Simulationsvar. 4b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4b		6750 m <sup>2</sup> ST			
Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]							Strombedarf (incl. Eigenverbr.) [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
51	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
102	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
153	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
204	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
255	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
306	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
357	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
408	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
459	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17	1774.17		1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	1782.07	
Elektrizität BHKW [MWh]						Elektrizität BHKW [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
51	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
102	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
153	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
204	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
255	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
306	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
357	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
408	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
459	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08	1251.08		929.63	929.63	929.63	929.63	929.63	
Elektrizitätsertrag PV [MWh]						Elektrizitätsertrag PV [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
51	60.03	60.03	60.03	60.03	60.03		60.03	60.03	60.03	60.03	60.03	
102	120.07	120.07	120.07	120.07	120.07		120.07	120.07	120.07	120.07	120.07	
153	180.10	180.10	180.10	180.10	180.10		180.10	180.10	180.10	180.10	180.10	
204	240.14	240.14	240.14	240.14	240.14		240.14	240.14	240.14	240.14	240.14	
255	300.17	300.17	300.17	300.17	300.17		300.17	300.17	300.17	300.17	300.17	
306	360.20	360.20	360.20	360.20	360.20		360.20	360.20	360.20	360.20	360.20	
357	420.24	420.24	420.24	420.24	420.24		420.24	420.24	420.24	420.24	420.24	
408	480.27	480.27	480.27	480.27	480.27		480.27	480.27	480.27	480.27	480.27	
459	540.31	540.31	540.31	540.31	540.31		540.31	540.31	540.31	540.31	540.31	
Elektrizitätsertrag WKA [MWh]						Elektrizitätsertrag WKA [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
51	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
102	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
153	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
204	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
255	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
306	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
357	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
408	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
459	0.00	160.17	320.34	480.51	640.69		0.00	160.17	320.34	480.51	640.69	
Netzeinspeisung [MWh]						Netzeinspeisung [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0	439.69	517.60	601.60	698.04	805.91		292.00	340.76	402.13	484.58	583.21	
51	453.45	531.89	617.22	716.19	826.43		302.45	352.00	414.76	499.93	601.06	
102	467.88	546.75	634.31	736.06	849.02		313.80	363.87	429.08	517.16	621.05	
153	482.53	562.46	653.43	758.48	874.97		325.55	376.76	445.57	537.15	644.86	
204	498.11	580.90	676.32	785.06	904.61		338.37	392.55	466.13	561.79	672.87	
255	517.77	605.27	705.28	817.45	939.59		355.27	414.31	492.97	592.34	706.11	
306	546.32	638.17	741.66	856.48	980.46		381.17	444.95	527.55	629.67	745.35	
357	581.96	677.12	783.33	900.07	1025.54		414.57	482.02	567.62	671.78	789.04	
408	622.40	720.22	828.45	946.70	1073.40		453.15	523.61	611.37	717.14	835.76	
459	666.16	766.09	875.91	995.51	1123.22		495.24	568.06	657.54	764.76	884.48	
Netzbezug [MWh]						Netzbezug [MWh]						
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0	962.78	880.52	804.35	740.62	688.31		1144.44	1033.03	934.22	856.51	794.97	
51	916.51	834.77	759.93	698.73	648.80		1094.85	984.23	886.82	811.82	752.77	
102	870.90	789.60	716.99	658.57	611.35		1046.18	936.06	841.11	769.02	712.74	
153	825.52	745.28	676.08	620.95	577.27		997.88	888.93	797.57	728.97	676.51	
204	781.06	703.68	638.93	587.50	546.88		950.67	844.68	758.10	693.58	644.49	
255	740.69	668.02	607.85	559.85	521.82		907.54	806.41	724.90	664.10	617.69	
306	709.21	640.89	584.20	538.85	502.66		873.40	777.02	699.45	641.39	596.90	
357	684.81	619.80	565.84	522.41	487.70		846.77	754.05	679.48	623.47	580.56	
408	665.22	602.87	550.93	509.00	475.53		825.31	735.61	663.20	608.79	567.24	
459	648.95	588.70	538.35	497.77	465.32		807.38	720.02	649.33	596.38	555.92	

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvarianten 1 bis 8									
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]									
Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750
1a	6279.95	6270.19	6272.72	6263.44	5a	6280.80	6269.84	6268.13	6271.22
1b	6279.95	6280.12	6268.79	6268.79	5b	6280.39	6262.25	6277.86	6277.86
2a	1891.76	1889.09	1885.89	1885.73	6a	1893.28	1898.89	1899.27	1899.03
2b	1891.76	1891.59	1887.09	1885.51	6b	1893.24	1913.00	1907.16	1903.92
3a	6281.59	6269.83	6271.19	6275.07	7a	6282.14	6267.67	6257.88	6273.44
3b	6281.54	6262.92	6269.37	6269.37	7b	6281.78	6244.07	6263.09	6263.09
4a	1894.41	1899.98	1901.84	1901.13	8a	1894.75	1894.46	1900.55	1912.29
4b	1894.39	1894.67	1907.42	1906.63	8b	1894.74	1894.84	1899.93	1902.69
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]									
Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	1243.63	1438.36	1354.73	1214.44
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	1168.73	1483.37	1394.10	1394.10
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	1056.34	1136.96	920.49	665.08
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	1045.64	1207.44	964.38	750.59
3a	2390.65	2512.05	2263.62	2000.73	7a	3085.95	3511.15	3454.93	3375.20
3b	2369.54	2545.69	2392.61	2392.61	7b	2804.00	3355.78	3495.76	3495.76
4a	1744.19	1669.51	1248.23	763.08	8a	1867.67	1705.37	1254.24	787.14
4b	1743.92	1737.54	1401.92	954.14	8b	1874.81	1784.38	1418.56	954.52
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]									
Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	203.00	782.73	1453.56
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	0.00	99.46	523.67	523.67
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	169.79	660.69	1183.83
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	0.00	88.73	487.29	999.68
3a	0.00	201.86	790.02	1436.02	7a	0.00	193.47	744.92	1418.79
3b	0.00	116.12	506.52	506.52	7b	0.00	106.51	492.04	492.04
4a	0.00	164.64	634.66	1122.76	8a	0.00	157.19	637.68	1125.15
4b	0.00	74.79	463.98	951.05	8b	0.00	68.37	456.38	944.28
Nachheizung Hz [MWh]									
Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750
1a	6279.81	6080.02	5481.88	4806.03	5a	5037.17	4628.48	4130.67	3603.21
1b	6279.81	6237.72	5754.61	5754.61	5b	5111.67	4679.42	4360.10	4360.10
2a	1891.71	1727.80	1212.02	653.38	6a	836.93	592.14	318.09	50.13
2b	1891.71	1833.78	1410.64	858.35	6b	847.60	616.83	455.49	153.65
3a	3890.94	3555.93	3217.55	2838.33	7a	3196.19	2563.05	2058.03	1479.46
3b	3912.00	3601.10	3370.23	3370.23	7b	3477.77	2781.77	2275.29	2275.29
4a	150.21	65.83	18.96	15.29	8a	27.08	31.90	8.63	0.00
4b	150.47	82.34	41.51	1.43	8b	19.93	42.10	24.98	3.89
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]									
Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m²]	0	2250	4500	6750
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	1240.34	1434.87	1351.33	1212.23
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	1161.12	1479.66	1390.58	1390.58
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	1054.28	1135.78	919.48	665.08
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	1038.97	1205.47	963.23	750.38
3a	2387.37	2508.57	2260.22	1998.51	7a	2104.78	2106.07	1984.16	1746.33
3b	2362.06	2541.98	2389.09	2389.09	7b	2280.29	2167.92	1967.85	1967.85
4a	1742.10	1667.71	1248.04	762.90	8a	1153.47	1685.59	1254.24	787.14
4b	1737.46	1735.57	1400.53	953.95	8b	1170.14	1756.05	1417.22	954.52

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9a						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]											Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	6280.98	6280.78	6280.77	6280.63	6280.58						6268.17	6274.90	6273.38	6274.57	6275.68						
51	6281.12	6280.67	6280.66	6280.59	6280.56						6274.97	6278.07	6275.43	6276.17	6274.60						
102	6280.97	6280.68	6280.50	6280.53	6280.48						6271.52	6274.79	6275.10	6274.91	6276.52						
153	6280.75	6280.59	6280.46	6280.56	6280.39						6273.60	6274.44	6274.33	6276.28	6273.66						
204	6280.64	6280.49	6280.26	6280.36	6280.27						6271.36	6275.37	6277.06	6275.14	6276.63						
255	6280.57	6280.38	6280.39	6280.34	6280.31						6273.44	6274.93	6275.73	6276.67	6273.43						
306	6280.60	6280.58	6280.46	6280.26	6280.26						6275.86	6276.15	6273.92	6278.86	6277.25						
357	6280.41	6280.51	6280.34	6280.29	6280.25						6275.41	6274.95	6274.22	6276.49	6277.75						
408	6280.60	6280.47	6280.36	6280.34	6280.14						6275.39	6272.50	6275.28	6274.13	6274.48						
459	6280.61	6280.53	6280.38	6280.21	6280.11						6277.58	6277.14	6275.09	6274.95	6276.19						
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]											Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1448.63	1245.71	1060.21	909.33	785.27						1973.34	1782.20	1563.63	1427.49	1304.40						
51	1392.64	1184.27	994.50	839.43	735.50						1922.80	1706.18	1522.00	1371.47	1215.61						
102	1326.03	1116.32	923.74	790.37	669.92						1859.45	1637.39	1462.69	1280.84	1179.53						
153	1259.51	1050.71	870.31	723.72	627.07						1767.78	1586.72	1358.94	1235.34	1137.30						
204	1191.61	988.72	810.07	679.53	577.80						1716.49	1513.85	1321.80	1194.59	1094.45						
255	1129.75	931.59	761.75	634.04	531.28						1662.74	1439.11	1281.70	1153.61	1051.42						
306	1078.39	881.15	723.32	587.01	504.25						1607.45	1398.01	1242.00	1114.63	1020.56						
357	1037.26	846.42	688.60	563.39	481.22						1534.41	1368.58	1210.08	1083.98	993.41						
408	1000.09	819.34	648.95	543.73	457.90						1502.57	1338.79	1175.63	1065.29	961.18						
459	961.07	790.33	630.58	524.10	436.37						1484.35	1314.03	1156.15	1036.37	946.10						
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]											Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						178.66	182.43	184.55	182.35	183.98						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						181.27	187.46	177.53	182.33	185.01						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						182.54	181.99	185.12	179.87	181.87						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						182.51	180.69	182.83	184.27	184.29						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						179.27	184.06	183.86	186.45	183.42						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						181.95	178.30	183.92	187.08	185.30						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						183.27	184.82	187.70	185.08	187.28						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						184.07	181.85	186.47	187.70	186.55						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						188.27	184.25	189.03	184.27	188.38						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						182.96	186.44	186.51	190.06	187.58						
Nachheizung Hz [MWh]											Nachheizung Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	4832.35	5035.08	5220.56	5371.30	5495.31						4116.18	4310.28	4525.20	4664.72	4787.30						
51	4888.48	5096.40	5286.16	5441.16	5545.06						4170.90	4384.43	4575.90	4722.37	4873.98						
102	4954.94	5164.36	5356.76	5490.16	5610.55						4229.53	4455.40	4627.29	4814.20	4915.12						
153	5021.24	5229.88	5410.15	5556.84	5653.32						4323.31	4507.03	4732.56	4856.66	4952.07						
204	5089.04	5291.77	5470.18	5600.83	5702.47						4375.60	4577.47	4771.40	4894.10	4998.76						
255	5150.82	5348.79	5518.64	5646.30	5749.04						4428.75	4657.51	4810.12	4935.97	5036.71						
306	5202.21	5399.43	5557.13	5693.25	5776.00						4485.14	4693.31	4844.22	4979.16	5069.41						
357	5243.15	5434.09	5591.74	5716.90	5799.03						4556.93	4724.52	4877.67	5004.81	5097.79						
408	5280.51	5461.13	5631.42	5736.61	5822.24						4584.54	4749.46	4910.62	5024.57	5124.92						
459	5319.54	5490.20	5649.81	5756.11	5843.74						4610.26	4776.66	4932.43	5048.52	5142.52						
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]											BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1127.68	989.86	847.07	705.60	612.26						1393.45	1263.92	1098.23	1004.87	963.21						
51	1099.42	938.75	786.15	671.46	603.96						1361.91	1298.27	1083.04	1013.26	881.38						
102	1111.93	901.56	751.51	655.62	568.65						1356.63	1176.86	1072.51	943.28	854.49						
153	1045.91	884.70	732.66	623.67	531.85						1303.39	1168.25	1009.65	910.71	838.88						
204	985.66	833.80	726.87	587.90	525.14						1270.02	1203.96	992.39	882.20	845.30						
255	990.23	814.52	664.78	578.14	480.10						1271.50	1099.40	965.55	898.95	805.37						
306	936.39	804.77	643.66	536.00	454.68						1323.98	1069.90	967.05	918.66	791.83						
357	908.67	749.90	635.28	514.27	437.84						1193.88	1050.34	965.65	848.62	791.94						
408	902.78	731.83	598.67	494.35	425.97						1169.21	1042.77	924.32	838.69	753.07						
459	861.93	719.46	580.56	482.35	413.03						1164.68	1058.34	911.92	835.66	743.44						

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9a 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 9a 6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]						Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	6277.47	6275.17	6273.80	6275.47	6271.52	6277.41	6269.06	6265.95	6273.71	6267.57
51	6273.12	6273.86	6272.94	6274.18	6270.69	6276.58	6270.14	6267.35	6261.03	6279.46
102	6276.77	6273.99	6277.39	6272.38	6268.74	6262.43	6275.99	6266.77	6275.18	6275.83
153	6273.62	6277.46	6269.35	6274.28	6275.40	6256.28	6275.70	6273.21	6270.66	6275.44
204	6277.89	6267.96	6271.94	6276.29	6271.86	6268.34	6269.96	6272.63	6273.76	6267.82
255	6278.26	6272.80	6270.68	6273.75	6274.26	6274.16	6265.15	6268.08	6273.49	6277.43
306	6277.28	6277.01	6275.38	6273.14	6272.23	6268.83	6275.04	6272.95	6272.30	6272.68
357	6272.19	6269.78	6275.19	6274.14	6274.96	6267.92	6268.44	6269.73	6271.41	6272.64
408	6278.83	6272.66	6269.26	6275.45	6276.93	6271.58	6273.80	6267.24	6271.75	6268.79
459	6277.61	6271.81	6272.49	6275.19	6276.24	6266.32	6272.95	6271.05	6270.96	6269.85
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	2036.59	1830.71	1630.44	1477.23	1362.96	1980.68	1777.65	1587.31	1436.62	1296.49
51	1963.22	1763.91	1563.26	1418.11	1253.72	1915.09	1703.67	1529.47	1363.62	1251.74
102	1919.92	1683.23	1512.44	1314.01	1223.90	1848.47	1645.52	1456.73	1312.95	1202.41
153	1803.56	1632.22	1448.63	1283.19	1177.18	1772.35	1582.74	1389.12	1258.61	1138.41
204	1764.84	1574.11	1364.54	1239.37	1147.30	1717.80	1513.75	1341.90	1200.98	1080.08
255	1717.88	1476.37	1324.25	1206.37	1093.12	1658.77	1454.18	1288.72	1134.00	1050.66
306	1657.96	1441.92	1293.02	1169.87	1063.34	1598.32	1414.48	1241.35	1110.82	1021.34
357	1577.15	1411.28	1261.46	1134.86	1036.85	1549.84	1375.32	1192.49	1084.59	990.97
408	1551.85	1381.82	1219.69	1110.46	1016.95	1521.29	1338.41	1170.63	1063.05	962.62
459	1529.64	1361.58	1204.07	1084.81	997.76	1488.87	1308.92	1152.78	1039.91	936.65
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]						Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	773.48	772.25	776.79	779.40	778.81	1480.44	1480.93	1477.02	1488.51	1489.05
51	770.28	773.55	773.91	782.60	785.60	1483.54	1470.61	1477.26	1470.66	1496.64
102	769.58	769.86	780.32	782.96	777.38	1472.78	1486.65	1476.59	1490.23	1490.61
153	774.73	779.77	777.94	779.05	786.22	1468.13	1483.95	1486.01	1482.22	1489.97
204	778.01	769.00	776.17	785.28	777.84	1480.70	1485.37	1491.97	1493.48	1486.92
255	778.40	780.38	780.65	779.13	787.69	1490.11	1484.75	1488.30	1497.30	1502.72
306	781.59	782.78	785.23	776.23	789.51	1476.49	1490.02	1495.67	1494.78	1490.33
357	780.42	780.94	780.56	786.69	790.61	1481.18	1490.55	1488.95	1495.05	1495.77
408	785.21	788.77	784.75	789.30	791.42	1489.04	1494.58	1490.14	1492.94	1495.89
459	781.44	780.01	783.81	785.36	787.94	1487.20	1490.23	1494.04	1496.99	1499.61
Nachheizung Hz [MWh]						Nachheizung Hz [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	3467.40	3672.21	3866.57	4018.84	4129.75	2816.30	3010.48	3201.62	3348.58	3482.03
51	3539.61	3736.39	3935.77	4073.47	4231.37	2877.95	3095.86	3260.61	3426.76	3531.08
102	3587.28	3820.89	3984.63	4175.41	4267.47	2941.18	3143.82	3333.45	3472.00	3582.80
153	3695.33	3865.47	4042.79	4212.03	4312.00	3015.80	3209.01	3398.08	3529.83	3647.06
204	3735.05	3924.85	4131.23	4251.65	4346.72	3069.84	3270.84	3438.75	3579.29	3700.82
255	3781.99	4016.05	4165.78	4288.25	4393.45	3125.29	3326.23	3491.05	3642.19	3724.06
306	3837.73	4052.31	4197.13	4327.03	4419.38	3194.02	3370.53	3535.94	3666.70	3761.01
357	3914.61	4077.56	4233.18	4352.59	4447.50	3236.91	3402.58	3588.30	3691.77	3785.91
408	3941.76	4102.07	4264.81	4375.69	4468.56	3261.25	3440.81	3606.46	3715.76	3810.29
459	3966.52	4130.22	4284.61	4405.02	4490.55	3290.24	3473.80	3624.22	3734.06	3833.59
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]						BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1418.65	1143.21	1239.53	924.11	966.78	1212.09	1067.29	935.66	851.75	757.95
51	1254.14	1244.74	981.18	1009.15	880.31	1154.78	1061.77	916.72	842.60	742.78
102	1235.36	1088.38	1034.26	917.21	889.25	1141.34	996.22	910.27	799.12	736.33
153	1205.77	1067.93	1162.31	953.51	861.95	1135.08	994.33	864.02	779.18	739.56
204	1171.70	1226.55	1008.53	924.73	895.43	1072.80	982.82	845.98	764.04	676.76
255	1214.02	1026.39	1002.57	949.40	918.52	1063.19	926.84	837.45	723.56	665.78
306	1342.66	1059.55	989.94	968.34	834.82	1065.74	915.62	822.31	716.96	663.80
357	1131.06	1082.47	1026.24	903.71	837.72	1010.94	899.88	782.74	708.69	652.08
408	1141.00	1066.13	942.89	884.64	842.66	1006.99	897.71	770.09	700.83	649.96
459	1159.19	1102.88	961.42	866.95	796.18	988.30	894.89	762.29	690.09	647.81

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9b						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]											Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	6280.58	6280.43	6280.36	6280.20	6280.24						6273.05	6275.32	6278.38	6277.50	6278.62						
51	6280.55	6280.33	6280.16	6280.18	6280.24						6277.30	6277.98	6274.61	6276.25	6280.04						
102	6280.52	6280.28	6280.22	6280.24	6280.09						6275.88	6276.82	6276.96	6278.57	6280.17						
153	6280.38	6280.28	6280.14	6280.11	6280.03						6276.12	6276.45	6277.85	6278.51	6278.40						
204	6280.40	6280.23	6280.10	6280.04	6279.91						6275.73	6276.97	6276.06	6279.68	6278.57						
255	6280.29	6280.19	6280.08	6279.98	6280.04						6276.48	6279.86	6278.97	6276.29	6280.40						
306	6280.26	6280.10	6280.07	6279.99	6280.00						6278.53	6278.62	6279.67	6277.74	6280.22						
357	6280.06	6280.09	6280.08	6279.94	6280.03						6278.87	6279.08	6277.16	6277.35	6279.03						
408	6280.19	6280.02	6280.10	6280.01	6280.02						6277.12	6278.11	6280.10	6280.36	6278.85						
459	6280.12	6280.03	6280.01	6279.99	6280.02						6278.83	6278.37	6279.88	6278.62	6280.73						
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]											Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1191.09	1006.89	827.95	700.31	604.90						1884.49	1623.73	1468.66	1314.89	1203.63						
51	1142.28	958.97	776.38	658.59	565.29						1811.92	1593.76	1416.62	1264.92	1148.79						
102	1096.81	893.45	738.41	618.41	525.68						1717.35	1543.61	1358.97	1207.14	1099.54						
153	1025.13	846.97	694.45	578.06	486.72						1673.26	1474.95	1290.34	1151.79	1044.45						
204	973.77	805.61	653.74	540.31	451.53						1614.65	1411.76	1239.11	1098.12	995.54						
255	935.70	765.08	617.49	506.73	422.38						1559.57	1364.85	1190.65	1061.32	946.41						
306	898.03	732.24	585.18	477.91	397.92						1504.18	1314.47	1148.97	1008.08	922.59						
357	866.86	704.62	558.94	454.72	377.75						1457.97	1274.76	1116.64	982.07	896.29						
408	841.85	678.66	536.60	436.12	362.02						1428.86	1237.77	1070.30	961.68	878.07						
459	818.56	656.53	517.73	419.13	349.44						1399.12	1213.00	1046.99	942.82	854.59						
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]											Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						80.65	87.14	87.92	85.88	90.68						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						82.44	80.72	81.39	88.07	90.75						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						83.77	84.04	85.06	91.72	91.07						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						86.58	85.67	89.43	92.44	95.00						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						87.93	93.49	95.22	95.26	97.09						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						86.83	88.54	92.14	92.61	99.28						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						90.87	93.89	96.59	95.49	99.37						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						93.37	90.92	96.18	98.26	100.80						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						93.13	98.63	98.81	99.05	99.15						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						88.93	95.25	100.50	99.97	101.20						
Nachheizung Hz [MWh]											Nachheizung Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	5089.49	5273.53	5452.41	5579.89	5675.33						4307.91	4564.45	4721.80	4876.73	4984.31						
51	5138.27	5321.36	5503.78	5621.58	5714.94						4382.94	4603.50	4776.60	4923.25	5040.50						
102	5183.71	5386.83	5541.81	5661.83	5754.42						4474.76	4649.16	4832.93	4979.71	5089.56						
153	5255.24	5433.31	5585.69	5702.06	5793.31						4516.28	4715.82	4898.08	5034.28	5138.95						
204	5306.63	5474.61	5626.36	5739.72	5828.39						4573.15	4771.72	4941.73	5086.31	5185.95						
255	5344.58	5515.11	5662.58	5773.25	5857.67						4630.08	4826.47	4996.18	5122.36	5234.71						
306	5382.22	5547.86	5694.89	5802.08	5882.08						4683.47	4870.26	5034.11	5174.17	5258.27						
357	5413.19	5575.47	5721.14	5825.22	5902.28						4727.53	4913.41	5064.34	5197.02	5281.94						
408	5438.33	5601.36	5743.50	5843.89	5918.00						4755.12	4941.70	5110.99	5219.63	5301.63						
459	5461.56	5623.50	5762.28	5860.86	5930.58						4790.77	4970.13	5132.39	5235.83	5324.94						
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]											BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1143.43	963.47	809.41	700.31	604.90						1463.39	1285.58	1147.26	1032.83	960.49						
51	1097.81	917.76	768.66	658.59	565.29						1500.20	1263.36	1142.72	1010.00	914.19						
102	1053.75	881.90	738.41	618.41	525.68						1381.21	1227.43	1094.99	971.23	938.42						
153	1005.74	846.97	694.45	578.06	486.72						1351.87	1192.80	1055.39	993.67	867.47						
204	963.70	805.61	653.74	540.31	451.53						1335.39	1195.24	1039.47	921.70	880.30						
255	935.70	765.08	617.49	506.73	422.38						1298.11	1143.37	1006.75	927.87	826.79						
306	898.03	732.24	585.18	477.91	397.92						1327.59	1147.38	991.23	882.89	829.53						
357	866.86	704.62	558.94	454.72	377.75						1245.97	1103.06	1004.70	873.68	808.54						
408	841.85	678.66	536.60	436.12	362.02						1241.85	1074.81	951.30	872.18	801.63						
459	818.56	656.53	517.73	419.13	349.44						1258.71	1083.50	943.83	862.71	787.62						

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9b 4500 m² ST						Simulationsvar. 9b 6750 m² ST				
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]						Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	6270.46	6271.85	6271.89	6274.10	6274.35	6260.80	6268.37	6275.08	6260.91	6262.74
51	6270.40	6267.89	6274.19	6274.44	6273.39	6267.79	6272.74	6269.18	6269.48	6268.89
102	6274.35	6273.76	6273.28	6271.89	6276.81	6266.12	6270.21	6261.95	6264.52	6261.33
153	6272.03	6275.17	6273.28	6275.37	6271.89	6258.87	6265.64	6265.51	6266.83	6269.48
204	6271.55	6273.89	6275.82	6272.49	6274.16	6260.13	6262.89	6267.17	6265.75	6268.51
255	6275.97	6275.30	6272.28	6274.18	6273.88	6265.48	6272.35	6265.93	6263.21	6273.18
306	6274.31	6274.69	6274.94	6273.94	6274.55	6269.13	6264.78	6270.09	6271.66	6262.71
357	6275.64	6272.49	6272.63	6273.11	6273.17	6265.39	6275.38	6265.89	6266.83	6258.23
408	6275.81	6274.03	6276.05	6275.42	6274.01	6254.73	6268.27	6271.26	6268.45	6274.02
459	6275.08	6274.76	6274.92	6277.58	6272.40	6251.11	6263.84	6280.97	6266.69	6263.77
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	2065.59	1861.23	1647.49	1517.72	1388.01	2030.18	1808.98	1624.64	1452.14	1344.54
51	2003.34	1756.50	1594.29	1441.92	1287.15	1948.28	1745.76	1550.56	1400.81	1281.41
102	1937.88	1723.19	1527.46	1344.18	1257.92	1881.98	1678.86	1484.25	1350.34	1200.46
153	1845.88	1665.67	1428.83	1320.00	1207.99	1820.06	1598.31	1432.56	1255.06	1169.60
204	1797.58	1542.05	1399.48	1269.36	1163.01	1746.45	1550.52	1365.51	1225.28	1128.85
255	1733.03	1508.08	1356.77	1228.38	1115.65	1685.81	1495.49	1297.70	1185.23	1081.42
306	1634.52	1475.11	1317.84	1185.30	1089.21	1643.70	1410.42	1265.56	1144.24	998.32
357	1610.99	1439.75	1271.27	1158.66	1045.81	1589.64	1388.99	1235.57	1108.70	972.89
408	1584.01	1414.35	1244.72	1130.53	1029.75	1544.42	1364.88	1211.49	1031.63	961.72
459	1556.82	1380.91	1228.68	1097.71	1014.13	1488.42	1335.38	1182.20	1019.78	946.60
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]						Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	454.53	459.11	468.16	471.34	478.15	1150.16	1146.29	1153.34	1157.11	1150.74
51	460.61	465.62	478.05	482.03	481.60	1150.68	1160.10	1153.48	1156.51	1162.60
102	463.94	464.92	482.15	482.83	480.20	1168.09	1157.21	1154.94	1147.88	1152.96
153	466.97	473.89	480.26	476.22	487.17	1152.48	1160.48	1150.45	1153.69	1158.65
204	470.91	476.48	479.72	486.83	487.62	1159.70	1154.15	1159.15	1153.26	1153.80
255	478.51	479.64	481.75	479.06	493.20	1155.30	1149.71	1155.40	1152.82	1159.18
306	477.53	481.32	478.77	488.98	489.84	1147.77	1154.97	1161.72	1164.73	1154.78
357	474.66	486.03	487.42	490.01	495.37	1151.18	1159.82	1155.55	1151.77	1156.02
408	479.31	480.15	493.46	488.44	491.61	1143.30	1149.51	1156.57	1166.08	1165.03
459	482.44	482.69	489.42	494.49	489.22	1147.61	1153.97	1170.06	1162.08	1160.75
Nachheizung Hz [MWh]						Nachheizung Hz [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	3750.34	3951.52	4156.24	4285.05	4408.19	3080.46	3313.10	3497.09	3651.66	3767.45
51	3806.44	4045.77	4201.85	4350.49	4504.64	3168.84	3366.87	3565.13	3712.15	3824.88
102	3872.53	4085.66	4263.68	4444.88	4538.69	3216.06	3434.14	3622.76	3766.29	3907.91
153	3959.18	4135.61	4364.18	4479.15	4576.72	3286.33	3506.84	3682.50	3858.08	3941.22
204	4003.06	4255.35	4396.62	4516.30	4623.53	3353.97	3558.22	3742.51	3887.21	3985.86
255	4064.43	4287.58	4433.75	4566.74	4665.03	3424.37	3627.15	3812.82	3925.15	4032.58
306	4162.26	4318.25	4478.33	4599.66	4695.51	3477.66	3699.39	3842.81	3962.70	4109.62
357	4189.99	4346.71	4513.95	4624.44	4731.98	3524.58	3726.57	3874.76	4006.36	4129.33
408	4212.50	4379.52	4537.86	4656.46	4752.66	3567.01	3753.88	3903.21	4070.74	4147.27
459	4235.82	4411.16	4556.81	4685.38	4769.05	3615.07	3774.49	3928.70	4084.83	4156.42
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]						BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1393.72	1299.91	1118.02	1021.17	1053.82	1196.19	1051.59	973.66	876.04	777.35
51	1366.61	1209.36	1078.04	1089.69	898.99	1207.42	1033.74	952.02	824.10	773.79
102	1466.05	1194.26	1157.21	952.95	898.50	1128.28	1041.58	887.41	831.79	725.04
153	1309.35	1204.79	1020.15	957.80	898.83	1128.62	982.38	902.20	776.62	721.87
204	1275.59	1126.93	1022.11	935.56	925.13	1128.79	972.41	883.26	771.19	720.20
255	1361.37	1102.16	1013.83	988.70	852.58	1080.78	996.76	831.03	772.23	706.69
306	1217.94	1103.90	1033.54	909.64	863.55	1090.69	924.81	831.64	752.63	654.45
357	1201.86	1098.08	966.51	903.68	808.31	1077.61	921.09	821.06	760.75	647.51
408	1181.68	1116.86	979.45	910.63	806.01	1068.12	923.13	821.07	694.41	644.59
459	1174.82	1121.81	969.82	867.31	796.16	1002.39	910.38	818.11	689.76	637.50

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]		Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	1893.56	1893.36	1893.26	1893.14	1893.08	1892.49	1893.92	1893.11	1893.41	1894.08			
51	1893.44	1893.30	1893.20	1893.13	1892.89	1893.31	1894.87	1894.68	1893.68	1891.66			
102	1893.42	1893.23	1893.15	1892.97	1892.77	1894.82	1894.19	1894.54	1895.05	1894.05			
153	1893.33	1893.18	1893.00	1892.76	1892.65	1893.62	1893.17	1894.88	1893.84	1894.47			
204	1893.24	1893.11	1892.92	1892.66	1892.59	1895.23	1895.32	1892.28	1895.08	1893.14			
255	1893.24	1892.91	1892.70	1892.64	1892.53	1893.06	1893.08	1895.46	1892.10	1894.10			
306	1892.98	1892.84	1892.66	1892.58	1892.49	1895.33	1893.35	1892.03	1893.55	1894.78			
357	1892.86	1892.66	1892.56	1892.55	1892.47	1893.34	1894.84	1892.81	1895.28	1892.18			
408	1892.86	1892.65	1892.59	1892.48	1892.44	1893.28	1892.79	1894.27	1894.43	1893.02			
459	1892.78	1892.69	1892.58	1892.51	1892.43	1893.94	1892.85	1893.65	1894.61	1892.19			
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]		Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	1371.68	1124.99	983.53	845.22	731.78	1716.43	1524.74	1375.24	1246.03	1132.09			
51	1305.01	1093.51	925.80	786.69	681.22	1664.60	1461.87	1308.07	1192.83	1090.77			
102	1217.90	1047.28	867.31	737.42	632.58	1602.96	1430.01	1277.36	1130.73	1045.24			
153	1180.51	990.24	817.30	684.70	572.50	1562.72	1386.54	1213.62	1100.85	988.74			
204	1122.18	935.45	763.92	625.01	542.08	1495.48	1329.31	1181.97	1045.19	953.01			
255	1062.60	872.07	717.80	595.85	485.68	1463.84	1286.53	1129.22	1008.25	923.53			
306	1025.11	841.48	676.07	562.30	464.25	1413.44	1252.56	1083.70	981.60	889.08			
357	974.71	803.80	652.50	529.65	445.61	1381.58	1213.95	1063.18	957.49	839.96			
408	950.65	767.06	624.27	503.48	429.17	1359.74	1169.41	1044.64	930.11	828.13			
459	926.44	749.34	585.41	488.90	409.91	1332.93	1152.93	1025.97	906.47	818.24			
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]		Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.83	140.68	139.93	141.47	141.50			
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140.16	142.27	142.55	140.54	138.93			
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140.83	139.79	142.15	143.12	140.55			
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.90	139.46	142.34	141.00	141.04			
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	143.97	142.32	139.48	142.51	139.36			
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140.68	140.52	143.95	137.52	140.83			
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	141.35	140.92	138.47	141.03	141.70			
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.97	143.12	139.97	141.38	139.69			
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	139.40	140.21	140.81	140.85	140.24			
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	140.46	140.92	140.78	141.41	139.03			
Nachheizung Hz [MWh]		Nachheizung Hz [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	521.88	768.36	909.73	1047.93	1161.30	36.24	228.50	377.94	505.92	620.49			
51	588.44	799.79	967.40	1106.44	1211.66	88.55	290.73	444.06	560.31	661.96			
102	675.52	845.95	1025.84	1155.55	1260.19	151.03	324.39	475.04	621.20	708.25			
153	712.82	902.94	1075.70	1208.06	1320.15	191.00	367.16	538.92	651.99	764.69			
204	771.06	957.66	1129.00	1267.65	1350.50	255.78	423.69	570.83	707.39	800.77			
255	830.63	1020.84	1174.90	1296.79	1406.85	288.53	466.03	622.29	746.33	829.74			
306	867.87	1051.37	1216.59	1330.28	1428.24	340.54	499.87	669.86	770.91	864.01			
357	918.15	1088.86	1240.06	1362.90	1446.86	371.79	537.76	689.66	796.40	912.53			
408	942.20	1125.60	1268.32	1389.00	1463.26	394.13	583.17	708.81	823.48	924.65			
459	966.34	1143.35	1307.16	1403.61	1482.52	420.55	599.00	726.91	846.72	934.92			
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]		BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	906.26	786.99	682.10	583.74	506.28	917.32	891.81	795.68	708.14	674.08			
51	940.41	775.90	657.57	557.47	515.26	938.38	909.14	809.67	713.88	641.68			
102	883.79	771.05	634.59	561.11	459.30	966.92	876.22	774.66	730.71	637.42			
153	872.22	741.62	623.75	506.59	433.78	921.84	825.82	787.85	682.63	647.71			
204	846.50	708.12	580.84	484.89	412.11	966.57	859.48	741.53	688.74	596.04			
255	823.92	676.86	598.62	465.03	394.25	908.96	802.38	751.31	643.22	593.32			
306	808.83	660.55	536.46	473.99	373.83	945.46	819.54	704.97	634.11	594.81			
357	777.33	683.57	522.59	479.68	355.32	875.44	827.89	694.88	637.87	557.55			
408	761.53	621.09	534.85	413.75	342.32	878.29	768.79	690.11	636.31	550.71			
459	750.33	611.44	494.12	399.59	351.02	881.89	759.94	685.40	657.30	541.93			

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10a 4500 m² ST					Simulationsvar. 10a 6750 m² ST					
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]					Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1900.00	1900.00	0.00	1892.08	1893.87	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
51	1900.00	1900.00	0.00	1893.00	1893.21	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
102	1900.00	1900.00	0.00	1892.95	1893.79	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
153	1900.00	1894.55	0.00	1893.22	1893.32	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
204	1900.00	1894.92	0.00	1894.21	1893.80	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
255	1900.00	1893.23	0.00	1894.11	1893.36	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
306	1900.00	1894.69	0.00	1892.87	1893.86	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1898.28
357	1895.19	1894.36	0.00	1892.59	1893.20	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
408	1894.59	1894.26	0.00	1893.75	1894.58	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1898.09
459	1896.22	1894.00	0.00	1894.94	1893.80	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]					Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1304.93	1298.04	0.00	1154.57	1080.03	740.18	726.83	727.52	730.66	728.84
51	1301.18	1299.35	0.00	1136.48	1055.21	736.62	725.77	728.30	738.73	737.58
102	1300.56	1298.45	0.00	1102.56	1004.33	738.96	736.06	735.05	743.53	736.77
153	1299.85	1240.56	0.00	1058.25	972.67	737.19	735.69	735.87	738.90	736.04
204	1300.31	1224.36	0.00	1002.23	936.40	731.63	729.19	732.76	740.33	734.61
255	1297.30	1209.99	0.00	991.41	892.90	726.23	726.11	734.62	736.46	731.33
306	1294.83	1163.11	0.00	954.87	874.06	726.98	732.02	734.56	734.39	722.71
357	1257.25	1163.23	0.00	919.32	859.27	726.93	726.48	730.51	731.08	712.85
408	1266.48	1132.23	0.00	909.49	840.25	725.06	730.75	728.51	736.35	696.03
459	1235.49	1104.07	0.00	898.18	820.82	717.56	724.26	726.50	731.07	672.01
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]					Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	595.07	601.96	0.00	607.14	615.76	1159.82	1173.17	1172.48	1169.34	1171.16
51	598.82	600.65	0.00	612.83	618.01	1163.38	1174.23	1171.70	1161.27	1162.42
102	599.44	601.55	0.00	618.98	624.61	1161.04	1163.94	1164.95	1156.47	1163.23
153	600.15	603.82	0.00	618.37	628.10	1162.81	1164.31	1164.13	1161.10	1163.96
204	599.69	606.32	0.00	622.93	631.42	1168.37	1170.81	1167.24	1159.67	1165.39
255	602.70	609.32	0.00	631.41	635.00	1173.77	1173.89	1165.38	1163.54	1168.67
306	605.17	611.55	0.00	632.37	633.84	1173.02	1167.98	1165.44	1165.61	1170.97
357	607.39	616.85	0.00	633.49	634.26	1173.07	1173.52	1169.49	1168.92	1169.38
408	608.86	617.02	0.00	634.53	636.30	1174.94	1169.25	1171.49	1163.65	1168.23
459	610.93	618.71	0.00	635.77	635.85	1182.45	1175.74	1173.50	1168.93	1175.88
Nachheizung Hz [MWh]					Nachheizung Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	130.38	198.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	0.00	0.00	0.00	143.69	219.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	0.00	0.00	0.00	171.41	264.86	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153	0.00	50.17	0.00	216.60	292.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204	0.00	64.24	0.00	269.05	325.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	0.00	73.92	0.00	271.29	365.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306	0.00	120.03	0.00	305.63	385.96	0.00	0.00	0.00	0.00	4.59
357	30.55	114.28	0.00	339.79	399.67	0.00	0.00	0.00	0.00	17.76
408	19.25	145.01	0.00	349.74	418.03	0.00	0.00	0.00	0.00	33.83
459	49.80	171.22	0.00	360.99	437.14	0.00	0.00	0.00	0.00	52.11
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]					BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	661.10	635.64	597.50	577.74	540.94	411.95	410.81	365.42	342.93	330.58
51	646.53	631.89	585.35	555.74	516.83	415.35	408.92	369.18	323.36	312.53
102	645.28	634.25	607.13	537.47	533.41	415.48	387.69	355.34	327.74	311.15
153	649.39	666.05	595.00	553.31	497.20	416.52	387.03	355.32	319.37	297.83
204	664.82	642.27	565.50	602.17	508.83	415.43	380.15	349.56	316.93	299.03
255	695.32	619.20	586.44	521.77	555.39	407.85	380.88	342.11	312.49	290.46
306	669.03	663.11	542.93	537.70	472.70	400.04	375.70	337.48	303.66	282.83
357	696.63	604.24	546.76	496.06	474.05	404.92	360.73	332.94	298.64	287.89
408	653.39	618.20	550.40	489.61	482.05	404.06	364.74	324.35	301.92	287.86
459	680.96	643.36	565.67	495.29	516.00	399.69	353.73	319.48	292.76	284.11

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10b						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]											Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1893.44	1893.17	1893.14	1892.79	1892.62						1895.43	1892.52	1893.78	1892.75	1892.62						
51	1893.34	1893.18	1892.84	1892.69	1892.50						1892.66	1890.69	1895.98	1891.06	1896.10						
102	1893.26	1892.91	1892.65	1892.50	1892.41						1894.07	1893.59	1893.54	1898.05	1895.53						
153	1893.08	1892.71	1892.51	1892.38	1892.31						1890.39	1894.36	1894.27	1895.82	1891.01						
204	1892.83	1892.67	1892.35	1892.33	1892.33						1891.84	1893.31	1894.37	1893.82	1892.83						
255	1892.60	1892.42	1892.42	1892.27	1892.17						1895.68	1893.09	1893.78	1893.19	1892.96						
306	1892.54	1892.34	1892.34	1892.18	1892.04						1896.52	1893.25	1896.80	1896.78	1894.70						
357	1892.49	1892.37	1892.28	1892.13	1892.02						1893.07	1895.06	1890.60	1893.63	1897.41						
408	1892.36	1892.36	1892.17	1892.06	1891.98						1895.56	1894.58	1894.04	1905.69	1894.14						
459	1892.34	1892.33	1892.11	1892.03	1891.96						1894.77	1894.67	1898.87	1896.63	1893.69						
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]											Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	1211.56	1027.55	857.57	717.46	599.74						1803.74	1611.89	1416.78	1288.34	1141.28						
51	1151.40	970.68	797.01	652.66	565.68						1737.58	1551.01	1373.22	1189.76	1109.99						
102	1093.21	907.85	730.56	619.27	507.18						1688.03	1485.99	1315.80	1164.02	1068.17						
153	1053.79	861.53	694.58	558.64	475.68						1602.72	1431.14	1236.31	1120.76	965.03						
204	996.01	804.14	632.47	527.46	444.39						1563.86	1339.16	1202.86	1072.06	940.15						
255	930.21	740.16	600.74	497.01	414.38						1507.74	1311.78	1153.93	991.71	916.42						
306	897.07	710.26	572.60	469.44	387.93						1430.57	1276.56	1065.87	969.65	893.73						
357	859.93	685.84	548.93	444.90	368.02						1406.58	1237.89	1048.23	952.88	871.61						
408	817.62	662.65	526.85	424.92	352.03						1382.32	1154.19	1030.32	932.51	839.50						
459	797.51	643.83	506.94	408.99	338.43						1355.10	1138.96	949.30	914.96	826.68						
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]											Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						87.85	90.24	87.22	86.81	82.69						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						90.00	84.32	92.94	88.12	88.67						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						92.38	87.65	87.52	90.66	90.45						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						84.76	87.04	88.23	89.70	82.08						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						85.55	88.89	84.45	89.30	86.08						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						90.34	84.33	91.77	87.59	88.27						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						91.64	86.48	91.55	94.05	90.48						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						86.14	90.02	84.97	89.30	92.73						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						89.41	88.80	91.60	102.68	89.37						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						90.80	90.34	60.50	94.41	88.96						
Nachheizung Hz [MWh]											Nachheizung Hz [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	681.89	865.62	1035.57	1175.33	1292.88						3.85	190.39	389.78	517.60	668.65						
51	741.94	922.50	1095.84	1240.02	1326.82						65.08	255.36	429.82	613.17	697.44						
102	800.06	985.06	1162.09	1273.23	1385.23						113.66	319.95	490.21	643.37	736.90						
153	839.29	1031.18	1197.93	1333.73	1416.63						202.92	376.18	569.73	685.36	843.90						
204	896.82	1088.53	1259.88	1364.87	1447.94						242.43	465.25	607.07	732.46	866.60						
255	962.39	1152.26	1291.68	1395.26	1477.80						297.60	496.98	648.08	813.89	888.27						
306	995.47	1182.08	1319.74	1422.73	1504.11						374.31	530.21	739.38	833.08	910.49						
357	1032.55	1206.53	1343.35	1447.23	1524.00						400.35	567.14	757.41	851.46	933.07						
408	1074.75	1229.71	1365.33	1467.14	1539.95						423.83	651.59	772.12	870.50	965.27						
459	1094.83	1248.50	1385.16	1483.05	1553.53						448.87	665.37	889.06	887.26	978.05						
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]											BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	919.63	791.62	688.12	569.52	497.93						977.28	840.37	737.70	681.68	603.14						
51	900.90	767.58	639.39	550.43	477.05						911.11	885.42	729.77	645.13	601.19						
102	881.28	747.96	623.71	529.61	507.18						932.50	811.30	790.15	639.98	628.88						
153	885.89	771.88	601.08	558.64	475.68						889.79	841.06	702.97	671.83	587.66						
204	835.45	701.24	632.47	527.46	444.39						903.24	786.57	716.67	719.26	585.02						
255	811.60	740.16	600.74	497.01	414.38						952.63	783.96	768.88	624.77	600.27						
306	801.80	710.26	572.60	469.44	387.93						874.18	808.70	679.59	625.08	597.90						
357	826.64	685.84	548.93	444.90	368.02						872.61	856.32	683.58	641.94	595.62						
408	817.62	662.65	526.85	424.92	352.03						871.88	762.45	689.91	636.37	574.42						
459	797.51	643.83	506.94	408.99	338.43						903.66	757.30	750.21	635.21	607.36						

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10b 4500 m² ST						Simulationsvar. 10b 6750 m² ST					
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]						Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
51	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
102	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
153	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
204	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1898.89	
255	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
306	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1899.01	1900.00	
357	1895.09	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
408	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
459	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	1423.08	1414.01	1279.36	1170.77	1079.43	914.04	911.96	914.10	909.16	910.24	
51	1418.06	1357.19	1249.90	1138.52	1024.08	913.00	912.47	915.24	911.95	906.78	
102	1415.58	1333.78	1188.20	1076.41	994.98	909.60	915.55	917.67	909.04	896.61	
153	1417.97	1259.62	1159.63	1044.72	950.34	911.05	913.78	913.75	904.77	881.73	
204	1398.17	1234.18	1103.49	1000.29	900.83	910.89	915.63	907.35	902.51	834.44	
255	1371.44	1212.61	1077.33	958.85	886.91	915.86	916.93	908.59	887.95	824.53	
306	1317.09	1168.40	1037.37	923.22	856.94	915.24	916.73	903.78	878.83	789.30	
357	1311.29	1125.91	1012.28	917.14	829.87	917.38	912.79	902.08	846.96	766.46	
408	1270.03	1126.98	994.22	893.82	795.23	917.65	910.79	898.06	828.07	757.57	
459	1240.14	1107.48	981.69	875.04	785.45	917.54	904.68	899.14	801.83	740.41	
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]						Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	476.92	485.99	485.56	482.23	491.90	985.96	988.04	985.90	990.84	989.76	
51	481.94	479.78	485.33	484.47	489.48	987.00	987.53	984.76	988.05	993.22	
102	484.42	482.08	486.37	496.26	494.39	990.40	984.45	982.33	990.96	993.57	
153	482.03	487.49	487.23	492.15	492.28	988.95	986.22	986.25	995.23	999.24	
204	480.31	488.85	485.79	495.21	494.64	989.11	984.37	992.65	997.49	998.54	
255	483.12	488.86	493.47	489.81	491.78	984.14	983.07	991.41	999.07	1010.32	
306	484.79	486.63	496.93	489.56	494.90	984.76	983.27	996.22	1003.59	1012.46	
357	417.87	489.25	488.55	495.52	493.29	982.62	987.21	997.92	1016.33	1020.66	
408	489.98	493.72	493.13	496.08	494.63	982.35	989.21	1001.94	1010.46	1018.67	
459	489.92	488.42	491.31	494.84	493.61	982.46	995.32	1000.86	1014.95	1023.91	
Nachheizung Hz [MWh]						Nachheizung Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	0.00	0.00	135.08	247.00	328.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
51	0.00	63.02	164.77	277.01	386.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
102	0.00	84.14	225.43	327.33	410.63	0.00	0.00	0.00	0.00	9.82	
153	0.00	152.89	253.14	363.13	457.37	0.00	0.00	0.00	0.00	19.02	
204	21.52	176.97	310.72	404.50	504.52	0.00	0.00	0.00	0.00	65.91	
255	45.45	198.53	329.21	451.34	521.30	0.00	0.00	0.00	12.99	65.15	
306	98.12	244.97	365.70	487.23	548.16	0.00	0.00	0.00	16.59	98.24	
357	165.93	284.84	399.17	487.34	576.84	0.00	0.00	0.00	36.71	112.88	
408	139.99	279.29	412.65	510.10	610.15	0.00	0.00	0.00	61.47	123.76	
459	169.94	304.11	427.00	530.12	620.94	0.00	0.00	0.00	83.23	135.68	
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]						BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	746.81	723.54	691.23	627.44	575.08	585.61	540.23	494.93	462.16	438.58	
51	767.80	765.47	665.77	610.49	573.08	569.86	532.25	489.39	458.61	432.13	
102	743.31	731.13	677.99	609.30	551.11	563.75	523.20	492.50	445.64	434.81	
153	796.83	763.86	656.11	591.97	547.48	557.27	514.09	479.64	450.25	420.65	
204	773.34	734.96	659.82	585.10	543.08	555.09	507.18	467.65	437.63	418.75	
255	723.12	694.03	634.78	589.36	525.09	544.28	514.62	469.56	438.21	404.49	
306	763.09	716.21	633.35	577.99	516.98	535.91	517.93	457.52	422.48	404.75	
357	733.21	722.39	632.57	558.51	509.58	535.73	506.57	451.68	415.35	384.63	
408	730.60	670.38	603.69	554.81	493.38	532.19	489.26	443.24	418.66	381.09	
459	741.31	678.69	601.65	545.75	488.47	528.12	486.00	441.40	414.72	377.48	

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11a 2250 m² ST						Simulationsvar. 11a 4500 m² ST					
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]						Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	1900.61	1899.65	1900.33	1898.65	1901.49	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
51	1898.16	1900.43	1900.55	1904.58	1898.60	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
102	1900.75	1896.79	1901.92	1900.53	1897.82	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
153	1898.34	1899.84	1900.36	1898.79	1900.68	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
204	1895.52	1900.50	1900.80	1896.93	1901.58	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
255	1901.57	1899.53	1900.93	1898.08	1900.01	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
306	1904.05	1900.46	1901.97	1899.17	1897.09	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
357	1901.19	1896.66	1906.17	1901.06	1901.13	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
408	1904.14	1897.43	1898.78	1898.99	1901.44	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
459	1902.11	1903.92	1901.37	1898.60	1901.53	1900.00	1900.00	0.00	1900.00	1900.00	
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	1697.98	1508.67	1331.60	1169.34	1000.45	1253.24	1249.77	0.00	1064.02	923.26	
51	1648.71	1441.53	1263.29	1105.61	947.21	1255.78	1253.57	0.00	1027.56	882.26	
102	1587.45	1402.30	1224.39	1052.11	876.41	1251.69	1252.04	0.00	975.54	817.57	
153	1537.72	1352.06	1157.85	985.92	828.56	1256.19	1194.24	0.00	924.07	781.67	
204	1472.06	1288.72	1104.79	930.17	747.83	1255.20	1166.60	0.00	853.54	712.19	
255	1428.33	1233.37	1031.70	867.61	709.83	1253.43	1135.84	0.00	818.19	672.11	
306	1357.02	1169.86	982.68	802.80	656.53	1232.00	1068.47	0.00	770.55	603.93	
357	1314.59	1108.42	897.88	753.33	601.40	1164.12	1035.20	0.00	721.38	570.00	
408	1247.48	1056.34	864.73	701.90	540.16	1138.97	972.60	0.00	665.78	523.51	
459	1198.63	984.29	806.59	651.04	492.09	1074.14	940.50	0.00	620.12	473.19	
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]						Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	165.91	163.08	163.13	161.91	163.27	646.76	650.23	0.00	651.72	660.30	
51	161.18	163.03	162.44	164.72	160.55	644.22	646.43	0.00	662.64	670.76	
102	165.49	161.61	163.59	165.45	159.42	648.31	647.96	0.00	666.45	672.96	
153	162.90	161.31	163.77	159.03	163.08	643.81	650.89	0.00	670.23	676.35	
204	159.50	163.54	161.83	156.52	168.29	644.80	651.27	0.00	675.23	677.49	
255	162.31	162.18	162.46	160.92	166.28	646.57	648.91	0.00	681.33	682.94	
306	167.08	163.48	161.24	162.45	163.75	646.34	658.10	0.00	676.67	687.36	
357	160.54	160.91	170.81	168.17	173.07	648.47	666.64	0.00	680.61	689.25	
408	168.02	158.47	162.70	166.61	173.91	651.29	663.12	0.00	683.21	695.24	
459	161.65	167.85	167.68	167.69	174.73	652.89	673.93	0.00	689.01	703.25	
Nachheizung Hz [MWh]						Nachheizung Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	36.73	227.90	405.61	567.40	737.77	0.00	0.00	0.00	184.26	316.45	
51	88.27	295.87	474.82	634.26	790.85	0.00	0.00	0.00	209.81	346.98	
102	147.80	332.88	513.94	682.97	861.98	0.00	0.00	0.00	258.01	409.47	
153	197.72	386.47	578.74	753.84	909.04	0.00	54.88	0.00	305.70	441.99	
204	263.96	448.24	634.18	810.24	985.46	0.00	82.13	0.00	371.24	510.33	
255	310.93	503.98	706.77	869.55	1023.90	0.00	115.24	0.00	400.48	544.95	
306	379.96	567.12	758.05	933.92	1076.80	21.66	173.43	0.00	452.78	608.71	
357	426.06	627.32	837.48	979.57	1126.66	87.41	198.17	0.00	498.01	640.76	
408	488.64	682.62	871.35	1030.48	1187.38	109.74	264.28	0.00	551.02	681.25	
459	541.82	751.77	927.09	1079.87	1234.71	172.97	285.57	0.00	590.88	723.56	
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]						BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	912.99	870.41	761.34	668.71	567.57	626.97	600.31	564.94	529.66	504.16	
51	934.29	876.94	768.04	663.47	554.99	619.14	593.04	554.17	513.28	466.70	
102	954.74	853.83	740.88	632.86	529.63	616.47	593.56	565.99	496.17	486.61	
153	918.34	829.53	712.03	627.56	513.26	625.44	621.44	553.19	512.86	454.69	
204	947.19	839.42	709.58	594.63	490.52	621.71	605.43	543.67	534.27	469.89	
255	918.08	800.14	678.42	592.67	472.74	635.24	598.00	563.16	495.77	445.91	
306	938.09	800.74	669.50	552.42	447.48	624.52	619.33	525.05	469.16	434.75	
357	888.53	761.58	634.62	542.42	420.99	670.02	589.65	541.10	479.95	413.85	
408	905.30	761.83	625.40	516.94	450.05	652.08	626.73	510.75	450.10	390.95	
459	853.84	723.61	623.14	489.89	422.42	681.39	579.86	525.30	458.53	371.96	

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11a						6750 m² ST					Simulationsvar. 11b					2250 m² ST					
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]												Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460			0	115	230	345	460			0	115	230	345	460		
0	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1892.55	1895.46	1894.41	1892.43	1892.90									
51	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1895.76	1894.15	1897.70	1893.54	1892.42									
102	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1894.68	1894.40	1895.13	1895.48	1894.24									
153	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1894.92	1895.83	1894.66	1894.53	1914.82									
204	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1892.67	1896.57	1892.61	1895.67	1914.92									
255	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1891.55	1894.61	1896.29	1893.57	1896.26									
306	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1896.30	1893.90	1893.79	1895.65	1910.01									
357	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1891.49	1894.61	1895.51	1958.94	1895.79									
408	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1895.40	1894.48	1894.93	1913.40	1896.00									
459	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00			1894.43	1894.65	1894.79	1901.95	1894.93									
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]												Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460			0	115	230	345	460			0	115	230	345	460		
0	743.43	728.40	728.57	729.55	730.99			1771.35	1586.75	1383.44	1169.04	1033.96									
51	736.25	720.22	728.86	740.46	734.81			1729.51	1506.84	1327.05	1134.19	915.13									
102	732.14	734.91	739.53	737.88	711.86			1671.65	1464.19	1236.37	1078.66	878.52									
153	730.51	730.98	729.15	740.12	636.52			1587.62	1397.01	1192.30	973.47	836.08									
204	729.43	729.53	731.89	736.03	571.68			1540.93	1321.67	1074.12	937.57	779.34									
255	723.67	730.30	728.84	717.62	502.36			1445.38	1190.74	1039.70	875.49	722.70									
306	720.48	718.50	727.50	661.24	423.81			1403.16	1161.19	990.30	821.18	664.25									
357	722.87	716.89	732.77	535.81	304.70			1281.66	1121.08	935.74	813.41	603.45									
408	733.51	732.07	707.07	466.48	234.14			1254.49	1067.64	881.82	717.40	560.52									
459	727.11	721.30	643.01	398.89	166.50			1216.45	1007.16	825.18	663.58	513.32									
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]												Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460			0	115	230	345	460			0	115	230	345	460		
0	1156.57	1171.60	1171.43	1170.45	1169.01			84.16	87.04	86.37	84.28	81.11									
51	1163.75	1179.78	1171.14	1159.54	1165.19			90.74	84.39	84.97	83.01	80.03									
102	1167.86	1165.09	1160.47	1162.12	1170.59			80.13	84.72	83.58	85.44	85.16									
153	1169.49	1169.02	1170.85	1159.88	1165.33			87.16	86.80	83.63	85.08	107.84									
204	1170.57	1170.47	1168.11	1163.97	1163.98			82.87	80.25	80.60	84.93	108.17									
255	1176.33	1169.70	1171.16	1168.94	1164.22			78.90	84.12	88.80	86.67	89.42									
306	1179.52	1181.51	1172.50	1175.12	1181.04			85.86	83.25	83.76	89.28	100.37									
357	1177.13	1183.11	1167.23	1168.85	1165.21			80.18	80.99	87.07	104.77	86.02									
408	1166.49	1167.93	1167.65	1172.51	1173.61			83.24	82.53	85.58	105.94	88.02									
459	1172.89	1178.70	1174.15	1175.18	1179.15			82.41	84.41	85.00	90.27	83.41									
Nachheizung Hz [MWh]												Nachheizung Hz [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460			0	115	230	345	460			0	115	230	345	460		
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			37.04	221.66	424.61	639.11	777.83									
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			75.51	302.92	485.68	676.34	897.26									
102	0.00	0.00	0.00	0.00	17.55			142.90	345.49	575.18	731.38	930.56									
153	0.00	0.00	0.00	0.00	98.14			220.13	412.03	618.74	835.97	970.90									
204	0.00	0.00	0.00	0.00	164.34			268.87	494.66	737.90	873.17	1027.42									
255	0.00	0.00	0.00	13.44	233.42			367.28	619.76	767.80	931.40	1084.14									
306	0.00	0.00	0.00	63.64	295.15			407.27	649.47	819.74	985.19	1145.40									
357	0.00	0.00	0.00	195.34	430.09			529.66	692.54	872.70	1040.76	1206.32									
408	0.00	0.00	25.28	261.01	492.25			557.66	744.31	927.54	1090.06	1247.46									
459	0.00	0.00	82.85	325.93	554.35			595.58	803.08	984.61	1148.09	1298.20									
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]												BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460			0	115	230	345	460			0	115	230	345	460		
0	433.70	454.45	381.55	354.95	298.82			921.26	852.31	721.38	623.05	558.61									
51	427.52	441.27	395.26	318.66	296.52			917.04	816.51	746.78	614.57	529.81									
102	425.58	391.73	353.96	310.02	290.55			957.77	815.10	696.04	674.81	525.28									
153	421.56	384.79	341.43	302.64	270.57			898.51	890.64	707.05	598.95	552.80									
204	445.82	382.66	339.84	299.66	277.74			923.14	790.41	677.72	627.75	535.58									
255	440.28	399.35	326.68	291.49	281.39			885.61	773.49	677.97	609.94	513.66									
306	438.34	389.50	339.77	283.56	265.09			890.35	768.94	721.41	631.67	489.53									
357	438.30	377.80	300.82	287.19	254.51			864.57	924.89	694.74	653.98	471.35									
408	379.01	340.62	302.95	286.83	243.47			870.75	794.68	672.61	567.18	487.08									
459	369.48	327.86	298.88	278.42	230.92			921.18	775.18	646.52	541.95	439.49									

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11b 4500 m² ST						Simulationsvar. 11b 6750 m² ST					
Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]						Wärmeübergabe Heizkreis [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
51	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
102	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
153	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
204	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
255	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
306	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
357	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
408	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
459	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	1900.00	
Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	1467.07	1393.32	1227.04	1082.15	934.46	941.45	931.69	938.07	929.72	876.86	
51	1464.54	1327.36	1192.73	1044.15	891.55	939.26	934.42	941.08	914.93	843.51	
102	1463.24	1299.42	1134.01	974.81	828.97	935.34	937.65	933.01	914.84	807.99	
153	1392.10	1228.16	1095.07	934.38	786.51	933.54	935.24	935.90	882.20	739.08	
204	1363.54	1188.93	1043.23	867.52	716.52	936.14	930.13	930.21	842.23	702.50	
255	1326.10	1154.53	981.08	831.83	676.83	939.01	937.14	926.52	777.01	637.03	
306	1257.62	1082.07	937.76	770.41	603.84	935.14	920.13	883.91	743.54	597.83	
357	1224.56	1051.48	883.27	726.75	567.78	939.14	926.90	827.48	677.69	522.16	
408	1155.79	1005.27	830.51	661.85	526.24	937.73	920.07	791.89	635.43	493.85	
459	1123.42	952.20	779.72	623.50	481.21	922.21	898.71	734.37	572.02	452.59	
Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]						Wärmeübergabe ST/Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	432.93	436.65	445.03	448.51	456.86	958.55	968.31	961.93	970.28	971.41	
51	435.46	437.24	444.69	455.32	464.87	960.74	965.58	958.92	985.07	979.20	
102	436.76	439.81	443.40	456.33	461.01	964.66	962.35	966.99	972.42	992.03	
153	438.01	437.66	450.63	462.63	466.17	966.46	964.76	964.10	983.58	997.75	
204	438.26	447.52	457.97	466.62	471.37	963.86	969.87	969.79	993.67	1004.83	
255	439.76	448.03	463.11	464.31	472.52	960.99	962.86	973.48	996.75	1005.35	
306	439.74	451.92	460.84	472.05	474.93	964.86	979.87	994.13	1002.06	1011.34	
357	445.51	457.97	461.95	470.22	478.48	960.86	973.10	990.42	1004.28	1021.33	
408	448.84	465.31	469.96	476.49	477.69	962.27	979.93	1001.39	1015.04	1024.47	
459	458.39	465.95	469.64	474.53	482.95	962.45	985.67	1002.79	1021.37	1030.18	
Nachheizung Hz [MWh]						Nachheizung Hz [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	0.00	70.03	227.93	369.33	508.69	0.00	0.00	0.00	0.00	51.73	
51	0.00	135.40	262.58	400.53	543.57	0.00	0.00	0.00	0.00	77.29	
102	0.00	160.76	322.58	468.86	610.02	0.00	0.00	0.00	12.74	99.99	
153	69.89	234.18	354.30	502.99	647.32	0.00	0.00	0.00	34.22	163.18	
204	98.20	263.54	398.80	565.86	712.11	0.00	0.00	0.00	64.10	192.67	
255	134.14	297.44	455.81	603.86	750.65	0.00	0.00	0.00	126.24	257.62	
306	202.64	366.01	501.40	657.54	821.23	0.00	0.00	21.97	154.41	290.83	
357	229.93	390.54	554.78	703.03	853.74	0.00	0.00	82.10	218.04	356.51	
408	295.38	429.41	599.53	761.66	896.07	0.00	0.00	106.72	249.53	381.69	
459	318.19	481.85	650.65	801.97	935.83	15.34	15.62	162.84	306.62	417.24	
BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]						BHKW/Hz ohne LSp BHKW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	719.63	680.82	658.94	592.45	506.91	587.99	533.33	481.56	439.64	401.52	
51	733.23	732.00	644.94	575.23	485.46	576.06	525.41	482.05	426.63	392.69	
102	713.37	707.49	655.40	569.24	481.64	568.90	515.06	478.54	432.48	376.46	
153	764.62	744.42	635.18	550.06	458.72	555.54	505.87	477.45	419.32	369.55	
204	724.01	724.42	617.02	542.81	447.86	550.10	505.83	469.79	412.61	354.81	
255	705.52	702.68	620.46	521.53	424.87	536.52	505.19	457.79	402.94	337.15	
306	764.66	717.03	602.23	500.87	404.06	522.76	490.21	436.08	388.09	330.12	
357	731.47	694.26	593.26	491.56	392.08	532.80	486.34	445.58	395.80	309.33	
408	790.77	657.68	567.74	467.23	375.85	534.91	478.61	423.43	358.68	296.95	
459	737.99	669.88	560.89	453.94	358.94	568.37	474.54	419.03	368.30	291.57	

## Anhang Abschnitt 5.5

<b>Simulationsvarianten 1 bis 8</b>									
<b>Wärmeübergabe TWW [MWh]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	902.03	887.33	888.88	891.74	5a	902.06	902.17	902.63	904.03
1b	902.03	879.96	887.36	887.36	5b	902.08	900.37	901.72	901.72
2a	902.03	887.24	889.59	892.18	6a	902.08	902.23	902.98	903.84
2b	902.03	879.59	886.64	888.73	6b	902.11	900.08	901.87	902.94
3a	902.10	902.22	902.65	904.02	7a	902.07	902.26	902.59	903.94
3b	902.23	900.28	901.66	901.66	7b	902.09	900.10	901.59	901.59
4a	902.17	902.40	903.07	903.70	8a	902.11	902.17	902.86	903.46
4b	902.35	900.21	901.64	902.85	8b	902.12	900.20	901.57	902.65
<b>Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	902.07	270.67	219.80	205.79
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	902.06	269.32	220.60	220.60
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	902.07	270.27	219.01	205.28
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	902.08	268.89	218.99	201.81
3a	902.09	271.25	221.00	205.78	7a	902.01	270.27	220.23	205.45
3b	902.20	268.94	220.16	220.16	7b	902.04	269.22	219.92	219.92
4a	902.11	269.84	220.85	203.56	8a	902.00	269.51	220.58	203.84
4b	902.28	269.08	218.22	202.54	8b	902.03	269.38	218.47	201.89
<b>Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	631.39	682.69	698.12
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	0.00	630.93	680.98	680.98
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	631.83	683.84	698.44
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	0.00	631.08	682.75	700.99
3a	0.00	630.86	681.51	698.12	7a	0.00	631.87	682.21	698.35
3b	0.00	631.23	681.36	681.36	7b	0.00	630.76	681.53	681.53
4a	0.00	632.43	682.06	700.02	8a	0.00	632.54	682.14	699.50
4b	0.00	631.01	683.28	700.19	8b	0.00	630.69	682.97	700.62
<b>Nachheizung TWW [MWh]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	902.03	271.20	220.32	205.96	5a	0.02	0.11	0.15	0.12
1b	902.02	269.47	220.54	220.54	5b	0.02	0.13	0.14	0.14
2a	902.02	270.23	220.98	204.79	6a	0.02	0.13	0.13	0.12
2b	902.02	268.88	218.70	201.91	6b	0.03	0.12	0.13	0.14
3a	0.03	0.12	0.14	0.12	7a	0.05	0.12	0.15	0.13
3b	0.02	0.11	0.15	0.15	7b	0.06	0.12	0.14	0.14
4a	0.06	0.14	0.16	0.12	8a	0.06	0.12	0.14	0.13
4b	0.05	0.12	0.13	0.13	8b	0.05	0.13	0.13	0.14

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9a      0 m² ST						Simulationsvar. 9a      2250 m² ST					
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	902.04	902.04	902.05	902.05	902.06		901.90	901.85	901.89	902.02	902.01
51	902.04	902.04	902.05	902.06	902.06		901.90	901.89	901.80	902.08	902.01
102	902.04	902.05	902.05	902.05	902.05		901.89	901.84	901.87	901.97	901.97
153	902.05	902.04	902.04	902.05	902.05		901.93	901.98	902.04	901.98	902.03
204	902.05	902.05	902.05	902.05	902.05		902.04	901.92	901.85	901.89	901.94
255	902.05	902.04	902.05	902.06	902.06		901.98	901.97	902.00	901.93	902.03
306	902.04	902.05	902.05	902.05	902.06		902.10	901.96	902.01	902.03	902.04
357	902.05	902.04	902.05	902.06	902.06		902.02	901.97	902.00	901.90	902.03
408	902.05	902.04	902.05	902.06	902.06		902.05	901.93	901.92	902.11	902.03
459	902.04	902.04	902.05	902.06	902.06		902.02	902.03	902.01	902.06	902.08
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	902.03	902.02	902.03	898.61	893.64		268.87	268.80	268.89	267.74	266.42
51	902.03	902.02	901.99	898.32	893.75		268.79	269.38	268.75	267.68	266.16
102	902.02	902.03	901.94	898.16	893.09		268.77	268.68	268.79	267.60	265.94
153	902.03	902.02	901.88	898.20	892.39		268.74	268.77	268.85	267.51	265.83
204	902.03	902.02	901.89	898.00	891.94		268.77	268.85	268.75	267.40	265.40
255	902.02	902.02	901.87	897.45	890.88		268.86	268.86	268.94	267.44	265.30
306	902.01	902.03	901.86	896.74	890.62		268.95	268.87	268.95	267.55	265.07
357	902.03	902.02	901.72	896.44	890.42		268.83	268.86	268.84	267.73	265.15
408	902.03	902.01	901.67	896.44	889.62		268.95	269.04	268.87	267.63	265.24
459	902.03	902.02	901.60	896.00	889.10		269.08	269.10	269.06	267.77	265.18
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		632.90	632.93	632.87	632.93	632.90
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		632.98	632.38	632.93	632.98	632.82
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		632.99	633.02	632.95	632.88	632.93
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.05	633.07	633.06	632.96	632.89
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.13	632.93	632.96	632.98	633.06
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.00	632.97	632.91	632.97	633.02
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.01	632.96	632.91	632.94	633.20
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.07	632.98	633.00	632.62	633.04
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		632.97	632.76	632.89	632.93	632.90
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		632.81	632.79	632.80	632.75	632.95
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	0.02	0.02	0.02	3.44	8.41		0.13	0.12	0.13	1.35	2.69
51	0.02	0.02	0.06	3.73	8.30		0.13	0.13	0.12	1.43	3.02
102	0.02	0.02	0.10	3.88	8.96		0.13	0.14	0.13	1.49	3.10
153	0.02	0.02	0.16	3.85	9.65		0.13	0.14	0.13	1.51	3.31
204	0.02	0.02	0.16	4.05	10.11		0.13	0.14	0.14	1.51	3.48
255	0.02	0.02	0.18	4.61	11.18		0.13	0.13	0.15	1.52	3.71
306	0.02	0.02	0.19	5.31	11.44		0.14	0.13	0.15	1.53	3.77
357	0.02	0.02	0.33	5.62	11.64		0.12	0.13	0.16	1.55	3.83
408	0.02	0.03	0.38	5.63	12.44		0.13	0.13	0.16	1.55	3.89
459	0.02	0.02	0.45	6.06	12.96		0.13	0.13	0.16	1.54	3.95

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9a 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 9a 6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	902.87	902.79	902.77	902.76	902.74	903.77	903.75	903.75	903.78	903.77
51	902.77	902.72	902.76	902.68	902.69	903.78	903.75	903.76	903.76	903.78
102	902.75	902.83	902.73	902.67	902.75	903.77	903.77	903.79	903.80	903.81
153	902.68	902.71	902.69	902.65	902.73	903.76	903.79	903.84	903.81	903.79
204	902.67	902.72	902.67	902.77	902.76	903.81	903.76	903.76	903.78	903.81
255	902.73	902.71	902.73	902.76	902.79	903.76	903.76	903.76	903.81	903.77
306	902.68	902.67	902.81	902.80	902.73	903.79	903.78	903.76	903.81	903.76
357	902.66	902.73	902.74	902.81	902.80	903.78	903.77	903.79	903.82	903.73
408	902.66	902.78	902.80	902.75	902.74	903.79	903.78	903.84	903.77	903.78
459	902.64	902.81	902.76	902.83	902.77	903.75	903.75	903.79	903.74	903.78
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	220.77	220.99	220.76	219.83	219.37	206.21	206.34	206.22	205.68	205.33
51	220.67	220.88	220.77	219.90	219.77	206.19	206.21	205.85	205.98	205.42
102	220.57	220.69	220.67	219.91	219.26	206.06	206.22	206.34	205.94	205.51
153	220.95	220.91	221.28	220.00	219.15	206.10	206.05	205.80	205.79	205.48
204	221.14	221.04	221.30	219.59	219.10	205.67	206.27	206.14	205.63	205.49
255	221.19	220.87	220.75	219.62	218.98	205.81	206.07	206.01	205.96	205.30
306	221.16	221.06	220.98	219.33	218.72	206.18	206.23	205.82	205.97	205.36
357	220.99	220.78	220.78	219.46	219.19	206.15	206.10	206.12	205.85	205.11
408	221.09	220.91	220.96	219.49	219.11	206.24	206.22	206.15	205.62	205.37
459	221.22	220.90	220.93	219.44	218.58	206.28	206.19	206.25	205.69	205.32
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	681.97	681.67	681.86	681.94	681.75	697.44	697.30	697.43	697.97	698.05
51	681.96	681.69	681.85	681.65	681.19	697.47	697.44	697.80	697.57	697.90
102	682.04	681.99	681.93	681.54	681.78	697.61	697.45	697.34	697.74	697.72
153	681.58	681.66	681.27	681.41	681.83	697.56	697.63	697.93	697.85	697.52
204	681.40	681.53	681.24	681.90	681.83	698.03	697.38	697.52	697.80	697.72
255	681.41	681.71	681.85	681.87	681.91	697.84	697.59	697.64	697.61	697.82
306	681.38	681.48	681.69	682.18	682.08	697.51	697.45	697.84	697.44	697.60
357	681.53	681.83	681.82	682.06	681.66	697.53	697.55	697.56	697.52	697.71
408	681.44	681.73	681.70	681.97	681.62	697.44	697.44	697.58	697.63	697.44
459	681.28	681.76	681.69	682.12	682.11	697.36	697.44	697.42	697.49	697.45
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.14	0.14	0.15	0.99	1.61	0.11	0.11	0.11	0.13	0.39
51	0.14	0.14	0.14	1.12	1.73	0.11	0.11	0.11	0.21	0.45
102	0.14	0.14	0.13	1.23	1.71	0.11	0.11	0.11	0.12	0.58
153	0.14	0.14	0.15	1.24	1.75	0.11	0.11	0.11	0.17	0.79
204	0.14	0.14	0.14	1.28	1.83	0.11	0.11	0.10	0.35	0.60
255	0.14	0.14	0.13	1.28	1.90	0.11	0.11	0.11	0.24	0.65
306	0.14	0.13	0.13	1.29	1.92	0.10	0.11	0.11	0.40	0.80
357	0.13	0.13	0.14	1.29	1.95	0.11	0.12	0.11	0.45	0.91
408	0.14	0.13	0.14	1.29	2.00	0.11	0.11	0.11	0.52	0.97
459	0.14	0.14	0.14	1.27	2.09	0.11	0.12	0.12	0.57	1.01

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9b      0 m² ST						Simulationsvar. 9b      2250 m² ST				
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	902.04	902.04	902.04	902.04	902.04	901.06	901.05	901.03	901.00	900.90
51	902.04	902.04	902.04	902.05	902.04	901.07	900.94	900.98	901.01	900.76
102	902.04	902.04	902.04	902.04	902.05	901.09	901.03	900.93	900.84	900.85
153	902.04	902.04	902.04	902.04	902.05	900.96	900.91	900.85	900.76	900.86
204	902.04	902.04	902.04	902.04	902.05	901.14	900.86	901.01	900.94	900.96
255	902.04	902.04	902.04	902.04	902.05	900.89	900.95	900.80	901.00	900.88
306	902.04	902.04	902.04	902.04	902.05	901.03	900.85	900.89	900.95	900.97
357	902.04	902.04	902.04	902.05	902.05	900.87	900.94	900.90	901.00	900.97
408	902.04	902.04	902.04	902.05	902.05	900.99	900.97	900.96	901.01	900.98
459	902.04	902.04	902.04	902.05	902.05	900.94	900.85	901.02	901.02	900.97
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	902.02	902.02	901.99	895.88	891.16	266.70	266.85	267.06	265.13	263.39
51	902.03	902.02	901.94	895.75	890.90	267.07	266.93	267.12	264.91	262.95
102	902.02	902.02	901.70	895.60	890.54	266.69	267.16	266.35	264.92	262.97
153	902.02	902.02	901.63	895.36	890.18	266.57	266.24	266.23	264.91	262.13
204	902.02	902.02	901.62	895.10	889.64	266.57	266.46	266.09	264.48	262.19
255	902.03	902.02	901.60	894.87	889.08	266.42	266.31	266.17	264.19	262.19
306	902.02	902.02	901.58	894.63	888.46	266.78	266.44	265.91	264.31	261.86
357	902.02	902.02	901.56	894.28	887.85	266.28	266.61	266.45	264.60	262.17
408	902.02	902.02	901.56	894.08	887.23	266.49	266.57	265.91	264.53	261.94
459	902.02	902.02	901.50	893.79	886.61	266.62	266.27	266.24	264.85	261.80
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.23	634.06	633.82	634.29	634.18
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	633.85	633.85	633.73	634.49	634.29
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.26	633.73	634.44	634.28	634.20
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.25	634.52	634.45	634.22	634.72
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.42	634.27	634.73	634.78	634.62
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.34	634.50	634.41	635.11	634.40
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.12	634.26	634.77	634.93	634.72
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.44	634.19	634.23	634.68	634.36
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.37	634.25	634.77	634.74	634.60
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	634.18	634.45	634.52	634.36	634.58
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.02	0.02	0.06	6.16	10.89	0.12	0.14	0.14	1.58	3.33
51	0.02	0.02	0.10	6.30	11.15	0.15	0.16	0.13	1.61	3.52
102	0.02	0.02	0.34	6.44	11.51	0.14	0.13	0.15	1.64	3.68
153	0.02	0.02	0.41	6.68	11.87	0.14	0.16	0.18	1.63	4.01
204	0.02	0.02	0.43	6.94	12.41	0.15	0.14	0.19	1.69	4.15
255	0.02	0.02	0.44	7.18	12.97	0.14	0.14	0.22	1.70	4.29
306	0.02	0.02	0.47	7.42	13.59	0.13	0.15	0.21	1.71	4.39
357	0.02	0.02	0.49	7.77	14.19	0.16	0.14	0.22	1.72	4.44
408	0.02	0.02	0.49	7.96	14.82	0.13	0.15	0.28	1.74	4.45
459	0.02	0.02	0.55	8.27	15.44	0.14	0.13	0.26	1.81	4.59

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 9b 6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	902.57	902.36	902.42	902.43	902.23	902.89	902.89	902.96	902.96	903.10
51	902.43	902.47	902.29	902.13	902.26	902.93	903.03	902.94	903.11	903.06
102	902.36	902.45	902.27	902.23	902.30	902.91	902.97	903.19	903.07	903.09
153	902.44	902.29	902.33	902.23	902.33	902.98	902.94	903.13	903.09	903.02
204	902.35	902.23	902.28	902.38	902.34	903.00	903.06	903.07	903.08	903.11
255	902.37	902.18	902.29	902.44	902.46	903.14	903.18	903.09	903.10	903.12
306	902.19	902.15	902.37	902.37	902.41	903.17	903.17	903.06	903.07	903.01
357	902.29	902.29	902.40	902.51	902.46	903.11	903.22	903.08	903.07	902.94
408	902.19	902.46	902.48	902.47	902.44	903.12	903.13	903.09	903.13	903.08
459	902.25	902.31	902.49	902.46	902.46	903.15	903.09	903.12	903.08	903.10
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	219.35	218.89	219.09	217.84	216.79	201.30	200.95	200.71	199.80	199.26
51	219.03	218.68	219.27	217.74	216.48	201.12	200.83	200.52	199.88	199.29
102	219.07	219.05	218.85	217.62	216.78	200.80	200.97	200.54	199.91	199.45
153	219.04	219.47	218.66	217.74	217.47	200.76	200.88	200.60	199.59	199.30
204	219.37	218.93	218.66	218.25	217.44	200.72	200.75	200.85	199.70	199.71
255	218.87	219.22	219.24	217.94	217.12	200.98	200.57	200.93	200.02	199.26
306	219.11	219.20	218.69	218.00	216.89	200.66	200.77	200.70	199.80	199.57
357	219.03	219.35	219.08	217.48	216.93	200.84	200.17	200.63	200.05	199.75
408	219.27	219.11	219.02	217.92	216.98	200.61	200.62	200.99	199.66	199.60
459	219.09	218.77	219.04	217.84	216.38	200.82	200.82	200.74	199.58	199.11
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	683.09	683.32	683.18	683.26	683.50	701.46	701.82	702.13	702.24	702.47
51	683.27	683.66	682.88	683.07	683.76	701.67	702.07	702.29	702.35	702.26
102	683.16	683.27	683.28	683.24	683.49	701.98	701.87	702.52	702.22	702.15
153	683.27	682.68	683.55	683.10	682.75	702.09	701.94	702.40	702.56	702.21
204	682.86	683.17	683.49	682.76	682.81	702.16	702.18	702.09	702.29	701.87
255	683.37	682.82	682.92	683.12	683.10	702.03	702.48	702.02	701.99	702.30
306	682.93	682.81	683.54	682.99	683.21	702.39	702.28	702.22	702.08	701.87
357	683.12	682.80	683.19	683.64	683.13	702.13	702.92	702.32	701.85	701.58
408	682.77	683.22	683.32	683.15	683.04	702.38	702.39	701.97	702.28	701.87
459	683.02	683.40	683.31	683.20	683.63	702.19	702.14	702.24	702.31	702.34
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.14	0.14	0.14	1.33	1.94	0.13	0.13	0.13	0.92	1.37
51	0.13	0.14	0.14	1.32	2.01	0.14	0.13	0.12	0.88	1.51
102	0.14	0.13	0.13	1.37	2.03	0.13	0.13	0.13	0.94	1.49
153	0.14	0.14	0.12	1.39	2.10	0.12	0.12	0.13	0.94	1.50
204	0.12	0.13	0.13	1.38	2.09	0.12	0.13	0.13	1.08	1.54
255	0.14	0.14	0.13	1.38	2.24	0.12	0.13	0.13	1.09	1.56
306	0.14	0.14	0.14	1.39	2.30	0.13	0.13	0.14	1.18	1.57
357	0.14	0.13	0.13	1.38	2.39	0.13	0.12	0.13	1.17	1.61
408	0.14	0.13	0.13	1.40	2.42	0.13	0.12	0.14	1.19	1.61
459	0.14	0.15	0.14	1.41	2.45	0.13	0.13	0.14	1.19	1.65

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Wärmeübergabe TWW [MWh]							Wärmeübergabe TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		902.06	902.06	902.06	902.05	902.05		902.26	902.13	902.26	902.25	902.25	
51		902.06	902.06	902.06	902.05	902.05		902.26	902.25	902.36	902.23	902.25	
102		902.06	902.06	902.06	902.05	902.05		902.28	902.33	902.26	902.23	902.29	
153		902.06	902.05	902.05	902.05	902.06		902.23	902.26	902.24	902.26	902.28	
204		902.06	902.05	902.05	902.05	902.05		902.26	902.25	902.25	902.27	902.29	
255		902.05	902.05	902.05	902.05	902.06		902.27	902.25	902.28	902.24	902.31	
306		902.04	902.05	902.05	902.06	902.06		902.35	902.29	902.29	902.27	902.24	
357		902.05	902.05	902.05	902.06	902.06		902.31	902.29	902.27	902.30	902.24	
408		902.05	902.04	902.05	902.05	902.06		902.29	902.24	902.33	902.25	902.23	
459		902.04	902.05	902.05	902.05	902.06		902.30	902.26	902.28	902.23	902.29	
		Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]							Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		902.01	902.03	902.01	899.38	895.14		268.16	268.19	268.15	267.85	267.01	
51		902.03	902.02	902.01	899.26	894.80		268.14	268.17	268.04	267.76	267.13	
102		902.02	902.02	902.00	898.82	894.30		268.28	268.07	268.05	267.52	267.05	
153		902.03	902.02	901.94	898.82	893.47		268.07	268.08	268.12	267.64	266.70	
204		902.02	902.02	901.94	898.16	892.56		268.25	268.08	268.02	267.43	266.97	
255		902.02	902.02	901.89	898.18	891.24		268.05	268.03	268.01	267.65	266.80	
306		902.01	902.02	901.81	897.44	890.58		268.06	268.13	268.03	267.61	266.37	
357		902.03	902.03	901.74	897.06	891.00		268.10	268.07	268.07	267.41	266.31	
408		902.02	902.01	901.73	896.09	889.89		268.11	268.09	268.28	267.31	266.07	
459		902.02	902.03	901.59	895.65	889.25		268.14	268.09	268.17	267.24	266.00	
		Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]							Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.95	633.81	633.95	633.92	634.10	
51		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.96	633.92	634.17	633.87	634.10	
102		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.85	634.11	634.05	633.93	634.03	
153		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.00	634.03	633.97	634.00	634.08	
204		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		633.86	634.01	634.07	634.01	634.05	
255		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.07	634.07	634.11	633.92	634.07	
306		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.14	634.00	634.11	633.91	634.09	
357		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.06	634.06	634.04	634.02	633.95	
408		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.01	633.99	633.89	633.98	634.03	
459		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.00	634.02	633.95	633.96	634.13	
		Nachheizung TWW [MWh]							Nachheizung TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		0.05	0.03	0.04	2.67	6.91		0.15	0.14	0.16	0.48	1.15	
51		0.03	0.04	0.04	2.79	7.25		0.15	0.16	0.15	0.60	1.02	
102		0.03	0.04	0.05	3.23	7.75		0.15	0.15	0.16	0.78	1.21	
153		0.03	0.03	0.11	3.23	8.58		0.15	0.15	0.16	0.62	1.50	
204		0.03	0.03	0.10	3.88	9.48		0.15	0.15	0.16	0.83	1.27	
255		0.03	0.03	0.16	3.87	10.82		0.16	0.15	0.15	0.67	1.44	
306		0.03	0.03	0.24	4.61	11.48		0.15	0.16	0.15	0.75	1.78	
357		0.02	0.03	0.30	5.00	11.05		0.15	0.16	0.15	0.87	1.98	
408		0.03	0.03	0.32	5.97	12.16		0.16	0.15	0.16	0.97	2.12	
459		0.02	0.02	0.46	6.40	12.80		0.16	0.16	0.16	1.03	2.17	

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10a 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10a 6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	902.81	902.78	0.00	902.83	902.71	903.26	903.39	903.37	903.41	903.37
51	902.78	902.82	0.00	902.80	902.74	903.27	903.38	903.33	903.31	903.37
102	902.80	902.81	0.00	902.77	902.73	903.26	903.28	903.38	903.26	903.26
153	902.80	902.81	0.00	902.76	902.79	903.28	903.22	903.34	903.29	903.36
204	902.77	902.86	0.00	902.84	902.68	903.26	903.37	903.26	903.26	903.28
255	902.82	902.79	0.00	902.69	902.66	903.39	903.30	903.43	903.29	903.40
306	902.65	902.82	0.00	902.66	902.59	903.39	903.36	903.35	903.40	903.38
357	902.83	902.79	0.00	902.64	902.64	903.40	903.34	903.32	903.35	903.32
408	902.83	902.81	0.00	902.66	902.58	903.42	903.38	903.38	903.36	903.40
459	902.79	902.76	0.00	902.64	902.70	903.40	903.42	903.38	903.39	903.41
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	219.79	220.00	0.00	219.61	218.95	202.89	203.89	203.11	203.84	203.02
51	219.79	219.85	0.00	219.00	218.88	202.79	203.89	203.33	202.90	202.74
102	219.90	219.98	0.00	219.20	218.00	202.81	202.69	203.07	202.91	202.45
153	219.88	219.96	0.00	219.27	219.48	203.15	202.62	202.98	202.90	202.61
204	219.84	219.90	0.00	219.08	220.42	203.69	203.35	203.29	202.87	202.43
255	219.86	219.24	0.00	220.30	220.40	203.65	203.77	203.50	202.92	202.70
306	219.31	219.60	0.00	220.89	218.82	204.15	203.58	203.47	202.82	202.98
357	219.53	218.81	0.00	219.14	219.01	204.19	203.50	203.73	202.76	203.34
408	219.54	219.44	0.00	219.22	219.13	203.77	203.62	203.65	202.76	203.40
459	219.94	219.16	0.00	219.29	218.98	204.08	203.98	203.41	202.93	203.59
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	682.87	682.62	0.00	683.07	683.30	700.25	699.37	700.13	699.45	700.03
51	682.84	682.82	0.00	683.63	683.48	700.35	699.37	699.87	700.28	700.30
102	682.75	682.68	0.00	683.42	684.25	700.33	700.46	700.17	700.21	700.49
153	682.77	682.70	0.00	683.33	682.92	700.00	700.48	700.22	700.26	700.43
204	682.78	682.80	0.00	683.55	681.83	699.44	699.89	699.83	700.25	700.53
255	682.80	683.40	0.00	682.22	681.75	699.62	699.41	699.80	700.22	700.39
306	683.18	683.07	0.00	681.59	683.37	699.12	699.65	699.74	700.45	700.07
357	683.15	683.80	0.00	683.33	683.23	699.08	699.71	699.46	700.46	699.65
408	683.13	683.20	0.00	683.27	683.03	699.52	699.64	699.58	700.47	699.64
459	682.70	683.42	0.00	683.18	683.25	699.19	699.31	699.83	700.31	699.43
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.15	0.16	0.00	0.16	0.46	0.12	0.12	0.13	0.12	0.32
51	0.15	0.15	0.00	0.17	0.39	0.13	0.12	0.13	0.13	0.33
102	0.15	0.16	0.00	0.16	0.48	0.12	0.13	0.13	0.14	0.33
153	0.15	0.15	0.00	0.17	0.38	0.12	0.12	0.14	0.13	0.32
204	0.16	0.15	0.00	0.21	0.43	0.12	0.12	0.13	0.14	0.32
255	0.15	0.16	0.00	0.18	0.51	0.12	0.12	0.13	0.15	0.31
306	0.16	0.16	0.00	0.18	0.39	0.12	0.13	0.14	0.13	0.32
357	0.15	0.17	0.00	0.17	0.40	0.13	0.13	0.14	0.14	0.33
408	0.15	0.17	0.00	0.17	0.41	0.13	0.12	0.14	0.13	0.36
459	0.16	0.18	0.00	0.17	0.47	0.13	0.13	0.14	0.14	0.40

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10b      0 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b      2250 m <sup>2</sup> ST					
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	902.06	902.05	902.05	902.05	902.05		900.88	900.83	900.90	900.95	900.96
51	902.06	902.05	902.05	902.05	902.05		900.86	900.91	900.91	900.98	901.12
102	902.05	902.05	902.05	902.05	902.05		900.84	900.93	900.95	901.02	901.01
153	902.04	902.04	902.05	902.05	902.05		900.94	900.95	900.97	901.04	900.87
204	902.04	902.05	902.05	902.05	902.05		900.93	900.94	900.90	901.00	900.91
255	902.05	902.04	902.05	902.05	902.05		901.02	901.03	900.96	900.95	901.07
306	902.04	902.04	902.05	902.05	902.05		900.97	901.01	900.98	900.99	900.92
357	902.04	902.04	902.04	902.05	902.05		900.90	900.95	900.99	901.01	900.98
408	902.04	902.04	902.05	902.05	902.05		900.95	900.97	900.98	900.98	901.02
459	902.04	902.04	902.05	902.05	902.05		900.91	900.95	900.97	900.99	901.02
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	902.03	902.02	902.02	899.01	893.10		265.78	265.94	266.09	265.62	264.24
51	902.03	902.02	901.98	897.98	892.63		266.22	266.14	265.93	264.96	264.15
102	902.02	902.02	901.89	897.73	890.35		266.43	266.06	266.02	265.34	263.99
153	902.01	902.01	901.80	895.05	890.03		265.93	266.04	266.10	264.49	263.48
204	902.01	902.01	901.53	894.88	889.65		266.18	265.99	266.16	264.89	263.04
255	902.03	902.01	901.50	894.68	889.02		265.90	266.14	266.39	264.58	262.93
306	902.02	902.01	901.51	894.41	888.36		265.70	266.33	265.85	264.35	262.74
357	902.02	902.01	901.45	894.18	887.66		265.75	266.23	265.81	264.82	262.92
408	902.02	902.02	901.41	893.91	887.00		266.02	265.53	266.25	264.77	262.64
459	902.02	902.02	901.37	893.54	886.34		266.25	265.77	265.84	265.00	262.22
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.93	634.74	634.65	634.44	635.10
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.48	634.62	634.83	635.09	635.25
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.25	634.72	634.78	634.66	635.06
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.85	634.77	634.72	635.36	634.82
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.59	634.78	634.58	634.75	634.99
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.96	634.71	634.41	635.01	635.15
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		635.12	634.52	634.96	635.27	634.99
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		635.00	634.56	635.01	634.79	634.74
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.77	635.29	634.56	634.77	634.78
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		634.50	635.02	634.93	634.53	635.13
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	0.03	0.03	0.03	3.04	8.95		0.17	0.15	0.16	0.90	1.61
51	0.03	0.03	0.06	4.06	9.43		0.16	0.16	0.15	0.93	1.72
102	0.03	0.03	0.15	4.33	11.70		0.16	0.14	0.15	1.02	1.96
153	0.03	0.04	0.25	7.00	12.02		0.16	0.14	0.16	1.19	2.57
204	0.03	0.03	0.52	7.16	12.40		0.15	0.16	0.16	1.35	2.88
255	0.03	0.03	0.55	7.38	13.04		0.16	0.18	0.15	1.37	2.99
306	0.03	0.03	0.54	7.64	13.70		0.16	0.16	0.18	1.37	3.19
357	0.03	0.03	0.60	7.88	14.39		0.15	0.15	0.16	1.40	3.33
408	0.03	0.03	0.64	8.14	15.06		0.16	0.16	0.17	1.43	3.60
459	0.03	0.03	0.68	8.51	15.72		0.16	0.16	0.19	1.46	3.67

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b 6750 m <sup>2</sup> ST					
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	902.42	902.28	902.31	902.46	902.35	902.64	902.66	902.69	902.66	902.66	
51	902.30	902.42	902.30	902.36	902.46	902.69	902.65	902.69	902.68	902.68	
102	902.29	902.37	902.38	902.36	902.44	902.64	902.68	902.69	902.65	902.72	
153	902.43	902.33	902.45	902.30	902.33	902.69	902.70	902.67	902.64	902.65	
204	902.38	902.38	902.42	902.43	902.34	902.66	902.74	902.75	902.66	902.66	
255	902.44	902.43	902.39	902.42	902.41	902.69	902.74	902.64	902.66	902.66	
306	902.40	902.45	902.41	902.42	902.41	902.76	902.70	902.68	902.59	902.58	
357	902.24	902.42	902.39	902.38	902.51	902.70	902.71	902.65	902.59	902.55	
408	902.38	902.40	902.38	902.37	902.52	902.69	902.73	902.65	902.56	902.54	
459	902.42	902.46	902.42	902.51	902.46	902.67	902.66	902.62	902.58	902.60	
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	215.69	215.92	215.83	215.02	215.57	198.97	199.08	198.75	198.68	197.89	
51	215.87	215.38	215.87	215.92	214.68	197.44	198.85	198.72	197.69	198.56	
102	215.90	215.95	215.29	215.92	215.14	197.82	198.66	198.79	198.30	197.62	
153	215.38	215.92	215.18	215.67	215.37	197.81	198.81	197.43	198.23	197.95	
204	215.72	215.73	215.38	215.45	215.21	199.36	198.79	197.77	199.24	198.21	
255	215.34	215.18	216.12	215.28	214.64	198.83	197.55	198.27	198.49	197.93	
306	215.63	215.57	215.57	215.01	214.71	197.57	197.57	198.16	198.47	198.00	
357	215.38	215.15	215.25	215.42	215.28	198.42	198.39	198.69	198.41	199.09	
408	215.53	215.40	215.41	215.34	215.34	198.97	198.52	198.48	198.25	198.90	
459	215.64	215.13	215.10	215.34	215.50	198.02	199.01	198.46	199.11	198.87	
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	686.58	686.21	686.34	687.30	686.42	703.53	703.44	703.79	703.84	704.31	
51	686.29	686.89	686.29	686.29	687.35	705.10	703.66	703.83	704.85	703.71	
102	686.25	686.27	686.95	686.29	686.94	704.68	703.87	703.75	704.20	704.63	
153	686.90	686.27	687.12	686.47	686.57	704.73	703.74	705.08	704.24	704.27	
204	686.51	686.51	686.89	686.83	686.64	703.16	703.80	704.84	703.27	703.96	
255	686.97	687.11	686.12	686.96	687.41	703.72	705.04	704.22	704.01	704.34	
306	686.63	686.74	686.69	687.21	687.32	705.05	704.98	704.37	703.97	704.11	
357	686.71	687.12	686.99	686.81	686.80	704.13	704.17	703.81	704.03	703.12	
408	686.70	686.86	686.82	686.88	686.80	703.57	704.07	704.00	704.15	703.29	
459	686.63	687.19	687.18	687.02	686.59	704.50	703.50	704.01	703.28	703.38	
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460	
0	0.15	0.15	0.15	0.15	0.37	0.14	0.14	0.15	0.14	0.46	
51	0.15	0.14	0.15	0.15	0.43	0.15	0.14	0.14	0.14	0.41	
102	0.15	0.14	0.14	0.14	0.36	0.14	0.14	0.15	0.15	0.48	
153	0.15	0.14	0.15	0.16	0.39	0.15	0.15	0.15	0.17	0.43	
204	0.15	0.14	0.14	0.14	0.49	0.14	0.14	0.15	0.15	0.49	
255	0.14	0.14	0.14	0.17	0.36	0.15	0.15	0.15	0.17	0.39	
306	0.14	0.15	0.15	0.20	0.38	0.14	0.15	0.15	0.15	0.47	
357	0.15	0.15	0.15	0.15	0.43	0.15	0.15	0.15	0.15	0.34	
408	0.15	0.14	0.14	0.15	0.37	0.14	0.15	0.16	0.16	0.35	
459	0.15	0.15	0.14	0.15	0.36	0.15	0.16	0.15	0.19	0.36	

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11a 2250 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 11a 4500 m <sup>2</sup> ST					
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	902.09	902.12	902.13	902.03	902.23		902.81	902.82	0.00	902.91	902.89
51	902.12	902.12	902.08	902.25	902.10		902.81	902.70	0.00	902.89	902.91
102	902.09	902.17	902.09	902.15	902.10		902.85	902.82	0.00	902.83	902.87
153	902.08	902.11	902.07	901.99	902.11		902.86	902.99	0.00	902.88	902.81
204	902.05	902.03	902.11	902.18	902.03		902.83	902.95	0.00	902.87	902.95
255	902.17	902.09	902.15	902.00	902.15		902.87	902.81	0.00	903.01	902.84
306	902.08	902.16	902.19	902.14	902.12		902.77	902.75	0.00	902.84	902.75
357	902.14	902.08	902.15	902.05	902.09		902.80	902.90	0.00	903.09	902.86
408	902.03	902.17	902.11	902.05	902.22		902.99	902.83	0.00	902.82	902.89
459	902.18	902.18	902.16	902.18	902.29		902.86	902.95	0.00	902.88	902.83
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	268.36	268.38	266.71	248.35	228.69		219.22	218.99	0.00	203.44	185.76
51	268.34	268.43	266.60	247.29	228.22		219.23	219.62	0.00	203.50	188.12
102	268.41	268.56	266.18	247.37	227.43		219.32	219.24	0.00	203.37	187.12
153	268.43	268.35	266.33	246.37	226.04		218.88	218.77	0.00	203.06	186.70
204	268.63	268.51	266.25	246.53	224.72		218.95	218.92	0.00	202.54	185.36
255	267.83	268.00	265.81	245.82	223.87		218.98	218.97	0.00	203.81	184.81
306	268.29	268.14	265.62	245.70	223.05		219.20	218.96	0.00	202.14	183.76
357	268.20	268.34	265.14	245.44	223.16		219.18	219.72	0.00	203.18	184.44
408	268.25	268.31	265.02	244.70	220.73		219.18	219.69	0.00	202.21	183.40
459	268.50	268.21	264.85	244.40	219.54		218.71	220.05	0.00	201.92	181.84
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	633.60	633.61	633.82	633.36	633.76		683.45	683.68	0.00	683.79	684.07
51	633.64	633.56	633.57	633.86	633.53		683.44	682.93	0.00	683.79	682.65
102	633.53	633.44	633.90	633.75	633.49		683.37	683.43	0.00	683.75	682.93
153	633.52	633.62	633.68	633.88	633.99		683.82	684.05	0.00	683.76	682.94
204	633.29	633.39	633.74	633.63	633.43		683.72	683.86	0.00	683.40	683.49
255	634.19	633.95	633.88	633.69	633.96		683.72	683.67	0.00	682.39	683.12
306	633.64	633.88	633.90	633.93	633.82		683.38	683.59	0.00	683.62	683.36
357	633.79	633.61	633.65	633.58	633.58		683.40	683.00	0.00	682.74	682.96
408	633.65	633.72	633.60	633.90	634.06		683.55	682.90	0.00	683.06	683.08
459	633.53	633.81	633.59	633.85	633.95		683.82	682.71	0.00	683.06	683.46
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]					
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	0.13	0.14	1.60	20.32	39.78		0.15	0.15	0.00	15.68	33.06
51	0.14	0.14	1.91	21.10	40.34		0.15	0.15	0.00	15.59	32.15
102	0.14	0.16	2.02	21.04	41.18		0.15	0.16	0.00	15.71	32.81
153	0.14	0.14	2.06	21.75	42.08		0.15	0.17	0.00	16.07	33.17
204	0.13	0.13	2.12	22.02	43.88		0.16	0.16	0.00	16.93	34.10
255	0.15	0.14	2.46	22.49	44.32		0.17	0.18	0.00	16.81	34.91
306	0.14	0.13	2.68	22.51	45.24		0.19	0.21	0.00	17.07	35.63
357	0.14	0.14	3.35	23.03	45.35		0.22	0.18	0.00	17.17	35.46
408	0.13	0.15	3.49	23.45	47.43		0.27	0.24	0.00	17.56	36.41
459	0.15	0.15	3.72	23.92	48.81		0.32	0.18	0.00	17.90	37.52

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11a						6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b					2250 m <sup>2</sup> ST					
Wärmeübergabe TWW [MWh]											Wärmeübergabe TWW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	903.22	903.39	903.47	903.56	903.46						900.88	900.83	900.90	900.95	900.96						
51	903.26	903.39	903.56	903.41	903.47						900.86	900.91	900.91	900.98	901.12						
102	903.28	903.24	903.39	903.48	903.48						900.84	900.93	900.95	901.02	901.01						
153	903.24	903.36	903.48	903.47	903.47						900.94	900.95	900.97	901.04	900.87						
204	903.33	903.41	903.49	903.47	903.40						900.93	900.94	900.90	901.00	900.91						
255	903.43	903.55	903.45	903.49	903.50						901.02	901.03	900.96	900.95	901.07						
306	903.51	903.44	903.51	903.57	903.53						900.97	901.01	900.98	900.99	900.92						
357	903.66	903.51	903.54	903.48	903.43						900.90	900.95	900.99	901.01	900.98						
408	903.49	903.49	903.44	903.50	903.48						900.95	900.97	900.98	900.98	901.02						
459	903.58	903.42	903.44	903.48	903.45						900.91	900.95	900.97	900.99	901.02						
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]											Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	203.07	203.50	203.14	190.84	176.39						265.78	265.94	266.09	265.62	264.24						
51	202.83	203.47	202.59	190.15	175.68						266.22	266.14	265.93	264.96	264.15						
102	203.37	203.27	202.27	190.21	176.04						266.43	266.06	266.02	265.34	263.99						
153	204.10	203.17	202.55	189.76	174.19						265.93	266.04	266.10	264.49	263.48						
204	204.29	203.31	202.81	189.16	174.15						266.18	265.99	266.16	264.89	263.04						
255	204.14	203.84	202.38	189.67	174.58						265.90	266.14	266.39	264.58	262.93						
306	204.52	203.38	202.37	189.27	174.27						265.70	266.33	265.85	264.35	262.74						
357	204.10	203.75	201.85	188.03	172.48						265.75	266.23	265.81	264.82	262.92						
408	203.40	203.57	201.21	188.17	171.67						266.02	265.53	266.25	264.77	262.64						
459	203.71	203.58	201.55	187.38	169.89						266.25	265.77	265.84	265.00	262.22						
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]											Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	700.03	699.77	699.48	699.89	700.27						634.93	634.74	634.65	634.44	635.10						
51	700.30	699.81	699.95	700.28	699.95						634.48	634.62	634.83	635.09	635.25						
102	699.78	699.85	700.33	700.24	700.29						634.25	634.72	634.78	634.66	635.06						
153	699.02	700.07	699.76	700.50	700.55						634.85	634.77	634.72	635.36	634.82						
204	698.92	699.97	699.82	701.04	700.72						634.59	634.78	634.58	634.75	634.99						
255	699.15	699.58	700.01	700.26	700.34						634.96	634.71	634.41	635.01	635.15						
306	698.85	699.93	700.07	700.26	699.76						635.12	634.52	634.96	635.27	634.99						
357	699.41	699.62	700.58	700.32	700.15						635.00	634.56	635.01	634.79	634.74						
408	699.96	699.78	700.93	699.92	700.35						634.77	635.29	634.56	634.77	634.78						
459	699.72	699.69	700.51	700.03	700.98						634.50	635.02	634.93	634.53	635.13						
Nachheizung TWW [MWh]											Nachheizung TWW [MWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	0.13	0.12	0.85	12.83	26.80						0.17	0.15	0.16	0.90	1.61						
51	0.13	0.12	1.02	12.98	27.83						0.16	0.16	0.15	0.93	1.72						
102	0.12	0.12	0.79	13.03	27.15						0.16	0.14	0.15	1.02	1.96						
153	0.13	0.12	1.17	13.21	28.73						0.16	0.14	0.16	1.19	2.57						
204	0.13	0.13	0.86	13.27	28.53						0.15	0.16	0.16	1.35	2.88						
255	0.13	0.13	1.06	13.56	28.57						0.16	0.18	0.15	1.37	2.99						
306	0.14	0.13	1.07	14.04	29.50						0.16	0.16	0.18	1.37	3.19						
357	0.15	0.13	1.12	15.13	30.79						0.15	0.15	0.16	1.40	3.33						
408	0.13	0.15	1.31	15.41	31.46						0.16	0.16	0.17	1.43	3.60						
459	0.14	0.14	1.38	16.08	32.57						0.16	0.16	0.19	1.46	3.67						

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 11b 6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe TWW [MWh]						Wärmeübergabe TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	902.05	902.08	902.10	901.95	901.94	902.73	902.73	902.76	902.88	902.75
51	902.06	902.07	902.24	902.11	901.96	902.68	902.69	902.89	902.77	902.73
102	902.07	902.19	902.09	901.98	901.88	902.73	902.74	902.86	902.74	902.59
153	902.13	902.18	902.09	902.10	901.95	902.75	902.76	902.85	902.83	902.54
204	902.08	902.16	901.94	902.03	902.10	902.74	902.70	902.84	902.61	902.53
255	902.13	902.15	901.94	901.95	902.26	903.00	902.70	902.89	902.61	902.87
306	902.20	902.14	902.04	902.12	902.16	902.88	902.83	902.68	902.50	902.61
357	902.26	902.02	902.19	902.18	902.12	902.76	902.80	902.67	902.52	902.69
408	902.28	901.96	902.20	902.14	902.16	902.79	902.70	902.63	902.76	902.63
459	902.16	902.15	902.11	902.10	902.11	902.80	902.71	902.64	902.72	902.69
Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	214.12	213.93	213.38	198.83	182.03	199.12	198.43	197.37	185.57	171.14
51	214.06	214.29	213.76	199.57	182.84	199.21	198.96	197.66	185.66	170.95
102	214.37	214.66	213.36	198.96	181.62	199.22	198.26	197.03	184.45	170.55
153	214.54	214.11	213.60	198.64	182.14	198.25	198.41	197.21	185.47	169.97
204	214.51	214.30	214.56	197.95	181.84	198.44	198.98	197.51	185.74	171.65
255	214.25	214.59	213.87	197.49	181.56	197.74	198.38	196.94	185.43	170.46
306	214.51	213.84	213.45	198.86	181.20	197.71	198.86	198.52	185.78	170.26
357	214.56	215.10	214.04	197.98	181.16	198.46	199.14	198.10	185.43	168.62
408	214.59	215.11	214.44	198.08	179.83	198.41	199.24	198.57	184.91	168.48
459	214.40	215.67	214.40	197.57	178.24	198.41	199.26	198.10	184.18	166.80
Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]						Wärmeübergabe ST/TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	687.79	688.00	687.64	686.91	686.60	703.48	704.16	704.43	704.36	703.81
51	687.85	687.63	687.65	686.41	686.85	703.33	703.59	704.37	703.56	703.93
102	687.55	687.38	687.68	686.51	687.04	703.37	704.35	704.52	704.68	703.37
153	687.44	687.93	687.22	686.72	686.85	704.36	704.21	704.32	703.87	703.33
204	687.42	687.71	686.22	686.88	686.52	704.15	703.59	704.07	703.10	702.61
255	687.72	687.41	686.85	687.22	685.93	705.12	704.16	704.70	703.13	702.80
306	687.52	688.14	687.21	685.80	685.87	705.03	703.81	703.05	702.74	702.37
357	687.52	686.77	686.85	686.60	685.94	704.14	703.52	703.17	702.65	703.54
408	687.52	686.68	686.46	686.05	685.84	704.19	703.28	702.96	703.43	703.50
459	687.63	686.32	686.30	686.16	686.37	704.14	703.27	702.98	703.33	704.05
Nachheizung TWW [MWh]						Nachheizung TWW [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.15	0.16	1.08	16.22	33.31	0.14	0.14	0.95	12.95	27.80
51	0.15	0.14	0.83	16.13	32.27	0.14	0.15	0.86	13.55	27.85
102	0.15	0.15	1.05	16.50	33.22	0.14	0.14	1.30	13.60	28.68
153	0.15	0.15	1.27	16.74	32.96	0.14	0.14	1.31	13.50	29.24
204	0.15	0.15	1.16	17.21	33.73	0.15	0.14	1.25	13.77	28.28
255	0.16	0.14	1.22	17.25	34.77	0.14	0.16	1.25	14.05	29.61
306	0.17	0.16	1.38	17.46	35.10	0.14	0.15	1.12	13.98	29.98
357	0.18	0.15	1.29	17.60	35.02	0.17	0.14	1.40	14.44	30.53
408	0.17	0.17	1.30	18.00	36.48	0.20	0.18	1.10	14.42	30.65
459	0.14	0.16	1.41	18.38	37.51	0.25	0.18	1.56	15.20	31.83

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvarianten 1 bis 8									
Wärmeübergabe Kälte [MWh]									
Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750				Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	0.00	0.00	0.00
1b	323.38	330.70	335.73	335.73	5b	333.58	334.94	336.16	336.16
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	0.00	0.00	0.00
2b	141.57	151.17	159.36	165.40	6b	154.71	154.04	159.31	166.09
3a	0.00	0.00	0.00	0.00	7a	0.00	0.00	0.00	0.00
3b	335.90	339.62	336.56	336.56	7b	336.54	333.68	336.00	336.00
4a	0.00	0.00	0.00	0.00	8a	0.00	0.00	0.00	0.00
4b	153.87	155.08	160.11	166.06	8b	153.34	152.81	159.93	166.10
Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]									
Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750				Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	0.00	0.00	0.00
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	286.68	249.28	6.51	6.51
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	0.00	0.00	0.00
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	154.49	66.13	9.58	13.68
3a	0.00	0.00	0.00	0.00	7a	0.00	0.00	0.00	0.00
3b	331.86	262.94	6.33	6.33	7b	324.16	248.28	6.85	6.85
4a	0.00	0.00	0.00	0.00	8a	0.00	0.00	0.00	0.00
4b	153.87	66.73	9.95	13.79	8b	153.34	53.05	9.82	13.82
Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]									
Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750				Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	0.00	0.00	0.00
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	0.00	83.98	328.56	328.56
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	0.00	0.00	0.00
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	0.00	87.91	149.71	152.38
3a	0.00	0.00	0.00	0.00	7a	0.00	0.00	0.00	0.00
3b	0.00	76.68	329.48	329.48	7b	0.00	84.98	328.33	328.33
4a	0.00	0.00	0.00	0.00	8a	0.00	0.00	0.00	0.00
4b	0.00	88.35	150.14	152.25	8b	0.00	99.76	150.09	152.26
Nachheizung Kälte [MWh]									
Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750				Var./ST [m²]	0      2250      4500      6750			
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	0.00	0.00	0.00	0.00
1b	345.25	115.15	2.01	2.01	5b	46.90	1.68	1.09	1.09
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	0.00	0.00	0.00	0.00
2b	162.61	3.45	0.08	0.08	6b	0.22	0.00	0.03	0.03
3a	0.00	0.00	0.00	0.00	7a	0.00	0.00	0.00	0.00
3b	4.03	0.00	0.75	0.75	7b	12.38	0.42	0.82	0.82
4a	0.00	0.00	0.00	0.00	8a	0.00	0.00	0.00	0.00
4b	0.00	0.00	0.02	0.02	8b	0.00	0.00	0.02	0.02

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9b      0 m² ST						Simulationsvar. 9b      2250 m² ST				
Wärmeübergabe Kälte [MWh]						Wärmeübergabe Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	333.81	333.63	333.57	333.52	333.46	336.52	336.54	336.50	336.57	336.24
51	333.65	333.59	333.52	333.50	333.45	335.99	336.53	336.18	336.40	336.55
102	333.53	333.54	333.50	333.48	333.43	336.61	336.52	336.54	336.66	336.19
153	333.50	333.50	333.46	333.44	333.40	336.53	336.63	336.55	335.97	336.55
204	333.45	333.44	333.41	333.35	333.32	336.30	336.21	336.32	336.43	335.76
255	333.38	333.40	333.36	333.33	333.29	336.57	336.54	336.45	336.10	336.01
306	333.39	333.36	333.31	333.31	333.24	335.96	336.06	336.12	335.95	335.73
357	333.34	333.31	333.29	333.28	333.20	336.47	336.49	335.72	335.90	335.71
408	333.29	333.28	333.26	333.25	333.18	336.21	336.13	335.89	335.86	335.91
459	333.27	333.27	333.26	333.22	333.12	336.09	335.89	335.79	335.82	335.28
Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	300.40	281.26	256.56	235.88	218.36	214.72	223.45	213.07	215.09	207.53
51	288.07	263.35	235.31	218.57	201.12	208.03	214.19	204.19	206.75	208.57
102	272.12	245.03	221.50	202.08	184.67	219.56	206.70	207.59	208.80	198.81
153	252.86	227.01	203.30	184.06	167.61	209.89	211.30	210.84	203.02	203.16
204	232.77	209.46	187.08	168.65	149.69	203.12	206.67	200.68	203.33	198.54
255	216.59	193.56	172.56	152.11	132.30	208.18	204.52	205.54	197.68	201.37
306	203.23	181.93	159.83	137.83	118.69	201.09	196.40	198.61	204.87	195.38
357	193.42	172.57	148.34	126.00	107.47	207.70	204.58	197.82	201.94	192.58
408	186.10	164.08	138.71	116.62	97.30	198.64	202.02	206.43	198.83	190.61
459	179.12	155.66	129.76	108.23	88.23	194.04	199.82	205.32	196.02	186.83
Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	115.91	107.31	115.82	114.52	117.58
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	120.42	115.10	123.04	119.16	115.30
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	110.87	120.39	119.60	116.47	122.51
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	118.11	115.77	115.18	120.95	119.81
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	120.95	117.26	121.36	119.50	122.64
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	116.59	119.93	119.22	123.00	119.75
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	121.58	123.69	122.85	118.26	123.75
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	116.67	118.90	122.17	120.14	124.03
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	122.64	121.84	117.41	121.59	124.94
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	124.58	121.95	118.08	122.18	127.50
Nachheizung Kälte [MWh]						Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	33.42	52.38	77.01	97.64	115.10	5.89	5.78	7.61	6.96	11.12
51	45.58	70.24	98.21	114.94	132.33	7.55	7.24	8.95	10.49	12.68
102	61.40	88.50	112.00	131.39	148.76	6.18	9.44	9.35	11.39	14.87
153	80.63	106.49	130.16	149.38	165.80	8.54	9.56	10.53	11.99	13.58
204	100.68	123.99	146.33	164.71	183.63	12.24	12.28	14.28	13.61	14.58
255	116.79	139.83	160.80	181.22	200.99	11.80	12.09	11.69	15.42	14.89
306	130.16	151.44	173.48	195.48	214.55	13.29	15.96	14.66	12.82	16.60
357	139.92	160.74	184.95	207.28	225.74	12.10	13.01	15.73	13.81	19.11
408	147.19	169.20	194.55	216.63	235.88	14.93	12.27	12.05	15.44	20.36
459	154.16	177.62	203.50	224.99	244.89	17.46	14.11	12.38	17.61	20.96

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 9b 4500 m² ST						Simulationsvar. 9b 6750 m² ST				
Wärmeübergabe Kälte [MWh]						Wärmeübergabe Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	337.48	338.05	337.58	337.40	338.04	340.51	340.36	340.91	341.53	341.52
51	337.91	337.59	337.55	338.44	337.98	340.93	340.77	341.18	341.88	340.99
102	338.07	337.34	338.08	338.11	338.09	339.87	340.24	341.15	341.52	341.30
153	337.61	338.15	337.96	338.30	338.25	341.01	341.37	341.70	341.47	341.74
204	337.82	338.17	337.94	338.16	338.44	341.52	341.98	340.81	342.06	340.74
255	338.37	338.51	338.50	338.49	338.23	340.84	342.68	341.50	341.78	341.89
306	338.64	338.41	338.34	338.48	338.77	342.59	342.95	342.91	342.33	341.74
357	338.47	338.64	338.57	338.72	338.62	341.89	343.08	341.69	342.43	342.04
408	338.58	338.57	338.75	338.76	338.73	343.37	342.89	342.04	341.55	341.96
459	338.66	338.63	338.75	338.66	338.56	343.26	342.09	342.52	341.62	341.74
Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.18	0.19	0.18	0.18	0.15	0.26	0.27	0.27	0.26	0.27
51	0.19	0.19	0.18	0.14	0.17	0.26	0.29	0.27	0.27	0.26
102	0.19	0.18	0.15	0.15	0.16	0.26	0.28	0.25	0.28	0.25
153	0.18	0.17	0.16	0.17	0.16	0.28	0.27	0.28	0.27	0.27
204	0.17	0.16	0.17	0.14	0.14	0.27	0.26	0.27	0.28	0.26
255	0.14	0.15	0.17	0.15	0.13	0.26	0.25	0.25	0.27	0.27
306	0.14	0.14	0.15	0.13	0.13	0.25	0.26	0.27	0.27	0.26
357	0.15	0.16	0.15	0.13	0.13	0.26	0.29	0.27	0.27	0.25
408	0.15	0.15	0.14	0.12	0.14	0.29	0.25	0.27	0.28	0.24
459	0.15	0.15	0.13	0.12	0.14	0.26	0.25	0.27	0.26	0.26
Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	337.79	338.26	337.61	337.37	337.62	341.12	340.96	341.44	341.98	341.98
51	338.05	337.69	337.42	338.03	337.58	341.49	341.36	341.72	342.34	341.42
102	338.26	337.39	337.72	337.66	337.62	340.40	340.79	341.54	342.03	341.68
153	337.67	337.92	337.53	337.95	337.73	341.58	341.88	342.19	341.98	342.21
204	337.80	337.82	337.52	337.53	337.68	342.03	342.38	341.17	342.57	341.05
255	338.06	337.98	338.01	337.82	337.37	341.32	343.12	341.86	342.15	342.15
306	338.24	337.93	337.70	337.64	337.86	343.01	343.43	343.34	342.70	341.89
357	338.09	338.14	337.86	337.85	337.66	342.29	343.66	342.02	342.75	342.18
408	338.12	337.96	337.95	337.81	337.82	343.95	343.30	342.43	341.81	341.90
459	338.12	337.98	337.90	337.69	337.56	343.72	342.37	342.94	341.83	341.91
Nachheizung Kälte [MWh]						Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.42	0.54	0.67	0.75	1.02	0.40	0.43	0.50	0.55	0.60
51	0.61	0.64	0.84	0.98	1.09	0.44	0.51	0.51	0.60	0.58
102	0.56	0.66	0.96	1.06	1.12	0.48	0.51	0.57	0.56	0.59
153	0.67	0.88	1.07	1.05	1.18	0.50	0.53	0.58	0.54	0.58
204	0.68	0.97	1.10	1.20	1.32	0.52	0.59	0.67	0.59	0.69
255	0.88	1.11	1.14	1.27	1.40	0.54	0.52	0.63	0.68	0.78
306	0.97	1.04	1.22	1.36	1.44	0.56	0.52	0.61	0.68	0.85
357	1.00	1.14	1.31	1.38	1.47	0.63	0.56	0.74	0.73	0.82
408	1.07	1.22	1.35	1.43	1.47	0.57	0.56	0.65	0.82	1.01
459	1.13	1.24	1.37	1.47	1.54	0.55	0.69	0.64	0.80	0.84

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10b      0 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b      2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Kälte [MWh]						Wärmeübergabe Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	155.01	154.80	154.43	154.89	154.87	154.52	154.96	155.33	154.94	155.35
51	154.89	154.88	154.89	154.79	154.54	155.24	154.40	155.18	155.29	155.18
102	154.92	154.86	154.84	154.59	154.59	152.60	155.27	154.50	155.21	154.86
153	154.12	154.09	154.55	154.59	154.02	155.27	154.80	155.39	154.95	155.23
204	154.86	154.80	154.55	153.84	152.90	152.91	155.34	155.13	154.51	155.21
255	154.85	154.60	153.85	152.83	152.17	154.62	155.30	154.67	155.20	155.22
306	154.45	153.94	152.97	152.16	151.97	155.39	155.04	155.42	155.17	155.28
357	154.23	153.30	152.40	151.99	151.81	155.32	154.64	155.28	155.12	154.97
408	153.76	152.84	152.03	151.88	151.74	155.24	155.27	155.30	155.25	155.21
459	153.33	152.42	151.99	151.79	151.66	154.95	155.32	331.75	155.16	154.41
Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	152.30	150.84	147.29	139.93	137.34	71.42	73.12	77.37	70.25	76.20
51	152.56	148.77	145.78	140.26	130.72	76.07	69.01	69.88	78.04	69.60
102	151.63	150.39	145.13	132.93	128.46	70.40	71.49	66.56	70.98	67.22
153	148.03	143.47	135.98	130.73	121.11	76.75	71.07	71.47	71.35	74.13
204	145.41	143.60	134.90	122.88	112.36	71.62	77.47	69.77	65.23	72.65
255	148.12	142.00	127.20	114.76	103.97	66.50	70.05	67.63	73.28	71.08
306	142.84	135.62	120.37	107.98	95.72	75.89	69.91	76.08	72.78	68.80
357	137.54	129.43	115.00	101.68	86.45	74.01	69.51	75.57	70.45	68.77
408	139.42	124.71	110.37	95.02	78.42	70.91	75.15	72.13	71.38	70.74
459	135.62	120.13	105.27	87.79	71.36	69.74	76.02	193.93	67.70	67.49
Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	83.09	81.84	77.97	84.69	79.15
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.17	85.39	85.30	77.25	85.58
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	82.19	83.78	87.95	84.24	87.64
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	78.52	83.73	83.92	83.60	81.11
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.30	77.87	85.37	89.28	82.56
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	88.12	85.25	87.03	81.92	84.14
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	79.50	85.13	79.33	82.39	86.48
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.31	85.12	79.71	84.67	86.19
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.33	80.12	83.17	83.87	84.48
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	85.21	79.30	137.83	87.46	86.91
Nachheizung Kälte [MWh]						Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	2.70	3.96	7.14	14.96	17.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
51	2.32	6.11	9.11	14.54	23.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
102	3.28	4.47	9.71	21.66	26.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
153	6.09	10.62	18.57	23.87	32.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
204	9.45	11.20	19.64	30.97	40.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
255	6.73	12.60	26.65	38.07	48.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
306	11.61	18.33	32.59	44.18	56.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
357	16.70	23.87	37.40	50.31	65.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
408	14.33	28.14	41.66	56.85	73.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
459	17.71	32.29	46.72	64.00	80.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 10b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b 6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Kälte [MWh]						Wärmeübergabe Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	159.35	159.37	159.40	159.29	159.67	163.85	163.96	164.31	165.72	165.70
51	159.38	159.34	159.58	159.67	159.92	164.50	164.11	165.39	165.07	165.92
102	159.76	159.85	159.70	159.57	159.54	164.50	164.69	166.03	166.80	166.51
153	159.41	159.41	159.62	159.80	159.81	164.66	164.69	165.82	166.06	166.27
204	159.96	159.74	159.67	159.84	159.82	164.32	165.87	166.48	166.25	166.52
255	160.14	159.91	160.09	160.21	160.08	166.23	166.61	166.60	166.64	166.67
306	160.13	160.25	159.96	160.05	160.00	166.64	166.47	166.31	166.66	166.45
357	160.07	160.04	159.96	160.27	160.10	166.26	166.21	166.65	166.54	166.22
408	160.36	160.31	160.04	160.25	160.38	166.38	166.14	166.69	166.41	165.97
459	160.30	159.92	159.87	160.24	160.35	166.60	166.20	166.54	166.03	166.28
Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.20	0.21	0.20	0.21	0.20	0.33	0.33	0.28	0.33	0.31
51	0.20	0.18	0.18	0.19	0.18	0.32	0.35	0.31	0.31	0.31
102	0.18	0.22	0.20	0.17	0.18	0.32	0.28	0.28	0.33	0.31
153	0.18	0.18	0.20	0.20	0.17	0.34	0.27	0.33	0.32	0.30
204	0.18	0.20	0.20	0.18	0.20	0.34	0.32	0.32	0.29	0.30
255	0.19	0.19	0.22	0.23	0.20	0.26	0.31	0.32	0.28	0.27
306	0.21	0.20	0.19	0.19	0.20	0.30	0.33	0.31	0.29	0.26
357	0.39	0.18	0.19	0.20	0.19	0.28	0.30	0.28	0.26	0.25
408	0.19	0.19	0.20	0.19	0.22	0.28	0.31	0.29	0.29	0.25
459	0.22	0.19	0.21	0.19	0.21	0.31	0.31	0.29	0.27	0.22
Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	159.65	159.69	159.71	159.60	159.98	164.36	164.48	164.74	166.24	166.18
51	159.69	159.62	159.84	159.95	160.20	165.00	164.67	165.88	165.56	166.41
102	160.04	160.19	160.01	159.82	159.81	165.00	165.13	166.46	167.31	167.00
153	159.69	159.68	159.93	160.10	160.06	165.18	165.11	166.34	166.57	166.74
204	160.23	160.05	159.98	160.12	160.13	164.85	166.37	166.99	166.70	166.98
255	160.44	160.20	160.42	160.57	160.37	166.64	167.09	167.11	167.08	167.10
306	160.46	160.55	160.26	160.35	160.30	167.11	167.00	166.80	167.12	166.86
357	160.70	160.31	160.26	160.59	160.39	166.70	166.68	167.09	166.94	166.60
408	160.66	160.60	160.34	160.54	160.71	166.83	166.63	167.13	166.86	166.36
459	160.64	160.21	160.18	160.54	160.66	167.09	166.68	167.00	166.46	166.63
Nachheizung Kälte [MWh]						Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
51	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
102	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
153	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
204	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
255	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
306	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
357	0.00	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
408	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
459	0.03	0.04	0.04	0.03	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11a						6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b					2250 m <sup>2</sup> ST										
Wärmeübergabe Kälte [MWh]											Wärmeübergabe Kälte [MWh]															
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460							
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.73	156.93	157.62	157.81	157.48	157.32	157.49	156.95	157.63	157.69						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.32	157.49	156.95	157.63	157.69	156.99	157.41	157.67	156.88	157.47						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	156.99	157.41	157.67	156.88	157.47	157.69	157.02	157.56	157.62	157.27						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.69	157.02	157.56	157.62	157.27	157.39	157.82	157.55	157.68	156.97						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.39	157.82	157.55	157.68	156.97	157.78	157.61	157.72	157.64	155.43						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.78	157.61	157.72	157.64	155.43	157.22	157.73	157.08	156.42	156.01						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.22	157.73	157.08	156.42	156.01	157.61	157.14	157.15	156.22	156.78						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.61	157.14	157.15	156.22	156.78	157.71	157.76	157.45	154.74	155.36						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.71	157.76	157.45	154.74	155.36	157.32	157.70	157.56	155.35	153.54						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	157.32	157.70	157.56	155.35	153.54											
Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]											Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]															
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460							
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	61.89	59.49	64.30	63.32	60.63	59.61	63.01	58.34	59.48	62.97						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	59.61	63.01	58.34	59.48	62.97	60.69	61.65	60.67	55.09	61.12						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.69	61.65	60.67	55.09	61.12	63.52	55.46	56.12	62.30	53.68						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.52	55.46	56.12	62.30	53.68	55.45	58.48	61.67	57.36	52.89						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	55.45	58.48	61.67	57.36	52.89	64.73	66.92	58.58	56.78	47.20						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	64.73	66.92	58.58	56.78	47.20	58.44	62.04	54.65	49.32	50.18						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	58.44	62.04	54.65	49.32	50.18	63.48	53.82	55.39	48.73	48.56						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	63.48	53.82	55.39	48.73	48.56	60.96	59.67	55.04	41.44	38.15						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.96	59.67	55.04	41.44	38.15	54.75	60.46	49.55	42.43	27.30						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.75	60.46	49.55	42.43	27.30											
Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]											Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]															
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460							
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	95.84	97.44	93.33	94.48	96.85	97.72	94.48	98.61	98.15	94.71						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.72	94.48	98.61	98.15	94.71	96.30	95.76	97.00	101.79	96.35						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.30	95.76	97.00	101.79	96.35	94.18	101.56	101.44	95.32	103.59						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	94.18	101.56	101.44	95.32	103.59	101.94	99.33	95.88	100.32	104.08						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	101.94	99.33	95.88	100.32	104.08	93.05	90.69	99.14	100.86	108.23						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	93.05	90.69	99.14	100.86	108.23	98.78	95.69	102.43	107.10	105.82						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	98.78	95.69	102.43	107.10	105.82	94.13	103.33	101.76	107.49	108.22						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	94.13	103.33	101.76	107.49	108.22	96.75	98.09	102.41	113.30	117.21						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	96.75	98.09	102.41	113.30	117.21	102.56	97.24	108.02	112.92	126.24						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	102.56	97.24	108.02	112.92	126.24											
Nachheizung Kälte [MWh]											Nachheizung Kälte [MWh]															
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460							
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
102	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
153	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
204	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
255	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
306	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
357	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
408	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
459	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						

## Anhang Abschnitt 5.5

Simulationsvar. 11b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 11b 6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmeübergabe Kälte [MWh]						Wärmeübergabe Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	163.77	163.64	164.04	163.50	163.61	169.02	167.98	168.76	169.27	168.79
51	163.60	164.22	164.27	164.35	164.19	168.50	168.89	170.12	168.35	170.12
102	163.62	163.78	164.53	164.92	164.67	169.09	169.37	170.03	170.83	169.58
153	164.24	164.04	164.39	164.92	165.54	168.08	169.86	170.01	169.77	170.21
204	163.84	165.31	164.12	165.16	164.11	170.99	170.48	169.47	170.49	170.60
255	164.27	164.34	164.98	165.39	164.33	170.73	169.90	171.78	171.03	171.54
306	164.26	163.38	164.30	164.00	164.05	170.58	170.65	170.03	171.24	171.31
357	164.06	164.92	163.92	163.97	164.16	170.43	171.31	170.76	171.33	170.24
408	164.55	164.12	164.74	164.61	164.43	170.76	170.99	171.00	170.30	170.27
459	163.53	164.49	164.78	164.71	164.07	170.65	171.09	171.16	169.77	170.80
Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe BHKW/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	10.18	10.13	10.23	10.04	10.02	16.35	15.17	15.63	15.62	14.77
51	10.00	10.14	9.68	10.19	9.70	16.32	16.15	15.60	14.23	14.36
102	9.89	9.82	10.09	10.17	10.02	15.99	15.37	15.30	14.05	13.66
153	10.44	9.96	9.65	10.08	9.23	15.28	15.52	15.37	14.23	13.73
204	10.02	9.95	10.09	9.11	11.03	15.44	15.77	14.34	13.73	14.00
255	9.79	10.40	10.61	9.21	10.20	15.11	15.17	14.46	13.14	14.02
306	10.02	9.85	9.97	11.20	10.17	15.41	15.17	14.01	14.02	14.24
357	10.32	9.66	10.92	11.07	10.14	15.45	14.31	13.96	13.91	14.30
408	10.21	10.27	9.43	9.28	9.96	15.19	14.41	13.60	14.34	13.63
459	9.61	9.22	10.80	9.96	10.02	15.61	13.98	13.48	13.65	13.40
Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]						Wärmeübergabe ST/Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	181.35	181.16	181.79	180.91	181.02	196.64	193.50	195.14	195.77	193.81
51	180.86	181.82	181.11	182.12	181.13	196.01	196.18	196.66	192.37	194.68
102	180.71	180.78	182.11	182.75	182.23	196.13	195.43	196.10	194.88	192.90
153	182.35	181.34	181.23	182.60	181.81	193.79	196.27	196.15	194.01	193.73
204	181.19	182.71	181.71	181.19	183.44	197.42	197.38	193.80	194.04	194.69
255	181.26	182.45	183.60	181.63	182.20	196.58	195.69	196.73	193.62	195.83
306	181.68	180.44	181.74	183.61	181.88	196.94	196.59	193.99	195.43	195.96
357	181.98	181.84	182.99	183.34	181.94	196.78	195.89	194.74	195.37	194.89
408	182.35	182.06	181.32	180.92	181.92	196.71	195.73	194.43	195.01	193.80
459	180.19	180.64	183.76	182.22	181.66	197.30	195.13	194.42	193.22	194.04
Nachheizung Kälte [MWh]						Nachheizung Kälte [MWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
51	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
102	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
153	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
204	0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
255	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
306	0.02	0.03	0.04	0.05	0.04	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
357	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
408	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
459	0.03	0.05	0.04	0.04	0.05	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvarianten 1 bis 8									
Nutzungsgrad NGen-PE [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	69.72	60.51	52.83	46.99	5a	86.05	70.02	59.21	51.40
1b	69.66	61.00	53.39	53.39	5b	87.35	71.77	59.93	59.93
2a	55.28	44.50	36.50	30.97	6a	76.64	52.93	40.75	33.10
2b	55.51	45.13	36.86	31.35	6b	78.54	54.23	41.31	33.75
3a	76.73	64.33	55.46	48.90	7a	72.81	62.10	53.69	47.49
3b	75.54	64.55	56.04	56.04	7b	72.96	62.79	54.41	54.41
4a	65.15	48.57	38.57	32.01	8a	50.78	38.68	31.31	26.27
4b	64.63	49.10	39.07	32.47	8b	52.11	39.63	32.06	26.93
Nutzungsgrad NGen-fos [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	69.72	74.57	78.78	83.83	5a	86.05	89.56	93.86	98.98
1b	69.66	74.85	78.98	78.98	5b	87.35	91.75	94.18	94.18
2a	55.28	61.25	66.20	72.17	6a	76.64	78.45	81.63	84.92
2b	55.51	61.87	66.02	71.85	6b	78.54	80.33	81.81	85.83
3a	76.73	80.47	84.77	90.10	7a	72.81	77.00	80.71	85.42
3b	75.54	80.27	84.90	84.90	7b	72.96	77.56	81.23	81.23
4a	65.15	69.24	73.32	78.10	8a	50.78	50.74	50.88	50.93
4b	64.63	69.58	73.49	77.99	8b	52.11	51.97	52.07	52.21
Nutzungsgrad NGen-loB [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	86.05	81.10	77.97	75.11
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	87.35	83.14	78.72	78.72
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	76.64	66.63	60.72	55.92
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	78.54	68.45	61.64	57.20
3a	76.73	73.58	71.64	69.96	7a	72.81	70.72	68.78	67.11
3b	75.54	73.64	72.19	72.19	7b	72.96	71.37	69.57	69.57
4a	65.15	59.91	56.10	53.18	8a	50.78	45.44	41.96	39.01
4b	64.63	60.49	56.89	53.85	8b	52.11	46.70	43.16	40.17
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	69.72	73.99	77.28	81.07	5a	86.05	88.73	91.74	95.15
1b	69.66	74.38	77.80	77.80	5b	87.35	91.05	92.50	92.50
2a	55.28	60.48	63.99	68.06	6a	76.64	77.20	78.29	79.29
2b	55.51	61.24	64.17	68.19	6b	78.54	79.27	78.98	80.66
3a	76.73	79.79	83.04	86.92	7a	72.81	76.38	79.13	82.56
3b	75.54	79.73	83.54	83.54	7b	72.96	77.06	79.98	79.98
4a	65.15	68.26	70.61	73.31	8a	50.78	50.22	49.57	48.85
4b	64.63	68.78	71.19	73.70	8b	52.11	51.53	50.91	50.25

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 9a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		88.02	85.09	82.24	79.25	76.19		73.07	71.12	68.95	66.93	64.77	
51		85.34	82.54	79.81	76.89	74.10		71.25	69.28	67.33	65.32	63.08	
102		82.73	80.09	77.46	74.80	72.01		69.46	67.52	65.75	63.59	61.67	
153		80.35	77.84	75.36	72.68	70.11		67.63	65.98	63.98	62.17	60.30	
204		78.04	75.65	73.23	70.73	68.20		66.08	64.37	62.55	60.76	58.91	
255		75.83	73.51	71.18	68.77	66.32		64.53	62.72	61.10	59.34	57.55	
306		73.64	71.38	69.18	66.80	64.56		62.94	61.23	59.65	57.90	56.20	
357		71.50	69.34	67.22	64.99	62.84		61.24	59.75	58.20	56.53	54.88	
408		69.42	67.39	65.28	63.24	61.17		59.75	58.31	56.77	55.21	53.60	
459		67.39	65.48	63.51	61.56	59.57		58.30	56.90	55.42	53.91	52.38	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		88.02	90.10	92.13	93.80	95.11		94.62	97.17	99.20	101.35	102.97	
51		88.88	90.94	92.95	94.51	95.99		95.68	98.05	100.36	102.37	103.54	
102		89.64	91.74	93.70	95.43	96.67		96.65	98.92	101.47	102.89	104.65	
153		90.52	92.63	94.64	96.13	97.52		97.37	100.12	101.94	104.03	105.74	
204		91.33	93.44	95.37	96.93	98.16		98.50	101.01	103.08	105.07	106.56	
255		92.11	94.16	96.04	97.54	98.65		99.51	101.58	104.02	105.87	107.31	
306		92.73	94.69	96.60	97.89	99.19		100.26	102.41	104.77	106.40	107.89	
357		93.25	95.18	97.01	98.37	99.61		100.50	103.06	105.30	106.94	108.34	
408		93.67	95.62	97.24	98.76	99.93		101.11	103.62	105.68	107.44	108.69	
459		93.94	95.94	97.62	99.09	100.19		101.62	104.05	106.09	107.78	109.07	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		88.02	88.66	89.17	89.28	89.02		85.12	85.84	86.06	86.31	86.12	
51		88.35	88.94	89.40	89.39	89.25		85.49	86.01	86.44	86.54	86.01	
102		88.57	89.16	89.55	89.66	89.30		85.75	86.18	86.73	86.39	86.27	
153		88.90	89.46	89.86	89.74	89.48		85.83	86.59	86.57	86.68	86.50	
204		89.14	89.68	89.97	89.88	89.47		86.20	86.73	86.87	86.89	86.53	
255		89.33	89.79	90.02	89.85	89.34		86.46	86.64	87.02	86.91	86.52	
306		89.38	89.72	89.96	89.61	89.24		86.51	86.72	87.01	86.76	86.37	
357		89.32	89.62	89.77	89.47	89.05		86.19	86.68	86.87	86.61	86.16	
408		89.16	89.47	89.43	89.26	88.77		86.12	86.56	86.61	86.42	85.88	
459		88.87	89.21	89.20	88.98	88.44		86.00	86.35	86.38	86.14	85.62	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		88.02	90.01	91.95	93.52	94.72		93.64	96.04	97.92	99.90	101.37	
51		88.62	90.58	92.49	93.94	95.30		94.39	96.59	98.73	100.56	101.58	
102		89.12	91.10	92.94	94.55	95.67		95.03	97.12	99.48	100.73	102.30	
153		89.73	91.71	93.59	94.95	96.20		95.43	97.97	99.61	101.49	103.00	
204		90.26	92.23	94.01	95.43	96.52		96.21	98.50	100.36	102.14	103.43	
255		90.75	92.65	94.37	95.71	96.69		96.87	98.72	100.92	102.55	103.78	
306		91.08	92.87	94.61	95.76	96.90		97.27	99.19	101.29	102.70	103.97	
357		91.31	93.07	94.72	95.91	97.00		97.19	99.47	101.45	102.86	104.04	
408		91.44	93.21	94.65	95.99	96.99		97.45	99.68	101.46	102.97	104.00	
459		91.42	93.22	94.71	95.99	96.92		97.61	99.74	101.51	102.94	104.00	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 9a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		62.15	60.70	59.23	57.66	56.11		54.08	53.04	51.91	50.74	49.47	
51		60.77	59.40	57.94	56.49	54.79		53.08	51.97	50.96	49.76	48.60	
102		59.51	58.05	56.78	55.15	53.74		52.08	51.06	50.00	48.89	47.73	
153		58.10	56.93	55.64	54.11	52.69		51.10	50.13	49.09	48.01	46.85	
204		56.99	55.78	54.38	53.04	51.66		50.20	49.23	48.24	47.14	45.98	
255		55.87	54.50	53.30	51.98	50.59		49.30	48.33	47.35	46.24	45.20	
306		54.70	53.39	52.21	50.89	49.57		48.35	47.43	46.46	45.41	44.36	
357		53.39	52.29	51.10	49.83	48.55		47.43	46.55	45.54	44.58	43.55	
408		52.27	51.19	50.00	48.80	47.56		46.55	45.65	44.70	43.75	42.75	
459		51.16	50.10	48.96	47.77	46.59		45.67	44.77	43.87	42.95	41.97	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		101.45	104.29	107.01	109.28	111.39		109.40	112.97	116.15	119.08	121.20	
51		102.50	105.47	108.06	110.57	111.86		110.85	114.01	117.66	120.18	122.71	
102		103.76	106.29	109.41	111.02	113.25		112.13	115.60	118.88	121.74	124.11	
153		104.38	107.77	110.69	112.47	114.46		113.36	117.02	120.23	123.11	125.21	
204		105.85	108.99	111.28	113.68	115.63		114.87	118.39	121.82	124.40	126.26	
255		107.14	109.50	112.47	114.74	116.41		116.27	119.66	122.97	125.19	127.67	
306		108.09	110.51	113.42	115.47	117.23		117.16	120.75	123.90	126.34	128.48	
357		108.30	111.41	114.06	116.12	117.80		118.06	121.72	124.36	127.20	129.25	
408		109.05	112.10	114.52	116.68	118.32		119.03	122.34	125.21	127.87	129.84	
459		109.69	112.61	115.08	117.02	118.72		119.73	122.87	125.92	128.51	130.34	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		82.90	83.51	83.96	84.04	84.00		80.58	81.29	81.68	81.84	81.62	
51		83.13	83.79	84.11	84.30	83.76		80.90	81.35	81.93	81.93	81.83	
102		83.48	83.82	84.43	84.08	84.07		81.13	81.68	82.06	82.16	81.98	
153		83.39	84.24	84.69	84.43	84.25		81.32	81.94	82.24	82.31	82.01	
204		83.84	84.50	84.54	84.61	84.39		81.60	82.14	82.48	82.40	81.97	
255		84.17	84.31	84.75	84.73	84.32		81.84	82.25	82.54	82.27	82.11	
306		84.27	84.42	84.80	84.63	84.25		81.82	82.30	82.48	82.31	81.99	
357		83.91	84.48	84.67	84.49	84.06		81.79	82.27	82.22	82.21	81.84	
408		83.88	84.38	84.43	84.29	83.85		81.80	82.08	82.12	82.03	81.62	
459		83.79	84.19	84.26	84.00	83.57		81.67	81.87	81.98	81.84	81.37	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		98.79	101.37	103.83	105.84	107.70		104.54	107.68	110.43	112.94	114.70	
51		99.47	102.15	104.46	106.68	107.76		105.51	108.23	111.39	113.50	115.62	
102		100.33	102.57	105.36	106.73	108.66		106.29	109.28	112.07	114.47	116.42	
153		100.58	103.60	106.18	107.69	109.38		107.03	110.15	112.85	115.25	116.94	
204		101.60	104.38	106.35	108.41	110.06		107.99	110.96	113.83	115.93	117.40	
255		102.45	104.49	107.07	108.99	110.37		108.84	111.67	114.41	116.18	118.16	
306		102.97	105.05	107.55	109.25	110.70		109.22	112.21	114.77	116.72	118.40	
357		102.82	105.49	107.74	109.45	110.80		109.62	112.63	114.74	117.01	118.59	
408		103.15	105.74	107.77	109.55	110.87		110.05	112.74	115.03	117.13	118.63	
459		103.37	105.84	107.88	109.46	110.81		110.25	112.78	115.20	117.21	118.58	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 9b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		87.72	84.88	81.98	79.10	76.22		73.83	71.52	69.69	67.59	65.50	
51		85.09	82.38	79.59	76.90	74.14		71.90	69.88	68.05	66.03	63.96	
102		82.59	79.89	77.45	74.81	72.16		69.94	68.26	66.45	64.48	62.51	
153		80.11	77.72	75.35	72.81	70.24		68.39	66.66	64.88	63.01	61.09	
204		77.86	75.63	73.31	70.85	68.36		66.81	65.12	63.41	61.54	59.69	
255		75.78	73.57	71.31	68.93	66.54		65.25	63.60	61.91	60.14	58.30	
306		73.67	71.53	69.33	67.04	64.76		63.69	62.07	60.44	58.68	56.98	
357		71.60	69.54	67.41	65.21	63.05		62.12	60.56	59.01	57.32	55.68	
408		69.60	67.59	65.55	63.46	61.40		60.63	59.11	57.54	55.99	54.41	
459		67.66	65.72	63.77	61.79	59.83		59.13	57.68	56.19	54.71	53.17	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		87.72	89.72	91.51	93.14	94.52		95.14	96.96	99.55	101.47	103.18	
51		88.51	90.49	92.25	93.95	95.30		95.97	98.16	100.63	102.56	104.09	
102		89.28	91.12	93.16	94.75	96.06		96.55	99.28	101.65	103.49	105.08	
153		89.91	92.00	93.99	95.53	96.76		97.78	100.28	102.59	104.49	106.02	
204		90.68	92.83	94.74	96.22	97.35		98.81	101.29	103.61	105.31	106.81	
255		91.51	93.55	95.39	96.77	97.85		99.77	102.19	104.40	106.16	107.41	
306		92.15	94.14	95.87	97.19	98.25		100.55	102.89	105.06	106.60	108.08	
357		92.67	94.61	96.25	97.54	98.58		101.14	103.42	105.62	107.18	108.58	
408		93.12	94.97	96.56	97.83	98.86		101.73	103.95	105.86	107.61	109.00	
459		93.48	95.26	96.83	98.09	99.11		102.09	104.34	106.28	108.03	109.29	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		87.72	88.33	88.67	88.80	88.66		86.12	86.32	86.96	87.08	86.96	
51		88.00	88.57	88.85	89.01	88.82		86.27	86.75	87.27	87.35	87.08	
102		88.25	88.65	89.16	89.20	88.96		86.28	87.05	87.51	87.50	87.24	
153		88.35	88.96	89.40	89.37	89.04		86.73	87.34	87.69	87.66	87.37	
204		88.57	89.21	89.54	89.44	89.01		87.00	87.55	87.88	87.73	87.37	
255		88.84	89.35	89.59	89.39	88.91		87.26	87.71	87.94	87.79	87.28	
306		88.93	89.35	89.49	89.22	88.72		87.31	87.68	87.86	87.60	87.20	
357		88.89	89.26	89.30	88.99	88.47		87.25	87.58	87.74	87.46	87.01	
408		88.78	89.05	89.04	88.72	88.18		87.18	87.42	87.44	87.23	86.77	
459		88.59	88.79	88.75	88.41	87.87		86.93	87.20	87.20	86.99	86.45	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		87.72	89.63	91.34	92.87	94.15		94.39	96.08	98.52	100.30	101.86	
51		88.26	90.15	91.81	93.40	94.64		94.91	96.96	99.27	101.04	102.41	
102		88.78	90.51	92.43	93.91	95.10		95.20	97.74	99.94	101.61	103.03	
153		89.15	91.11	92.98	94.39	95.50		96.10	98.41	100.52	102.24	103.59	
204		89.65	91.66	93.43	94.77	95.78		96.79	99.07	101.18	102.69	104.00	
255		90.20	92.10	93.78	95.02	95.97		97.41	99.61	101.60	103.16	104.22	
306		90.56	92.39	93.97	95.14	96.06		97.85	99.96	101.90	103.24	104.51	
357		90.80	92.58	94.05	95.18	96.09		98.10	100.14	102.10	103.44	104.63	
408		90.97	92.65	94.07	95.18	96.06		98.35	100.32	101.99	103.50	104.67	
459		91.05	92.65	94.04	95.13	96.00		98.38	100.36	102.05	103.54	104.59	

## Anhang Abschnitt 6.1

		4500 m <sup>2</sup> ST					6750 m <sup>2</sup> ST									
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]					Nutzungsgrad NGen-PE [%]									
Simulationsvar. 9b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b					6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]		4500 m <sup>2</sup> ST					Nutzungsgrad NGen-PE [%]					6750 m <sup>2</sup> ST				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0		62.59	61.19	59.66	58.22	56.64		54.70	53.53	52.43	51.25	50.03				
51		61.31	59.77	58.50	57.02	55.35		53.63	52.58	51.47	50.32	49.14				
102		60.00	58.62	57.31	55.72	54.31		52.68	51.60	50.55	49.43	48.19				
153		58.68	57.50	56.00	54.69	53.29		51.71	50.66	49.65	48.46	47.39				
204		57.57	56.12	54.96	53.64	52.22		50.78	49.79	48.76	47.66	46.56				
255		56.41	55.07	53.89	52.54	51.18		49.84	48.87	47.83	46.82	45.72				
306		55.08	53.99	52.77	51.48	50.16		48.94	47.91	46.99	45.97	44.80				
357		53.97	52.89	51.66	50.43	49.11		48.02	47.04	46.12	45.10	44.01				
408		52.87	51.77	50.60	49.38	48.13		47.10	46.17	45.26	44.18	43.22				
459		51.77	50.67	49.56	48.35	47.18		46.17	45.33	44.43	43.39	42.47				
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]					Nutzungsgrad NGen-fos [%]									
Nutzungsgrad NGen-fos [%]		4500 m <sup>2</sup> ST					Nutzungsgrad NGen-fos [%]					6750 m <sup>2</sup> ST				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0		100.92	103.74	106.13	108.67	110.53		108.92	111.81	114.94	117.57	119.85				
51		102.16	104.44	107.50	109.75	111.04		110.00	113.26	116.24	118.89	121.14				
102		103.19	105.83	108.64	110.29	112.40		111.42	114.48	117.60	120.23	121.91				
153		104.02	107.20	109.21	111.73	113.68		112.65	115.72	118.96	120.96	123.52				
204		105.39	107.53	110.60	112.93	114.61		113.93	117.19	120.17	122.54	124.68				
255		106.47	108.86	111.74	113.77	115.44		115.03	118.22	120.99	123.73	125.61				
306		106.78	109.92	112.49	114.53	116.18		116.14	118.83	122.13	124.63	125.65				
357		107.70	110.74	113.08	115.22	116.59		116.97	119.84	122.95	125.13	126.49				
408		108.47	111.30	113.68	115.61	117.11		117.61	120.61	123.59	125.02	127.17				
459		109.11	111.75	114.22	115.94	117.59		117.98	121.33	124.15	125.71	127.90				
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]					Nutzungsgrad NGen-loB [%]									
Nutzungsgrad NGen-loB [%]		4500 m <sup>2</sup> ST					Nutzungsgrad NGen-loB [%]					6750 m <sup>2</sup> ST				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0		83.40	84.03	84.27	84.58	84.40		81.72	82.15	82.58	82.69	82.61				
51		83.74	84.00	84.62	84.72	84.20		81.90	82.44	82.79	82.90	82.76				
102		83.97	84.39	84.84	84.55	84.50		82.20	82.63	83.02	83.09	82.66				
153		84.02	84.73	84.70	84.92	84.73		82.42	82.82	83.23	83.00	82.94				
204		84.41	84.46	85.04	85.09	84.74		82.64	83.10	83.35	83.27	83.00				
255		84.60	84.79	85.21	85.09	84.71		82.78	83.19	83.30	83.33	82.94				
306		84.31	84.95	85.17	85.01	84.64		82.89	83.03	83.36	83.28	82.50				
357		84.42	84.94	85.01	84.90	84.38		82.85	83.06	83.28	83.04	82.41				
408		84.39	84.80	84.86	84.64	84.19		82.72	82.97	83.13	82.53	82.22				
459		84.29	84.57	84.68	84.35	83.96		82.46	82.83	82.93	82.39	82.13				
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]					Nutzungsgrad NGen-Bau [%]									
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		4500 m <sup>2</sup> ST					Nutzungsgrad NGen-Bau [%]					6750 m <sup>2</sup> ST				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0		98.88	101.48	103.66	105.96	107.61		105.01	107.57	110.34	112.63	114.58				
51		99.76	101.82	104.61	106.63	107.72		105.66	108.54	111.15	113.44	115.34				
102		100.42	102.80	105.35	106.77	108.62		106.60	109.28	111.99	114.24	115.61				
153		100.88	103.75	105.52	107.75	109.44		107.36	110.03	112.82	114.48	116.62				
204		101.84	103.72	106.46	108.49	109.92		108.15	110.96	113.49	115.47	117.23				
255		102.51	104.61	107.15	108.89	110.30		108.77	111.49	113.81	116.09	117.60				
306		102.46	105.23	107.47	109.21	110.58		109.38	111.64	114.41	116.45	117.20				
357		102.97	105.63	107.64	109.45	110.56		109.74	112.12	114.71	116.46	117.49				
408		103.34	105.78	107.81	109.42	110.64		109.91	112.40	114.85	115.93	117.64				
459		103.58	105.84	107.93	109.34	110.67		109.85	112.62	114.91	116.10	117.82				

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 10a						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a						2250 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]											Nutzungsgrad NGen-PE [%]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	81.79	76.29	72.38	68.05	63.80		57.67	55.30	53.17	50.88	48.49		57.67	55.30	53.17	50.88	48.49				
51	77.21	72.69	68.84	64.81	60.96		55.47	53.18	51.19	49.08	46.88		55.47	53.18	51.19	49.08	46.88				
102	72.79	69.27	65.58	61.92	58.34		53.32	51.40	49.51	47.34	45.33		53.32	51.40	49.51	47.34	45.33				
153	69.57	66.10	62.70	59.22	55.79		51.55	49.71	47.78	45.86	43.81		51.55	49.71	47.78	45.86	43.81				
204	66.32	63.10	59.89	56.58	53.56		49.72	48.00	46.25	44.29	42.40		49.72	48.00	46.25	44.29	42.40				
255	63.24	60.17	57.26	54.26	51.25		48.11	46.40	44.65	42.82	41.06		48.11	46.40	44.65	42.82	41.06				
306	60.41	57.55	54.72	51.97	49.23		46.40	44.82	43.08	41.43	39.72		46.40	44.82	43.08	41.43	39.72				
357	57.54	54.97	52.40	49.78	47.32		44.79	43.24	41.65	40.06	38.36		44.79	43.24	41.65	40.06	38.36				
408	55.02	52.52	50.18	47.74	45.50		43.26	41.68	40.27	38.74	37.18		43.26	41.68	40.27	38.74	37.18				
459	52.63	50.33	48.03	45.89	43.78		41.77	40.31	38.96	37.49	36.05		41.77	40.31	38.96	37.49	36.05				
Nutzungsgrad NGen-fos [%]											Nutzungsgrad NGen-fos [%]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	81.79	84.59	88.95	92.30	95.00		89.34	93.88	99.11	103.64	107.19		89.34	93.88	99.11	103.64	107.19				
51	83.10	86.57	90.62	93.89	96.74		91.19	95.68	101.01	105.80	109.65		91.19	95.68	101.01	105.80	109.65				
102	84.03	88.41	92.27	95.67	98.47		92.84	98.18	103.73	107.75	111.99		92.84	98.18	103.73	107.75	111.99				
153	86.08	90.20	94.16	97.38	99.80		95.27	100.74	105.78	110.56	113.91		95.27	100.74	105.78	110.56	113.91				
204	87.69	91.87	95.71	98.63	101.55		97.14	102.81	108.36	112.37	116.07		97.14	102.81	108.36	112.37	116.07				
255	89.13	93.12	97.13	100.24	102.35		99.54	104.96	110.08	114.25	118.11		99.54	104.96	110.08	114.25	118.11				
306	90.58	94.55	98.15	101.32	103.61		101.06	106.74	111.31	116.00	119.42		101.06	106.74	111.31	116.00	119.42				
357	91.36	95.48	99.24	102.10	104.65		102.57	107.98	112.88	117.29	119.84		102.57	107.98	112.88	117.29	119.84				
408	92.39	96.11	99.98	102.73	105.49		103.95	108.61	114.14	118.22	121.18		103.95	108.61	114.14	118.22	121.18				
459	93.20	96.96	100.25	103.52	106.10		104.97	109.81	115.21	119.06	122.33		104.97	109.81	115.21	119.06	122.33				
Nutzungsgrad NGen-loB [%]											Nutzungsgrad NGen-loB [%]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	81.79	82.13	83.68	84.05	83.72		74.22	75.27	76.46	76.97	76.76		74.22	75.27	76.46	76.97	76.76				
51	82.19	83.06	84.20	84.41	84.12		74.75	75.65	76.82	77.35	77.22		74.75	75.65	76.82	77.35	77.22				
102	82.19	83.81	84.65	84.88	84.46		75.09	76.43	77.55	77.58	77.56		75.09	76.43	77.55	77.58	77.56				
153	83.23	84.46	85.27	85.24	84.48		75.90	77.16	77.88	78.20	77.67		75.90	77.16	77.88	78.20	77.67				
204	83.79	84.96	85.55	85.22	84.77		76.30	77.56	78.44	78.29	77.86		76.30	77.56	78.44	78.29	77.86				
255	84.15	85.05	85.69	85.44	84.37		76.98	77.97	78.51	78.37	77.95		76.98	77.97	78.51	78.37	77.95				
306	84.48	85.26	85.51	85.25	84.27		77.11	78.13	78.31	78.36	77.71		77.11	78.13	78.31	78.36	77.71				
357	84.20	85.05	85.35	84.83	84.01		77.17	77.97	78.26	78.13	77.09		77.17	77.97	78.26	78.13	77.09				
408	84.13	84.59	84.93	84.31	83.61		77.15	77.49	78.05	77.73	76.84		77.15	77.49	78.05	77.73	76.84				
459	83.86	84.29	84.18	83.90	83.06		76.91	77.30	77.74	77.29	76.53		76.91	77.30	77.74	77.29	76.53				
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]											Nutzungsgrad NGen-Bau [%]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	81.79	84.44	88.62	91.76	94.25		87.62	91.81	96.61	100.70	103.82		87.62	91.81	96.61	100.70	103.82				
51	82.66	85.93	89.75	92.78	95.36		88.90	92.97	97.80	102.06	105.40		88.90	92.97	97.80	102.06	105.40				
102	83.13	87.25	90.84	93.95	96.44		89.94	94.75	99.70	103.19	106.82		89.94	94.75	99.70	103.19	106.82				
153	84.68	88.50	92.12	95.01	97.11		91.68	96.53	100.94	105.04	107.82		91.68	96.53	100.94	105.04	107.82				
204	85.76	89.58	93.04	95.61	98.15		92.85	97.82	102.60	105.96	108.99		92.85	97.82	102.60	105.96	108.99				
255	86.65	90.25	93.81	96.52	98.27		94.46	99.12	103.45	106.88	110.00		94.46	99.12	103.45	106.88	110.00				
306	87.52	91.05	94.20	96.91	98.80		95.25	100.07	103.84	107.66	110.35		95.25	100.07	103.84	107.66	110.35				
357	87.75	91.38	94.62	97.01	99.11		95.99	100.50	104.50	108.02	109.93		95.99	100.50	104.50	108.02	109.93				
408	88.20	91.41	94.71	96.98	99.22		96.60	100.39	104.87	108.05	110.26		96.60	100.39	104.87	108.05	110.26				
459	88.44	91.64	94.38	97.08	99.13		96.87	100.76	105.06	108.00	110.43		96.87	100.76	105.06	108.00	110.43				

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 10a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		42.54	42.03	0.00	39.98	38.67		33.63	33.32	32.91	32.34	31.63	
51		41.56	41.05	0.00	39.01	37.70		33.02	32.71	32.31	31.74	31.03	
102		40.59	40.11	0.00	38.02	36.70		32.41	32.10	31.71	31.14	30.45	
153		39.70	39.05	0.00	37.02	35.79		31.84	31.54	31.14	30.56	29.88	
204		38.83	38.13	0.00	36.00	34.86		31.28	30.97	30.56	29.97	29.29	
255		37.96	37.22	0.00	35.14	33.92		30.71	30.39	29.96	29.38	28.71	
306		37.06	36.17	0.00	34.17	33.04		30.13	29.79	29.35	28.77	28.11	
357		36.04	35.27	0.00	33.22	32.18		29.51	29.16	28.73	28.16	27.49	
408		35.14	34.27	0.00	32.35	31.34		28.89	28.54	28.10	27.55	26.87	
459		34.14	33.31	0.00	31.50	30.52		28.27	27.92	27.49	26.96	26.27	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		89.15	97.91	0.00	112.87	118.68		88.48	97.19	106.67	115.90	124.48	
51		92.14	101.39	0.00	116.79	122.45		91.51	100.65	110.83	120.52	129.51	
102		95.15	105.06	0.00	120.28	125.43		94.51	104.28	115.11	125.27	134.72	
153		98.57	107.82	0.00	123.33	129.03		97.87	108.34	119.75	130.37	140.19	
204		102.14	111.44	0.00	125.78	132.00		101.39	112.44	124.32	135.30	145.35	
255		105.71	115.03	0.00	129.60	134.28		104.94	116.42	128.66	139.95	150.27	
306		108.93	116.89	0.00	131.56	136.64		108.19	119.92	132.44	143.96	154.24	
357		110.77	119.83	0.00	132.91	138.80		110.92	122.90	135.67	147.39	157.09	
408		113.43	121.19	0.00	134.89	140.35		113.31	125.51	138.44	150.41	159.30	
459		114.58	122.39	0.00	136.53	141.61		115.43	127.83	140.99	153.12	161.01	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		65.17	68.01	0.00	71.07	71.41		57.71	59.92	62.00	63.57	64.54	
51		66.15	69.02	0.00	71.86	72.04		58.52	60.70	62.85	64.45	65.34	
102		67.08	70.05	0.00	72.43	72.30		59.26	61.58	63.72	65.23	66.08	
153		68.14	70.59	0.00	72.80	72.71		60.08	62.45	64.57	65.97	66.72	
204		69.17	71.42	0.00	72.91	72.92		60.86	63.21	65.28	66.61	67.27	
255		70.13	72.14	0.00	73.37	72.88		61.58	63.90	65.86	67.11	67.67	
306		70.82	72.16	0.00	73.26	72.87		62.14	64.38	66.23	67.38	67.81	
357		70.91	72.52	0.00	72.97	72.75		62.52	64.63	66.44	67.49	67.76	
408		71.30	72.31	0.00	72.83	72.47		62.73	64.80	66.47	67.53	67.54	
459		71.08	72.04	0.00	72.59	72.10		62.82	64.82	66.46	67.42	67.23	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		85.19	92.97	0.00	105.88	110.72		82.38	89.71	97.52	104.95	111.67	
51		87.42	95.51	0.00	108.55	113.16		84.54	92.10	100.34	107.97	114.85	
102		89.60	98.14	0.00	110.77	114.85		86.61	94.56	103.15	110.97	118.02	
153		92.09	99.90	0.00	112.54	116.97		88.91	97.27	106.13	114.11	121.25	
204		94.62	102.32	0.00	113.74	118.50		91.27	99.92	108.93	116.98	124.10	
255		97.07	104.63	0.00	115.98	119.41		93.57	102.36	111.45	119.52	126.63	
306		99.14	105.45	0.00	116.66	120.34		95.55	104.36	113.44	121.48	128.37	
357		100.01	107.09	0.00	116.84	121.06		97.07	105.89	114.95	122.93	129.26	
408		101.51	107.43	0.00	117.48	121.28		98.27	107.07	116.06	124.03	129.65	
459		101.76	107.63	0.00	117.82	121.27		99.22	108.00	116.96	124.86	129.70	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 10b      0 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b      2250 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]						Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	81.26	76.75	72.51	68.18	63.94	59.45	57.01	54.47	52.13	49.48
51	76.91	72.86	68.99	64.94	61.24	57.09	54.81	52.60	50.05	47.91
102	72.96	69.34	65.71	62.18	58.56	54.97	52.76	50.71	48.45	46.36
153	69.77	66.31	62.94	59.44	56.22	52.82	50.95	48.86	46.88	44.58
204	66.55	63.34	60.12	57.01	53.97	51.09	49.02	47.27	45.32	43.22
255	63.50	60.46	57.59	54.66	51.80	49.32	47.45	45.70	43.64	41.89
306	60.73	57.84	55.15	52.40	49.72	47.44	45.85	43.90	42.25	40.57
357	57.98	55.35	52.83	50.25	47.76	45.83	44.25	42.46	40.89	39.28
408	55.37	52.99	50.63	48.23	45.93	44.27	42.50	41.09	39.58	38.01
459	53.02	50.79	48.58	46.35	44.21	42.75	41.11	39.40	38.33	36.86
Nutzungsgrad NGen-fos [%]						Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	81.26	84.92	88.65	91.71	94.17	92.35	97.15	101.45	106.09	108.70
51	82.60	86.39	90.18	93.13	96.02	94.09	98.98	104.02	107.20	111.53
102	83.94	87.92	91.61	95.00	97.42	96.08	100.86	106.11	109.97	114.08
153	85.87	89.78	93.55	96.43	99.22	97.53	103.20	107.78	112.55	114.50
204	87.40	91.33	94.88	98.11	100.74	100.02	104.51	110.27	114.65	117.06
255	88.75	92.55	96.39	99.51	101.99	102.02	107.00	112.35	115.24	119.33
306	90.16	93.84	97.59	100.57	102.92	103.00	108.84	112.33	117.17	121.06
357	91.11	94.88	98.54	101.37	103.66	104.66	110.14	113.96	118.70	122.37
408	91.82	95.71	99.29	102.03	104.31	106.06	109.71	115.35	119.88	123.02
459	92.61	96.43	99.90	102.61	104.86	107.13	110.96	113.44	120.94	124.13
Nutzungsgrad NGen-loB [%]						Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	81.26	82.50	83.53	83.75	83.32	77.24	78.40	78.97	79.47	78.75
51	81.73	82.99	83.97	84.00	83.84	77.69	78.76	79.60	79.32	79.36
102	82.15	83.48	84.27	84.58	83.98	78.23	79.12	80.00	79.95	79.77
153	83.10	84.22	84.96	84.78	84.39	78.41	79.72	80.13	80.42	79.23
204	83.61	84.65	85.11	85.12	84.55	79.17	79.73	80.65	80.61	79.61
255	83.93	84.75	85.37	85.22	84.49	79.52	80.25	80.88	80.13	79.80
306	84.26	84.89	85.35	85.05	84.20	79.34	80.45	80.08	80.20	79.70
357	84.16	84.80	85.13	84.68	83.78	79.50	80.31	80.08	80.05	79.42
408	83.84	84.53	84.75	84.21	83.29	79.46	79.29	79.87	79.74	78.90
459	83.58	84.16	84.26	83.69	82.74	79.22	79.12	77.89	79.36	78.55
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]						Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	81.26	84.78	88.32	91.20	93.44	90.95	95.42	99.35	103.58	105.84
51	82.17	85.78	89.35	92.06	94.70	92.10	96.59	101.18	103.96	107.78
102	83.07	86.81	90.24	93.34	95.49	93.46	97.78	102.49	105.86	109.42
153	84.51	88.13	91.58	94.17	96.63	94.27	99.36	103.38	107.51	109.05
204	85.53	89.12	92.33	95.20	97.47	96.02	99.94	104.97	108.69	110.59
255	86.35	89.77	93.21	95.93	98.03	97.26	101.56	106.15	108.48	111.84
306	87.21	90.47	93.77	96.33	98.28	97.55	102.56	105.42	109.43	112.55
357	87.61	90.92	94.09	96.48	98.35	98.43	103.04	106.15	110.00	112.88
408	87.78	91.16	94.22	96.48	98.33	99.05	102.01	106.64	110.25	112.63
459	88.02	91.29	94.21	96.42	98.21	99.36	102.43	104.31	110.37	112.76

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 10b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b		6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]					Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	43.69	43.16	41.95	40.61	39.23		34.55	34.23	33.81	33.22	32.48		
51	42.68	41.90	40.88	39.58	38.15		33.93	33.59	33.18	32.59	31.87		
102	41.68	40.86	39.73	38.50	37.21		33.29	32.97	32.57	31.98	31.25		
153	40.76	39.72	38.76	37.53	36.24		32.70	32.39	31.98	31.39	30.64		
204	39.79	38.76	37.69	36.54	35.27		32.12	31.81	31.38	30.79	29.95		
255	38.82	37.81	36.75	35.55	34.40		31.55	31.21	30.78	30.15	29.36		
306	37.74	36.75	35.75	34.58	33.50		30.95	30.59	30.15	29.52	28.69		
357	36.59	35.71	34.75	33.72	32.60		30.32	29.96	29.51	28.85	28.06		
408	35.73	34.81	33.83	32.81	31.72		29.68	29.31	28.87	28.19	27.44		
459	34.72	33.85	32.93	31.94	30.92		29.04	28.68	28.24	27.54	26.84		
Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]					Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	91.70	100.70	107.00	112.68	117.84		91.18	100.16	109.99	119.55	128.38		
51	94.78	102.76	110.21	115.97	120.28		94.33	103.72	114.27	124.33	133.63		
102	97.89	105.89	112.55	118.58	123.78		97.41	107.49	118.73	129.26	138.61		
153	101.43	108.13	116.01	121.81	126.52		100.89	111.70	123.53	134.59	143.85		
204	104.56	111.42	118.31	124.51	128.76		104.52	115.97	128.31	139.76	146.86		
255	107.57	114.57	121.47	126.54	131.78		108.20	120.13	132.86	143.96	151.79		
306	109.42	116.36	123.41	128.33	133.79		111.62	123.80	136.81	147.99	154.24		
357	110.20	117.79	124.89	130.94	135.20		114.47	126.93	140.20	150.52	156.99		
408	113.18	120.25	126.66	132.28	136.02		116.94	129.63	143.12	152.27	159.44		
459	114.30	121.44	128.14	133.47	137.49		119.15	132.06	145.74	153.83	161.46		
Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]					Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	67.21	70.14	71.33	71.97	72.16		59.74	62.08	64.29	65.86	66.85		
51	68.21	70.51	72.05	72.59	72.40		60.58	62.92	65.18	66.71	67.65		
102	69.18	71.29	72.38	72.89	72.92		61.33	63.78	66.04	67.47	68.28		
153	70.32	71.60	73.08	73.39	73.15		62.19	64.70	66.88	68.28	68.86		
204	71.11	72.35	73.28	73.64	73.18		63.04	65.54	67.61	68.94	68.90		
255	71.83	72.98	73.73	73.65	73.46		63.86	66.26	68.24	69.30	69.28		
306	71.96	72.97	73.74	73.54	73.37		64.47	66.78	68.64	69.53	69.16		
357	72.67	72.85	73.55	73.63	73.06		64.88	67.07	68.83	69.40	69.02		
408	72.17	73.05	73.43	73.36	72.61		65.12	67.20	68.87	69.17	68.86		
459	71.94	72.80	73.24	73.01	72.33		65.23	67.23	68.85	68.85	68.62		
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]					Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	88.16	96.26	101.78	106.67	111.02		85.38	93.02	101.23	109.03	116.05		
51	90.48	97.53	103.99	108.87	112.40		87.65	95.51	104.16	112.20	119.42		
102	92.77	99.73	105.38	110.40	114.62		89.80	98.09	107.13	115.35	122.43		
153	95.37	101.06	107.67	112.39	116.11		92.20	100.94	110.26	118.69	125.51		
204	97.54	103.26	108.90	113.87	117.13		94.67	103.74	113.24	121.75	126.78		
255	99.53	105.26	110.80	114.73	118.74		97.08	106.34	115.92	123.96	129.38		
306	100.47	106.06	111.63	115.37	119.46		99.20	108.46	118.04	125.94	130.09		
357	100.49	106.53	112.04	116.61	119.68		100.80	110.09	119.64	126.75	130.95		
408	102.30	107.80	112.67	116.81	119.42		102.06	111.34	120.85	126.97	131.56		
459	102.56	108.02	113.03	116.87	119.65		103.07	112.33	121.77	127.04	131.84		

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 11a      2250 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 11a      4500 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]						Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	57.67	55.46	53.41	51.45	49.52	42.55	42.13	0.00	40.38	39.32
51	55.53	53.35	51.46	49.64	47.92	41.60	41.18	0.00	39.41	38.39
102	53.45	51.59	49.82	48.07	46.34	40.65	40.26	0.00	38.42	37.40
153	51.67	49.89	48.17	46.50	44.98	39.79	39.21	0.00	37.48	36.56
204	49.87	48.24	46.66	45.07	43.54	38.95	38.31	0.00	36.52	35.62
255	48.32	46.74	45.15	43.71	42.36	38.16	37.42	0.00	35.71	34.84
306	46.72	45.26	43.82	42.40	41.16	37.31	36.48	0.00	34.86	34.00
357	45.31	43.87	42.42	41.23	40.03	36.34	35.68	0.00	34.07	33.27
408	43.89	42.57	41.29	40.09	38.92	35.55	34.78	0.00	33.28	32.55
459	42.61	41.29	40.13	39.01	37.91	34.67	34.05	0.00	32.56	31.85
Nutzungsgrad NGen-fos [%]						Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	89.34	94.35	99.96	106.03	112.34	89.17	98.44	0.00	116.05	125.10
51	91.36	96.20	102.10	108.44	115.51	92.33	102.14	0.00	120.42	130.03
102	93.23	98.89	105.06	111.59	118.37	95.51	106.10	0.00	124.32	134.01
153	95.67	101.48	107.70	114.35	122.20	99.18	109.08	0.00	128.61	139.62
204	97.74	103.94	110.63	117.56	125.01	103.03	112.94	0.00	132.33	143.71
255	100.44	106.72	113.20	120.82	129.47	107.28	116.95	0.00	137.79	149.87
306	102.61	109.27	116.42	124.01	133.52	111.08	120.14	0.00	142.44	154.67
357	105.31	111.94	118.74	127.94	137.83	113.72	124.72	0.00	147.72	161.65
408	107.69	114.84	122.66	131.79	141.83	117.79	127.85	0.00	152.81	168.50
459	110.42	117.37	126.05	135.90	146.72	120.69	132.94	0.00	158.98	175.85
Nutzungsgrad NGen-loB [%]						Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	74.14	75.48	76.88	78.18	79.27	65.03	68.09	0.00	72.13	73.49
51	74.77	75.88	77.33	78.67	79.98	66.11	69.19	0.00	73.03	74.32
102	75.26	76.76	78.19	79.45	80.48	67.07	70.32	0.00	73.66	74.85
153	76.06	77.50	78.80	79.98	81.32	68.25	70.94	0.00	74.39	75.76
204	76.57	78.10	79.51	80.66	81.67	69.39	71.84	0.00	74.82	76.18
255	77.42	78.83	79.98	81.30	82.63	70.62	72.72	0.00	75.69	77.05
306	77.88	79.38	80.71	81.84	83.32	71.55	73.18	0.00	76.30	77.47
357	78.61	79.89	80.93	82.59	83.99	71.93	74.03	0.00	76.95	78.34
408	79.07	80.51	81.83	83.24	84.50	72.81	74.38	0.00	77.51	79.02
459	79.69	80.87	82.40	83.90	85.21	73.17	75.25	0.00	78.25	79.72
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]						Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	87.62	92.26	97.40	102.87	108.32	85.21	93.44	0.00	108.58	115.92
51	89.06	93.46	98.80	104.43	110.47	87.59	96.17	0.00	111.59	119.22
102	90.31	95.41	100.92	106.61	112.27	89.92	99.04	0.00	114.09	121.59
153	92.05	97.21	102.66	108.37	114.84	92.62	100.97	0.00	116.81	125.16
204	93.40	98.82	104.60	110.46	116.44	95.37	103.57	0.00	118.95	127.38
255	95.27	100.68	106.16	112.51	119.37	98.38	106.20	0.00	122.36	131.07
306	96.61	102.26	108.22	114.41	121.83	100.90	108.07	0.00	124.99	133.56
357	98.37	103.89	109.44	116.86	124.40	102.39	110.95	0.00	127.98	137.50
408	99.79	105.67	111.94	119.13	126.60	104.96	112.60	0.00	130.66	141.12
459	101.47	107.05	113.91	121.51	129.39	106.52	115.66	0.00	133.97	144.87

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 11a						6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b					2250 m <sup>2</sup> ST									
Nutzungsgrad NGen-PE [%]											Nutzungsgrad NGen-PE [%]														
PV/WKA [kW]	0					115					230					345					460				
0	33.63	33.38	33.08	32.73	32.36						59.17	56.94	54.67	52.32	50.56										
51	33.05	32.78	32.50	32.15	31.80						57.06	54.67	52.72	50.67	48.57										
102	32.45	32.20	31.92	31.60	31.21						54.87	52.84	50.74	49.04	47.18										
153	31.90	31.65	31.39	31.07	30.52						52.86	51.04	49.19	47.27	45.83										
204	31.36	31.12	30.86	30.55	29.87						51.13	49.23	47.32	45.93	44.47										
255	30.84	30.60	30.35	30.01	29.25						49.26	47.35	46.01	44.56	43.17										
306	30.33	30.10	29.84	29.42	28.66						47.78	46.02	44.66	43.27	41.93										
357	29.82	29.60	29.35	28.68	27.95						45.98	44.71	43.36	42.04	40.75										
408	29.33	29.11	28.82	28.10	27.40						44.72	43.40	42.12	40.88	39.70										
459	28.85	28.63	28.24	27.54	26.87						43.48	42.14	40.94	39.76	38.65										
Nutzungsgrad NGen-fos [%]											Nutzungsgrad NGen-fos [%]														
PV/WKA [kW]	0					115					230					345					460				
0	88.48	97.69	108.44	121.06	136.52						91.67	96.94	102.14	106.89	114.04										
51	91.67	101.38	113.06	126.79	143.91						94.02	98.55	104.49	110.12	115.21										
102	94.84	105.28	117.93	133.03	151.13						95.77	101.17	106.21	113.09	119.17										
153	98.43	109.70	123.51	140.13	155.50						97.68	103.55	109.44	114.83	123.18										
204	102.23	114.43	129.49	147.79	160.79						100.18	105.48	110.56	118.58	126.70										
255	106.39	119.61	136.07	155.56	166.30						101.74	106.46	114.29	121.88	130.37										
306	110.81	125.10	143.13	161.69	172.43						104.60	109.82	117.49	125.38	134.06										
357	115.43	130.98	150.78	162.89	173.47						105.46	113.05	120.68	128.94	137.82										
408	120.33	137.34	157.73	168.29	179.71						108.71	115.97	123.93	132.70	142.68										
459	125.69	144.23	163.22	173.91	186.42						111.81	118.79	127.22	136.46	147.14										
Nutzungsgrad NGen-loB [%]											Nutzungsgrad NGen-loB [%]														
PV/WKA [kW]	0					115					230					345					460				
0	57.73	60.11	62.58	65.05	67.64						76.64	78.14	79.27	79.83	81.38										
51	58.58	60.95	63.55	66.17	68.76						77.49	78.39	79.82	80.72	81.13										
102	59.35	61.90	64.58	67.21	69.69						77.93	79.20	79.97	81.43	82.14										
153	60.25	62.84	65.58	68.33	70.01						78.35	79.79	80.89	81.50	83.05										
204	61.14	63.80	66.64	69.45	70.39						79.06	80.11	80.72	82.45	83.69										
255	62.04	64.81	67.70	70.41	70.74						79.32	79.92	81.76	83.07	84.32										
306	62.95	65.76	68.77	70.91	71.08						80.15	80.88	82.46	83.73	84.91										
357	63.87	66.74	69.87	70.54	70.67						79.85	81.69	83.13	84.34	85.44										
408	64.86	67.84	70.65	70.85	70.95						80.80	82.32	83.72	84.92	86.23										
459	65.77	68.79	71.00	71.11	71.26						81.61	82.85	84.20	85.51	86.67										
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]											Nutzungsgrad NGen-Bau [%]														
PV/WKA [kW]	0					115					230					345					460				
0	82.38	90.14	98.98	109.07	120.88						90.30	95.22	100.00	104.27	110.58										
51	84.68	92.71	102.14	112.87	125.60						92.04	96.18	101.61	106.62	110.90										
102	86.88	95.37	105.39	116.91	129.97						93.17	98.07	102.57	108.65	113.74										
153	89.37	98.36	109.04	121.40	132.04						94.41	99.67	104.88	109.50	116.52										
204	91.95	101.47	112.85	126.08	134.65						96.16	100.82	105.20	112.11	118.76										
255	94.71	104.81	116.92	130.57	137.26						97.00	101.06	107.83	114.23	121.06										
306	97.58	108.24	121.13	133.70	140.13						98.98	103.41	109.91	116.43	123.26										
357	100.49	111.80	125.53	133.35	139.54						99.12	105.56	111.89	118.60	125.43										
408	103.49	115.53	129.22	135.75	142.23						101.34	107.37	113.85	120.84	128.39										
459	106.69	119.43	131.74	138.12	145.02						103.35	109.03	115.76	122.99	130.90										

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 11b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b		6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]					Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	43.68	42.95	41.83	40.72	39.66		34.55	34.28	33.97	33.61	33.10		
51	42.70	41.72	40.79	39.75	38.72		33.95	33.67	33.38	33.02	32.47		
102	41.73	40.71	39.69	38.69	37.72		33.33	33.06	32.78	32.42	31.86		
153	40.58	39.60	38.78	37.81	36.87		32.76	32.51	32.23	31.83	31.20		
204	39.63	38.69	37.85	36.86	35.96		32.20	31.96	31.69	31.23	30.62		
255	38.70	37.80	36.92	36.03	35.17		31.67	31.43	31.16	30.58	29.99		
306	37.70	36.84	36.07	35.19	34.32		31.14	30.90	30.60	30.03	29.44		
357	36.86	36.04	35.22	34.40	33.59		30.63	30.39	29.97	29.41	28.84		
408	35.93	35.23	34.42	33.61	32.87		30.12	29.89	29.44	28.88	28.34		
459	35.17	34.41	33.64	32.89	32.19		29.60	29.37	28.85	28.32	27.84		
Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]					Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	91.65	99.55	106.23	113.56	121.77		91.16	100.64	111.76	124.86	138.63		
51	94.90	101.68	109.55	117.47	126.16		94.47	104.44	116.57	130.81	144.82		
102	98.17	104.88	112.26	120.38	129.62		97.72	108.46	121.59	136.74	151.65		
153	100.33	107.23	116.21	124.85	134.57		101.44	113.07	127.40	143.10	156.99		
204	103.46	110.81	119.88	128.29	138.44		105.36	117.97	133.60	149.36	164.49		
255	106.67	114.51	123.33	132.95	143.84		109.64	123.34	140.44	154.37	170.31		
306	109.10	117.23	127.30	137.16	147.94		114.19	129.02	146.73	161.66	178.74		
357	112.67	121.42	131.08	141.94	154.06		119.02	135.20	151.44	167.08	185.20		
408	115.26	125.32	135.36	146.29	160.05		124.16	141.79	158.32	174.97	195.44		
459	119.24	128.87	139.59	151.75	166.63		129.10	148.18	163.76	181.62	205.73		
Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]					Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	67.23	69.65	70.99	72.34	73.60		59.62	62.15	64.74	67.28	69.36		
51	68.35	70.04	71.80	73.15	74.42		60.54	63.05	65.78	68.30	70.19		
102	69.37	70.87	72.26	73.56	74.87		61.37	63.97	66.72	69.31	70.97		
153	69.80	71.26	73.15	74.44	75.71		62.29	64.97	67.85	70.18	71.40		
204	70.65	72.11	73.85	74.89	76.13		63.23	65.96	68.93	70.92	72.19		
255	71.46	72.96	74.37	75.70	76.94		64.18	67.07	70.01	71.32	72.56		
306	71.86	73.33	75.07	76.20	77.29		65.14	68.02	70.74	72.08	73.29		
357	72.66	74.16	75.54	76.89	78.12		66.16	69.09	71.18	72.44	73.63		
408	73.03	74.81	76.19	77.38	78.81		67.12	70.08	71.89	73.11	74.42		
459	73.83	75.31	76.70	78.04	79.51		67.95	70.92	72.27	73.53	75.12		
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]					Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	88.11	95.20	101.06	107.37	114.17		85.36	93.43	102.71	113.33	123.95		
51	90.60	96.56	103.39	110.10	117.15		87.77	96.12	106.04	117.34	127.84		
102	93.02	98.83	105.11	111.85	119.23		90.06	98.90	109.43	121.16	132.02		
153	94.40	100.27	107.82	114.87	122.44		92.66	102.05	113.30	125.14	134.89		
204	96.57	102.72	110.20	116.91	124.65		95.35	105.32	117.29	128.85	139.16		
255	98.75	105.19	112.30	119.86	127.96		98.23	108.83	121.59	131.46	142.02		
306	100.19	106.76	114.75	122.32	130.12		101.22	112.43	125.28	135.54	146.46		
357	102.52	109.47	116.93	125.10	133.69		104.30	116.23	127.66	138.11	149.34		
408	103.98	111.83	119.42	127.43	136.98		107.50	120.15	131.41	142.16	154.41		
459	106.49	113.83	121.75	130.47	140.52		110.40	123.74	133.99	145.18	159.15		

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 3a		0 m² ST					Simulationsvar. 3a		2250 m² ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		76.73	73.76	70.85	68.05	65.38		64.33	62.32	60.41	58.53	56.69	
51		74.56	71.71	68.92	66.22	63.68		62.87	60.95	59.11	57.28	55.50	
102		72.46	69.71	67.03	64.46	62.03		61.48	59.63	57.85	56.08	54.36	
153		70.39	67.75	65.18	62.73	60.41		60.14	58.36	56.62	54.91	53.23	
204		68.36	65.84	63.39	61.06	58.85		58.84	57.11	55.42	53.75	52.12	
255		66.42	64.01	61.68	59.45	57.35		57.56	55.87	54.22	52.60	51.02	
306		64.55	62.26	60.03	57.92	55.92		56.26	54.62	53.02	51.46	49.94	
357		62.76	60.58	58.46	56.45	54.54		54.98	53.39	51.85	50.34	48.88	
408		61.06	58.97	56.96	55.04	53.23		53.72	52.19	50.70	49.25	47.85	
459		59.43	57.45	55.53	53.70	51.97		52.50	51.03	49.60	48.20	46.85	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		76.73	77.49	78.08	78.51	78.84		80.47	81.46	82.44	83.26	83.94	
51		77.25	77.97	78.50	78.89	79.20		81.15	82.16	83.13	83.92	84.58	
102		77.71	78.37	78.86	79.21	79.50		81.85	82.86	83.81	84.57	85.20	
153		78.07	78.68	79.13	79.45	79.72		82.55	83.56	84.46	85.19	85.76	
204		78.35	78.92	79.34	79.64	79.89		83.24	84.21	85.05	85.73	86.25	
255		78.59	79.12	79.51	79.80	80.04		83.85	84.75	85.54	86.16	86.65	
306		78.77	79.28	79.65	79.93	80.15		84.31	85.16	85.90	86.49	86.96	
357		78.93	79.41	79.76	80.03	80.25		84.67	85.48	86.19	86.75	87.20	
408		79.06	79.52	79.86	80.12	80.33		84.97	85.75	86.42	86.96	87.39	
459		79.17	79.62	79.95	80.20	80.40		85.22	85.97	86.62	87.15	87.56	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		76.73	76.43	75.94	75.32	74.61		73.58	73.43	73.25	72.92	72.49	
51		76.85	76.49	75.96	75.29	74.55		73.79	73.63	73.43	73.07	72.61	
102		76.91	76.49	75.90	75.20	74.44		73.99	73.83	73.59	73.20	72.70	
153		76.86	76.38	75.76	75.03	74.26		74.19	74.00	73.72	73.29	72.75	
204		76.73	76.22	75.56	74.82	74.04		74.37	74.14	73.80	73.33	72.75	
255		76.56	76.01	75.34	74.58	73.80		74.48	74.19	73.80	73.29	72.68	
306		76.34	75.77	75.08	74.32	73.53		74.47	74.13	73.70	73.16	72.53	
357		76.09	75.51	74.80	74.04	73.25		74.38	74.01	73.55	72.98	72.35	
408		75.82	75.22	74.51	73.75	72.96		74.23	73.83	73.35	72.78	72.13	
459		75.54	74.93	74.21	73.45	72.66		74.05	73.63	73.14	72.55	71.89	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		76.73	77.43	77.95	78.31	78.58		79.79	80.70	81.59	82.32	82.91	
51		77.06	77.70	78.17	78.49	78.73		80.26	81.17	82.05	82.74	83.31	
102		77.32	77.91	78.32	78.61	78.82		80.73	81.64	82.49	83.15	83.68	
153		77.48	78.01	78.39	78.64	78.83		81.19	82.10	82.90	83.52	83.99	
204		77.56	78.05	78.39	78.63	78.80		81.64	82.50	83.24	83.81	84.23	
255		77.59	78.05	78.36	78.58	78.74		82.01	82.80	83.47	83.99	84.38	
306		77.58	78.01	78.29	78.50	78.65		82.23	82.97	83.59	84.07	84.44	
357		77.53	77.93	78.21	78.40	78.54		82.35	83.05	83.63	84.09	84.43	
408		77.46	77.84	78.10	78.28	78.42		82.41	83.07	83.63	84.06	84.38	
459		77.38	77.74	77.98	78.16	78.29		82.43	83.05	83.59	84.00	84.31	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 3a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 3a		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		55.46	54.05	52.70	51.33	49.97		48.90	47.90	46.90	45.87	44.82	
51		54.42	53.06	51.74	50.41	49.08		48.11	47.14	46.16	45.15	44.12	
102		53.41	52.10	50.81	49.51	48.21		47.34	46.39	45.44	44.44	43.43	
153		52.44	51.16	49.90	48.63	47.36		46.59	45.67	44.72	43.74	42.75	
204		51.49	50.24	49.00	47.75	46.51		45.86	44.95	44.01	43.04	42.06	
255		50.55	49.32	48.10	46.87	45.66		45.13	44.23	43.29	42.34	41.38	
306		49.59	48.38	47.18	45.99	44.81		44.37	43.48	42.56	41.62	40.69	
357		48.62	47.43	46.27	45.11	43.97		43.61	42.72	41.82	40.91	40.00	
408		47.66	46.50	45.37	44.25	43.14		42.84	41.97	41.09	40.21	39.32	
459		46.71	45.59	44.50	43.41	42.34		42.08	41.24	40.38	39.52	38.66	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		84.77	86.10	87.43	88.57	89.54		90.10	91.96	93.76	95.30	96.61	
51		85.64	87.00	88.32	89.44	90.38		91.16	93.06	94.87	96.38	97.67	
102		86.53	87.90	89.21	90.30	91.20		92.24	94.18	95.96	97.46	98.70	
153		87.43	88.81	90.07	91.12	91.97		93.34	95.29	97.04	98.49	99.66	
204		88.33	89.67	90.88	91.86	92.66		94.44	96.36	98.04	99.42	100.53	
255		89.15	90.43	91.56	92.49	93.23		95.46	97.30	98.90	100.21	101.27	
306		89.80	91.01	92.08	92.96	93.67		96.27	98.04	99.56	100.81	101.83	
357		90.32	91.47	92.49	93.33	94.02		96.91	98.62	100.08	101.30	102.28	
408		90.74	91.85	92.83	93.64	94.30		97.43	99.09	100.51	101.69	102.65	
459		91.09	92.16	93.11	93.90	94.54		97.87	99.49	100.88	102.03	102.96	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		71.64	71.66	71.64	71.47	71.18		69.96	70.17	70.31	70.28	70.09	
51		71.92	71.93	71.89	71.69	71.37		70.26	70.48	70.60	70.53	70.32	
102		72.19	72.19	72.12	71.89	71.53		70.56	70.78	70.87	70.76	70.51	
153		72.46	72.44	72.33	72.06	71.65		70.86	71.06	71.11	70.96	70.66	
204		72.71	72.66	72.49	72.17	71.72		71.15	71.31	71.30	71.11	70.76	
255		72.91	72.80	72.57	72.20	71.72		71.38	71.48	71.41	71.17	70.78	
306		72.99	72.82	72.54	72.14	71.63		71.49	71.53	71.41	71.13	70.72	
357		72.96	72.75	72.44	72.01	71.48		71.49	71.49	71.33	71.03	70.60	
408		72.88	72.63	72.29	71.84	71.30		71.43	71.39	71.20	70.88	70.44	
459		72.75	72.47	72.11	71.65	71.10		71.33	71.25	71.05	70.71	70.25	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		83.04	84.24	85.43	86.44	87.28		86.92	88.56	90.14	91.48	92.59	
51		83.65	84.86	86.04	87.02	87.83		87.66	89.32	90.90	92.20	93.28	
102		84.26	85.48	86.64	87.58	88.35		88.40	90.09	91.63	92.90	93.93	
153		84.88	86.10	87.20	88.10	88.81		89.15	90.84	92.33	93.55	94.51	
204		85.49	86.66	87.70	88.54	89.19		89.89	91.53	92.96	94.10	95.00	
255		86.01	87.12	88.09	88.86	89.46		90.54	92.11	93.44	94.52	95.36	
306		86.38	87.41	88.32	89.04	89.60		91.00	92.48	93.74	94.76	95.56	
357		86.61	87.59	88.44	89.12	89.66		91.30	92.72	93.92	94.89	95.66	
408		86.75	87.68	88.49	89.14	89.65		91.49	92.85	94.01	94.94	95.68	
459		86.82	87.71	88.49	89.12	89.61		91.60	92.92	94.04	94.94	95.65	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 3b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 3b		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		75.54	72.57	69.71	66.99	64.42		64.55	62.48	60.53	58.62	56.77	
51		73.35	70.52	67.79	65.20	62.75		63.04	61.07	59.19	57.35	55.57	
102		71.26	68.55	65.95	63.47	61.14		61.61	59.72	57.91	56.13	54.41	
153		69.25	66.66	64.17	61.81	59.59		60.23	58.42	56.67	54.95	53.27	
204		67.30	64.83	62.46	60.21	58.09		58.91	57.16	55.46	53.79	52.17	
255		65.44	63.08	60.82	58.68	56.66		57.62	55.92	54.26	52.64	51.08	
306		63.65	61.41	59.25	57.21	55.28		56.33	54.67	53.07	51.51	50.00	
357		61.95	59.80	57.75	55.80	53.96		55.05	53.45	51.90	50.40	48.95	
408		60.31	58.27	56.31	54.46	52.70		53.80	52.26	50.77	49.33	47.94	
459		58.76	56.81	54.94	53.17	51.49		52.60	51.12	49.68	48.29	46.95	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		75.54	76.07	76.49	76.79	77.03		80.27	81.07	81.86	82.51	83.05	
51		75.88	76.38	76.77	77.05	77.27		80.81	81.62	82.40	83.03	83.56	
102		76.19	76.66	77.01	77.27	77.48		81.36	82.18	82.94	83.55	84.05	
153		76.45	76.89	77.21	77.45	77.64		81.91	82.73	83.46	84.04	84.50	
204		76.66	77.07	77.37	77.59	77.77		82.47	83.26	83.94	84.47	84.89	
255		76.84	77.23	77.50	77.71	77.88		82.97	83.70	84.33	84.82	85.21	
306		76.99	77.35	77.61	77.81	77.97		83.35	84.03	84.62	85.08	85.45	
357		77.12	77.46	77.70	77.89	78.04		83.64	84.29	84.84	85.28	85.63	
408		77.22	77.54	77.77	77.95	78.10		83.87	84.49	85.03	85.45	85.78	
459		77.30	77.61	77.84	78.01	78.15		84.07	84.67	85.18	85.59	85.91	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		75.54	75.07	74.49	73.82	73.09		73.64	73.35	73.06	72.64	72.14	
51		75.50	75.00	74.39	73.69	72.96		73.74	73.45	73.14	72.70	72.18	
102		75.44	74.90	74.26	73.54	72.79		73.83	73.55	73.21	72.74	72.20	
153		75.32	74.75	74.08	73.35	72.58		73.93	73.63	73.26	72.77	72.18	
204		75.15	74.56	73.87	73.12	72.35		74.02	73.69	73.27	72.74	72.13	
255		74.95	74.34	73.63	72.88	72.10		74.06	73.68	73.22	72.65	72.02	
306		74.73	74.09	73.38	72.62	71.84		74.00	73.58	73.08	72.49	71.85	
357		74.48	73.83	73.10	72.34	71.56		73.87	73.42	72.90	72.30	71.64	
408		74.21	73.55	72.82	72.06	71.28		73.70	73.22	72.69	72.07	71.41	
459		73.93	73.26	72.53	71.76	70.99		73.49	73.00	72.45	71.83	71.16	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		75.54	76.01	76.37	76.61	76.79		79.73	80.45	81.16	81.73	82.19	
51		75.70	76.14	76.46	76.68	76.84		80.06	80.79	81.49	82.03	82.47	
102		75.82	76.23	76.52	76.71	76.85		80.39	81.12	81.80	82.32	82.73	
153		75.90	76.27	76.52	76.70	76.82		80.73	81.45	82.09	82.58	82.95	
204		75.92	76.27	76.50	76.65	76.76		81.06	81.75	82.34	82.78	83.11	
255		75.92	76.23	76.44	76.58	76.68		81.33	81.97	82.50	82.90	83.19	
306		75.88	76.17	76.36	76.49	76.58		81.48	82.07	82.56	82.92	83.20	
357		75.82	76.09	76.26	76.38	76.46		81.55	82.10	82.55	82.90	83.15	
408		75.73	75.98	76.15	76.26	76.33		81.56	82.08	82.51	82.83	83.08	
459		75.64	75.87	76.02	76.13	76.20		81.54	82.03	82.44	82.75	82.98	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 3b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 3b		6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]					Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	56.04	54.60	53.23	51.85	50.48		49.39	48.33	47.31	46.27	45.20		
51	55.01	53.62	52.29	50.94	49.60		48.61	47.59	46.59	45.56	44.52		
102	54.01	52.68	51.37	50.05	48.75		47.86	46.86	45.88	44.87	43.85		
153	53.05	51.76	50.48	49.18	47.90		47.13	46.16	45.18	44.19	43.18		
204	52.12	50.85	49.58	48.31	47.05		46.41	45.45	44.49	43.50	42.51		
255	51.19	49.93	48.68	47.44	46.21		45.69	44.74	43.78	42.81	41.83		
306	50.22	48.99	47.77	46.55	45.36		44.95	44.00	43.05	42.10	41.15		
357	49.25	48.04	46.85	45.67	44.52		44.18	43.25	42.32	41.39	40.46		
408	48.29	47.11	45.96	44.81	43.69		43.42	42.51	41.60	40.69	39.79		
459	47.34	46.20	45.08	43.97	42.89		42.66	41.77	40.89	40.01	39.13		
Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]					Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	84.90	86.12	87.34	88.39	89.26		89.72	91.31	92.90	94.28	95.43		
51	85.77	87.02	88.24	89.25	90.10		90.78	92.40	94.01	95.35	96.48		
102	86.66	87.93	89.12	90.11	90.92		91.86	93.51	95.10	96.41	97.50		
153	87.56	88.83	89.99	90.93	91.67		92.96	94.62	96.17	97.43	98.45		
204	88.46	89.70	90.78	91.66	92.35		94.06	95.70	97.17	98.36	99.31		
255	89.28	90.44	91.45	92.26	92.90		95.09	96.66	98.03	99.15	100.04		
306	89.92	91.01	91.95	92.71	93.32		95.92	97.40	98.69	99.75	100.61		
357	90.41	91.44	92.34	93.07	93.65		96.56	97.97	99.21	100.23	101.05		
408	90.80	91.79	92.65	93.35	93.91		97.08	98.44	99.63	100.62	101.41		
459	91.14	92.09	92.92	93.60	94.13		97.52	98.83	99.99	100.94	101.72		
Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]					Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	72.19	72.15	72.08	71.88	71.55		70.46	70.55	70.62	70.53	70.30		
51	72.48	72.43	72.35	72.11	71.75		70.79	70.87	70.92	70.80	70.54		
102	72.76	72.71	72.60	72.32	71.93		71.11	71.19	71.21	71.05	70.75		
153	73.04	72.98	72.82	72.50	72.05		71.42	71.50	71.47	71.27	70.92		
204	73.31	73.21	72.98	72.62	72.13		71.73	71.77	71.68	71.43	71.03		
255	73.52	73.35	73.06	72.65	72.12		71.99	71.97	71.81	71.50	71.07		
306	73.59	73.37	73.03	72.58	72.03		72.12	72.03	71.83	71.48	71.02		
357	73.56	73.29	72.93	72.45	71.88		72.14	72.01	71.76	71.39	70.91		
408	73.47	73.17	72.77	72.28	71.70		72.09	71.92	71.64	71.25	70.76		
459	73.33	73.01	72.59	72.08	71.49		71.99	71.79	71.49	71.08	70.58		
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]					Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	83.54	84.65	85.75	86.67	87.44		87.05	88.46	89.88	91.07	92.06		
51	84.16	85.28	86.37	87.27	88.00		87.81	89.23	90.65	91.81	92.76		
102	84.78	85.92	86.98	87.84	88.53		88.56	90.01	91.40	92.52	93.43		
153	85.42	86.55	87.56	88.37	88.99		89.33	90.78	92.11	93.18	94.02		
204	86.03	87.12	88.06	88.80	89.37		90.09	91.50	92.76	93.75	94.52		
255	86.57	87.58	88.44	89.12	89.64		90.77	92.11	93.27	94.18	94.90		
306	86.93	87.86	88.66	89.29	89.77		91.26	92.51	93.59	94.44	95.12		
357	87.14	88.02	88.77	89.36	89.81		91.58	92.75	93.77	94.59	95.22		
408	87.27	88.10	88.81	89.37	89.80		91.78	92.90	93.87	94.65	95.26		
459	87.34	88.13	88.81	89.34	89.75		91.90	92.97	93.91	94.65	95.24		

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 4a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4a		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		65.15	61.43	57.87	54.49	51.36		48.57	46.68	44.89	43.10	41.34	
51		62.40	58.91	55.55	52.37	49.44		47.11	45.32	43.61	41.89	40.20	
102		59.79	56.49	53.31	50.34	47.60		45.72	44.02	42.38	40.73	39.10	
153		57.22	54.11	51.14	48.37	45.82		44.40	42.79	41.20	39.60	38.02	
204		54.75	51.85	49.09	46.51	44.13		43.14	41.58	40.03	38.49	36.97	
255		52.43	49.72	47.15	44.75	42.53		41.90	40.38	38.87	37.38	35.93	
306		50.24	47.72	45.32	43.09	41.02		40.64	39.16	37.71	36.29	34.91	
357		48.18	45.84	43.61	41.53	39.59		39.38	37.96	36.58	35.23	33.92	
408		46.27	44.09	42.01	40.07	38.26		38.16	36.81	35.50	34.21	32.97	
459		44.48	42.45	40.51	38.70	37.00		37.00	35.71	34.46	33.24	32.06	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		65.15	66.71	67.99	69.00	69.82		69.24	71.47	73.75	75.79	77.53	
51		66.20	67.71	68.91	69.85	70.62		70.60	72.90	75.22	77.24	78.95	
102		67.17	68.59	69.70	70.58	71.30		71.98	74.37	76.69	78.68	80.34	
153		67.94	69.27	70.31	71.15	71.83		73.42	75.85	78.13	80.05	81.62	
204		68.55	69.82	70.81	71.61	72.26		74.86	77.27	79.45	81.29	82.77	
255		69.07	70.27	71.22	71.98	72.61		76.19	78.49	80.56	82.30	83.73	
306		69.48	70.64	71.55	72.28	72.89		77.22	79.42	81.40	83.08	84.45	
357		69.82	70.94	71.82	72.53	73.11		78.03	80.15	82.06	83.70	85.04	
408		70.11	71.20	72.05	72.74	73.31		78.70	80.75	82.62	84.22	85.53	
459		70.37	71.42	72.25	72.92	73.47		79.27	81.27	83.11	84.67	85.96	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		65.15	65.17	64.86	64.28	63.53		59.91	60.26	60.54	60.58	60.36	
51		65.62	65.55	65.14	64.46	63.65		60.43	60.77	61.03	61.00	60.73	
102		65.99	65.79	65.27	64.53	63.66		60.95	61.29	61.48	61.39	61.05	
153		66.15	65.83	65.23	64.44	63.54		61.47	61.78	61.89	61.72	61.28	
204		66.14	65.75	65.09	64.27	63.34		61.96	62.20	62.20	61.93	61.42	
255		66.04	65.58	64.87	64.02	63.07		62.35	62.46	62.36	62.00	61.44	
306		65.83	65.32	64.59	63.72	62.75		62.51	62.52	62.34	61.93	61.33	
357		65.56	65.02	64.25	63.37	62.40		62.52	62.45	62.21	61.76	61.14	
408		65.25	64.67	63.89	63.00	62.03		62.42	62.30	62.02	61.54	60.89	
459		64.90	64.30	63.51	62.61	61.64		62.26	62.10	61.78	61.28	60.61	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		65.15	66.61	67.80	68.70	69.41		68.26	70.33	72.42	74.27	75.81	
51		65.92	67.32	68.41	69.23	69.88		69.27	71.38	73.49	75.29	76.80	
102		66.59	67.90	68.88	69.64	70.24		70.29	72.45	74.53	76.29	77.72	
153		67.06	68.26	69.17	69.87	70.42		71.33	73.51	75.52	77.20	78.52	
204		67.36	68.49	69.34	70.00	70.52		72.35	74.48	76.38	77.95	79.18	
255		67.57	68.62	69.42	70.04	70.53		73.24	75.25	77.02	78.49	79.64	
306		67.67	68.67	69.42	70.01	70.47		73.84	75.73	77.40	78.79	79.89	
357		67.70	68.65	69.37	69.93	70.37		74.23	76.02	77.61	78.94	80.00	
408		67.67	68.58	69.27	69.81	70.23		74.47	76.19	77.73	79.01	80.03	
459		67.62	68.49	69.15	69.66	70.06		74.62	76.28	77.76	79.00	79.98	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 4a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4a		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		38.57	37.67	0.00	35.61	34.48		32.01	31.53	30.97	30.28	29.52	
51		37.68	36.82	0.00	34.82	33.71		31.42	30.95	30.40	29.72	28.97	
102		36.83	36.00	0.00	34.04	32.97		30.85	30.39	29.84	29.17	28.43	
153		36.02	35.21	0.00	33.29	32.23		30.29	29.84	29.29	28.62	27.89	
204		35.23	34.43	0.00	32.53	31.50		29.75	29.30	28.74	28.08	27.36	
255		34.43	33.64	0.00	31.77	30.77		29.20	28.74	28.18	27.52	26.82	
306		33.61	32.82	0.00	31.00	30.04		28.62	28.16	27.59	26.95	26.27	
357		32.78	32.00	0.00	30.24	29.32		28.03	27.56	27.01	26.38	25.72	
408		31.95	31.20	0.00	29.50	28.61		27.44	26.97	26.43	25.83	25.19	
459		31.15	30.42	0.00	28.78	27.93		26.85	26.39	25.87	25.28	24.66	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		73.32	77.09	0.00	83.81	86.44		78.10	83.38	88.62	93.18	97.11	
51		75.02	78.95	0.00	85.81	88.45		80.19	85.71	91.17	95.82	99.81	
102		76.78	80.88	0.00	87.83	90.44		82.35	88.14	93.78	98.50	102.52	
153		78.62	82.86	0.00	89.79	92.32		84.60	90.65	96.39	101.15	105.13	
204		80.49	84.80	0.00	91.60	94.05		86.91	93.15	98.90	103.64	107.57	
255		82.26	86.52	0.00	93.14	95.52		89.15	95.42	101.12	105.82	109.70	
306		83.69	87.88	0.00	94.36	96.69		91.00	97.25	102.91	107.57	111.42	
357		84.84	88.98	0.00	95.34	97.62		92.51	98.74	104.36	109.00	112.82	
408		85.80	89.88	0.00	96.15	98.40		93.78	99.98	105.58	110.20	114.00	
459		86.61	90.64	0.00	96.85	99.06		94.86	101.05	106.65	111.25	115.02	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		56.10	57.10	0.00	58.20	58.23		53.18	54.50	55.57	56.19	56.44	
51		56.66	57.67	0.00	58.70	58.67		53.75	55.08	56.14	56.71	56.91	
102		57.22	58.24	0.00	59.16	59.07		54.31	55.65	56.69	57.20	57.34	
153		57.79	58.79	0.00	59.57	59.40		54.88	56.22	57.20	57.64	57.70	
204		58.34	59.29	0.00	59.88	59.63		55.44	56.74	57.63	57.99	57.98	
255		58.79	59.65	0.00	60.06	59.74		55.92	57.14	57.92	58.21	58.14	
306		59.06	59.82	0.00	60.08	59.72		56.22	57.35	58.05	58.28	58.17	
357		59.16	59.84	0.00	59.99	59.60		56.37	57.43	58.06	58.24	58.09	
408		59.15	59.77	0.00	59.83	59.42		56.41	57.40	57.99	58.13	57.96	
459		59.07	59.63	0.00	59.62	59.19		56.37	57.31	57.86	57.97	57.77	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		70.61	73.99	0.00	79.89	82.13		73.31	77.81	82.21	85.97	89.13	
51		71.86	75.34	0.00	81.28	83.49		74.79	79.43	83.95	87.72	90.87	
102		73.13	76.71	0.00	82.65	84.80		76.28	81.09	85.68	89.44	92.56	
153		74.44	78.10	0.00	83.93	85.98		77.82	82.77	87.37	91.08	94.11	
204		75.74	79.42	0.00	85.04	86.99		79.37	84.39	88.91	92.54	95.47	
255		76.92	80.50	0.00	85.89	87.75		80.80	85.77	90.18	93.71	96.54	
306		77.78	81.25	0.00	86.44	88.23		81.89	86.76	91.06	94.50	97.26	
357		78.38	81.76	0.00	86.78	88.50		82.67	87.45	91.65	95.02	97.71	
408		78.80	82.08	0.00	86.96	88.63		83.23	87.92	92.05	95.34	97.97	
459		79.08	82.28	0.00	87.04	88.66		83.64	88.25	92.30	95.54	98.10	

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 4b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4b		2250 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]					Nutzungsgrad NGen-PE [%]		Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	64.63	60.86	57.32	54.01	50.97		49.10	47.14	45.30	43.46	41.66		
51	61.83	58.31	55.00	51.90	49.05		47.61	45.76	44.00	42.24	40.52		
102	59.19	55.89	52.78	49.90	47.23		46.20	44.45	42.76	41.07	39.42		
153	56.66	53.57	50.67	47.98	45.49		44.87	43.20	41.57	39.94	38.35		
204	54.26	51.38	48.68	46.17	43.85		43.60	41.99	40.41	38.83	37.30		
255	52.00	49.33	46.81	44.46	42.29		42.36	40.79	39.25	37.74	36.27		
306	49.89	47.39	45.04	42.86	40.83		41.09	39.57	38.09	36.65	35.25		
357	47.91	45.58	43.39	41.35	39.45		39.83	38.37	36.96	35.59	34.26		
408	46.05	43.88	41.83	39.93	38.15		38.61	37.22	35.88	34.57	33.31		
459	44.32	42.29	40.38	38.59	36.93		37.43	36.11	34.84	33.60	32.40		
Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]					Nutzungsgrad NGen-fos [%]		Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	64.63	65.89	66.95	67.80	68.49		69.58	71.60	73.66	75.46	76.98		
51	65.45	66.67	67.67	68.46	69.10		70.85	72.94	75.02	76.80	78.30		
102	66.21	67.36	68.29	69.03	69.63		72.16	74.31	76.38	78.13	79.59		
153	66.84	67.92	68.79	69.50	70.05		73.50	75.70	77.72	79.42	80.79		
204	67.35	68.39	69.22	69.88	70.41		74.87	77.03	78.97	80.58	81.89		
255	67.80	68.79	69.57	70.19	70.70		76.13	78.19	80.02	81.55	82.79		
306	68.17	69.11	69.86	70.45	70.94		77.10	79.06	80.81	82.28	83.48		
357	68.48	69.38	70.10	70.67	71.14		77.86	79.75	81.43	82.86	84.03		
408	68.74	69.61	70.30	70.85	71.31		78.49	80.31	81.95	83.34	84.48		
459	68.96	69.80	70.46	71.00	71.45		79.01	80.79	82.39	83.75	84.86		
Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]					Nutzungsgrad NGen-loB [%]		Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	64.63	64.42	63.99	63.35	62.57		60.49	60.71	60.88	60.80	60.49		
51	64.90	64.62	64.11	63.40	62.57		60.97	61.18	61.31	61.17	60.81		
102	65.10	64.73	64.13	63.36	62.49		61.44	61.65	61.72	61.52	61.10		
153	65.15	64.69	64.04	63.23	62.32		61.91	62.09	62.09	61.82	61.32		
204	65.08	64.57	63.87	63.03	62.10		62.36	62.48	62.38	62.02	61.45		
255	64.95	64.38	63.64	62.77	61.82		62.72	62.72	62.52	62.08	61.47		
306	64.74	64.13	63.36	62.47	61.52		62.87	62.77	62.49	62.00	61.36		
357	64.48	63.84	63.03	62.14	61.18		62.86	62.69	62.35	61.83	61.16		
408	64.17	63.50	62.68	61.78	60.82		62.75	62.53	62.15	61.61	60.92		
459	63.83	63.14	62.31	61.40	60.44		62.57	62.31	61.91	61.34	60.64		
Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]					Nutzungsgrad NGen-Bau [%]		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	64.63	65.80	66.76	67.52	68.11		68.78	70.66	72.55	74.18	75.54		
51	65.18	66.30	67.20	67.88	68.42		69.72	71.64	73.53	75.12	76.44		
102	65.67	66.71	67.52	68.15	68.64		70.67	72.63	74.49	76.03	77.29		
153	66.01	66.97	67.73	68.31	68.75		71.64	73.61	75.41	76.88	78.04		
204	66.24	67.14	67.85	68.39	68.80		72.60	74.52	76.22	77.59	78.67		
255	66.39	67.24	67.89	68.39	68.78		73.45	75.25	76.82	78.10	79.11		
306	66.47	67.27	67.88	68.35	68.71		74.01	75.70	77.17	78.38	79.35		
357	66.49	67.24	67.82	68.26	68.60		74.36	75.96	77.37	78.52	79.44		
408	66.45	67.17	67.71	68.14	68.46		74.58	76.11	77.45	78.57	79.45		
459	66.38	67.07	67.58	67.99	68.29		74.71	76.17	77.47	78.54	79.39		

## Anhang Abschnitt 6.1

Simulationsvar. 4b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4b		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGen-PE [%]							Nutzungsgrad NGen-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		39.07	38.00	36.93	35.82	34.68		32.47	31.91	31.30	30.58	29.80	
51		38.18	37.15	36.12	35.03	33.93		31.87	31.33	30.73	30.02	29.26	
102		37.33	36.34	35.33	34.27	33.19		31.29	30.77	30.18	29.48	28.72	
153		36.51	35.55	34.56	33.52	32.46		30.73	30.22	29.63	28.93	28.19	
204		35.71	34.78	33.80	32.77	31.74		30.18	29.68	29.08	28.39	27.65	
255		34.92	33.99	33.02	32.02	31.02		29.63	29.12	28.51	27.83	27.11	
306		34.10	33.18	32.23	31.26	30.29		29.05	28.53	27.93	27.26	26.56	
357		33.26	32.36	31.44	30.51	29.58		28.45	27.93	27.34	26.69	26.01	
408		32.43	31.56	30.67	29.77	28.88		27.85	27.34	26.77	26.13	25.48	
459		31.62	30.78	29.92	29.06	28.20		27.26	26.76	26.20	25.59	24.95	
		Nutzungsgrad NGen-fos [%]							Nutzungsgrad NGen-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		73.49	76.48	79.48	82.17	84.52		77.99	82.63	87.25	91.25	94.70	
51		75.14	78.25	81.34	84.04	86.39		79.99	84.85	89.65	93.73	97.21	
102		76.85	80.08	83.22	85.92	88.24		82.06	87.16	92.09	96.23	99.72	
153		78.62	81.97	85.09	87.76	89.99		84.22	89.54	94.55	98.69	102.11	
204		80.44	83.82	86.87	89.46	91.62		86.44	91.90	96.89	100.97	104.32	
255		82.17	85.47	88.42	90.92	93.00		88.58	94.04	98.95	102.96	106.24	
306		83.57	86.78	89.63	92.05	94.08		90.35	95.75	100.59	104.54	107.79	
357		84.69	87.82	90.60	92.96	94.95		91.78	97.13	101.91	105.82	109.03	
408		85.61	88.67	91.40	93.72	95.66		92.97	98.27	103.02	106.90	110.07	
459		86.39	89.40	92.08	94.36	96.27		93.98	99.26	103.98	107.83	110.96	
		Nutzungsgrad NGen-loB [%]							Nutzungsgrad NGen-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		56.89	57.50	57.99	58.22	58.19		53.85	54.96	55.86	56.36	56.53	
51		57.44	58.05	58.53	58.70	58.62		54.41	55.53	56.42	56.87	56.99	
102		57.99	58.61	59.04	59.15	59.01		54.96	56.10	56.96	57.35	57.41	
153		58.55	59.15	59.51	59.55	59.33		55.52	56.65	57.45	57.78	57.76	
204		59.10	59.65	59.91	59.86	59.57		56.07	57.16	57.87	58.12	58.02	
255		59.56	60.01	60.17	60.04	59.69		56.55	57.55	58.16	58.32	58.17	
306		59.83	60.18	60.25	60.07	59.67		56.84	57.75	58.28	58.38	58.19	
357		59.93	60.20	60.22	59.98	59.55		56.98	57.82	58.28	58.34	58.11	
408		59.92	60.13	60.10	59.83	59.37		57.01	57.78	58.20	58.22	57.96	
459		59.83	59.99	59.92	59.63	59.15		56.96	57.69	58.06	58.05	57.77	
		Nutzungsgrad NGen-Bau [%]							Nutzungsgrad NGen-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		71.19	73.89	76.56	78.93	80.96		73.70	77.71	81.64	84.99	87.81	
51		72.41	75.18	77.90	80.25	82.25		75.13	79.27	83.30	86.66	89.47	
102		73.66	76.51	79.23	81.54	83.48		76.58	80.87	84.96	88.30	91.07	
153		74.93	77.84	80.52	82.76	84.60		78.08	82.49	86.57	89.86	92.52	
204		76.22	79.12	81.69	83.83	85.57		79.59	84.04	88.04	91.23	93.77	
255		77.39	80.18	82.63	84.66	86.31		80.99	85.37	89.24	92.31	94.76	
306		78.25	80.92	83.25	85.19	86.77		82.04	86.31	90.06	93.03	95.41	
357		78.83	81.40	83.64	85.50	87.02		82.78	86.96	90.60	93.50	95.80	
408		79.23	81.72	83.88	85.68	87.15		83.31	87.39	90.95	93.78	96.02	
459		79.50	81.91	84.01	85.76	87.17		83.68	87.68	91.18	93.94	96.12	

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvarianten 1 bis 8									
Nutzungsgrad NGex-PE [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	21.22	18.94	16.90	15.29	5a	26.19	22.02	19.05	16.83
1b	20.76	18.68	16.70	16.70	5b	26.03	22.09	18.86	18.86
2a	24.69	20.71	17.45	15.10	6a	34.23	24.83	19.64	16.24
2b	24.27	20.55	17.23	14.94	6b	34.34	24.89	19.47	16.20
3a	23.36	20.17	17.78	15.95	7a	22.16	19.45	17.19	15.46
3b	22.51	19.80	17.57	17.57	7b	21.74	19.25	17.04	17.04
4a	29.10	22.69	18.51	15.65	8a	22.68	17.90	14.82	12.63
4b	28.26	22.44	18.34	15.52	8b	22.79	17.95	14.85	12.67
Nutzungsgrad NGex-fos [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	21.22	22.70	23.98	25.52	5a	26.19	27.26	28.57	30.13
1b	20.76	22.30	23.54	23.54	5b	26.03	27.34	28.06	28.06
2a	24.69	27.36	29.57	32.24	6a	34.23	35.04	36.46	37.94
2b	24.27	27.05	28.87	31.41	6b	34.34	35.12	35.77	37.53
3a	23.36	24.49	25.80	27.43	7a	22.16	23.44	24.57	26.00
3b	22.51	23.92	25.30	25.30	7b	21.74	23.11	24.21	24.21
4a	29.10	30.93	32.75	34.89	8a	22.68	22.67	22.73	22.75
4b	28.26	30.42	32.13	34.10	8b	22.79	22.72	22.77	22.83
Nutzungsgrad NGex-loB [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	0.00	0.00	0.00	0.00	5a	26.19	26.87	27.73	28.75
1b	0.00	0.00	0.00	0.00	5b	26.03	26.94	27.25	27.25
2a	0.00	0.00	0.00	0.00	6a	34.23	34.17	34.67	35.13
2b	0.00	0.00	0.00	0.00	6b	34.34	34.25	34.05	34.78
3a	23.36	24.17	25.11	26.28	7a	22.16	23.14	23.94	24.97
3b	22.51	23.61	24.64	24.64	7b	21.74	22.83	23.60	23.60
4a	29.10	30.25	31.29	32.50	8a	22.68	22.30	22.02	21.71
4b	28.26	29.77	30.73	31.82	8b	22.79	22.36	22.06	21.78
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	21.22	22.52	23.52	24.68	5a	26.19	27.01	27.93	28.96
1b	20.76	22.16	23.18	23.18	5b	26.03	27.13	27.56	27.56
2a	24.69	27.02	28.59	30.40	6a	34.23	34.49	34.98	35.42
2b	24.27	26.78	28.06	29.82	6b	34.34	34.66	34.53	35.27
3a	23.36	24.29	25.28	26.46	7a	22.16	23.25	24.09	25.13
3b	22.51	23.76	24.89	24.89	7b	21.74	22.96	23.83	23.83
4a	29.10	30.50	31.55	32.75	8a	22.68	22.43	22.14	21.82
4b	28.26	30.07	31.13	32.22	8b	22.79	22.53	22.26	21.97

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 9a      0 m² ST						Simulationsvar. 9a      2250 m² ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	26.79	25.97	25.16	24.30	23.41	23.01	22.43	21.77	21.15	20.49
51	26.13	25.33	24.55	23.70	22.88	22.53	21.93	21.34	20.72	20.02
102	25.47	24.71	23.95	23.17	22.34	22.05	21.45	20.91	20.24	19.64
153	24.87	24.14	23.41	22.61	21.84	21.55	21.04	20.42	19.85	19.27
204	24.27	23.57	22.85	22.10	21.34	21.13	20.60	20.03	19.47	18.88
255	23.69	23.01	22.31	21.58	20.83	20.71	20.14	19.63	19.07	18.50
306	23.11	22.43	21.77	21.04	20.35	20.26	19.72	19.22	18.66	18.11
357	22.53	21.88	21.23	20.54	19.88	19.77	19.30	18.80	18.27	17.74
408	21.96	21.34	20.69	20.06	19.42	19.35	18.89	18.39	17.89	17.36
459	21.39	20.81	20.20	19.59	18.97	18.93	18.48	18.00	17.51	17.01
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	26.79	27.43	28.04	28.55	28.95	28.80	29.58	30.20	30.85	31.34
51	27.05	27.68	28.29	28.77	29.22	29.13	29.85	30.55	31.16	31.52
102	27.29	27.92	28.52	29.05	29.43	29.42	30.11	30.89	31.32	31.85
153	27.56	28.20	28.81	29.26	29.68	29.64	30.48	31.03	31.67	32.19
204	27.80	28.44	29.03	29.51	29.88	29.98	30.75	31.38	31.98	32.44
255	28.04	28.66	29.23	29.69	30.03	30.29	30.92	31.66	32.23	32.66
306	28.23	28.82	29.40	29.80	30.19	30.52	31.17	31.89	32.39	32.84
357	28.39	28.97	29.53	29.94	30.32	30.59	31.37	32.05	32.55	32.98
408	28.51	29.11	29.60	30.06	30.42	30.78	31.54	32.17	32.70	33.08
459	28.59	29.20	29.71	30.16	30.50	30.93	31.67	32.29	32.81	33.20
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	26.79	27.01	27.19	27.24	27.18	28.36	28.64	28.75	28.86	28.82
51	26.90	27.10	27.26	27.28	27.26	28.50	28.72	28.89	28.96	28.79
102	26.98	27.18	27.32	27.37	27.28	28.61	28.79	29.01	28.92	28.89
153	27.08	27.28	27.42	27.40	27.34	28.64	28.94	28.96	29.03	28.99
204	27.16	27.35	27.46	27.46	27.35	28.79	29.01	29.08	29.12	29.01
255	27.23	27.39	27.48	27.45	27.32	28.89	28.98	29.15	29.14	29.02
306	27.25	27.38	27.47	27.39	27.30	28.92	29.03	29.16	29.09	28.98
357	27.24	27.36	27.42	27.35	27.24	28.81	29.02	29.12	29.05	28.91
408	27.20	27.32	27.33	27.29	27.16	28.80	28.99	29.03	28.99	28.81
459	27.12	27.25	27.26	27.22	27.07	28.76	28.92	28.96	28.89	28.73
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	26.79	27.40	27.99	28.47	28.83	28.50	29.23	29.81	30.41	30.86
51	26.98	27.57	28.15	28.59	29.01	28.73	29.40	30.05	30.61	30.92
102	27.13	27.73	28.29	28.78	29.12	28.93	29.56	30.28	30.66	31.14
153	27.31	27.92	28.49	28.90	29.28	29.05	29.82	30.32	30.89	31.35
204	27.47	28.07	28.62	29.05	29.38	29.29	29.98	30.55	31.09	31.48
255	27.62	28.20	28.73	29.14	29.43	29.49	30.05	30.72	31.22	31.59
306	27.73	28.27	28.80	29.15	29.50	29.61	30.19	30.83	31.26	31.65
357	27.80	28.33	28.83	29.20	29.53	29.58	30.28	30.88	31.31	31.67
408	27.83	28.37	28.81	29.22	29.52	29.66	30.34	30.88	31.35	31.66
459	27.84	28.39	28.84	29.24	29.52	29.73	30.38	30.92	31.35	31.68

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 9a 4500 m² ST						Simulationsvar. 9a 6750 m² ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	20.05	19.60	19.13	18.63	18.13	17.78	17.44	17.07	16.68	16.26
51	19.67	19.24	18.77	18.31	17.75	17.49	17.13	16.80	16.40	16.01
102	19.32	18.85	18.45	17.92	17.46	17.20	16.86	16.51	16.14	15.75
153	18.91	18.54	18.13	17.62	17.16	16.91	16.59	16.25	15.88	15.49
204	18.60	18.22	17.76	17.32	16.87	16.65	16.33	16.00	15.63	15.23
255	18.29	17.84	17.45	17.01	16.55	16.39	16.06	15.73	15.35	15.00
306	17.95	17.51	17.13	16.69	16.25	16.10	15.79	15.46	15.11	14.75
357	17.55	17.19	16.80	16.38	15.95	15.82	15.53	15.18	14.85	14.50
408	17.22	16.87	16.47	16.07	15.65	15.56	15.25	14.92	14.60	14.25
459	16.89	16.54	16.16	15.76	15.36	15.28	14.98	14.67	14.35	14.01
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	30.88	31.74	32.57	33.26	33.91	33.30	34.39	35.36	36.25	36.89
51	31.20	32.11	32.89	33.66	34.05	33.74	34.70	35.82	36.58	37.35
102	31.58	32.35	33.30	33.79	34.47	34.13	35.19	36.19	37.06	37.78
153	31.77	32.80	33.69	34.23	34.84	34.51	35.62	36.60	37.48	38.12
204	32.22	33.18	33.87	34.60	35.20	34.97	36.04	37.08	37.87	38.43
255	32.61	33.33	34.24	34.93	35.44	35.39	36.42	37.43	38.11	38.86
306	32.90	33.64	34.53	35.15	35.68	35.66	36.76	37.71	38.46	39.11
357	32.97	33.91	34.72	35.35	35.86	35.94	37.05	37.85	38.72	39.34
408	33.20	34.12	34.86	35.52	36.02	36.23	37.24	38.11	38.92	39.52
459	33.39	34.28	35.03	35.62	36.14	36.44	37.40	38.33	39.12	39.67
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	29.90	30.18	30.40	30.47	30.48	31.63	32.02	32.26	32.40	32.32
51	30.01	30.32	30.48	30.60	30.40	31.81	32.08	32.42	32.45	32.45
102	30.17	30.34	30.64	30.52	30.54	31.94	32.27	32.50	32.59	32.54
153	30.15	30.54	30.77	30.68	30.63	32.05	32.41	32.61	32.69	32.57
204	30.35	30.66	30.72	30.77	30.70	32.23	32.53	32.76	32.76	32.57
255	30.50	30.60	30.81	30.83	30.68	32.37	32.62	32.81	32.71	32.66
306	30.56	30.66	30.85	30.80	30.67	32.37	32.66	32.80	32.74	32.60
357	30.42	30.68	30.80	30.75	30.60	32.38	32.66	32.68	32.70	32.54
408	30.42	30.66	30.71	30.68	30.52	32.39	32.59	32.64	32.62	32.44
459	30.38	30.58	30.64	30.56	30.41	32.34	32.49	32.58	32.54	32.32
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	30.07	30.86	31.60	32.22	32.78	31.82	32.78	33.62	34.38	34.91
51	30.28	31.10	31.80	32.47	32.80	32.12	32.95	33.91	34.55	35.19
102	30.54	31.22	32.07	32.49	33.08	32.35	33.26	34.11	34.84	35.44
153	30.62	31.54	32.32	32.78	33.30	32.58	33.53	34.35	35.08	35.60
204	30.93	31.77	32.37	33.00	33.50	32.87	33.78	34.65	35.29	35.74
255	31.18	31.81	32.59	33.18	33.60	33.13	33.99	34.83	35.36	35.97
306	31.34	31.98	32.74	33.26	33.70	33.25	34.16	34.94	35.53	36.04
357	31.30	32.11	32.79	33.32	33.73	33.37	34.28	34.93	35.62	36.10
408	31.40	32.19	32.80	33.35	33.75	33.50	34.32	35.02	35.65	36.11
459	31.48	32.24	32.86	33.34	33.75	33.58	34.35	35.09	35.70	36.12

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 9b						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]											Nutzungsgrad NGex-PE [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	26.14	25.36	24.55	23.74	22.92							22.75	22.06	21.52	20.90	20.27					
51	25.50	24.74	23.96	23.20	22.40							22.24	21.64	21.10	20.49	19.86					
102	24.88	24.12	23.43	22.67	21.90							21.72	21.22	20.68	20.08	19.47					
153	24.26	23.58	22.90	22.16	21.41							21.32	20.80	20.26	19.68	19.10					
204	23.69	23.05	22.38	21.66	20.92							20.90	20.39	19.86	19.29	18.71					
255	23.16	22.52	21.86	21.15	20.44							20.48	19.97	19.46	18.91	18.33					
306	22.61	21.99	21.34	20.65	19.97							20.05	19.55	19.05	18.50	17.97					
357	22.07	21.46	20.82	20.16	19.51							19.62	19.13	18.65	18.12	17.60					
408	21.53	20.93	20.32	19.69	19.06							19.20	18.72	18.23	17.74	17.24					
459	21.01	20.42	19.83	19.23	18.63							18.77	18.32	17.85	17.38	16.89					
Nutzungsgrad NGex-fos [%]											Nutzungsgrad NGex-fos [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	26.14	26.73	27.27	27.75	28.17							28.35	28.89	29.66	30.24	30.74					
51	26.37	26.97	27.49	28.00	28.40							28.60	29.25	29.99	30.56	31.02					
102	26.60	27.15	27.76	28.23	28.62							28.77	29.58	30.29	30.84	31.31					
153	26.79	27.41	28.01	28.47	28.83							29.14	29.88	30.57	31.14	31.59					
204	27.02	27.66	28.23	28.67	29.01							29.44	30.18	30.87	31.38	31.83					
255	27.27	27.88	28.42	28.83	29.16							29.73	30.45	31.11	31.63	32.00					
306	27.46	28.05	28.57	28.96	29.28							29.96	30.66	31.30	31.76	32.21					
357	27.61	28.19	28.68	29.06	29.38							30.14	30.82	31.47	31.94	32.35					
408	27.75	28.30	28.77	29.15	29.46							30.31	30.98	31.54	32.07	32.48					
459	27.86	28.39	28.85	29.23	29.53							30.42	31.09	31.67	32.19	32.57					
Nutzungsgrad NGex-loB [%]											Nutzungsgrad NGex-loB [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	26.14	26.34	26.46	26.52	26.50							27.92	28.00	28.27	28.34	28.33					
51	26.23	26.42	26.52	26.59	26.55							28.00	28.17	28.40	28.45	28.39					
102	26.31	26.45	26.62	26.65	26.60							28.00	28.31	28.50	28.52	28.46					
153	26.35	26.55	26.70	26.71	26.63							28.18	28.41	28.57	28.60	28.52					
204	26.42	26.63	26.75	26.74	26.63							28.29	28.51	28.66	28.63	28.54					
255	26.51	26.68	26.77	26.73	26.61							28.39	28.58	28.69	28.67	28.51					
306	26.54	26.69	26.75	26.69	26.56							28.43	28.59	28.69	28.61	28.50					
357	26.54	26.67	26.70	26.63	26.49							28.42	28.56	28.65	28.57	28.45					
408	26.51	26.61	26.63	26.55	26.41							28.40	28.52	28.54	28.50	28.37					
459	26.46	26.54	26.55	26.47	26.33							28.33	28.45	28.47	28.43	28.27					
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]											Nutzungsgrad NGex-Bau [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	26.14	26.71	27.22	27.67	28.05							28.12	28.63	29.36	29.89	30.35					
51	26.30	26.86	27.36	27.83	28.20							28.28	28.89	29.58	30.11	30.52					
102	26.45	26.97	27.54	27.98	28.34							28.37	29.13	29.78	30.28	30.70					
153	26.57	27.15	27.71	28.13	28.46							28.64	29.32	29.95	30.47	30.87					
204	26.71	27.31	27.84	28.24	28.54							28.84	29.52	30.15	30.60	30.99					
255	26.88	27.44	27.94	28.31	28.60							29.03	29.68	30.28	30.74	31.06					
306	26.99	27.53	28.00	28.35	28.62							29.16	29.79	30.36	30.76	31.14					
357	27.06	27.59	28.03	28.36	28.63							29.23	29.84	30.42	30.82	31.18					
408	27.11	27.61	28.03	28.36	28.62							29.31	29.89	30.39	30.84	31.19					
459	27.15	27.62	28.04	28.36	28.62							29.33	29.92	30.43	30.87	31.18					

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 9b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b		6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]		Nutzungsgrad NGex-PE [%]					Nutzungsgrad NGex-PE [%]		Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	19.75	19.32	18.85	18.40	17.90		17.58	17.21	16.85	16.47	16.08		
51	19.41	18.92	18.53	18.07	17.54		17.28	16.94	16.58	16.21	15.82		
102	19.05	18.61	18.20	17.70	17.25		17.01	16.66	16.32	15.95	15.55		
153	18.68	18.31	17.83	17.42	16.97		16.73	16.39	16.07	15.67	15.32		
204	18.37	17.91	17.55	17.13	16.67		16.47	16.14	15.81	15.44	15.08		
255	18.05	17.62	17.25	16.81	16.37		16.19	15.87	15.53	15.20	14.83		
306	17.66	17.32	16.93	16.51	16.08		15.93	15.59	15.29	14.95	14.56		
357	17.35	17.00	16.60	16.21	15.78		15.66	15.34	15.03	14.69	14.32		
408	17.03	16.68	16.30	15.90	15.49		15.38	15.08	14.77	14.41	14.09		
459	16.71	16.35	15.99	15.60	15.21		15.10	14.82	14.52	14.17	13.86		
Nutzungsgrad NGex-fos [%]		Nutzungsgrad NGex-fos [%]					Nutzungsgrad NGex-fos [%]		Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	30.07	30.91	31.62	32.38	32.94		32.46	33.32	34.25	35.03	35.71		
51	30.44	31.12	32.03	32.70	33.09		32.78	33.75	34.64	35.43	36.10		
102	30.75	31.53	32.37	32.86	33.49		33.20	34.11	35.04	35.83	36.33		
153	30.99	31.94	32.54	33.29	33.87		33.57	34.48	35.45	36.04	36.81		
204	31.40	32.04	32.96	33.65	34.15		33.95	34.92	35.81	36.52	37.15		
255	31.73	32.44	33.30	33.90	34.40		34.28	35.23	36.05	36.87	37.43		
306	31.82	32.75	33.52	34.13	34.62		34.61	35.41	36.39	37.14	37.44		
357	32.09	33.00	33.69	34.33	34.74		34.86	35.71	36.64	37.29	37.69		
408	32.32	33.16	33.87	34.45	34.90		35.05	35.94	36.83	37.25	37.89		
459	32.51	33.30	34.04	34.55	35.04		35.16	36.15	36.99	37.46	38.11		
Nutzungsgrad NGex-loB [%]		Nutzungsgrad NGex-loB [%]					Nutzungsgrad NGex-loB [%]		Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	29.14	29.44	29.59	29.75	29.71		30.88	31.10	31.36	31.45	31.43		
51	29.31	29.45	29.76	29.83	29.65		30.97	31.27	31.47	31.55	31.52		
102	29.41	29.63	29.86	29.78	29.79		31.14	31.38	31.59	31.66	31.48		
153	29.45	29.80	29.82	29.94	29.90		31.25	31.48	31.71	31.62	31.63		
204	29.64	29.70	29.98	30.04	29.93		31.37	31.63	31.79	31.77	31.68		
255	29.74	29.86	30.07	30.04	29.93		31.45	31.67	31.76	31.82	31.67		
306	29.63	29.93	30.06	30.03	29.90		31.52	31.61	31.82	31.81	31.47		
357	29.69	29.95	30.01	30.00	29.81		31.51	31.64	31.79	31.70	31.43		
408	29.70	29.90	29.96	29.90	29.73		31.46	31.61	31.72	31.47	31.37		
459	29.67	29.82	29.90	29.79	29.65		31.34	31.56	31.63	31.41	31.31		
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]					Nutzungsgrad NGex-Bau [%]		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	29.46	30.24	30.89	31.57	32.07		31.29	32.05	32.88	33.56	34.14		
51	29.73	30.34	31.17	31.77	32.10		31.49	32.34	33.12	33.80	34.37		
102	29.92	30.63	31.39	31.82	32.37		31.77	32.56	33.37	34.04	34.45		
153	30.06	30.92	31.44	32.11	32.61		31.99	32.79	33.62	34.11	34.75		
204	30.35	30.91	31.72	32.33	32.75		32.23	33.06	33.82	34.41	34.93		
255	30.55	31.17	31.93	32.45	32.87		32.41	33.22	33.91	34.59	35.04		
306	30.53	31.36	32.02	32.54	32.95		32.59	33.27	34.09	34.70	34.92		
357	30.68	31.48	32.07	32.61	32.95		32.70	33.41	34.18	34.70	35.01		
408	30.79	31.52	32.13	32.61	32.97		32.75	33.49	34.22	34.55	35.05		
459	30.88	31.56	32.18	32.60	33.00		32.75	33.58	34.26	34.62	35.13		

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 10a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGex-PE [%]							Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		36.54	34.24	32.62	30.78	28.96		27.17	26.09	25.12	24.06	22.94	
51		34.85	32.94	31.30	29.56	27.88		26.28	25.23	24.30	23.32	22.28	
102		33.16	31.67	30.07	28.46	26.87		25.40	24.51	23.63	22.59	21.64	
153		31.97	30.46	28.96	27.41	25.86		24.69	23.82	22.90	21.98	20.99	
204		30.72	29.30	27.85	26.35	24.97		23.92	23.10	22.26	21.31	20.40	
255		29.50	28.12	26.80	25.42	24.02		23.25	22.42	21.58	20.68	19.82	
306		28.37	27.06	25.75	24.47	23.19		22.51	21.74	20.89	20.08	19.23	
357		27.17	25.98	24.79	23.56	22.39		21.80	21.05	20.26	19.47	18.63	
408		26.12	24.95	23.85	22.69	21.62		21.13	20.35	19.65	18.88	18.10	
459		25.11	24.02	22.92	21.90	20.88		20.46	19.73	19.06	18.32	17.60	
		Nutzungsgrad NGex-fos [%]							Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		36.54	37.79	39.74	41.23	42.44		39.91	41.94	44.28	46.30	47.88	
51		37.12	38.67	40.48	41.94	43.21		40.74	42.74	45.13	47.26	48.98	
102		37.54	39.49	41.22	42.74	43.99		41.47	43.86	46.34	48.13	50.03	
153		38.45	40.30	42.06	43.50	44.58		42.56	45.00	47.26	49.39	50.89	
204		39.17	41.04	42.75	44.06	45.37		43.40	45.93	48.41	50.20	51.85	
255		39.82	41.60	43.39	44.78	45.72		44.47	46.89	49.18	51.04	52.76	
306		40.46	42.24	43.85	45.26	46.28		45.15	47.69	49.73	51.82	53.35	
357		40.81	42.65	44.33	45.61	46.75		45.82	48.24	50.43	52.40	53.54	
408		41.27	42.94	44.66	45.89	47.12		46.44	48.52	50.99	52.81	54.13	
459		41.64	43.32	44.78	46.25	47.40		46.89	49.05	51.47	53.19	54.65	
		Nutzungsgrad NGex-loB [%]							Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		36.54	36.74	37.49	37.71	37.61		38.78	39.48	40.28	40.66	40.60	
51		36.74	37.18	37.74	37.89	37.81		39.13	39.74	40.52	40.92	40.90	
102		36.76	37.53	37.97	38.12	37.99		39.36	40.24	41.01	41.09	41.14	
153		37.24	37.85	38.26	38.31	38.02		39.88	40.73	41.24	41.51	41.23	
204		37.51	38.09	38.41	38.32	38.17		40.15	41.00	41.61	41.58	41.38	
255		37.69	38.15	38.50	38.44	38.01		40.60	41.28	41.68	41.66	41.46	
306		37.86	38.27	38.44	38.37	37.98		40.69	41.40	41.58	41.68	41.33	
357		37.76	38.19	38.39	38.20	37.88		40.76	41.33	41.58	41.56	40.96	
408		37.74	38.00	38.22	37.99	37.72		40.77	41.05	41.47	41.33	40.83	
459		37.64	37.89	37.89	37.82	37.49		40.65	40.95	41.29	41.08	40.65	
		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]							Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		36.54	37.72	39.59	40.99	42.10		39.14	41.01	43.16	44.99	46.38	
51		36.93	38.39	40.10	41.45	42.60		39.71	41.53	43.69	45.59	47.09	
102		37.14	38.98	40.58	41.97	43.08		40.18	42.33	44.54	46.10	47.72	
153		37.83	39.53	41.15	42.44	43.38		40.96	43.12	45.09	46.93	48.17	
204		38.31	40.02	41.56	42.71	43.85		41.48	43.70	45.83	47.33	48.69	
255		38.71	40.32	41.91	43.12	43.90		42.20	44.28	46.22	47.75	49.14	
306		39.10	40.67	42.08	43.29	44.13		42.55	44.70	46.39	48.10	49.30	
357		39.20	40.82	42.27	43.34	44.27		42.88	44.89	46.68	48.25	49.11	
408		39.40	40.84	42.31	43.32	44.33		43.15	44.85	46.85	48.27	49.26	
459		39.55	40.98	42.21	43.42	44.33		43.32	45.06	46.99	48.31	49.39	

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 10a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGex-PE [%]							Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		20.58	20.37	0.00	19.40	18.76		16.52	16.39	16.21	15.93	15.58	
51		20.19	19.97	0.00	19.00	18.35		16.27	16.14	15.96	15.68	15.33	
102		19.79	19.59	0.00	18.57	17.92		16.02	15.89	15.71	15.42	15.08	
153		19.43	19.14	0.00	18.14	17.52		15.78	15.65	15.46	15.18	14.83	
204		19.07	18.75	0.00	17.69	17.11		15.54	15.41	15.21	14.92	14.57	
255		18.71	18.36	0.00	17.31	16.69		15.30	15.16	14.95	14.66	14.31	
306		18.32	17.88	0.00	16.87	16.29		15.05	14.89	14.67	14.38	14.03	
357		17.86	17.48	0.00	16.43	15.90		14.77	14.60	14.39	14.10	13.75	
408		17.46	17.02	0.00	16.04	15.51		14.49	14.31	14.10	13.81	13.46	
459		17.00	16.58	0.00	15.64	15.13		14.20	14.03	13.81	13.53	13.17	
		Nutzungsgrad NGex-fos [%]							Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		39.82	43.74	0.00	50.42	53.02		39.52	43.42	47.65	51.78	55.61	
51		41.16	45.29	0.00	52.17	54.70		40.88	44.96	49.51	53.84	57.86	
102		42.50	46.93	0.00	53.73	56.03		42.22	46.59	51.42	55.96	60.18	
153		44.04	48.17	0.00	55.10	57.64		43.72	48.40	53.49	58.24	62.63	
204		45.63	49.78	0.00	56.19	58.97		45.29	50.23	55.54	60.44	64.93	
255		47.23	51.39	0.00	57.90	59.99		46.88	52.01	57.47	62.52	67.13	
306		48.66	52.22	0.00	58.77	61.04		48.33	53.57	59.16	64.31	68.90	
357		49.48	53.53	0.00	59.38	62.01		49.55	54.90	60.61	65.84	70.18	
408		50.67	54.14	0.00	60.26	62.70		50.62	56.07	61.85	67.19	71.16	
459		51.18	54.67	0.00	60.99	63.26		51.57	57.10	62.98	68.40	71.93	
		Nutzungsgrad NGex-loB [%]							Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		37.69	39.93	0.00	42.51	42.91		36.48	38.62	40.64	42.21	43.26	
51		38.46	40.75	0.00	43.21	43.46		37.24	39.39	41.49	43.04	44.06	
102		39.19	41.58	0.00	43.73	43.75		37.94	40.17	42.32	43.84	44.81	
153		40.03	42.04	0.00	44.07	44.16		38.71	41.02	43.17	44.65	45.56	
204		40.86	42.74	0.00	44.21	44.37		39.50	41.83	43.94	45.34	46.16	
255		41.64	43.38	0.00	44.69	44.38		40.23	42.54	44.57	45.90	46.63	
306		42.24	43.43	0.00	44.63	44.39		40.82	43.05	45.00	46.24	46.85	
357		42.35	43.78	0.00	44.42	44.34		41.20	43.36	45.24	46.41	46.81	
408		42.69	43.64	0.00	44.34	44.13		41.44	43.54	45.34	46.46	46.62	
459		42.54	43.45	0.00	44.18	43.85		41.58	43.62	45.36	46.42	46.33	
		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]							Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		38.05	41.53	0.00	47.30	49.46		36.80	40.08	43.57	46.88	49.89	
51		39.05	42.67	0.00	48.49	50.55		37.76	41.14	44.82	48.23	51.31	
102		40.03	43.84	0.00	49.48	51.30		38.69	42.24	46.08	49.57	52.72	
153		41.14	44.63	0.00	50.27	52.25		39.72	43.45	47.41	50.98	54.17	
204		42.27	45.71	0.00	50.81	52.94		40.77	44.64	48.66	52.26	55.44	
255		43.36	46.74	0.00	51.81	53.34		41.80	45.73	49.79	53.39	56.57	
306		44.29	47.11	0.00	52.12	53.76		42.68	46.62	50.68	54.27	57.35	
357		44.68	47.84	0.00	52.20	54.08		43.36	47.30	51.35	54.92	57.74	
408		45.35	47.99	0.00	52.48	54.18		43.90	47.83	51.85	55.41	57.92	
459		45.51	48.14	0.00	52.70	54.25		44.38	48.31	52.32	55.86	58.02	

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 10b      0 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b      2250 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	35.53	33.71	31.98	30.18	28.39	27.42	26.33	25.18	24.12	22.90
51	33.97	32.30	30.70	28.98	27.40	26.48	25.45	24.45	23.26	22.28
102	32.52	31.01	29.47	27.95	26.38	25.64	24.63	23.69	22.63	21.65
153	31.36	29.89	28.44	26.91	25.49	24.75	23.90	22.92	21.99	20.90
204	30.15	28.75	27.34	25.97	24.61	24.06	23.09	22.27	21.35	20.34
255	28.97	27.63	26.35	25.04	23.75	23.33	22.44	21.61	20.62	19.78
306	27.88	26.59	25.38	24.13	22.91	22.52	21.76	20.82	20.03	19.22
357	26.77	25.58	24.43	23.25	22.10	21.83	21.08	20.21	19.45	18.67
408	25.70	24.61	23.53	22.41	21.34	21.16	20.29	19.61	18.88	18.11
459	24.72	23.70	22.67	21.63	20.62	20.49	19.69	18.84	18.33	17.60
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	35.53	37.13	38.76	40.10	41.17	40.38	42.48	44.36	46.39	47.53
51	36.12	37.77	39.43	40.72	41.98	41.14	43.28	45.48	46.87	48.76
102	36.70	38.44	40.06	41.54	42.59	42.01	44.10	46.40	48.09	49.88
153	37.55	39.25	40.90	42.16	43.38	42.64	45.12	47.13	49.21	50.06
204	38.21	39.93	41.49	42.90	44.05	43.73	45.70	48.22	50.13	51.18
255	38.81	40.46	42.15	43.51	44.59	44.61	46.78	49.13	50.39	52.18
306	39.42	41.03	42.67	43.97	45.00	45.03	47.59	49.12	51.23	52.93
357	39.84	41.48	43.09	44.32	45.33	45.76	48.16	49.83	51.90	53.50
408	40.15	41.85	43.41	44.61	45.61	46.37	47.97	50.44	52.42	53.79
459	40.49	42.16	43.68	44.86	45.85	46.84	48.51	49.60	52.88	54.27
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	35.53	36.12	36.62	36.77	36.63	39.23	39.97	40.36	40.75	40.36
51	35.75	36.35	36.83	36.90	36.88	39.50	40.21	40.82	40.65	40.77
102	35.96	36.59	36.99	37.18	36.96	39.85	40.46	41.07	41.08	41.07
153	36.39	36.93	37.31	37.28	37.16	39.97	40.84	41.16	41.41	40.72
204	36.63	37.14	37.40	37.46	37.25	40.45	40.83	41.50	41.56	40.98
255	36.79	37.21	37.53	37.52	37.25	40.73	41.21	41.67	41.25	41.13
306	36.96	37.29	37.54	37.46	37.14	40.61	41.35	41.18	41.33	41.11
357	36.93	37.27	37.47	37.32	36.97	40.73	41.29	41.20	41.28	40.98
408	36.81	37.17	37.32	37.13	36.77	40.74	40.68	41.13	41.12	40.67
459	36.72	37.02	37.12	36.92	36.55	40.63	40.60	40.11	40.93	40.48
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	35.53	37.07	38.62	39.87	40.86	39.77	41.72	43.44	45.29	46.28
51	35.93	37.51	39.07	40.25	41.41	40.27	42.23	44.24	45.46	47.13
102	36.32	37.96	39.45	40.81	41.75	40.87	42.75	44.81	46.29	47.84
153	36.95	38.53	40.04	41.17	42.25	41.22	43.44	45.20	47.01	47.68
204	37.40	38.97	40.37	41.62	42.62	41.98	43.70	45.90	47.52	48.36
255	37.76	39.25	40.75	41.94	42.86	42.53	44.41	46.41	47.43	48.90
306	38.13	39.56	41.00	42.12	42.97	42.65	44.84	46.10	47.85	49.21
357	38.31	39.75	41.14	42.19	43.00	43.04	45.06	46.41	48.10	49.35
408	38.38	39.86	41.20	42.19	42.99	43.31	44.60	46.63	48.20	49.25
459	38.52	39.95	41.23	42.20	42.99	43.49	44.84	45.66	48.32	49.36

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 10b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b 6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	20.69	20.47	19.90	19.27	18.61	16.62	16.48	16.30	16.02	15.66
51	20.29	19.94	19.47	18.84	18.15	16.37	16.23	16.04	15.76	15.41
102	19.90	19.52	18.98	18.39	17.76	16.11	15.97	15.79	15.51	15.14
153	19.53	19.04	18.58	17.98	17.34	15.87	15.73	15.55	15.26	14.89
204	19.13	18.64	18.12	17.55	16.92	15.63	15.49	15.29	15.00	14.58
255	18.72	18.23	17.72	17.12	16.55	15.39	15.24	15.03	14.72	14.32
306	18.25	17.77	17.27	16.69	16.15	15.13	14.97	14.75	14.44	14.01
357	17.73	17.30	16.83	16.31	15.75	14.85	14.68	14.47	14.14	13.73
408	17.36	16.91	16.41	15.90	15.35	14.57	14.39	14.18	13.83	13.44
459	16.90	16.47	16.01	15.51	14.99	14.28	14.10	13.89	13.53	13.17
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	40.10	44.03	46.78	49.27	51.52	39.87	43.80	48.09	52.27	56.13
51	41.44	44.93	48.19	50.71	52.59	41.25	45.35	49.96	54.36	58.43
102	42.80	46.30	49.21	51.85	54.12	42.59	47.00	51.91	56.52	60.60
153	44.35	47.28	50.72	53.26	55.32	44.11	48.84	54.01	58.85	62.90
204	45.72	48.72	51.73	54.44	56.30	45.70	50.71	56.10	61.11	64.21
255	47.04	50.10	53.11	55.33	57.62	47.31	52.52	58.09	62.95	66.37
306	47.84	50.88	53.96	56.11	58.50	48.80	54.13	59.82	64.71	67.44
357	48.18	51.50	54.61	57.25	59.11	50.05	55.50	61.30	65.81	68.64
408	49.49	52.58	55.38	57.84	59.47	51.13	56.68	62.58	66.58	69.71
459	49.98	53.10	56.03	58.36	60.11	52.10	57.74	63.72	67.26	70.60
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	37.94	40.19	41.16	41.71	41.95	36.79	38.93	40.98	42.57	43.62
51	38.72	40.47	41.74	42.23	42.15	37.55	39.71	41.83	43.41	44.43
102	39.45	41.10	42.00	42.50	42.61	38.25	40.49	42.67	44.21	45.09
153	40.30	41.38	42.58	42.92	42.82	39.04	41.37	43.54	45.05	45.75
204	40.95	41.97	42.77	43.15	42.88	39.82	42.19	44.33	45.76	45.84
255	41.51	42.48	43.17	43.17	43.11	40.57	42.91	44.98	46.17	46.32
306	41.65	42.52	43.20	43.12	43.07	41.18	43.44	45.42	46.50	46.22
357	41.41	42.44	43.08	43.26	42.88	41.57	43.77	45.67	46.45	46.18
408	41.87	42.65	43.03	43.06	42.55	41.81	43.95	45.78	46.22	46.05
459	41.73	42.47	42.90	42.82	42.37	41.96	44.03	45.79	45.94	45.84
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	38.55	42.09	44.50	46.64	48.54	37.33	40.67	44.26	47.67	50.74
51	39.56	42.65	45.47	47.60	49.14	38.32	41.76	45.54	49.06	52.21
102	40.56	43.60	46.07	48.27	50.12	39.26	42.89	46.84	50.44	53.53
153	41.70	44.19	47.08	49.14	50.77	40.31	44.14	48.21	51.90	54.88
204	42.65	45.15	47.62	49.79	51.21	41.39	45.36	49.51	53.24	55.43
255	43.52	46.02	48.45	50.16	51.92	42.45	46.50	50.68	54.20	56.57
306	43.93	46.37	48.81	50.44	52.23	43.38	47.42	51.61	55.07	56.88
357	43.94	46.58	48.99	50.99	52.33	44.08	48.14	52.31	55.42	57.26
408	44.73	47.14	49.26	51.07	52.22	44.63	48.68	52.84	55.52	57.52
459	44.89	47.29	49.48	51.17	52.38	45.12	49.18	53.32	55.62	57.73

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 11a						2250 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11a						4500 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]											Nutzungsgrad NGex-PE [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	27.17	26.17	25.24	24.34	23.45						20.58	20.42	0.00	19.61	19.10						
51	26.31	25.31	24.44	23.60	22.80						20.21	20.04	0.00	19.21	18.72						
102	25.47	24.61	23.78	22.96	22.15						19.83	19.67	0.00	18.79	18.29						
153	24.75	23.92	23.10	22.31	21.60						19.48	19.22	0.00	18.39	17.93						
204	24.00	23.23	22.48	21.72	20.99						19.14	18.84	0.00	17.97	17.53						
255	23.36	22.60	21.84	21.15	20.50						18.82	18.47	0.00	17.62	17.19						
306	22.68	21.97	21.28	20.59	19.99						18.46	18.05	0.00	17.25	16.82						
357	22.08	21.38	20.67	20.09	19.51						18.03	17.71	0.00	16.90	16.50						
408	21.47	20.82	20.19	19.60	19.03						17.69	17.30	0.00	16.55	16.18						
459	20.91	20.26	19.69	19.14	18.59						17.29	16.98	0.00	16.23	15.87						
Nutzungsgrad NGex-fos [%]											Nutzungsgrad NGex-fos [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	39.91	42.15	44.66	47.36	50.19						39.83	43.97	0.00	51.84	55.88						
51	40.81	42.97	45.61	48.44	51.60						41.25	45.63	0.00	53.80	58.09						
102	41.65	44.17	46.93	49.85	52.88						42.66	47.40	0.00	55.54	59.87						
153	42.74	45.33	48.11	51.09	54.59						44.31	48.73	0.00	57.45	62.37						
204	43.66	46.43	49.42	52.52	55.85						46.02	50.45	0.00	59.11	64.20						
255	44.87	47.68	50.57	53.97	57.84						47.93	52.24	0.00	61.55	66.95						
306	45.84	48.81	52.01	55.40	59.64						49.62	53.67	0.00	63.63	69.09						
357	47.05	50.01	53.04	57.15	61.57						50.80	55.71	0.00	65.99	72.21						
408	48.11	51.30	54.80	58.87	63.36						52.62	57.11	0.00	68.26	75.27						
459	49.33	52.43	56.31	60.71	65.54						53.92	59.39	0.00	71.02	78.56						
Nutzungsgrad NGex-loB [%]											Nutzungsgrad NGex-loB [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	38.78	39.67	40.60	41.48	42.24						37.70	40.13	0.00	43.52	44.76						
51	39.20	39.94	40.91	41.81	42.71						38.53	41.02	0.00	44.32	45.57						
102	39.52	40.51	41.47	42.34	43.05						39.33	41.94	0.00	44.92	46.05						
153	40.04	41.00	41.89	42.70	43.63						40.25	42.46	0.00	45.57	46.89						
204	40.38	41.40	42.36	43.16	43.88						41.18	43.23	0.00	46.00	47.27						
255	40.93	41.89	42.68	43.60	44.53						42.19	43.98	0.00	46.83	48.08						
306	41.25	42.25	43.17	43.96	45.01						42.97	44.43	0.00	47.38	48.50						
357	41.73	42.62	43.34	44.50	45.51						43.31	45.23	0.00	48.02	49.32						
408	42.05	43.03	43.95	44.95	45.87						44.07	45.55	0.00	48.53	50.01						
459	42.47	43.28	44.35	45.42	46.39						44.41	46.37	0.00	49.21	50.70						
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]											Nutzungsgrad NGex-Bau [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	39.14	41.21	43.51	45.95	48.39						38.06	41.74	0.00	48.50	51.78						
51	39.78	41.75	44.14	46.65	49.35						39.13	42.96	0.00	49.85	53.26						
102	40.34	42.62	45.08	47.63	50.15						40.17	44.25	0.00	50.97	54.32						
153	41.12	43.42	45.86	48.41	51.30						41.37	45.11	0.00	52.18	55.91						
204	41.72	44.15	46.73	49.34	52.02						42.61	46.27	0.00	53.14	56.91						
255	42.56	44.98	47.42	50.26	53.32						43.95	47.44	0.00	54.66	58.55						
306	43.16	45.68	48.35	51.11	54.42						45.07	48.28	0.00	55.84	59.67						
357	43.95	46.41	48.89	52.20	55.57						45.74	49.56	0.00	57.17	61.43						
408	44.58	47.20	50.01	53.22	56.56						46.89	50.30	0.00	58.37	63.04						
459	45.38	47.88	50.95	54.36	57.89						47.64	51.73	0.00	59.94	64.83						

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 11a						6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b					2250 m <sup>2</sup> ST					
Nutzungsgrad NGex-PE [%]											Nutzungsgrad NGex-PE [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	16.52	16.42	16.30	16.14	15.98							27.29	26.30	25.28	24.22	23.43					
51	16.29	16.18	16.06	15.91	15.75							26.47	25.39	24.51	23.57	22.61					
102	16.04	15.94	15.82	15.67	15.50							25.59	24.67	23.70	22.92	22.06					
153	15.81	15.71	15.60	15.46	15.18							24.77	23.94	23.09	22.19	21.53					
204	15.59	15.49	15.38	15.24	14.89							24.08	23.19	22.30	21.65	20.97					
255	15.37	15.27	15.16	15.01	14.61							23.29	22.39	21.77	21.09	20.44					
306	15.16	15.06	14.95	14.74	14.34							22.69	21.85	21.22	20.56	19.92					
357	14.94	14.85	14.74	14.39	14.01							21.91	21.32	20.67	20.04	19.43					
408	14.73	14.64	14.50	14.12	13.75							21.40	20.77	20.15	19.56	18.99					
459	14.53	14.43	14.24	13.86	13.51							20.87	20.23	19.65	19.08	18.54					
Nutzungsgrad NGex-fos [%]											Nutzungsgrad NGex-fos [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	39.53	43.64	48.44	54.08	60.99							40.08	42.39	44.66	46.74	49.86					
51	40.95	45.29	50.50	56.64	64.29							41.11	43.09	45.69	48.15	50.38					
102	42.37	47.03	52.68	59.43	67.51							41.87	44.23	46.44	49.45	52.11					
153	43.97	49.01	55.18	62.60	69.47							42.71	45.28	47.85	50.21	53.86					
204	45.67	51.12	57.85	66.02	71.83							43.80	46.12	48.34	51.85	55.40					
255	47.53	53.43	60.79	69.49	74.29							44.48	46.55	49.97	53.29	57.00					
306	49.50	55.89	63.94	72.23	77.03							45.74	48.02	51.37	54.82	58.62					
357	51.56	58.51	67.36	72.77	77.49							46.11	49.43	52.77	56.38	60.26					
408	53.76	61.35	70.46	75.18	80.28							47.53	50.71	54.19	58.02	62.39					
459	56.15	64.43	72.91	77.69	83.28							48.89	51.94	55.62	59.67	64.34					
Nutzungsgrad NGex-loB [%]											Nutzungsgrad NGex-loB [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	36.49	38.79	41.21	43.73	46.45							38.95	39.89	40.61	41.02	42.03					
51	37.30	39.64	42.19	44.81	47.69							39.47	40.05	40.98	41.61	41.89					
102	38.05	40.50	43.16	45.94	48.76							39.73	40.57	41.10	42.07	42.57					
153	38.91	41.46	44.26	47.17	49.08							40.02	40.97	41.71	42.11	43.20					
204	39.78	42.45	45.37	48.42	49.54							40.51	41.17	41.59	42.74	43.64					
255	40.71	43.49	46.54	49.55	49.98							40.62	41.03	42.28	43.18	44.07					
306	41.65	44.53	47.71	50.20	50.47							41.18	41.67	42.75	43.63	44.46					
357	42.58	45.59	48.90	49.75	49.95							41.01	42.22	43.18	44.06	44.83					
408	43.52	46.67	49.81	50.14	50.37							41.63	42.63	43.59	44.49	45.41					
459	44.51	47.77	50.29	50.51	50.79							42.16	42.97	43.96	44.88	45.83					
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]											Nutzungsgrad NGex-Bau [%]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460			0		115		230		345		460	
0	36.80	40.27	44.22	48.72	54.00							39.48	41.63	43.72	45.59	48.35					
51	37.83	41.42	45.63	50.42	56.11							40.24	42.05	44.43	46.62	48.49					
102	38.81	42.60	47.08	52.23	58.06							40.74	42.88	44.85	47.51	49.73					
153	39.92	43.94	48.71	54.23	58.99							41.28	43.58	45.86	47.88	50.95					
204	41.07	45.33	50.41	56.32	60.15							42.04	44.08	46.00	49.02	51.93					
255	42.31	46.82	52.23	58.33	61.32							42.41	44.19	47.15	49.95	52.93					
306	43.59	48.35	54.11	59.73	62.60							43.28	45.21	48.05	50.91	53.89					
357	44.89	49.94	56.08	59.57	62.34							43.34	46.15	48.92	51.86	54.84					
408	46.23	51.61	57.72	60.64	63.54							44.31	46.95	49.78	52.84	56.14					
459	47.72	53.43	58.94	61.80	64.89							45.24	47.73	50.68	53.85	57.32					

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 11b						4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b						6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	20.68	20.36	19.84	19.33	18.83		16.62	16.51	16.39	16.23	15.99										
51	20.31	19.85	19.42	18.93	18.45		16.38	16.27	16.15	15.99	15.73										
102	19.92	19.44	18.96	18.49	18.03		16.13	16.02	15.90	15.74	15.48										
153	19.44	18.97	18.59	18.13	17.67		15.90	15.80	15.68	15.50	15.19										
204	19.05	18.60	18.20	17.72	17.29		15.67	15.57	15.46	15.24	14.94										
255	18.66	18.23	17.81	17.38	16.95		15.45	15.36	15.24	14.96	14.66										
306	18.23	17.81	17.44	17.01	16.59		15.24	15.14	15.00	14.72	14.42										
357	17.87	17.48	17.08	16.68	16.28		15.02	14.93	14.72	14.44	14.16										
408	17.47	17.13	16.73	16.33	15.97		14.81	14.71	14.49	14.21	13.94										
459	17.14	16.77	16.39	16.02	15.67		14.58	14.49	14.23	13.96	13.72										
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	40.07	43.53	46.45	49.65	53.24		39.86	44.00	48.87	54.59	60.61										
51	41.50	44.46	47.90	51.36	55.16		41.30	45.67	50.97	57.20	63.32										
102	42.92	45.86	49.09	52.63	56.68		42.73	47.42	53.16	59.79	66.31										
153	43.87	46.89	50.81	54.59	58.84		44.35	49.44	55.71	62.57	68.64										
204	45.23	48.45	52.42	56.09	60.53		46.07	51.58	58.41	65.31	71.92										
255	46.64	50.07	53.93	58.13	62.89		47.94	53.93	61.41	67.50	74.47										
306	47.70	51.26	55.66	59.97	64.68		49.93	56.41	64.16	70.68	78.15										
357	49.26	53.09	57.31	62.06	67.36		52.04	59.11	66.22	73.06	80.98										
408	50.40	54.79	59.18	63.96	69.98		54.29	62.00	69.22	76.50	85.45										
459	52.14	56.35	61.03	66.35	72.86		56.45	64.79	71.60	79.41	89.95										
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	37.92	39.77	40.90	41.99	43.08		36.78	39.09	41.54	44.10	46.27										
51	38.76	40.09	41.53	42.69	43.78		37.60	39.95	42.54	45.20	47.20										
102	39.56	40.75	41.91	43.03	44.17		38.36	40.81	43.52	46.19	48.17										
153	39.91	41.08	42.64	43.78	44.90		39.23	41.79	44.63	47.20	48.71										
204	40.56	41.77	43.23	44.18	45.29		40.10	42.79	45.76	48.07	49.64										
255	41.21	42.46	43.71	44.86	46.00		41.03	43.85	46.94	48.58	50.12										
306	41.54	42.79	44.28	45.36	46.33		41.98	44.90	47.88	49.50	51.02										
357	42.21	43.51	44.75	45.95	47.06		42.93	45.99	48.35	49.94	51.45										
408	42.52	44.10	45.30	46.36	47.67		43.90	47.08	49.24	50.79	52.43										
459	43.22	44.53	45.77	46.98	48.32		44.73	48.01	49.72	51.30	53.28										
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	38.52	41.63	44.19	46.95	49.92		37.32	40.85	44.91	49.55	54.20										
51	39.61	42.22	45.21	48.14	51.22		38.37	42.03	46.37	51.31	55.90										
102	40.67	43.21	45.96	48.91	52.13		39.38	43.24	47.85	52.98	57.73										
153	41.28	43.84	47.14	50.23	53.54		40.52	44.62	49.54	54.72	58.98										
204	42.22	44.91	48.18	51.12	54.50		41.69	46.05	51.29	56.34	60.84										
255	43.18	45.99	49.10	52.41	55.95		42.95	47.58	53.17	57.48	62.10										
306	43.81	46.68	50.17	53.48	56.89		44.26	49.16	54.78	59.26	64.04										
357	44.83	47.86	51.13	54.70	58.46		45.61	50.82	55.82	60.39	65.30										
408	45.47	48.90	52.21	55.72	59.89		47.00	52.54	57.46	62.16	67.51										
459	46.62	49.83	53.30	57.13	61.53		48.33	54.18	58.67	63.58	69.71										

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 3a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 3a		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGex-PE [%]							Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		23.36	22.50	21.66	20.85	20.07		20.17	19.56	18.98	18.41	17.84	
51		22.81	21.99	21.17	20.38	19.62		19.79	19.20	18.64	18.08	17.53	
102		22.28	21.47	20.68	19.91	19.19		19.42	18.85	18.30	17.75	17.22	
153		21.74	20.96	20.19	19.46	18.76		19.06	18.51	17.97	17.44	16.91	
204		21.20	20.45	19.71	19.01	18.34		18.71	18.17	17.64	17.12	16.60	
255		20.69	19.96	19.25	18.58	17.94		18.36	17.83	17.31	16.80	16.30	
306		20.18	19.48	18.81	18.16	17.54		18.00	17.48	16.97	16.48	15.99	
357		19.69	19.02	18.37	17.75	17.16		17.64	17.13	16.64	16.16	15.69	
408		19.22	18.58	17.96	17.36	16.80		17.28	16.79	16.31	15.85	15.39	
459		18.77	18.16	17.56	16.99	16.45		16.93	16.46	16.00	15.54	15.11	
		Nutzungsgrad NGex-fos [%]							Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		23.36	23.59	23.77	23.90	24.00		24.49	24.80	25.09	25.34	25.55	
51		23.51	23.73	23.90	24.01	24.11		24.70	25.01	25.31	25.55	25.75	
102		23.66	23.86	24.00	24.11	24.20		24.92	25.22	25.51	25.74	25.93	
153		23.77	23.95	24.09	24.19	24.27		25.13	25.43	25.71	25.93	26.10	
204		23.85	24.02	24.15	24.24	24.32		25.34	25.63	25.89	26.09	26.26	
255		23.92	24.08	24.20	24.29	24.36		25.52	25.80	26.04	26.23	26.38	
306		23.98	24.13	24.24	24.33	24.40		25.66	25.92	26.15	26.33	26.47	
357		24.02	24.17	24.28	24.36	24.43		25.77	26.02	26.24	26.41	26.54	
408		24.06	24.21	24.31	24.39	24.45		25.86	26.10	26.31	26.47	26.60	
459		24.10	24.24	24.34	24.41	24.47		25.94	26.17	26.37	26.53	26.65	
		Nutzungsgrad NGex-loB [%]							Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		23.36	23.28	23.15	22.97	22.77		24.17	24.13	24.09	23.99	23.85	
51		23.40	23.31	23.16	22.97	22.76		24.25	24.21	24.16	24.05	23.90	
102		23.42	23.31	23.14	22.95	22.73		24.33	24.29	24.22	24.10	23.94	
153		23.41	23.28	23.11	22.90	22.68		24.41	24.36	24.27	24.14	23.96	
204		23.38	23.24	23.05	22.84	22.62		24.48	24.41	24.31	24.16	23.97	
255		23.33	23.18	22.99	22.77	22.55		24.52	24.44	24.31	24.15	23.95	
306		23.27	23.11	22.92	22.70	22.47		24.53	24.42	24.29	24.11	23.90	
357		23.20	23.04	22.84	22.62	22.39		24.50	24.38	24.24	24.05	23.84	
408		23.13	22.96	22.75	22.53	22.31		24.45	24.33	24.17	23.98	23.77	
459		23.05	22.87	22.67	22.45	22.22		24.40	24.26	24.10	23.91	23.69	
		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]							Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		23.36	23.57	23.73	23.84	23.92		24.29	24.56	24.84	25.06	25.24	
51		23.46	23.65	23.80	23.89	23.97		24.43	24.71	24.98	25.19	25.36	
102		23.54	23.72	23.84	23.93	23.99		24.58	24.85	25.11	25.31	25.48	
153		23.59	23.75	23.86	23.94	24.00		24.72	24.99	25.24	25.43	25.57	
204		23.61	23.76	23.87	23.94	23.99		24.86	25.12	25.34	25.52	25.65	
255		23.62	23.76	23.86	23.93	23.97		24.97	25.21	25.42	25.57	25.69	
306		23.62	23.75	23.84	23.90	23.95		25.04	25.26	25.45	25.60	25.71	
357		23.61	23.73	23.81	23.87	23.92		25.08	25.29	25.47	25.61	25.71	
408		23.59	23.70	23.78	23.84	23.88		25.10	25.30	25.47	25.60	25.70	
459		23.56	23.67	23.75	23.80	23.84		25.10	25.29	25.46	25.58	25.68	

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 3a 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 3a 6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	17.78	17.34	16.91	16.47	16.04	15.95	15.63	15.30	14.97	14.62
51	17.50	17.07	16.65	16.22	15.80	15.73	15.41	15.10	14.76	14.42
102	17.22	16.80	16.39	15.97	15.56	15.52	15.21	14.89	14.56	14.23
153	16.96	16.55	16.14	15.73	15.31	15.30	15.00	14.69	14.36	14.03
204	16.69	16.29	15.89	15.48	15.07	15.10	14.80	14.48	14.16	13.83
255	16.43	16.03	15.63	15.23	14.83	14.89	14.58	14.27	13.95	13.63
306	16.15	15.76	15.36	14.97	14.58	14.66	14.36	14.05	13.74	13.42
357	15.87	15.48	15.10	14.71	14.34	14.43	14.14	13.83	13.53	13.22
408	15.59	15.21	14.83	14.46	14.09	14.20	13.91	13.61	13.31	13.01
459	15.31	14.94	14.57	14.21	13.86	13.97	13.69	13.40	13.10	12.81
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	25.80	26.21	26.61	26.96	27.26	27.43	27.99	28.54	29.01	29.41
51	26.07	26.48	26.89	27.23	27.51	27.75	28.33	28.88	29.34	29.73
102	26.34	26.76	27.16	27.49	27.76	28.08	28.67	29.21	29.67	30.04
153	26.61	27.03	27.42	27.74	27.99	28.41	29.01	29.54	29.98	30.34
204	26.89	27.30	27.66	27.96	28.20	28.75	29.33	29.84	30.26	30.60
255	27.14	27.53	27.87	28.15	28.38	29.06	29.62	30.10	30.50	30.83
306	27.34	27.70	28.03	28.30	28.51	29.30	29.84	30.31	30.69	31.00
357	27.49	27.84	28.15	28.41	28.62	29.50	30.02	30.46	30.83	31.13
408	27.62	27.96	28.26	28.50	28.71	29.66	30.16	30.59	30.95	31.25
459	27.73	28.05	28.34	28.58	28.78	29.79	30.28	30.71	31.06	31.34
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	25.11	25.14	25.15	25.10	25.00	26.28	26.40	26.49	26.49	26.43
51	25.23	25.25	25.26	25.19	25.08	26.43	26.55	26.63	26.62	26.54
102	25.35	25.37	25.36	25.28	25.15	26.58	26.70	26.76	26.73	26.64
153	25.46	25.48	25.45	25.36	25.21	26.73	26.84	26.88	26.84	26.72
204	25.58	25.57	25.52	25.41	25.24	26.87	26.97	26.98	26.91	26.77
255	25.66	25.63	25.56	25.43	25.25	26.99	27.05	27.04	26.95	26.79
306	25.70	25.65	25.55	25.41	25.22	27.04	27.08	27.05	26.94	26.77
357	25.70	25.63	25.52	25.36	25.17	27.05	27.07	27.02	26.90	26.72
408	25.67	25.59	25.47	25.30	25.10	27.03	27.03	26.97	26.83	26.65
459	25.62	25.53	25.40	25.23	25.02	26.99	26.98	26.90	26.76	26.57
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	25.28	25.64	26.00	26.31	26.57	26.46	26.96	27.44	27.85	28.18
51	25.46	25.83	26.19	26.49	26.74	26.68	27.19	27.67	28.07	28.40
102	25.65	26.02	26.37	26.66	26.90	26.91	27.43	27.90	28.28	28.60
153	25.84	26.21	26.55	26.82	27.04	27.14	27.66	28.11	28.48	28.77
204	26.03	26.39	26.70	26.96	27.16	27.37	27.87	28.30	28.65	28.93
255	26.19	26.53	26.82	27.06	27.24	27.57	28.05	28.45	28.78	29.04
306	26.30	26.62	26.89	27.11	27.28	27.71	28.16	28.55	28.86	29.10
357	26.37	26.67	26.93	27.14	27.30	27.80	28.23	28.60	28.90	29.13
408	26.42	26.70	26.95	27.15	27.30	27.86	28.28	28.63	28.91	29.14
459	26.44	26.71	26.95	27.14	27.29	27.90	28.30	28.64	28.92	29.13

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 3b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 3b		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGex-PE [%]							Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0		22.51	21.67	20.86	20.08	19.35			19.80	19.19	18.61	18.03	17.48
51		21.96	21.16	20.38	19.63	18.92			19.41	18.82	18.26	17.70	17.16
102		21.44	20.66	19.91	19.19	18.51			19.03	18.46	17.92	17.38	16.85
153		20.92	20.17	19.45	18.75	18.10			18.67	18.12	17.59	17.06	16.55
204		20.42	19.69	19.00	18.33	17.71			18.32	17.78	17.26	16.75	16.25
255		19.93	19.24	18.57	17.93	17.33			17.97	17.45	16.94	16.43	15.95
306		19.46	18.79	18.15	17.54	16.96			17.62	17.11	16.61	16.12	15.65
357		19.00	18.36	17.75	17.16	16.60			17.27	16.77	16.28	15.81	15.36
408		18.57	17.95	17.36	16.79	16.26			16.92	16.44	15.97	15.51	15.07
459		18.14	17.55	16.98	16.44	15.93			16.58	16.11	15.66	15.22	14.80
		Nutzungsgrad NGex-fos [%]							Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0		22.51	22.67	22.79	22.88	22.95			23.92	24.16	24.39	24.59	24.75
51		22.61	22.76	22.88	22.96	23.03			24.08	24.32	24.55	24.74	24.90
102		22.70	22.84	22.95	23.03	23.09			24.24	24.49	24.71	24.90	25.05
153		22.78	22.91	23.01	23.08	23.13			24.41	24.65	24.87	25.04	25.18
204		22.84	22.97	23.05	23.12	23.17			24.57	24.81	25.01	25.17	25.30
255		22.90	23.01	23.09	23.16	23.21			24.72	24.94	25.13	25.28	25.39
306		22.94	23.05	23.13	23.19	23.23			24.84	25.04	25.22	25.35	25.46
357		22.98	23.08	23.15	23.21	23.25			24.92	25.12	25.28	25.41	25.52
408		23.01	23.11	23.17	23.23	23.27			24.99	25.18	25.34	25.46	25.56
459		23.03	23.13	23.19	23.24	23.29			25.05	25.23	25.38	25.50	25.60
		Nutzungsgrad NGex-loB [%]							Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0		22.51	22.38	22.23	22.04	21.83			23.61	23.53	23.44	23.31	23.16
51		22.50	22.37	22.20	22.00	21.80			23.65	23.57	23.48	23.34	23.18
102		22.49	22.34	22.17	21.96	21.75			23.69	23.61	23.51	23.36	23.19
153		22.46	22.30	22.12	21.91	21.70			23.73	23.64	23.53	23.38	23.19
204		22.41	22.25	22.06	21.85	21.63			23.77	23.67	23.54	23.37	23.18
255		22.36	22.19	21.99	21.78	21.56			23.79	23.67	23.53	23.35	23.14
306		22.30	22.12	21.92	21.71	21.49			23.77	23.64	23.49	23.30	23.09
357		22.23	22.05	21.84	21.63	21.41			23.73	23.59	23.43	23.24	23.02
408		22.15	21.97	21.76	21.55	21.33			23.68	23.53	23.36	23.16	22.95
459		22.08	21.89	21.68	21.47	21.25			23.62	23.46	23.29	23.09	22.87
		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]							Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460			0	115	230	345	460
0		22.51	22.65	22.76	22.83	22.88			23.76	23.97	24.18	24.35	24.49
51		22.56	22.69	22.78	22.85	22.90			23.86	24.07	24.28	24.45	24.58
102		22.60	22.72	22.80	22.86	22.90			23.96	24.18	24.38	24.53	24.66
153		22.62	22.73	22.81	22.86	22.89			24.06	24.27	24.47	24.61	24.72
204		22.63	22.73	22.80	22.84	22.88			24.16	24.36	24.54	24.67	24.77
255		22.63	22.72	22.78	22.82	22.85			24.24	24.43	24.59	24.71	24.80
306		22.62	22.70	22.76	22.80	22.83			24.29	24.46	24.61	24.72	24.80
357		22.60	22.68	22.73	22.77	22.79			24.31	24.47	24.61	24.71	24.79
408		22.58	22.65	22.70	22.73	22.75			24.31	24.47	24.60	24.69	24.77
459		22.55	22.62	22.66	22.69	22.71			24.31	24.45	24.58	24.67	24.74

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 3b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 3b 6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	17.57	17.13	16.70	16.28	15.85	15.75	15.42	15.09	14.76	14.42
51	17.30	16.87	16.45	16.03	15.61	15.54	15.21	14.90	14.56	14.23
102	17.03	16.62	16.21	15.79	15.38	15.34	15.02	14.70	14.37	14.04
153	16.78	16.37	15.97	15.56	15.15	15.13	14.82	14.51	14.18	13.85
204	16.52	16.12	15.72	15.32	14.92	14.94	14.63	14.31	13.99	13.66
255	16.27	15.87	15.47	15.07	14.68	14.73	14.42	14.11	13.79	13.47
306	16.00	15.60	15.21	14.82	14.44	14.52	14.21	13.90	13.59	13.27
357	15.72	15.33	14.95	14.57	14.20	14.30	13.99	13.69	13.38	13.07
408	15.45	15.07	14.69	14.32	13.96	14.08	13.77	13.47	13.17	12.87
459	15.17	14.80	14.44	14.08	13.73	13.85	13.56	13.26	12.97	12.68
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	25.30	25.66	26.03	26.34	26.60	26.74	27.21	27.68	28.09	28.44
51	25.56	25.93	26.29	26.60	26.85	27.05	27.53	28.01	28.41	28.75
102	25.82	26.20	26.56	26.85	27.09	27.37	27.86	28.34	28.73	29.05
153	26.09	26.47	26.82	27.09	27.32	27.70	28.20	28.66	29.03	29.34
204	26.36	26.73	27.05	27.31	27.52	28.03	28.52	28.95	29.31	29.59
255	26.60	26.95	27.25	27.49	27.68	28.34	28.80	29.21	29.54	29.81
306	26.79	27.12	27.40	27.63	27.81	28.58	29.02	29.41	29.72	29.98
357	26.94	27.25	27.51	27.73	27.90	28.77	29.19	29.56	29.87	30.11
408	27.06	27.35	27.61	27.82	27.98	28.93	29.33	29.69	29.98	30.22
459	27.16	27.44	27.69	27.89	28.05	29.06	29.45	29.80	30.08	30.31
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	24.64	24.64	24.63	24.57	24.45	25.65	25.71	25.76	25.74	25.65
51	24.76	24.76	24.74	24.66	24.54	25.80	25.86	25.90	25.87	25.77
102	24.87	24.87	24.84	24.75	24.62	25.95	26.01	26.04	25.99	25.87
153	24.99	24.98	24.94	24.83	24.67	26.10	26.16	26.16	26.09	25.95
204	25.10	25.08	25.01	24.88	24.71	26.25	26.29	26.27	26.17	26.01
255	25.19	25.14	25.05	24.90	24.71	26.37	26.38	26.33	26.21	26.04
306	25.23	25.16	25.04	24.88	24.68	26.44	26.42	26.35	26.21	26.02
357	25.22	25.13	25.01	24.84	24.63	26.46	26.41	26.32	26.17	25.98
408	25.19	25.09	24.95	24.77	24.56	26.44	26.38	26.28	26.12	25.92
459	25.15	25.03	24.89	24.70	24.49	26.40	26.33	26.22	26.05	25.84
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	24.89	25.22	25.55	25.83	26.05	25.94	26.36	26.78	27.14	27.43
51	25.08	25.41	25.74	26.01	26.22	26.17	26.59	27.01	27.36	27.64
102	25.27	25.60	25.92	26.18	26.38	26.39	26.82	27.24	27.57	27.84
153	25.46	25.79	26.10	26.34	26.52	26.62	27.06	27.45	27.77	28.02
204	25.64	25.97	26.25	26.47	26.64	26.85	27.27	27.65	27.94	28.17
255	25.80	26.10	26.36	26.56	26.72	27.06	27.45	27.80	28.07	28.29
306	25.91	26.19	26.43	26.62	26.76	27.20	27.57	27.90	28.15	28.35
357	25.98	26.24	26.46	26.64	26.77	27.30	27.65	27.95	28.20	28.39
408	26.02	26.26	26.48	26.64	26.77	27.36	27.69	27.98	28.22	28.40
459	26.04	26.27	26.48	26.63	26.76	27.40	27.72	28.00	28.22	28.39

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 4a 0 m² ST						Simulationsvar. 4a 2250 m² ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]						Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	29.10	27.55	26.03	24.59	23.24	22.69	21.83	21.02	20.20	19.38
51	28.11	26.62	25.17	23.79	22.51	22.12	21.30	20.52	19.72	18.93
102	27.14	25.71	24.32	23.01	21.80	21.57	20.79	20.03	19.25	18.49
153	26.17	24.80	23.48	22.24	21.09	21.05	20.30	19.55	18.80	18.05
204	25.20	23.90	22.66	21.50	20.42	20.55	19.81	19.07	18.34	17.61
255	24.28	23.05	21.88	20.79	19.77	20.04	19.31	18.59	17.87	17.17
306	23.39	22.24	21.14	20.11	19.15	19.50	18.79	18.09	17.40	16.73
357	22.54	21.46	20.43	19.46	18.56	18.97	18.28	17.60	16.95	16.30
408	21.75	20.73	19.76	18.85	18.00	18.44	17.77	17.13	16.50	15.89
459	21.00	20.04	19.13	18.27	17.47	17.92	17.29	16.67	16.07	15.49
Nutzungsgrad NGex-fos [%]						Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	29.10	29.80	30.37	30.82	31.19	30.93	31.93	32.95	33.86	34.63
51	29.57	30.25	30.79	31.20	31.55	31.54	32.57	33.60	34.50	35.27
102	30.01	30.64	31.14	31.53	31.85	32.16	33.22	34.26	35.15	35.89
153	30.35	30.94	31.41	31.78	32.09	32.80	33.88	34.90	35.76	36.46
204	30.62	31.19	31.63	31.99	32.28	33.44	34.52	35.49	36.31	36.98
255	30.85	31.39	31.81	32.16	32.44	34.04	35.06	35.99	36.77	37.40
306	31.04	31.56	31.96	32.29	32.56	34.49	35.48	36.36	37.11	37.73
357	31.19	31.69	32.08	32.40	32.66	34.86	35.80	36.66	37.39	37.99
408	31.32	31.81	32.19	32.50	32.75	35.16	36.07	36.91	37.62	38.21
459	31.43	31.90	32.27	32.58	32.82	35.41	36.31	37.13	37.83	38.40
Nutzungsgrad NGex-loB [%]						Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	29.10	29.14	29.04	28.81	28.50	30.25	30.49	30.68	30.74	30.65
51	29.33	29.33	29.17	28.90	28.57	30.56	30.80	30.98	31.00	30.88
102	29.50	29.45	29.25	28.95	28.58	30.87	31.10	31.26	31.24	31.08
153	29.59	29.48	29.24	28.92	28.54	31.19	31.40	31.51	31.44	31.22
204	29.60	29.45	29.19	28.85	28.46	31.48	31.66	31.70	31.58	31.32
255	29.56	29.39	29.10	28.75	28.35	31.72	31.83	31.80	31.64	31.35
306	29.48	29.29	28.99	28.62	28.22	31.83	31.88	31.81	31.61	31.29
357	29.37	29.16	28.85	28.48	28.07	31.85	31.85	31.75	31.52	31.20
408	29.25	29.02	28.70	28.32	27.91	31.81	31.78	31.65	31.41	31.07
459	29.10	28.86	28.53	28.16	27.75	31.73	31.67	31.52	31.27	30.92
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]						Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	29.10	29.76	30.29	30.69	31.01	30.50	31.42	32.35	33.18	33.87
51	29.45	30.08	30.56	30.93	31.22	30.95	31.89	32.83	33.64	34.31
102	29.75	30.34	30.78	31.12	31.38	31.41	32.37	33.30	34.09	34.73
153	29.97	30.50	30.91	31.22	31.47	31.87	32.85	33.75	34.50	35.09
204	30.10	30.61	30.99	31.28	31.51	32.33	33.28	34.13	34.84	35.39
255	30.20	30.67	31.03	31.30	31.52	32.73	33.63	34.42	35.08	35.60
306	30.24	30.69	31.03	31.29	31.50	33.01	33.85	34.60	35.22	35.71
357	30.26	30.69	31.01	31.26	31.45	33.18	33.98	34.70	35.29	35.76
408	30.25	30.66	30.97	31.21	31.39	33.29	34.06	34.75	35.32	35.78
459	30.23	30.62	30.91	31.15	31.32	33.36	34.10	34.77	35.32	35.76

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 4a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4a		6750 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]		Nutzungsgrad NGex-PE [%]					Nutzungsgrad NGex-PE [%]		Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	18.51	18.09	0.00	17.12	16.57		15.65	15.43	15.16	14.82	14.44		
51	18.16	17.75	0.00	16.79	16.25		15.41	15.19	14.92	14.58	14.21		
102	17.81	17.42	0.00	16.47	15.94		15.17	14.95	14.68	14.35	13.98		
153	17.47	17.09	0.00	16.15	15.63		14.93	14.72	14.45	14.11	13.74		
204	17.15	16.76	0.00	15.83	15.32		14.70	14.49	14.21	13.87	13.51		
255	16.81	16.43	0.00	15.50	15.00		14.47	14.24	13.96	13.63	13.26		
306	16.45	16.07	0.00	15.16	14.67		14.21	13.98	13.70	13.37	13.02		
357	16.09	15.70	0.00	14.82	14.35		13.94	13.71	13.43	13.11	12.77		
408	15.72	15.34	0.00	14.48	14.03		13.67	13.44	13.16	12.85	12.52		
459	15.35	14.99	0.00	14.16	13.72		13.40	13.17	12.90	12.60	12.27		
Nutzungsgrad NGex-fos [%]		Nutzungsgrad NGex-fos [%]					Nutzungsgrad NGex-fos [%]		Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	32.75	34.44	0.00	37.44	38.61		34.89	37.25	39.59	41.63	43.38		
51	33.51	35.27	0.00	38.33	39.51		35.82	38.29	40.73	42.81	44.59		
102	34.30	36.13	0.00	39.24	40.40		36.79	39.37	41.89	44.00	45.80		
153	35.12	37.02	0.00	40.11	41.24		37.79	40.50	43.06	45.19	46.96		
204	35.96	37.88	0.00	40.92	42.01		38.83	41.61	44.18	46.30	48.06		
255	36.75	38.65	0.00	41.61	42.67		39.82	42.63	45.17	47.27	49.01		
306	37.39	39.26	0.00	42.15	43.19		40.65	43.44	45.97	48.05	49.77		
357	37.90	39.75	0.00	42.59	43.61		41.33	44.11	46.62	48.69	50.40		
408	38.33	40.15	0.00	42.95	43.96		41.89	44.66	47.17	49.23	50.93		
459	38.69	40.49	0.00	43.27	44.25		42.38	45.14	47.64	49.70	51.38		
Nutzungsgrad NGex-loB [%]		Nutzungsgrad NGex-loB [%]					Nutzungsgrad NGex-loB [%]		Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	31.29	32.03	0.00	32.89	32.96		32.50	33.66	34.63	35.21	35.48		
51	31.70	32.45	0.00	33.27	33.29		33.00	34.17	35.14	35.69	35.92		
102	32.11	32.87	0.00	33.62	33.60		33.49	34.69	35.64	36.14	36.32		
153	32.53	33.29	0.00	33.93	33.85		33.99	35.20	36.11	36.56	36.66		
204	32.93	33.66	0.00	34.18	34.04		34.49	35.68	36.51	36.89	36.94		
255	33.28	33.94	0.00	34.32	34.13		34.92	36.05	36.80	37.11	37.10		
306	33.48	34.07	0.00	34.35	34.13		35.20	36.26	36.94	37.19	37.15		
357	33.57	34.11	0.00	34.30	34.06		35.35	36.34	36.97	37.18	37.10		
408	33.58	34.07	0.00	34.20	33.94		35.40	36.34	36.92	37.10	36.99		
459	33.54	33.99	0.00	34.07	33.79		35.39	36.28	36.82	36.97	36.84		
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]					Nutzungsgrad NGex-Bau [%]		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	31.55	33.05	0.00	35.69	36.69		32.75	34.76	36.73	38.40	39.82		
51	32.10	33.66	0.00	36.31	37.30		33.41	35.49	37.51	39.19	40.60		
102	32.68	34.28	0.00	36.93	37.89		34.08	36.23	38.28	39.96	41.36		
153	33.26	34.90	0.00	37.51	38.42		34.77	36.99	39.04	40.70	42.05		
204	33.85	35.49	0.00	38.01	38.88		35.47	37.71	39.74	41.36	42.67		
255	34.38	35.98	0.00	38.39	39.22		36.12	38.34	40.31	41.89	43.15		
306	34.77	36.32	0.00	38.64	39.44		36.61	38.78	40.71	42.24	43.48		
357	35.04	36.55	0.00	38.80	39.57		36.96	39.10	40.98	42.48	43.69		
408	35.23	36.70	0.00	38.88	39.63		37.21	39.31	41.16	42.63	43.81		
459	35.36	36.79	0.00	38.92	39.65		37.40	39.46	41.28	42.72	43.87		

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 4b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4b		2250 m <sup>2</sup> ST				
Nutzungsgrad NGex-PE [%]		Nutzungsgrad NGex-PE [%]					Nutzungsgrad NGex-PE [%]		Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	28.26	26.71	25.23	23.85	22.56		22.44	21.56	20.74	19.92	19.11		
51	27.25	25.78	24.38	23.06	21.84		21.87	21.04	20.24	19.44	18.66		
102	26.29	24.89	23.55	22.31	21.15		21.32	20.53	19.76	18.99	18.23		
153	25.34	24.01	22.75	21.57	20.48		20.81	20.04	19.29	18.54	17.80		
204	24.42	23.16	21.97	20.86	19.83		20.31	19.56	18.82	18.09	17.37		
255	23.54	22.35	21.23	20.19	19.22		19.80	19.07	18.35	17.64	16.95		
306	22.70	21.59	20.53	19.55	18.63		19.28	18.57	17.87	17.18	16.52		
357	21.91	20.86	19.86	18.93	18.07		18.75	18.06	17.39	16.74	16.10		
408	21.15	20.17	19.23	18.36	17.54		18.23	17.57	16.93	16.30	15.70		
459	20.44	19.51	18.63	17.81	17.04		17.73	17.10	16.48	15.88	15.31		
Nutzungsgrad NGex-fos [%]		Nutzungsgrad NGex-fos [%]					Nutzungsgrad NGex-fos [%]		Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	28.26	28.81	29.27	29.65	29.95		30.42	31.31	32.21	32.99	33.66		
51	28.62	29.15	29.59	29.93	30.22		30.98	31.89	32.80	33.58	34.24		
102	28.95	29.45	29.86	30.18	30.45		31.55	32.49	33.40	34.16	34.80		
153	29.23	29.70	30.08	30.39	30.63		32.14	33.10	33.98	34.72	35.33		
204	29.45	29.90	30.26	30.55	30.79		32.73	33.68	34.53	35.23	35.81		
255	29.65	30.08	30.42	30.69	30.91		33.29	34.19	34.99	35.66	36.20		
306	29.81	30.22	30.54	30.81	31.02		33.71	34.57	35.33	35.97	36.50		
357	29.94	30.34	30.65	30.90	31.11		34.05	34.87	35.61	36.23	36.74		
408	30.06	30.44	30.74	30.98	31.18		34.32	35.11	35.83	36.44	36.94		
459	30.15	30.52	30.81	31.05	31.24		34.55	35.32	36.03	36.62	37.11		
Nutzungsgrad NGex-loB [%]		Nutzungsgrad NGex-loB [%]					Nutzungsgrad NGex-loB [%]		Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	28.26	28.20	28.04	27.78	27.47		29.77	29.92	30.05	30.04	29.90		
51	28.39	28.30	28.10	27.82	27.48		30.04	30.20	30.31	30.26	30.09		
102	28.49	28.35	28.12	27.81	27.46		30.32	30.47	30.55	30.47	30.27		
153	28.52	28.35	28.09	27.77	27.39		30.59	30.73	30.77	30.65	30.40		
204	28.50	28.31	28.03	27.69	27.30		30.86	30.96	30.94	30.78	30.49		
255	28.46	28.24	27.94	27.58	27.19		31.08	31.11	31.03	30.83	30.51		
306	28.38	28.14	27.82	27.46	27.07		31.17	31.15	31.03	30.79	30.46		
357	28.27	28.02	27.69	27.33	26.93		31.18	31.12	30.97	30.71	30.37		
408	28.15	27.88	27.55	27.18	26.78		31.13	31.04	30.87	30.60	30.24		
459	28.01	27.73	27.39	27.02	26.62		31.05	30.93	30.74	30.46	30.10		
Nutzungsgrad NGex-Bau [%]		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]					Nutzungsgrad NGex-Bau [%]		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	28.26	28.77	29.19	29.52	29.78		30.07	30.89	31.72	32.44	33.03		
51	28.50	28.99	29.38	29.68	29.92		30.49	31.33	32.16	32.85	33.42		
102	28.72	29.17	29.53	29.80	30.02		30.91	31.76	32.58	33.25	33.80		
153	28.87	29.29	29.62	29.88	30.07		31.33	32.19	32.98	33.62	34.13		
204	28.97	29.37	29.68	29.91	30.09		31.76	32.60	33.34	33.94	34.41		
255	29.04	29.41	29.70	29.92	30.08		32.13	32.92	33.60	34.17	34.61		
306	29.08	29.43	29.69	29.90	30.06		32.38	33.12	33.76	34.29	34.71		
357	29.09	29.42	29.67	29.86	30.01		32.54	33.23	33.85	34.36	34.76		
408	29.08	29.39	29.63	29.81	29.95		32.63	33.30	33.89	34.38	34.76		
459	29.05	29.35	29.57	29.75	29.88		32.69	33.33	33.90	34.37	34.74		

## Anhang Abschnitt 6.2

Simulationsvar. 4b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 4b		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Nutzungsgrad NGex-PE [%]							Nutzungsgrad NGex-PE [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		18.34	17.85	17.35	16.83	16.29		15.52	15.27	14.97	14.63	14.25	
51		17.99	17.51	17.03	16.51	15.99		15.28	15.03	14.74	14.40	14.02	
102		17.65	17.18	16.71	16.20	15.69		15.04	14.80	14.51	14.17	13.80	
153		17.32	16.87	16.40	15.90	15.39		14.81	14.57	14.28	13.94	13.57	
204		17.00	16.55	16.08	15.58	15.08		14.59	14.34	14.05	13.71	13.34	
255		16.67	16.22	15.75	15.27	14.78		14.35	14.10	13.81	13.47	13.10	
306		16.32	15.88	15.41	14.94	14.46		14.10	13.85	13.55	13.21	12.86	
357		15.96	15.52	15.07	14.61	14.15		13.84	13.58	13.29	12.96	12.62	
408		15.60	15.17	14.73	14.29	13.84		13.57	13.31	13.03	12.71	12.37	
459		15.24	14.82	14.40	13.97	13.54		13.30	13.05	12.77	12.46	12.14	
		Nutzungsgrad NGex-fos [%]							Nutzungsgrad NGex-fos [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		32.13	33.44	34.75	35.93	36.96		34.10	36.13	38.15	39.90	41.41	
51		32.85	34.21	35.56	36.75	37.77		34.97	37.10	39.20	40.98	42.50	
102		33.60	35.02	36.39	37.57	38.58		35.88	38.11	40.27	42.07	43.60	
153		34.38	35.84	37.21	38.37	39.35		36.82	39.15	41.34	43.15	44.65	
204		35.17	36.65	37.98	39.12	40.06		37.80	40.18	42.36	44.15	45.61	
255		35.93	37.37	38.66	39.75	40.66		38.73	41.12	43.26	45.02	46.45	
306		36.54	37.94	39.19	40.25	41.14		39.51	41.87	43.98	45.71	47.13	
357		37.03	38.40	39.61	40.65	41.52		40.13	42.47	44.56	46.27	47.67	
408		37.43	38.77	39.96	40.98	41.83		40.65	42.97	45.04	46.74	48.12	
459		37.77	39.09	40.26	41.26	42.09		41.09	43.40	45.46	47.15	48.52	
		Nutzungsgrad NGex-loB [%]							Nutzungsgrad NGex-loB [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		30.73	31.18	31.55	31.74	31.76		31.82	32.75	33.53	33.99	34.17	
51		31.12	31.57	31.92	32.08	32.07		32.28	33.23	34.01	34.43	34.58	
102		31.50	31.96	32.29	32.41	32.35		32.75	33.72	34.48	34.85	34.95	
153		31.89	32.34	32.63	32.70	32.58		33.22	34.20	34.91	35.24	35.27	
204		32.28	32.70	32.92	32.93	32.76		33.69	34.64	35.28	35.54	35.51	
255		32.61	32.96	33.11	33.07	32.86		34.09	34.98	35.55	35.73	35.65	
306		32.81	33.09	33.19	33.10	32.86		34.36	35.17	35.67	35.80	35.68	
357		32.90	33.12	33.17	33.05	32.80		34.49	35.24	35.68	35.78	35.63	
408		32.90	33.09	33.11	32.96	32.69		34.53	35.23	35.63	35.70	35.52	
459		32.86	33.01	33.00	32.84	32.55		34.51	35.17	35.53	35.57	35.38	
		Nutzungsgrad NGex-Bau [%]							Nutzungsgrad NGex-Bau [%]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		31.13	32.31	33.47	34.51	35.40		32.22	33.98	35.70	37.16	38.39	
51		31.67	32.88	34.06	35.09	35.97		32.85	34.67	36.43	37.90	39.12	
102		32.21	33.46	34.65	35.66	36.51		33.49	35.37	37.15	38.62	39.83	
153		32.77	34.05	35.22	36.20	37.00		34.15	36.08	37.86	39.30	40.47	
204		33.34	34.61	35.73	36.67	37.43		34.81	36.76	38.51	39.91	41.02	
255		33.85	35.08	36.15	37.03	37.76		35.43	37.35	39.04	40.38	41.46	
306		34.23	35.40	36.42	37.27	37.96		35.89	37.76	39.40	40.71	41.75	
357		34.49	35.62	36.60	37.41	38.08		36.22	38.05	39.64	40.91	41.92	
408		34.67	35.76	36.71	37.50	38.14		36.46	38.24	39.80	41.04	42.02	
459		34.79	35.85	36.77	37.53	38.15		36.62	38.38	39.91	41.12	42.07	

## Anhang Abschnitt 6.3

Simulationsvar. 9a						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	6.11	6.26	6.25	6.23	6.22		9.06	9.21	8.90	9.04	9.18										
51	6.27	6.27	6.26	6.25	6.39		9.23	9.38	9.06	9.21	8.89										
102	6.45	6.28	6.28	6.42	6.40		9.40	9.09	9.23	8.92	9.05										
153	6.46	6.45	6.44	6.43	6.57		9.11	9.25	8.94	9.08	9.21										
204	6.47	6.47	6.61	6.60	6.73		9.27	9.42	9.11	9.24	9.38										
255	6.64	6.63	6.62	6.76	6.75		9.44	9.13	9.27	9.41	9.39										
306	6.65	6.80	6.79	6.78	6.91		9.61	9.29	9.43	9.57	9.55										
357	6.82	6.81	6.95	6.94	7.07		9.31	9.45	9.60	9.58	9.72										
408	6.98	6.97	6.97	7.10	7.23		9.48	9.62	9.61	9.74	9.73										
459	6.99	7.14	7.13	7.26	7.40		9.64	9.78	9.77	9.91	9.89										
Jährliche Kosten [TEURO/a]						Jährliche Kosten [TEURO/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	437.93	448.65	448.02	447.06	446.00		649.96	660.41	638.19	648.11	658.09										
51	449.98	449.56	449.03	448.24	457.93		661.84	672.85	649.98	660.21	637.26										
102	462.35	450.65	450.17	460.14	459.04		674.00	651.60	661.92	639.44	648.96										
153	463.13	462.74	462.04	461.21	470.82		653.07	663.36	641.37	651.08	660.59										
204	464.10	463.61	474.17	473.04	482.85		664.91	675.69	652.98	662.74	672.52										
255	476.19	475.63	474.93	484.98	483.73		676.81	654.63	664.62	674.56	673.17										
306	476.88	487.68	486.73	485.91	495.40		688.85	666.33	676.30	686.51	684.98										
357	488.74	488.25	498.58	497.54	507.05		667.83	677.95	688.13	687.05	696.76										
408	500.61	499.94	499.47	509.18	518.78		679.51	689.59	688.84	698.68	697.43										
459	501.40	511.77	511.08	520.82	530.53		691.10	701.32	700.53	710.43	709.05										
Simulationsvar. 9a						4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a						6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	12.69	12.36	12.51	12.18	12.31		16.93	16.60	16.28	16.42	16.09										
51	12.39	12.53	12.21	12.35	12.03		16.63	16.78	16.44	16.59	16.25										
102	12.55	12.24	12.37	12.06	12.19		16.80	16.47	16.62	16.28	16.42										
153	12.26	12.40	12.54	12.22	12.35		16.97	16.64	16.31	16.45	16.59										
204	12.42	12.56	12.25	12.38	12.51		16.66	16.81	16.48	16.62	16.28										
255	12.58	12.27	12.41	12.54	12.68		16.82	16.50	16.65	16.32	16.44										
306	12.28	12.43	12.57	12.71	12.69		16.99	16.66	16.81	16.48	16.61										
357	12.45	12.59	12.73	12.72	12.85		16.69	16.83	16.51	16.64	16.77										
408	12.62	12.75	12.74	12.88	13.01		16.85	17.00	16.67	16.80	16.93										
459	12.78	12.92	12.91	13.04	13.02		17.01	17.16	16.83	16.96	17.10										
Jährliche Kosten [TEURO/a]						Jährliche Kosten [TEURO/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	909.84	886.66	897.16	873.54	883.01		1214.30	1190.52	1167.31	1177.25	1153.48										
51	888.22	898.60	875.64	885.32	862.36		1192.29	1203.08	1179.26	1189.77	1165.33										
102	900.15	877.43	887.39	864.70	873.95		1204.42	1180.97	1191.66	1167.71	1177.44										
153	879.22	889.00	899.18	876.21	885.71		1216.65	1192.97	1169.83	1179.80	1189.50										
204	890.71	900.93	878.20	887.90	897.34		1194.54	1205.12	1181.53	1191.69	1167.78										
255	902.37	879.91	889.81	899.55	909.36		1206.46	1183.22	1193.64	1170.09	1179.21										
306	880.76	891.49	901.40	911.40	909.74		1218.64	1194.96	1205.41	1181.62	1191.01										
357	893.11	903.03	913.21	911.89	921.52		1196.71	1206.85	1183.82	1193.21	1202.61										
408	904.66	914.62	913.88	923.55	933.17		1208.37	1218.81	1195.34	1204.85	1214.35										
459	916.26	926.43	925.46	935.36	933.78		1219.93	1230.57	1206.88	1216.46	1226.09										

## Anhang Abschnitt 6.3

Simulationsvar. 9b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b		2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]		Wärmepreis [Cent/kWh]					Wärmepreis [Cent/kWh]		Wärmepreis [Cent/kWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	6.58	6.73	6.88	6.88	7.01		9.21	8.90	9.04	9.03	9.17		
51	6.75	6.90	7.05	7.05	7.18		9.38	9.07	9.21	9.20	9.18		
102	6.92	7.07	7.07	7.21	7.35		9.09	9.23	9.22	9.21	9.35		
153	7.09	7.09	7.24	7.38	7.52		9.25	9.24	9.23	9.37	9.35		
204	7.26	7.26	7.41	7.55	7.69		9.42	9.41	9.40	9.39	9.52		
255	7.28	7.43	7.58	7.72	7.86		9.43	9.42	9.41	9.55	9.53		
306	7.45	7.59	7.74	7.89	8.02		9.60	9.59	9.57	9.56	9.70		
357	7.61	7.76	7.91	8.05	8.19		9.60	9.60	9.74	9.72	9.86		
408	7.78	7.92	8.07	8.22	8.35		9.77	9.76	9.75	9.89	10.02		
459	7.94	8.09	8.24	8.38	8.52		9.93	9.92	9.91	10.05	10.19		
Jährliche Kosten [TEURO/a]		Jährliche Kosten [TEURO/a]					Jährliche Kosten [TEURO/a]		Jährliche Kosten [TEURO/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	471.85	482.61	493.40	493.12	503.04		660.46	638.40	648.49	647.55	657.27		
51	484.03	494.90	505.80	505.26	515.17		672.86	650.06	660.49	659.43	658.17		
102	496.28	507.19	507.14	517.38	527.26		651.83	661.93	661.28	660.31	670.15		
153	508.44	508.65	519.21	529.41	539.32		663.40	662.82	662.18	672.28	670.79		
204	520.75	520.72	531.28	541.47	551.45		675.43	674.86	674.04	673.06	682.79		
255	522.08	532.72	543.26	553.51	563.47		676.18	675.56	674.77	684.81	683.65		
306	534.00	544.61	555.22	565.49	575.40		688.14	687.49	686.63	685.71	695.25		
357	545.86	556.43	567.14	577.38	587.25		688.76	688.14	698.37	697.32	706.96		
408	557.61	568.30	579.01	589.21	599.05		700.49	699.83	699.28	709.04	718.63		
459	569.40	580.16	590.83	601.00	610.81		712.42	711.66	710.94	720.66	730.38		
Simulationsvar. 9b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b		6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]		Wärmepreis [Cent/kWh]					Wärmepreis [Cent/kWh]		Wärmepreis [Cent/kWh]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	12.08	12.23	11.91	12.04	12.18		15.87	15.54	15.69	15.83	15.49		
51	12.25	11.93	12.07	12.21	11.89		16.04	15.71	15.86	15.52	15.66		
102	12.42	12.09	12.24	11.92	12.05		15.73	15.88	15.55	15.69	15.36		
153	12.12	12.26	11.95	12.08	12.21		15.90	15.57	15.72	15.39	15.51		
204	12.28	11.97	12.11	12.24	12.38		16.06	15.74	15.88	15.55	15.68		
255	12.45	12.13	12.27	12.41	12.39		15.76	15.91	15.58	15.71	15.85		
306	12.15	12.29	12.44	12.42	12.55		15.92	15.60	15.74	15.87	15.55		
357	12.31	12.45	12.44	12.58	12.56		16.09	15.76	15.90	16.04	15.71		
408	12.48	12.62	12.61	12.74	12.72		16.25	15.92	16.07	15.74	15.87		
459	12.64	12.78	12.77	12.75	12.88		15.95	16.09	16.23	15.90	16.03		
Jährliche Kosten [TEURO/a]		Jährliche Kosten [TEURO/a]					Jährliche Kosten [TEURO/a]		Jährliche Kosten [TEURO/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	866.41	876.89	853.92	863.61	873.57		1137.93	1114.62	1125.19	1135.16	1110.70		
51	878.18	855.66	865.63	875.82	852.55		1150.14	1126.38	1137.30	1113.05	1122.66		
102	890.48	867.31	877.78	854.80	864.14		1127.79	1138.57	1115.11	1124.95	1101.15		
153	868.97	879.07	856.76	866.24	875.72		1139.87	1116.82	1126.96	1103.50	1112.58		
204	880.60	858.53	868.23	877.91	887.71		1151.96	1128.54	1139.00	1114.90	1124.43		
255	892.69	869.96	879.86	889.92	888.25		1130.24	1140.58	1117.13	1126.58	1136.37		
306	871.60	881.48	891.78	890.32	899.94		1141.96	1118.89	1128.64	1138.37	1115.00		
357	883.12	893.06	892.30	901.95	900.60		1153.80	1130.41	1140.27	1150.41	1126.54		
408	894.64	904.88	903.94	913.84	912.27		1165.63	1142.00	1152.09	1128.91	1138.09		
459	906.28	916.70	915.53	914.40	923.87		1143.66	1153.66	1163.81	1140.37	1149.49		

## Anhang Abschnitt 6.3

Simulationsvar. 10a						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	12.57	11.75	12.09	12.04	11.99						22.89	23.14	22.23	21.35	21.68						
51	13.00	12.16	12.12	12.07	12.42						23.28	23.54	22.65	21.77	20.91						
102	12.23	12.58	12.14	12.50	12.44						23.68	22.74	21.85	22.20	21.33						
153	12.64	12.60	12.56	12.52	12.47						22.87	21.94	22.27	21.41	21.76						
204	12.66	12.62	12.59	12.55	12.89						23.25	22.35	21.49	21.84	20.99						
255	13.08	12.65	13.01	12.97	12.93						22.45	21.56	21.92	21.07	21.41						
306	13.10	13.07	13.04	13.39	13.34						22.85	21.98	21.15	21.49	21.83						
357	13.12	13.49	13.45	13.41	13.75						22.06	22.40	21.57	21.91	21.08						
408	13.54	13.52	13.88	13.84	14.17						22.47	21.64	21.98	22.33	21.49						
459	13.96	13.93	13.91	14.25	14.59						22.88	22.05	22.40	22.75	21.90						
Jährliche Kosten [TEURO/a]											Jährliche Kosten [TEURO/a]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	349.56	326.99	336.41	334.90	333.45						636.70	643.86	618.50	593.87	603.19						
51	361.77	338.42	337.06	335.71	345.42						647.65	654.93	630.05	605.55	581.62						
102	340.37	350.09	337.78	347.63	346.02						658.64	632.69	607.94	617.53	593.37						
153	351.63	350.55	349.54	348.23	346.94						636.10	610.40	619.63	595.68	605.36						
204	352.13	351.15	350.22	349.17	358.53						646.95	621.82	597.82	607.64	583.96						
255	363.91	351.99	362.07	360.70	359.60						624.58	599.93	609.67	586.29	595.53						
306	364.36	363.54	362.67	372.46	371.12						635.77	611.36	588.47	597.80	607.26						
357	365.12	375.37	374.25	373.15	382.66						613.81	623.06	599.95	609.44	586.41						
408	376.68	376.00	386.02	384.89	394.25						625.13	601.93	611.50	621.19	597.89						
459	388.34	387.56	386.89	396.45	405.95						636.64	613.39	623.06	632.83	609.35						
Simulationsvar. 10a						4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a						6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	32.54	32.76	0.00	32.08	31.17						34.36	34.58	36.01	37.45	37.71						
51	32.92	33.15	0.00	31.29	30.39						34.74	34.96	36.39	39.03	39.29						
102	33.31	33.54	0.00	30.50	30.78						35.12	36.54	37.97	39.41	39.68						
153	33.69	33.92	0.00	30.89	30.00						35.50	36.92	38.35	39.80	40.06						
204	34.08	33.12	0.00	31.28	30.40						35.89	37.31	38.74	40.19	40.45						
255	34.46	32.32	0.00	30.51	30.80						36.27	37.69	39.13	40.58	40.85						
306	33.66	32.71	0.00	30.91	30.03						36.66	38.08	39.52	40.97	41.24						
357	34.05	31.93	0.00	30.14	30.44						37.05	38.48	39.92	41.37	41.64						
408	33.26	32.33	0.00	30.55	30.84						37.45	38.88	40.32	41.77	42.05						
459	33.66	32.73	0.00	30.96	31.25						37.85	39.28	40.72	42.17	42.45						
Jährliche Kosten [TEURO/a]											Jährliche Kosten [TEURO/a]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	905.21	911.45	0.00	892.51	867.13						955.96	961.95	1001.77	1041.81	1049.13						
51	915.79	922.17	0.00	870.38	845.32						966.40	972.69	1012.44	1085.72	1092.98						
102	926.65	933.08	0.00	848.46	856.24						977.13	1016.58	1056.36	1096.49	1103.79						
153	937.27	943.75	0.00	859.32	834.61						987.71	1027.20	1067.00	1107.19	1114.54						
204	947.99	921.50	0.00	870.31	845.68						998.38	1037.92	1077.77	1117.98	1125.44						
255	958.66	899.16	0.00	848.68	856.74						1009.12	1048.66	1088.56	1128.85	1136.38						
306	936.35	910.08	0.00	859.80	835.50						1019.81	1059.50	1099.47	1139.81	1147.36						
357	947.34	888.29	0.00	838.63	846.74						1030.74	1070.46	1110.51	1150.89	1158.52						
408	925.30	899.48	0.00	849.89	858.05						1041.80	1081.54	1121.63	1162.04	1169.72						
459	936.47	910.68	0.00	861.20	869.35						1052.90	1092.66	1132.83	1173.23	1180.97						

## Anhang Abschnitt 6.3

Simulationsvar. 10b						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	12.56	12.52	12.49	12.45	12.41		20.45	20.74	19.88	20.22	19.36										
51	12.59	12.55	12.52	12.49	12.83		20.84	21.16	20.29	19.45	19.77										
102	12.62	12.58	12.56	12.91	12.88		21.25	20.36	20.72	19.86	20.19										
153	13.03	13.01	12.98	12.95	13.30		20.45	20.78	19.94	20.27	19.43										
204	13.06	13.03	13.02	13.37	13.72		20.85	20.01	20.35	20.70	19.84										
255	13.09	13.07	13.44	13.80	14.15		21.27	20.41	20.77	19.92	20.25										
306	13.51	13.49	13.86	14.22	14.57		20.48	20.83	20.01	20.33	20.66										
357	13.93	13.91	14.28	14.64	15.00		20.89	21.25	20.42	20.74	21.08										
408	13.96	14.33	14.70	15.07	15.42		21.31	20.49	20.83	21.16	21.10										
459	14.38	14.75	15.13	15.49	15.84		21.72	20.90	21.28	21.57	21.52										
Jährliche Kosten [TEURO/a]						Jährliche Kosten [TEURO/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	349.52	348.43	347.48	346.39	345.25		568.89	577.01	552.94	562.43	538.63										
51	350.19	349.25	348.35	347.44	357.00		579.83	588.77	564.50	540.99	550.05										
102	351.03	350.07	349.39	359.18	358.27		591.14	566.52	576.54	552.46	561.69										
153	362.49	361.83	361.03	360.36	369.91		568.81	578.21	554.60	564.02	540.57										
204	363.25	362.61	362.22	372.06	381.71		580.04	556.55	566.18	575.86	551.95										
255	364.10	363.69	373.92	383.80	393.52		591.76	567.91	577.82	554.28	563.32										
306	375.72	375.36	385.61	395.57	405.36		569.83	579.47	556.56	565.65	574.82										
357	387.60	387.04	397.32	407.36	417.17		581.26	591.23	567.95	577.12	586.39										
408	388.40	398.75	409.06	419.16	428.92		592.75	570.00	579.39	588.67	586.94										
459	400.05	410.44	420.83	430.91	440.66		604.36	581.42	592.13	600.20	598.62										
Simulationsvar. 10b						4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b						6750 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	34.06	33.10	32.17	31.25	30.35		38.27	38.50	41.13	42.58	41.66										
51	34.45	33.49	31.37	30.46	30.74		38.65	40.08	42.71	41.77	40.85										
102	33.64	32.70	31.77	30.85	29.96		39.04	40.47	43.10	40.97	41.25										
153	34.03	33.08	30.97	30.07	30.36		39.42	42.05	42.29	41.36	40.45										
204	33.22	32.28	30.16	30.46	30.77		39.81	42.43	41.49	40.57	40.85										
255	32.42	31.49	30.58	30.87	30.00		41.39	44.02	41.88	40.96	40.06										
306	32.81	31.89	30.98	31.28	30.41		41.78	44.41	41.08	40.18	40.46										
357	32.02	32.28	31.38	30.51	30.83		43.37	43.61	41.48	40.58	39.69										
408	32.42	31.50	30.61	30.92	30.08		43.76	42.81	40.70	40.98	40.10										
459	32.83	31.91	31.02	31.33	30.49		44.16	43.21	41.11	41.39	40.50										
Jährliche Kosten [TEURO/a]						Jährliche Kosten [TEURO/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	947.58	920.93	894.95	869.33	844.26		1064.75	1070.94	1144.30	1184.47	1158.84										
51	958.27	931.78	872.78	847.37	855.28		1075.23	1114.98	1188.29	1162.10	1136.55										
102	935.92	909.59	883.71	858.36	833.51		1086.03	1125.78	1199.04	1139.84	1147.51										
153	946.59	920.34	861.61	836.46	844.61		1096.66	1169.71	1176.51	1150.62	1125.38										
204	924.21	898.09	839.07	847.49	856.05		1107.40	1180.45	1154.17	1128.58	1136.41										
255	901.98	876.05	850.66	858.76	834.61		1151.50	1224.54	1165.03	1139.53	1114.58										
306	912.84	887.04	861.74	870.13	846.01		1162.20	1235.39	1142.94	1117.69	1125.70										
357	890.84	898.12	872.98	848.67	857.57		1206.42	1213.10	1154.03	1128.88	1104.19										
408	902.02	876.43	851.55	860.17	836.90		1217.45	1190.92	1132.37	1140.11	1115.45										
459	913.19	887.67	862.90	871.61	848.32		1228.53	1202.08	1143.60	1151.38	1126.74										

## Anhang Abschnitt 6.3

Simulationsvar. 11a						2250 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11a						4500 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	22.89	23.14	22.39	22.03	22.87						32.54	32.76	0.00	32.73	33.48						
51	23.28	23.55	22.81	22.47	23.33						32.92	33.15	0.00	31.94	32.73						
102	23.67	22.77	22.01	21.70	22.61						33.30	33.56	0.00	31.16	33.15						
153	22.87	22.00	21.28	22.14	23.08						33.69	33.98	0.00	31.55	32.42						
204	23.28	22.45	21.77	21.38	22.38						34.10	33.21	0.00	31.95	32.86						
255	22.51	21.70	21.07	21.84	22.82						34.51	32.43	0.00	31.20	32.13						
306	22.94	22.14	21.54	21.13	22.91						33.73	32.84	0.00	30.47	32.61						
357	22.19	21.42	20.86	21.60	22.98						34.15	32.09	0.00	30.92	31.90						
408	22.64	21.88	21.34	21.68	23.45						33.39	32.51	0.00	30.23	31.96						
459	21.92	22.35	21.82	21.78	23.52						33.82	31.75	0.00	30.70	32.43						
Jährliche Kosten [TEURO/a]											Jährliche Kosten [TEURO/a]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	636.71	643.79	622.75	612.87	636.20						905.22	911.30	0.00	910.56	931.31						
51	647.63	655.19	634.49	625.16	649.12						915.75	922.35	0.00	888.67	910.60						
102	658.58	633.41	612.45	603.57	629.12						926.47	933.69	0.00	866.73	922.35						
153	636.30	612.17	592.10	615.89	642.14						937.39	945.30	0.00	877.72	902.03						
204	647.65	624.56	605.55	594.84	622.58						948.54	923.91	0.00	888.78	914.25						
255	626.21	603.61	586.06	607.72	634.97						960.18	902.28	0.00	868.11	893.99						
306	638.29	616.02	599.12	587.87	637.26						938.48	913.58	0.00	847.77	907.15						
357	617.20	596.00	580.41	600.94	639.36						950.11	892.68	0.00	860.29	887.40						
408	629.96	608.65	593.59	603.23	652.50						928.78	904.37	0.00	840.85	889.21						
459	609.84	621.88	606.91	605.83	654.34						940.74	883.34	0.00	854.07	902.11						
<b>NETZEINSPEISUNG</b>																					
Simulationsvar. 11a						6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	34.36	34.57	36.15	38.09	41.19						20.45	20.75	20.04	20.92	21.73						
51	34.74	34.97	36.54	39.67	41.61						20.84	19.97	20.47	20.14	21.02						
102	35.12	36.56	38.11	40.06	42.03						21.26	20.40	19.69	20.57	21.46						
153	35.51	36.98	38.53	40.44	43.65						20.46	20.86	20.14	19.81	21.92						
204	35.91	37.40	38.97	40.83	44.07						20.89	20.11	19.45	20.22	21.99						
255	36.33	37.80	39.41	41.25	44.49						20.14	19.39	19.91	20.28	22.04						
306	36.74	38.21	39.84	41.68	44.93						20.58	19.81	20.38	20.74	22.12						
357	37.15	38.63	41.48	43.31	46.55						19.85	20.29	20.46	20.82	22.20						
408	38.76	40.24	41.93	43.75	46.98						20.30	20.31	20.54	20.89	22.66						
459	39.19	40.65	42.37	44.20	47.40						20.75	20.35	20.62	20.99	22.72						
Jährliche Kosten [TEURO/a]											Jährliche Kosten [TEURO/a]										
PV/WKA [kW]	0		115		230		345		460		0		115		230		345		460		
0	955.97	961.85	1005.67	1059.75	1145.80						568.81	577.28	557.45	582.10	604.63						
51	966.38	972.88	1016.45	1103.71	1157.58						579.81	555.55	569.56	560.43	584.83						
102	977.08	1017.22	1060.26	1114.33	1169.19						591.38	567.55	547.90	572.12	597.06						
153	987.95	1028.74	1071.88	1125.14	1214.27						569.17	580.40	560.40	550.98	609.89						
204	999.03	1040.32	1084.25	1136.02	1226.13						581.07	559.44	541.12	562.61	611.64						
255	1010.67	1051.72	1096.39	1147.64	1237.76						560.37	539.33	553.83	564.10	613.26						
306	1022.00	1062.87	1108.40	1159.47	1250.02						572.46	551.16	566.84	577.08	615.51						
357	1033.54	1074.76	1153.97	1204.79	1295.12						552.30	564.46	569.12	579.19	617.62						
408	1078.35	1119.42	1166.55	1216.98	1306.99						564.62	565.03	571.51	581.24	630.38						
459	1090.20	1130.82	1178.73	1229.60	1318.72						577.33	566.26	573.69	583.81	632.07						

## Anhang Abschnitt 6.3

Simulationsvar. 11b						4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b					6750 m <sup>2</sup> ST					
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	34.05	33.08	32.29	31.86	32.61		38.27	38.49	42.47	42.03	42.76										
51	34.43	33.48	31.49	31.08	31.87		38.65	40.08	42.86	41.24	42.01										
102	33.62	32.69	31.87	31.47	32.31		39.04	41.69	43.24	41.62	41.25										
153	34.02	33.11	31.11	30.68	31.60		39.43	42.10	42.47	39.62	41.68										
204	33.22	32.34	30.37	31.10	32.06		39.83	43.72	41.72	40.04	40.94										
255	32.45	31.56	30.82	30.37	31.34		41.45	42.93	40.97	40.47	40.20										
306	32.86	31.97	30.09	29.65	30.67		41.85	42.14	40.23	39.72	40.65										
357	32.09	31.21	30.56	30.12	31.12		43.46	41.38	40.68	40.17	39.92										
408	32.51	30.46	29.87	29.44	31.20		43.88	40.61	39.96	39.44	40.35										
459	31.76	30.88	30.34	29.92	31.27		44.31	41.02	40.41	39.91	40.39										
Jährliche Kosten [TEURO/a]												Jährliche Kosten [TEURO/a]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	947.25	920.32	898.20	886.44	907.31		1064.76	1070.85	1181.51	1169.27	1189.59										
51	957.85	931.43	875.98	864.53	886.58		1075.20	1115.16	1192.26	1147.22	1168.61										
102	935.38	909.51	886.71	875.39	898.90		1085.98	1159.73	1202.87	1157.89	1147.47										
153	946.31	921.13	865.40	853.62	879.03		1096.86	1171.25	1181.40	1102.36	1159.61										
204	924.26	899.69	844.97	865.16	891.88		1107.99	1216.18	1160.72	1114.00	1138.96										
255	902.81	878.09	857.38	844.76	871.94		1153.02	1194.33	1139.86	1125.81	1118.45										
306	914.21	889.36	837.05	824.90	853.16		1164.31	1172.26	1119.12	1105.04	1130.76										
357	892.73	868.35	850.31	837.94	865.89		1209.12	1151.07	1131.79	1117.44	1110.56										
408	904.47	847.33	830.94	818.99	867.96		1220.87	1129.79	1111.66	1097.32	1122.58										
459	883.48	859.18	844.01	832.37	869.82		1232.58	1141.30	1124.07	1110.16	1123.73										
<b>NETZEINSPEISUNG</b>																					
<b>Simulationsvarianten 1 bis 8</b>																					
Wärmepreis [Cent/kWh]																					
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750		Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750		0	2250	4500	6750						
1a	4.76	6.59	9.41	12.54		5a	5.16	7.06	9.91	13.21											
1b	6.04	7.37	9.42	9.42		5b	5.56	6.96	9.05	9.05											
2a	7.79	12.15	20.64	29.19		6a	8.89	13.88	22.55	31.25											
2b	9.43	12.56	19.95	28.45		6b	8.31	12.05	19.58	28.26											
3a	4.93	6.84	9.72	13.05		7a	8.62	11.91	15.72	19.36											
3b	6.16	7.60	9.71	9.71		7b	8.08	10.89	14.38	14.38											
4a	8.50	13.57	22.36	31.18		8a	11.55	14.58	23.58	32.61											
4b	10.10	13.94	21.55	30.36		8b	10.85	12.68	20.49	29.50											
Jährliche Kosten [TEURO/a]																					
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750		Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750		0	2250	4500	6750						
1a	341.59	472.71	675.14	899.21		5a	369.94	505.99	710.62	947.13											
1b	433.02	528.82	675.58	675.58		5b	460.07	560.70	710.34	710.34											
2a	216.63	338.14	574.31	812.05		6a	247.39	386.02	627.30	869.39											
2b	262.47	349.31	554.90	791.59		6b	292.87	396.70	606.45	847.86											
3a	353.35	490.66	697.11	935.85		7a	617.79	854.24	1127.22	1387.97											
3b	441.53	545.08	696.00	696.00		7b	641.38	842.52	1093.14	1093.14											
4a	236.54	377.50	622.02	867.50		8a	321.24	405.54	656.12	907.30											
4b	281.12	387.93	599.42	844.73		8b	363.37	414.27	631.60	882.36											

## Anhang Abschnitt 6.3

Simulationsvar. 11a						2250 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11a						4500 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	14.93	15.43	14.90	14.75	15.77		24.51	24.98	0.00	25.39	26.32										
51	16.20	16.71	16.20	16.07	17.11		25.77	26.25	0.00	25.47	26.44										
102	17.47	16.81	16.28	16.16	17.25		27.03	27.54	0.00	25.56	27.73										
153	17.54	16.92	16.42	17.47	18.58		28.30	28.83	0.00	26.82	27.86										
204	18.82	18.23	17.76	17.57	18.74		29.57	28.93	0.00	28.07	29.16										
255	18.91	18.33	17.92	18.88	20.03		30.86	29.01	0.00	28.18	29.28										
306	20.21	19.63	19.24	19.02	20.96		30.93	30.26	0.00	28.30	30.60										
357	20.29	19.76	19.41	20.33	21.88		32.20	30.36	0.00	29.59	30.73										
408	21.60	21.06	20.72	21.25	23.19		32.28	31.62	0.00	29.73	31.63										
459	21.72	22.37	22.04	22.18	24.09		33.55	31.71	0.00	31.04	32.94										
Jährliche Kosten [TEURO/a]						Jährliche Kosten [TEURO/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	415.25	429.17	414.63	410.39	438.82		681.97	694.89	0.00	706.32	732.17										
51	450.55	464.94	450.71	446.94	475.90		716.88	730.32	0.00	708.67	735.61										
102	485.88	467.53	452.92	449.52	479.97		751.98	766.03	0.00	710.95	771.46										
153	487.99	470.59	456.73	485.93	517.03		787.29	801.94	0.00	746.00	775.15										
204	523.64	507.12	494.21	488.78	521.29		822.74	804.72	0.00	780.99	811.19										
255	526.19	510.03	498.51	525.34	557.30		858.39	806.97	0.00	784.01	814.57										
306	562.10	546.12	535.18	529.07	583.09		860.50	841.94	0.00	787.19	851.25										
357	564.57	549.66	539.93	565.58	608.58		895.77	844.64	0.00	823.16	854.93										
408	600.85	585.81	576.48	591.20	645.07		897.97	879.73	0.00	827.11	880.04										
459	604.23	622.44	613.17	617.11	670.20		933.39	882.12	0.00	863.65	916.26										
<b>DIREKTVERMARKTUNG</b>																					
Simulationsvar. 11a						6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Wärmepreis [Cent/kWh]											Wärmepreis [Cent/kWh]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	26.28	26.74	28.55	30.69	33.97		12.00	12.55	12.07	13.16	14.15										
51	27.53	28.01	29.81	33.15	35.26		13.27	12.64	13.38	13.25	14.31										
102	28.79	30.48	32.26	34.40	36.55		14.56	13.95	13.48	14.54	15.62										
153	30.06	31.77	33.54	35.65	39.03		14.64	15.29	14.79	14.65	16.94										
204	31.33	33.05	34.85	36.90	40.31		15.94	15.40	14.96	15.93	17.86										
255	32.62	34.32	36.14	38.17	41.58		16.06	15.54	16.27	16.83	18.77										
306	33.88	35.58	37.42	39.44	42.87		17.35	16.82	17.59	18.14	19.69										
357	35.14	36.85	39.90	41.92	45.33		17.48	18.14	18.52	19.06	20.61										
408	37.60	39.30	41.20	43.19	46.59		18.77	19.01	19.45	19.97	21.91										
459	38.87	40.55	42.48	44.48	47.85		20.07	19.89	20.36	20.91	22.80										
Jährliche Kosten [TEURO/a]						Jährliche Kosten [TEURO/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	731.17	743.93	794.23	853.93	945.03		333.79	349.12	335.82	366.12	393.72										
51	765.98	779.34	829.31	922.13	981.03		369.18	351.77	372.26	368.70	398.07										
102	801.06	848.01	897.36	956.93	1016.70		405.15	388.14	374.89	404.59	434.41										
153	836.31	883.83	933.16	991.82	1085.75		407.31	425.37	411.55	407.52	471.25										
204	871.70	919.57	969.59	1026.61	1121.47		443.53	428.53	416.31	443.07	496.83										
255	907.34	954.84	1005.52	1061.93	1156.76		446.85	432.28	452.76	468.25	522.06										
306	942.53	989.72	1041.12	1097.33	1192.55		482.72	467.79	489.40	504.77	547.81										
357	977.71	1025.14	1110.14	1166.10	1261.04		486.26	504.78	515.15	530.36	573.35										
408	1046.01	1093.29	1146.13	1201.67	1296.19		522.09	528.72	540.97	555.69	609.49										
459	1081.34	1128.05	1181.65	1237.56	1331.23		558.25	553.31	566.47	581.60	634.41										





## Anhang Abschnitt 6.4

<b>Simulationsvarianten 1 bis 8</b>									
<b>Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	75.24	72.89	71.70	70.45	5a	58.17	58.71	58.74	58.78
1b	76.93	74.04	72.56	72.56	5b	58.00	57.88	59.27	59.27
2a	54.47	52.27	51.60	50.86	6a	38.31	40.71	42.22	43.76
2b	55.29	52.63	52.14	51.35	6b	37.69	40.21	42.36	43.56
3a	69.10	68.53	67.59	66.41	7a	74.55	73.22	72.64	71.71
3b	72.02	70.03	68.51	68.51	7b	75.67	73.85	73.17	73.17
4a	47.09	47.17	47.33	47.30	8a	58.62	59.64	61.21	62.85
4b	48.36	47.68	47.72	47.82	8b	58.59	59.55	61.01	62.59
<b>Staub IIgges [kg/a]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	295.73	325.35	363.89	405.96	5a	119.63	179.89	229.10	283.28
1b	298.65	323.46	355.13	355.13	5b	99.64	154.53	217.73	217.73
2a	267.73	297.51	340.29	382.86	6a	101.94	176.58	239.57	302.31
2b	269.24	294.37	333.30	375.43	6b	84.48	162.66	229.31	289.31
3a	146.03	202.24	251.56	302.27	7a	152.31	192.57	237.47	281.89
3b	142.16	189.81	239.47	239.47	7b	146.65	182.64	225.00	225.00
4a	130.89	196.71	258.27	319.31	8a	108.79	134.29	178.55	222.91
4b	126.11	188.75	246.24	306.50	8b	108.74	130.57	171.08	215.36
<b>Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	2987.05	2807.80	2691.50	2571.95	5a	2534.23	2434.52	2354.68	2272.31
1b	3076.01	2870.20	2741.17	2741.17	5b	2584.55	2454.27	2393.47	2393.47
2a	1846.42	1675.92	1588.55	1497.98	6a	1421.30	1377.10	1354.06	1333.70
2b	1888.91	1696.31	1621.70	1530.47	6b	1438.32	1380.92	1373.94	1343.33
3a	2838.99	2708.44	2600.19	2486.63	7a	3085.34	2970.96	2897.47	2804.76
3b	2972.65	2794.17	2651.35	2651.35	7b	3146.91	3005.64	2926.87	2926.87
4a	1665.39	1558.23	1499.81	1437.82	8a	2214.14	2228.93	2273.55	2321.94
4b	1730.12	1588.97	1525.49	1467.98	8b	2212.28	2224.11	2262.85	2308.02
<b>Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	3675.82	3649.88	3737.18	3849.09	5a	2536.90	2709.94	2873.42	3068.52
1b	3760.04	3679.92	3707.28	3707.28	5b	2489.17	2602.44	2823.31	2823.31
2a	2636.50	2618.27	2759.19	2896.65	6a	1565.46	1846.01	2127.57	2410.15
2b	2677.21	2609.08	2731.69	2866.71	6b	1502.21	1776.10	2074.96	2337.33
3a	2885.65	3017.13	3159.68	3315.83	7a	3197.95	3306.33	3479.64	3635.41
3b	2973.53	3018.04	3115.72	3115.72	7b	3199.04	3255.26	3405.37	3405.37
4a	1880.29	2073.58	2322.29	2566.17	8a	2236.41	2324.92	2578.58	2835.68
4b	1910.00	2050.88	2265.92	2509.67	8b	2234.72	2292.94	2513.64	2767.79
<b>TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]</b>									
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750
1a	267.54	267.54	267.54	267.54	5a	267.54	267.54	267.54	267.54
1b	267.54	267.54	267.54	267.54	5b	267.54	267.54	267.54	267.54
2a	267.54	267.54	267.54	267.54	6a	267.54	267.54	267.54	267.54
2b	267.54	267.54	267.54	267.54	6b	267.54	267.54	267.54	267.54
3a	5370.39	5091.58	4926.62	4768.01	7a	6087.70	5981.42	5958.90	5901.26
3b	5672.30	5299.12	5017.40	5017.40	7b	6182.23	6017.73	5979.55	5979.55
4a	3123.90	2844.84	2745.04	2636.54	8a	4440.78	4525.57	4709.97	4901.25
4b	3281.39	2918.98	2802.28	2708.66	8b	4437.40	4507.73	4672.35	4857.75

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a					2250 m <sup>2</sup> ST				
Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]		Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	2244.16	2196.87	2150.66	2114.29	2087.26		2130.15	2079.82	2035.46	1997.61	1971.18					
51	2230.09	2181.89	2136.88	2103.65	2075.67		2114.60	2069.24	2020.06	1985.89	1961.04					
102	2218.77	2168.20	2125.16	2091.17	2066.43		2101.63	2052.03	2006.21	1976.52	1948.43					
153	2202.55	2155.07	2111.73	2081.19	2056.25		2086.90	2035.66	1997.57	1963.05	1936.43					
204	2188.50	2141.72	2103.29	2071.85	2050.53		2071.31	2025.96	1983.88	1951.81	1929.64					
255	2177.85	2133.08	2094.04	2066.78	2045.55		2058.46	2015.34	1974.09	1945.10	1921.86					
306	2168.52	2128.99	2089.73	2064.46	2042.20		2051.28	2007.12	1968.05	1943.32	1919.51					
357	2164.17	2123.24	2088.46	2062.22	2041.21		2046.87	2002.46	1966.08	1939.01	1919.23					
408	2162.31	2121.17	2088.71	2061.62	2042.40		2042.39	1999.49	1964.40	1937.91	1918.53					
459	2161.27	2121.86	2088.40	2062.52	2044.75		2040.11	1999.13	1964.49	1939.51	1919.57					
Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]		Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	2191.21	2124.43	2036.33	1963.24	1903.89		2474.63	2405.31	2266.79	2218.12	2184.62					
51	2192.78	2099.77	2012.54	1942.58	1909.08		2474.64	2408.84	2267.44	2222.22	2113.45					
102	2196.33	2075.82	1990.58	1946.79	1890.50		2477.18	2331.32	2269.79	2151.37	2118.42					
153	2169.65	2077.38	1993.18	1927.29	1898.04		2399.89	2330.73	2198.25	2155.19	2124.57					
204	2145.31	2054.54	2000.81	1935.71	1910.03		2400.13	2335.69	2202.24	2162.19	2135.64					
255	2150.17	2062.29	1984.28	1948.87	1898.54		2403.45	2264.77	2210.77	2173.94	2121.99					
306	2133.20	2076.06	1999.18	1940.46	1915.87		2412.96	2275.46	2224.18	2191.24	2139.85					
357	2147.78	2065.16	2018.05	1959.46	1936.39		2350.19	2290.81	2242.40	2183.06	2160.59					
408	2165.67	2083.99	2013.53	1980.85	1959.35		2366.16	2308.84	2236.42	2203.86	2156.42					
459	2159.74	2105.80	2035.41	2003.94	1983.89		2384.91	2329.64	2258.37	2227.30	2179.95					
Stickoxide IJgges [kg/a]		Stickoxide IJgges [kg/a]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	3319.62	3244.49	3170.15	3111.79	3068.47		3217.88	3138.31	3063.28	3004.38	2963.47					
51	3296.17	3218.14	3145.51	3091.85	3049.00		3192.18	3119.70	3037.93	2984.48	2941.13					
102	3276.64	3193.57	3123.91	3071.02	3031.32		3170.33	3086.95	3014.92	2963.18	2920.32					
153	3248.24	3171.29	3101.49	3052.18	3014.19		3140.75	3060.08	2994.38	2941.01	2900.57					
204	3223.13	3147.42	3086.56	3036.32	3003.73		3115.06	3042.92	2971.98	2922.41	2888.54					
255	3204.75	3132.27	3069.37	3026.96	2993.11		3093.54	3020.04	2955.57	2910.65	2873.88					
306	3187.35	3124.29	3061.38	3020.42	2986.92		3080.65	3006.12	2945.05	2906.43	2869.08					
357	3179.23	3112.84	3058.17	3016.03	2984.46		3067.54	2997.81	2940.80	2897.45	2867.56					
408	3175.04	3108.62	3055.80	3014.27	2985.32		3059.59	2992.25	2935.66	2894.91	2864.08					
459	3170.72	3108.58	3054.52	3014.81	2988.03		3055.09	2990.66	2934.90	2896.41	2864.91					
Schwefeldioxid IJgges [kg/a]		Schwefeldioxid IJgges [kg/a]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	98.26	99.21	97.86	96.87	96.24		187.60	188.44	182.47	183.78	185.51					
51	111.17	109.74	108.44	107.57	109.25		200.46	201.48	195.33	196.78	191.55					
102	124.19	120.33	119.09	120.54	120.00		213.41	207.25	208.25	202.84	204.51					
153	134.68	133.27	132.03	131.27	133.06		219.27	220.07	214.34	215.77	217.50					
204	145.25	143.87	145.15	144.36	146.28		232.13	233.15	227.27	228.79	230.69					
255	158.29	156.99	155.90	157.61	157.20		245.09	239.17	240.34	241.98	241.49					
306	169.03	170.27	169.18	168.62	170.51		258.26	252.30	253.56	255.35	254.85					
357	182.31	181.16	182.58	181.98	183.92		264.51	265.56	266.92	266.29	268.28					
408	195.68	194.52	193.69	195.40	197.40		277.78	278.89	277.96	279.69	279.35					
459	206.74	207.99	207.12	208.87	210.93		291.14	292.32	291.41	293.19	292.83					
Methan IJgges [kg/a]		Methan IJgges [kg/a]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	11114.99	10866.59	10631.46	10445.31	10305.64		10433.43	10169.89	9959.57	9758.24	9613.74					
51	11023.37	10778.26	10549.04	10378.54	10226.35		10334.42	10095.58	9861.30	9678.28	9565.12					
102	10945.37	10696.29	10476.92	10294.78	10166.54		10248.20	10011.80	9770.71	9633.46	9480.73					
153	10850.83	10609.31	10388.43	10231.27	10094.29		10176.72	9908.70	9729.54	9544.78	9399.41					
204	10767.11	10529.08	10324.77	10163.18	10044.19		10077.50	9838.73	9639.79	9467.23	9344.00					
255	10692.42	10464.42	10264.96	10116.31	10005.60		9991.90	9787.74	9569.44	9412.23	9291.49					
306	10632.21	10422.45	10221.88	10090.98	9967.34		9934.52	9725.22	9517.77	9381.77	9258.21					
357	10588.93	10380.03	10193.95	10058.26	9940.82		9914.45	9680.44	9486.37	9346.57	9235.21					
408	10558.06	10348.14	10181.41	10033.69	9925.13		9870.54	9644.04	9464.24	9319.48	9217.95					
459	10539.13	10329.98	10158.29	10016.59	9915.25		9837.61	9620.68	9443.11	9305.84	9201.58					
NMVOC IJgges [kg/a]		NMVOC IJgges [kg/a]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460					
0	402.22	394.53	386.76	380.70	376.25		390.71	382.46	374.58	368.48	364.37					
51	399.24	391.14	383.59	378.09	373.70		387.46	380.11	371.35	365.91	361.39					
102	396.74	388.00	380.80	375.37	371.33		384.66	375.87	368.39	363.06	358.64					
153	393.15	385.18	377.92	372.88	369.02		380.88	372.47	365.70	360.17	356.00					
204	389.94	382.09	375.93	370.71	367.49		377.62	370.26	362.76	357.66	354.29					
255	387.56	380.06	373.54	369.30	365.86		374.85	367.19	360.50	355.95	352.15					
306	385.16	378.83	372.26	368.13	364.73		373.07	365.21	358.91	355.12	351.20					
357	383.87	377.04	371.50	367.20	364.01		371.09	363.86	358.03	353.58	350.62					
408	383.01	376.14	370.78	366.55	363.68		369.76	362.79	356.96	352.84	349.72					
459	382.07	375.72	370.18	366.16	363.55		368.82	362.19	356.44	352.58	349.35					

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a		2250 m <sup>2</sup> ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]					Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		56.33	54.42	52.60	51.15	50.03		54.82	52.84	51.06	49.57	48.45	
51		55.79	53.86	52.07	50.70	49.58		54.24	52.36	50.49	49.10	48.04	
102		55.30	53.33	51.60	50.22	49.18		53.72	51.77	49.97	48.69	47.57	
153		54.70	52.80	51.08	49.81	48.78		53.16	51.17	49.56	48.20	47.13	
204		54.16	52.29	50.70	49.43	48.51		52.58	50.73	49.07	47.78	46.83	
255		53.71	51.91	50.34	49.18	48.28		52.08	50.31	48.69	47.49	46.54	
306		53.34	51.68	50.13	49.04	48.12		51.74	49.99	48.44	47.34	46.40	
357		53.13	51.46	50.02	48.92	48.04		51.53	49.78	48.31	47.19	46.33	
408		52.99	51.34	49.96	48.86	48.03		51.34	49.64	48.21	47.11	46.28	
459		52.90	51.29	49.91	48.84	48.05		51.21	49.57	48.17	47.11	46.27	
Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]					Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		96.58	94.88	92.20	90.20	88.83		134.32	132.51	127.49	126.63	126.45	
51		101.52	98.61	95.97	94.10	93.93		139.19	137.53	132.39	131.68	128.00	
102		106.54	102.36	99.81	99.16	97.92		144.17	138.81	137.36	133.24	133.10	
153		110.17	107.30	104.79	103.12	103.13		145.45	143.65	138.89	138.29	138.25	
204		113.91	111.10	110.00	108.37	108.54		150.33	148.74	143.95	143.48	143.61	
255		118.99	116.32	114.09	113.83	112.86		155.35	150.31	149.20	148.87	147.84	
306		123.06	121.80	119.63	118.28	118.51		160.64	155.66	154.68	154.52	153.51	
357		128.59	126.15	125.35	124.01	124.31		162.57	161.22	160.37	158.99	159.32	
408		134.26	131.87	129.98	129.85	130.21		168.17	166.91	164.94	164.80	163.97	
459		138.83	137.72	135.84	135.76	136.19		173.88	172.72	170.80	170.73	169.90	
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]					Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		2518.75	2465.08	2412.86	2371.72	2341.09		2389.54	2332.46	2282.69	2239.70	2209.55	
51		2502.58	2448.09	2397.20	2359.60	2327.72		2371.71	2320.20	2265.03	2226.17	2198.39	
102		2489.49	2432.54	2383.87	2345.21	2317.18		2356.77	2301.10	2249.10	2215.87	2183.87	
153		2471.10	2417.42	2368.42	2333.83	2305.40		2340.44	2282.35	2239.62	2200.37	2170.05	
204		2455.15	2402.26	2358.57	2322.99	2298.62		2322.56	2271.07	2223.89	2187.40	2162.07	
255		2442.81	2392.19	2348.04	2316.95	2292.88		2307.76	2259.38	2212.54	2179.52	2153.19	
306		2432.18	2387.25	2342.85	2314.21	2288.79		2299.33	2249.80	2205.42	2177.19	2150.22	
357		2426.95	2380.65	2341.09	2311.37	2287.36		2294.64	2244.24	2202.88	2172.22	2149.58	
408		2424.53	2378.00	2341.25	2310.38	2288.37		2289.27	2240.57	2200.86	2170.66	2148.67	
459		2423.24	2378.46	2340.58	2311.08	2290.70		2286.39	2239.85	2200.65	2172.14	2149.54	
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]					Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		2446.33	2394.80	2335.99	2288.71	2252.27		2523.62	2468.88	2393.92	2354.07	2327.21	
51		2443.47	2382.01	2324.44	2280.56	2252.28		2519.14	2469.53	2389.68	2353.78	2301.66	
102		2443.44	2370.51	2315.09	2279.58	2245.76		2517.44	2436.46	2387.15	2328.98	2300.70	
153		2429.18	2368.51	2312.98	2272.23	2247.46		2486.66	2431.13	2362.91	2327.04	2300.50	
204		2417.30	2357.52	2316.27	2274.84	2253.98		2482.18	2432.82	2360.80	2327.68	2305.89	
255		2418.10	2360.65	2310.09	2282.15	2252.54		2480.73	2406.87	2363.01	2333.26	2301.54	
306		2411.77	2368.96	2318.39	2283.66	2262.13		2485.49	2410.89	2369.48	2344.27	2312.13	
357		2419.98	2366.92	2330.13	2294.55	2274.41		2466.60	2418.95	2380.48	2344.01	2325.09	
408		2431.02	2377.93	2334.65	2307.33	2289.09		2474.92	2428.99	2382.99	2356.24	2328.80	
459		2434.13	2391.96	2347.78	2321.78	2305.10		2485.72	2441.90	2396.50	2371.37	2343.45	
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]					TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
0		4835.56	4725.13	4615.77	4529.97	4466.31		4698.16	4581.29	4470.37	4384.03	4324.14	
51		4802.81	4687.92	4581.03	4502.09	4439.43		4662.14	4555.54	4434.86	4356.48	4292.27	
102		4775.74	4653.27	4550.72	4473.21	4414.89		4631.72	4508.52	4402.80	4326.11	4263.47	
153		4735.50	4622.20	4519.51	4446.98	4391.47		4589.21	4470.79	4373.47	4295.31	4236.24	
204		4700.08	4588.62	4499.21	4425.41	4377.78		4553.21	4447.17	4342.35	4269.77	4220.28	
255		4674.72	4568.01	4475.48	4413.34	4363.67		4523.32	4414.55	4320.01	4254.22	4200.31	
306		4650.67	4557.95	4465.46	4405.21	4356.35		4506.03	4395.88	4306.31	4249.69	4194.99	
357		4640.45	4542.70	4462.47	4400.55	4354.51		4487.76	4385.43	4301.81	4238.12	4194.50	
408		4636.01	4538.26	4460.48	4399.75	4357.53		4477.86	4379.05	4295.80	4236.18	4190.96	
459		4631.17	4539.94	4460.40	4402.32	4363.27		4473.02	4378.46	4296.46	4240.14	4193.97	

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a		6750 m <sup>2</sup> ST				
Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]		Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]					Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]		Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2041.76	1986.08	1942.41	1901.17	1871.09		1961.94	1902.14	1851.53	1814.15	1782.13		
51	2022.19	1972.41	1924.88	1887.70	1864.01		1938.72	1893.91	1837.38	1806.54	1769.63		
102	2006.41	1958.45	1909.95	1880.77	1849.96		1926.08	1870.52	1827.81	1785.85	1759.07		
153	1995.45	1940.60	1896.66	1865.51	1839.14		1914.50	1857.31	1809.60	1775.37	1752.62		
204	1976.89	1927.58	1887.55	1854.37	1829.21		1892.06	1845.41	1795.76	1766.36	1739.94		
255	1962.04	1919.46	1876.25	1845.84	1825.21		1878.98	1828.13	1788.06	1756.70	1730.15		
306	1946.24	1910.54	1869.06	1842.53	1818.53		1873.69	1820.75	1783.62	1749.84	1727.89		
357	1950.13	1903.67	1866.94	1837.92	1817.89		1861.10	1815.26	1777.96	1746.73	1726.23		
408	1945.05	1900.31	1865.03	1837.30	1817.91		1855.05	1814.54	1774.67	1746.05	1726.71		
459	1941.99	1899.69	1864.10	1839.83	1817.39		1852.82	1815.02	1773.18	1745.83	1728.39		
Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]		Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]					Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]		Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2878.27	2727.79	2666.17	2538.41	2502.12		3390.43	3236.40	3093.38	3044.52	2929.70		
51	2797.86	2728.88	2588.48	2540.82	2432.78		3307.01	3241.35	3094.51	3051.02	2933.88		
102	2798.41	2653.56	2589.87	2471.62	2436.67		3309.41	3159.32	3099.36	2972.44	2940.01		
153	2723.86	2652.07	2592.10	2474.06	2443.34		3311.71	3160.82	3021.40	2977.96	2949.44		
204	2722.10	2654.48	2521.96	2480.92	2452.17		3230.08	3164.24	3025.01	2986.13	2879.17		
255	2723.82	2585.15	2529.23	2491.16	2466.48		3232.87	3088.43	3034.40	2918.31	2889.50		
306	2649.69	2594.97	2541.63	2507.19	2455.51		3243.15	3099.11	3048.43	2931.86	2906.94		
357	2669.67	2608.45	2559.35	2498.68	2475.88		3174.23	3113.40	2986.44	2949.72	2926.48		
408	2685.01	2626.09	2553.27	2519.64	2497.82		3188.76	3132.52	3004.89	2970.50	2948.58		
459	2702.96	2646.47	2574.26	2543.56	2494.45		3207.17	3153.62	3025.47	2992.49	2972.18		
Stickoxide IJgges [kg/a]		Stickoxide IJgges [kg/a]					Stickoxide IJgges [kg/a]		Stickoxide IJgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3158.99	3066.86	2997.52	2929.01	2882.85		3118.75	3020.59	2936.62	2878.26	2824.45		
51	3122.58	3043.79	2964.33	2906.49	2864.79		3077.02	3005.27	2912.95	2864.10	2803.58		
102	3096.72	3015.64	2939.73	2888.66	2841.91		3055.56	2963.67	2895.93	2826.72	2785.64		
153	3072.53	2986.69	2917.41	2863.92	2823.76		3035.39	2941.27	2861.81	2808.72	2773.64		
204	3042.62	2964.76	2896.62	2845.41	2807.26		2995.08	2920.98	2839.13	2793.21	2748.32		
255	3018.22	2945.39	2878.01	2831.00	2799.52		2973.16	2888.55	2825.55	2772.28	2732.35		
306	2988.06	2930.39	2865.80	2824.54	2786.88		2962.82	2875.68	2817.20	2760.76	2727.55		
357	2991.59	2918.84	2861.24	2815.11	2784.83		2937.95	2866.07	2802.70	2755.00	2724.01		
408	2982.75	2912.72	2855.78	2813.22	2783.98		2927.69	2863.61	2796.85	2752.98	2723.79		
459	2977.07	2910.68	2853.51	2816.01	2780.92		2923.16	2863.14	2793.78	2751.85	2725.42		
Schwefeldioxid IJgges [kg/a]		Schwefeldioxid IJgges [kg/a]					Schwefeldioxid IJgges [kg/a]		Schwefeldioxid IJgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	287.27	280.88	281.96	276.12	277.72		396.62	390.08	383.88	385.20	379.70		
51	292.95	293.81	287.72	289.05	283.87		402.17	403.21	396.79	398.35	392.67		
102	305.80	299.70	300.60	295.21	296.78		415.13	408.75	409.87	403.99	405.72		
153	311.80	312.47	313.54	308.07	309.81		428.14	421.69	415.60	417.04	418.91		
204	324.55	325.42	319.62	321.10	322.88		433.71	434.68	428.52	430.14	424.85		
255	337.43	331.53	332.63	334.22	336.17		446.66	440.45	441.67	436.20	437.93		
306	343.25	344.63	345.80	347.53	347.02		459.90	453.61	454.94	449.38	451.28		
357	356.84	357.82	359.16	358.46	360.44		465.85	466.85	461.15	462.70	464.66		
408	370.09	371.13	370.19	371.88	373.88		479.06	480.26	474.47	476.12	478.12		
459	383.41	384.55	383.60	385.41	384.96		492.42	493.72	487.85	489.55	491.63		
Methan IJgges [kg/a]		Methan IJgges [kg/a]					Methan IJgges [kg/a]		Methan IJgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	9847.88	9581.25	9350.85	9156.14	8993.51		9273.65	8986.52	8745.11	8546.10	8397.32		
51	9752.33	9491.55	9265.48	9067.45	8960.09		9159.96	8923.87	8653.03	8486.58	8313.45		
102	9652.16	9423.89	9169.51	9034.78	8868.53		9075.41	8809.35	8583.75	8385.48	8239.30		
153	9599.43	9313.44	9081.73	8937.25	8793.08		8996.09	8721.95	8494.97	8311.67	8185.52		
204	9485.43	9227.02	9038.26	8860.19	8722.08		8886.30	8641.08	8404.48	8245.21	8124.29		
255	9389.92	9188.42	8960.42	8796.13	8680.54		8799.57	8556.95	8344.52	8199.02	8053.99		
306	9313.16	9122.41	8903.03	8758.01	8633.51		8751.58	8498.59	8300.82	8143.26	8021.11		
357	9310.83	9066.63	8870.83	8721.33	8608.74		8690.83	8449.67	8274.53	8106.20	7991.26		
408	9263.99	9028.33	8847.57	8696.63	8587.23		8639.13	8424.50	8236.58	8081.20	7972.07		
459	9227.15	9003.62	8821.35	8687.66	8570.90		8606.40	8405.27	8207.57	8058.55	7958.82		
NMVOC IJgges [kg/a]		NMVOC IJgges [kg/a]					NMVOC IJgges [kg/a]		NMVOC IJgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	384.73	374.84	367.77	360.37	355.61		381.23	370.60	361.58	355.57	349.78		
51	380.08	371.93	363.47	357.49	353.18		375.92	368.67	358.58	353.75	347.06		
102	376.78	368.27	360.32	355.09	350.18		373.19	363.31	356.41	348.86	344.68		
153	373.67	364.61	357.47	351.87	347.75		370.66	360.49	351.98	346.51	343.05		
204	369.88	361.81	354.68	349.38	345.47		365.47	357.89	349.02	344.41	339.58		
255	366.74	359.19	352.15	347.35	344.25		362.66	353.61	347.15	341.49	337.32		
306	362.73	357.09	350.35	346.24	342.29		361.23	351.79	345.85	339.73	336.39		
357	362.93	355.34	349.45	344.65	341.64		357.77	350.29	343.62	338.65	335.56		
408	361.50	354.20	348.34	343.99	341.10		356.17	349.64	342.49	337.98	335.10		
459	360.42	353.56	347.63	343.91	340.22		355.23	349.19	341.68	337.40	334.85		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9a 4500 m² ST						Simulationsvar. 9a 6750 m² ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]						Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	53.83	51.74	49.96	48.41	47.21	53.00	50.81	48.90	47.41	46.18
51	53.17	51.19	49.36	47.89	46.86	52.25	50.38	48.35	47.01	45.70
102	52.59	50.67	48.81	47.54	46.36	51.74	49.65	47.91	46.37	45.28
153	52.11	50.04	48.28	47.00	45.94	51.23	49.12	47.30	45.94	44.94
204	51.47	49.52	47.90	46.58	45.57	50.52	48.63	46.80	45.56	44.52
255	50.92	49.16	47.48	46.25	45.35	50.01	48.07	46.46	45.21	44.18
306	50.40	48.81	47.20	46.07	45.12	49.70	47.75	46.23	44.95	44.03
357	50.35	48.55	47.06	45.90	45.04	49.31	47.52	46.02	44.81	43.93
408	50.14	48.40	46.96	45.83	44.99	49.07	47.42	45.88	44.73	43.89
459	50.00	48.32	46.89	45.85	44.96	48.95	47.36	45.80	44.69	43.89
Staub IIgges [kg/a]						Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	177.57	172.01	170.56	166.03	165.73	225.84	220.13	214.91	214.04	210.10
51	178.72	176.93	171.82	171.01	167.36	226.86	225.21	219.83	219.19	215.16
102	183.61	178.30	176.76	172.65	172.41	231.83	226.29	224.91	220.43	220.30
153	185.01	183.10	181.73	177.63	177.58	236.80	231.22	226.17	225.54	225.59
204	189.81	188.08	183.33	182.81	182.85	237.89	236.24	231.20	230.78	227.19
255	194.75	189.72	188.53	188.14	188.36	242.89	237.60	236.49	232.49	232.53
306	196.19	195.03	193.96	193.73	192.71	248.21	242.95	241.99	237.97	238.19
357	201.94	200.51	199.62	198.19	198.50	249.88	248.47	243.97	243.65	243.94
408	207.51	206.18	204.19	204.01	204.36	255.41	254.20	249.67	249.46	249.81
459	213.19	211.97	210.01	209.96	209.05	261.11	260.02	255.47	255.32	255.74
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]						Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	2288.26	2225.78	2176.18	2129.98	2095.74	2195.81	2128.70	2071.92	2029.44	1993.62
51	2266.51	2210.05	2156.73	2114.48	2088.01	2169.96	2119.06	2055.65	2020.52	1979.22
102	2248.41	2194.58	2139.59	2106.92	2071.87	2155.39	2093.03	2044.52	1997.52	1967.00
153	2236.32	2174.17	2124.29	2089.43	2059.37	2141.99	2077.82	2024.30	1985.39	1959.39
204	2215.11	2159.18	2114.29	2076.56	2047.88	2117.03	2064.08	2008.40	1974.91	1945.40
255	2198.07	2150.29	2101.26	2066.64	2043.04	2101.97	2044.91	1999.40	1964.31	1934.07
306	2180.57	2139.92	2092.84	2062.58	2035.40	2095.66	2036.28	1994.07	1956.27	1931.19
357	2184.57	2131.87	2090.12	2057.28	2034.36	2081.79	2029.77	1987.98	1952.46	1929.00
408	2178.54	2127.78	2087.85	2056.26	2034.06	2074.66	2028.64	1983.96	1951.36	1929.23
459	2174.78	2126.75	2086.49	2058.79	2033.36	2071.82	2028.85	1981.97	1950.81	1930.79
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]						Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	2663.23	2575.92	2528.56	2458.28	2427.62	2847.65	2755.98	2674.55	2635.10	2575.42
51	2627.51	2573.34	2495.17	2456.10	2405.17	2808.09	2759.01	2671.54	2638.97	2574.43
102	2622.91	2543.60	2491.48	2433.81	2402.71	2806.67	2719.53	2673.33	2602.53	2575.54
153	2596.04	2536.76	2489.44	2430.01	2403.68	2806.20	2717.44	2639.27	2603.61	2580.95
204	2588.51	2535.00	2465.01	2430.71	2405.82	2767.66	2716.87	2636.96	2606.48	2553.24
255	2584.97	2511.60	2465.64	2434.37	2414.30	2765.90	2684.01	2641.23	2581.94	2555.77
306	2553.75	2514.83	2470.89	2443.77	2411.40	2772.52	2688.80	2649.26	2587.68	2566.36
357	2570.38	2520.56	2481.65	2443.18	2423.98	2745.12	2695.91	2629.36	2597.58	2577.87
408	2578.06	2530.19	2483.94	2455.87	2437.42	2751.77	2708.21	2639.19	2610.18	2591.76
459	2588.02	2542.78	2496.35	2471.95	2441.43	2762.55	2721.92	2651.02	2623.42	2606.99
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]						TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	4623.92	4488.02	4386.11	4285.07	4217.55	4577.77	4433.09	4309.21	4223.64	4144.23
51	4571.53	4455.78	4338.46	4253.70	4191.88	4517.66	4412.10	4276.12	4204.38	4115.30
102	4535.31	4415.43	4304.08	4228.36	4160.07	4487.78	4352.24	4252.71	4150.72	4090.64
153	4500.62	4374.70	4272.97	4193.83	4135.16	4459.75	4320.98	4203.72	4125.94	4074.61
204	4458.51	4344.15	4243.36	4168.41	4112.70	4401.75	4292.84	4172.19	4104.85	4038.57
255	4424.43	4316.62	4217.83	4149.01	4103.00	4371.24	4246.37	4153.92	4075.19	4016.96
306	4381.27	4296.35	4201.68	4141.22	4086.06	4357.63	4229.19	4143.33	4060.08	4011.62
357	4387.92	4281.21	4196.69	4128.98	4084.80	4322.30	4216.83	4123.14	4053.40	4008.20
408	4376.73	4273.99	4190.23	4127.97	4085.33	4309.03	4214.92	4116.37	4052.21	4009.62
459	4370.16	4272.75	4188.69	4133.79	4082.43	4304.13	4215.94	4113.66	4052.35	4013.78

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b		2250 m <sup>2</sup> ST				
Kohlendioxidemissionen I <sub>g</sub> ges [t/a]		Kohlendioxidemissionen I <sub>g</sub> ges [t/a]					Kohlendioxidemissionen I <sub>g</sub> ges [t/a]		Kohlendioxidemissionen I <sub>g</sub> ges [t/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2301.31	2254.25	2214.36	2177.51	2149.91		2158.68	2115.84	2065.95	2029.30	2000.44		
51	2288.33	2242.47	2204.19	2166.35	2139.98		2147.96	2097.97	2051.61	2015.68	1988.32		
102	2276.10	2234.66	2187.98	2155.74	2130.71		2135.50	2082.35	2036.70	2003.01	1977.56		
153	2267.70	2218.63	2176.31	2145.73	2122.93		2116.68	2067.09	2023.70	1991.95	1965.71		
204	2256.32	2206.49	2166.87	2138.24	2117.88		2102.78	2054.55	2011.66	1981.95	1959.11		
255	2241.26	2197.21	2159.89	2133.75	2114.66		2088.23	2042.17	2002.12	1974.09	1953.65		
306	2233.26	2191.30	2156.64	2132.18	2113.72		2080.04	2036.15	1997.45	1971.27	1949.27		
357	2228.47	2187.96	2155.75	2132.20	2114.21		2073.40	2031.10	1994.58	1968.42	1948.21		
408	2225.33	2187.32	2156.40	2133.42	2115.82		2069.28	2028.55	1995.32	1968.38	1948.38		
459	2224.42	2188.27	2157.98	2135.41	2118.19		2069.70	2028.86	1995.20	1968.54	1950.88		
Kohlenmonoxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Kohlenmonoxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Kohlenmonoxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Kohlenmonoxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2101.22	2034.79	1976.63	1903.10	1869.08		2312.87	2171.32	2106.56	2032.97	1997.89		
51	2103.56	2037.99	1980.93	1907.79	1875.43		2315.96	2170.28	2107.82	2035.76	1976.93		
102	2106.75	2043.73	1955.98	1913.36	1882.64		2241.68	2171.01	2083.75	2014.24	1982.89		
153	2110.99	2017.58	1959.73	1919.48	1891.57		2239.15	2145.38	2060.80	2019.40	1963.33		
204	2114.02	2021.17	1966.67	1929.08	1903.99		2240.42	2148.45	2065.74	2001.39	1974.47		
255	2090.18	2028.36	1977.16	1942.53	1919.27		2216.80	2127.57	2048.45	2012.26	1962.25		
306	2099.45	2040.80	1992.62	1960.13	1938.15		2225.33	2139.47	2062.69	2003.08	1978.61		
357	2113.60	2057.08	2011.66	1980.51	1959.45		2212.45	2128.73	2080.11	2021.39	1998.72		
408	2130.62	2076.77	2033.14	2003.07	1982.68		2228.53	2146.94	2075.76	2042.90	2020.86		
459	2150.48	2098.75	2056.17	2026.83	2007.27		2248.99	2168.18	2097.47	2065.33	2045.34		
Stickoxide I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Stickoxide I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Stickoxide I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Stickoxide I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3392.56	3317.81	3254.05	3194.97	3152.48		3246.72	3172.86	3094.95	3036.12	2991.78		
51	3370.66	3297.61	3236.14	3175.93	3135.38		3227.83	3144.00	3071.08	3013.51	2969.91		
102	3349.90	3283.02	3208.17	3157.77	3119.31		3201.82	3118.39	3044.94	2990.82	2951.67		
153	3334.20	3254.99	3188.25	3140.52	3105.52		3171.40	3091.44	3021.49	2972.01	2930.48		
204	3314.47	3234.44	3171.90	3127.24	3096.00		3148.08	3070.27	3001.40	2953.51	2918.70		
255	3288.21	3218.35	3159.50	3118.69	3089.48		3122.52	3048.09	2983.64	2940.09	2907.31		
306	3274.23	3207.76	3152.98	3114.79	3086.68		3108.12	3037.23	2975.06	2932.74	2899.59		
357	3265.47	3201.33	3150.28	3113.57	3086.26		3095.08	3026.71	2969.48	2927.42	2896.94		
408	3259.46	3199.11	3150.12	3114.37	3087.73		3087.61	3021.73	2967.78	2926.39	2896.33		
459	3256.94	3199.43	3151.49	3116.44	3090.48		3086.91	3021.08	2966.69	2925.83	2899.21		
Schwefeldioxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Schwefeldioxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Schwefeldioxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Schwefeldioxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	88.70	89.65	90.88	89.88	91.57		172.28	166.37	167.23	166.23	167.88		
51	101.65	102.65	103.93	102.90	104.64		185.32	179.14	180.13	179.16	178.52		
102	114.63	115.79	114.42	115.94	117.73		191.27	192.00	190.67	189.78	191.56		
153	127.75	126.29	127.43	129.00	130.87		204.00	202.52	201.28	202.81	202.21		
204	140.76	139.27	140.51	142.16	144.12		216.92	215.49	214.26	213.53	215.40		
255	151.30	152.37	153.69	155.43	157.44		227.47	226.12	225.00	226.68	226.30		
306	164.44	165.58	167.01	168.82	170.85		240.60	239.34	238.27	237.67	239.57		
357	177.70	178.90	180.41	182.26	184.31		251.45	250.25	251.60	251.01	252.98		
408	191.02	192.32	193.88	195.74	197.81		264.74	263.59	262.73	264.45	266.42		
459	204.43	205.79	207.38	209.26	211.34		278.20	277.05	276.17	277.89	279.96		
Methan I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Methan I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Methan I <sub>g</sub> ges [kg/a]		Methan I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	11438.21	11190.97	10979.38	10790.83	10640.55		10630.00	10427.18	10165.89	9978.36	9821.79		
51	11351.98	11110.67	10907.11	10713.69	10569.50		10555.00	10316.63	10072.90	9888.91	9747.65		
102	11269.46	11050.13	10812.64	10639.21	10501.74		10494.79	10217.26	9984.86	9812.09	9672.50		
153	11205.97	10956.55	10732.90	10567.79	10441.38		10379.50	10127.49	9906.35	9735.41	9599.73		
204	11127.69	10874.51	10664.28	10508.84	10394.60		10288.69	10043.46	9824.82	9671.83	9545.24		
255	11038.91	10806.70	10607.93	10464.90	10356.96		10202.47	9968.05	9763.52	9611.08	9504.31		
306	10977.48	10755.63	10570.13	10435.44	10330.65		10140.08	9916.47	9718.71	9583.26	9460.92		
357	10932.03	10717.42	10544.10	10413.96	10311.49		10093.26	9877.55	9682.79	9547.51	9434.02		
408	10894.81	10692.63	10525.74	10398.40	10297.93		10051.13	9843.26	9672.72	9525.71	9413.29		
459	10868.68	10675.75	10512.01	10386.73	10288.14		10031.62	9823.20	9650.51	9504.91	9404.13		
NMVOC I <sub>g</sub> ges [kg/a]		NMVOC I <sub>g</sub> ges [kg/a]					NMVOC I <sub>g</sub> ges [kg/a]		NMVOC I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	411.41	403.75	397.36	391.21	386.89		394.27	386.69	378.49	372.38	367.84		
51	408.62	401.18	395.07	388.74	384.63		391.89	383.02	375.46	369.46	364.95		
102	405.96	399.32	391.46	386.36	382.49		388.51	379.75	372.08	366.49	362.55		
153	404.01	395.75	388.90	384.09	380.61		384.67	376.32	369.05	364.03	359.70		
204	401.51	393.11	386.73	382.25	379.21		381.72	373.61	366.41	361.51	358.02		
255	398.10	390.97	384.99	380.95	378.12		378.40	370.68	363.98	359.60	356.31		
306	396.18	389.40	383.89	380.15	377.43		376.45	369.10	362.63	358.35	354.99		
357	394.81	388.29	383.21	379.62	376.98		374.52	367.45	361.59	357.31	354.27		
408	393.72	387.64	382.79	379.30	376.73		373.26	366.46	360.96	356.76	353.75		
459	393.03	387.27	382.53	379.11	376.60		372.81	365.98	360.40	356.24	353.65		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9b						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]											Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	57.53	55.63	53.94	52.47	51.34		55.42	53.60	51.71	50.24	49.08		55.42	53.60	51.71	50.24	49.08				
51	57.01	55.14	53.48	52.01	50.92		54.93	52.98	51.16	49.73	48.61		54.93	52.98	51.16	49.73	48.61				
102	56.52	54.72	52.91	51.58	50.52		54.44	52.41	50.61	49.25	48.18		54.44	52.41	50.61	49.25	48.18				
153	56.07	54.13	52.43	51.15	50.17		53.78	51.83	50.11	48.80	47.75		53.78	51.83	50.11	48.80	47.75				
204	55.58	53.64	52.03	50.82	49.91		53.24	51.33	49.65	48.41	47.45		53.24	51.33	49.65	48.41	47.45				
255	55.04	53.25	51.71	50.57	49.71		52.70	50.87	49.27	48.09	47.20		52.70	50.87	49.27	48.09	47.20				
306	54.69	52.97	51.52	50.44	49.60		52.34	50.59	49.05	47.93	47.02		52.34	50.59	49.05	47.93	47.02				
357	54.46	52.80	51.41	50.36	49.55		52.08	50.37	48.89	47.79	46.93		52.08	50.37	48.89	47.79	46.93				
408	54.30	52.70	51.36	50.34	49.54		51.89	50.24	48.85	47.74	46.89		51.89	50.24	48.85	47.74	46.89				
459	54.21	52.67	51.35	50.34	49.56		51.82	50.18	48.80	47.70	46.91		51.82	50.18	48.80	47.70	46.91				
Staub IIgges [kg/a]											Staub IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	92.25	90.58	89.27	87.25	87.05		126.73	121.56	119.97	117.95	117.70		126.73	121.56	119.97	117.95	117.70				
51	97.23	95.59	94.33	92.33	92.20		131.73	126.39	124.90	122.94	121.59		131.73	126.39	124.90	122.94	121.59				
102	102.24	100.70	98.04	97.45	97.39		133.15	131.29	128.65	126.81	126.73		133.15	131.29	128.65	126.81	126.73				
153	107.28	104.36	103.07	102.59	102.66		137.91	134.97	132.45	131.91	130.69		137.91	134.97	132.45	131.91	130.69				
204	112.28	109.39	108.25	107.89	108.09		142.83	139.97	137.54	135.93	136.06		142.83	139.97	137.54	135.93	136.06				
255	116.04	114.58	113.59	113.36	113.64		146.60	143.87	141.59	141.29	140.34		146.60	143.87	141.59	141.29	140.34				
306	121.33	120.01	119.16	119.02	119.36		151.85	149.27	147.11	145.71	145.95		151.85	149.27	147.11	145.71	145.95				
357	126.84	125.61	124.88	124.81	125.19		156.11	153.63	152.76	151.41	151.73		156.11	153.63	152.76	151.41	151.73				
408	132.47	131.37	130.72	130.69	131.11		161.71	159.32	157.40	157.25	157.60		161.71	159.32	157.40	157.25	157.60				
459	138.24	137.23	136.63	136.63	137.09		167.50	165.14	163.25	163.14	163.57		167.50	165.14	163.25	163.14	163.57				
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]											Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	2583.81	2530.41	2485.06	2443.38	2411.93		2422.90	2374.81	2318.25	2276.80	2243.93		2422.90	2374.81	2318.25	2276.80	2243.93				
51	2568.86	2516.80	2473.26	2430.49	2400.42		2410.48	2354.38	2301.78	2261.13	2230.15		2410.48	2354.38	2301.78	2261.13	2230.15				
102	2554.76	2507.65	2454.89	2418.20	2389.65		2396.70	2336.47	2284.86	2246.75	2217.72		2396.70	2336.47	2284.86	2246.75	2217.72				
153	2544.93	2489.47	2441.41	2406.60	2380.55		2375.20	2319.15	2270.09	2233.96	2204.25		2375.20	2319.15	2270.09	2233.96	2204.25				
204	2531.78	2475.47	2430.45	2397.82	2374.52		2359.22	2304.70	2256.21	2222.57	2196.48		2359.22	2304.70	2256.21	2222.57	2196.48				
255	2514.69	2464.69	2422.26	2392.44	2370.56		2342.71	2290.64	2245.34	2213.39	2190.21		2342.71	2290.64	2245.34	2213.39	2190.21				
306	2505.36	2457.70	2418.26	2390.33	2369.17		2333.15	2283.53	2239.76	2210.09	2184.96		2333.15	2283.53	2239.76	2210.09	2184.96				
357	2499.64	2453.62	2416.93	2390.03	2369.39		2325.55	2277.72	2236.20	2206.57	2183.44		2325.55	2277.72	2236.20	2206.57	2183.44				
408	2495.78	2452.57	2417.34	2391.07	2370.89		2320.59	2274.52	2236.91	2206.20	2183.32		2320.59	2274.52	2236.91	2206.20	2183.32				
459	2494.43	2453.31	2418.80	2392.99	2373.24		2320.73	2274.55	2236.45	2206.06	2185.81		2320.73	2274.55	2236.45	2206.06	2185.81				
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]											Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	2459.96	2408.70	2365.38	2317.58	2289.57		2489.69	2415.60	2362.04	2314.42	2285.07		2489.69	2415.60	2362.04	2314.42	2285.07				
51	2458.22	2408.20	2366.53	2317.91	2291.29		2490.14	2408.83	2358.88	2312.16	2275.52		2490.14	2408.83	2358.88	2312.16	2275.52				
102	2457.31	2411.75	2352.57	2318.87	2293.76		2461.94	2404.40	2346.25	2302.02	2276.42		2461.94	2404.40	2346.25	2302.02	2276.42				
153	2460.07	2397.75	2352.26	2320.48	2297.88		2454.05	2391.19	2335.56	2302.51	2267.35		2454.05	2391.19	2335.56	2302.51	2267.35				
204	2459.90	2396.99	2354.53	2324.97	2305.08		2451.29	2389.98	2335.12	2295.39	2272.92		2451.29	2389.98	2335.12	2295.39	2272.92				
255	2447.18	2399.45	2359.65	2332.87	2314.44		2439.07	2380.21	2328.53	2299.76	2270.93		2439.07	2380.21	2328.53	2299.76	2270.93				
306	2451.16	2405.86	2369.01	2344.12	2326.48		2442.75	2386.44	2336.40	2300.69	2279.41		2442.75	2386.44	2336.40	2300.69	2279.41				
357	2458.89	2415.28	2381.13	2357.30	2340.24		2439.56	2385.06	2346.43	2310.90	2291.56		2439.56	2385.06	2346.43	2310.90	2291.56				
408	2468.62	2427.75	2395.07	2371.94	2355.36		2448.23	2395.53	2351.43	2324.22	2305.17		2448.23	2395.53	2351.43	2324.22	2305.17				
459	2480.86	2442.04	2410.12	2387.49	2371.40		2461.79	2409.12	2364.71	2337.87	2321.30		2461.79	2409.12	2364.71	2337.87	2321.30				
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]											TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	4939.84	4829.97	4736.19	4649.35	4587.17		4737.98	4628.55	4514.29	4427.79	4362.93		4737.98	4628.55	4514.29	4427.79	4362.93				
51	4909.34	4801.94	4711.48	4623.04	4563.72		4711.80	4587.97	4480.93	4396.31	4332.29		4711.80	4587.97	4480.93	4396.31	4332.29				
102	4880.50	4782.02	4671.95	4598.05	4541.78		4674.54	4552.10	4444.06	4364.48	4307.21		4674.54	4552.10	4444.06	4364.48	4307.21				
153	4858.93	4742.33	4644.34	4574.36	4523.18		4631.66	4513.99	4411.06	4338.53	4277.61		4631.66	4513.99	4411.06	4338.53	4277.61				
204	4831.56	4713.83	4621.99	4556.54	4510.86		4599.09	4484.57	4383.28	4312.86	4262.01		4599.09	4484.57	4383.28	4312.86	4262.01				
255	4794.51	4691.87	4605.46	4545.64	4502.95		4563.05	4453.50	4358.70	4294.89	4246.76		4563.05	4453.50	4358.70	4294.89	4246.76				
306	4775.67	4678.01	4597.56	4541.60	4500.54		4543.57	4439.24	4347.80	4285.56	4237.21		4543.57	4439.24	4347.80	4285.56	4237.21				
357	4764.51	4670.29	4595.31	4541.51	4501.65		4525.95	4425.31	4341.36	4279.54	4235.08		4525.95	4425.31	4341.36	4279.54	4235.08				
408	4757.43	4668.75	4596.79	4544.43	4505.55		4516.74	4419.77	4340.33	4279.79	4235.97		4516.74	4419.77	4340.33	4279.79	4235.97				
459	4755.47	4670.95	4600.55	4549.21	4511.34		4517.40	4420.54	4340.52	4280.76	4241.94		4517.40	4420.54	4340.52	4280.76	4241.94				

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9b		4500 m² ST					Simulationsvar. 9b		6750 m² ST				
Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]		Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2076.59	2026.48	1979.62	1939.29	1912.04		1983.37	1932.62	1887.57	1852.42	1816.68		
51	2059.76	2013.67	1962.93	1928.44	1903.96		1972.66	1916.96	1875.46	1833.62	1806.13		
102	2047.60	1995.91	1950.62	1919.83	1889.53		1949.73	1905.48	1855.66	1822.25	1795.96		
153	2032.39	1979.04	1941.32	1903.81	1876.77		1937.46	1886.90	1843.57	1812.37	1781.91		
204	2014.63	1973.61	1925.53	1892.03	1869.76		1924.86	1872.53	1834.00	1798.36	1774.09		
255	2002.72	1958.11	1914.39	1886.36	1862.16		1908.20	1865.01	1822.94	1790.02	1769.65		
306	1997.53	1947.74	1909.94	1879.56	1858.57		1898.86	1856.52	1814.73	1785.75	1769.33		
357	1988.81	1941.53	1905.57	1876.50	1857.43		1893.98	1849.70	1811.16	1786.66	1766.13		
408	1982.92	1939.85	1903.57	1877.98	1857.21		1892.07	1846.32	1810.10	1788.37	1765.04		
459	1979.48	1939.92	1902.54	1878.02	1857.61		1886.91	1843.81	1810.19	1786.91	1763.34		
Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]		Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2591.01	2521.11	2380.86	2330.54	2296.09		3016.07	2868.08	2806.05	2758.81	2641.68		
51	2589.34	2445.99	2380.57	2334.73	2226.19		3017.78	2868.06	2808.50	2680.66	2647.16		
102	2591.97	2445.15	2383.51	2264.46	2229.88		2936.37	2871.33	2729.51	2685.58	2576.40		
153	2514.94	2444.15	2311.72	2266.28	2235.03		2938.38	2792.02	2732.95	2614.15	2580.63		
204	2513.65	2374.64	2314.03	2272.68	2245.84		2940.30	2793.77	2739.26	2618.87	2590.74		
255	2517.07	2377.28	2321.17	2284.63	2231.99		2863.49	2801.46	2668.95	2629.16	2604.54		
306	2450.38	2386.09	2335.21	2272.71	2248.65		2870.86	2733.89	2680.33	2644.23	2545.89		
357	2461.42	2399.94	2325.81	2290.65	2242.88		2884.13	2747.20	2696.84	2664.59	2564.26		
408	2476.33	2418.55	2345.08	2313.02	2264.60		2901.37	2764.48	2716.70	2609.75	2585.27		
459	2494.01	2439.34	2366.05	2309.50	2287.51		2840.48	2783.53	2738.22	2630.79	2606.60		
Stickoxide IJgges [kg/a]		Stickoxide IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3188.35	3108.92	3030.34	2967.91	2925.75		3123.99	3038.65	2967.48	2912.31	2853.27		
51	3160.63	3082.27	3003.13	2949.13	2906.30		3104.78	3012.81	2946.69	2877.40	2835.18		
102	3139.83	3053.59	2982.22	2928.92	2882.91		3063.90	2993.01	2910.33	2858.15	2812.89		
153	3109.71	3026.00	2960.77	2903.08	2861.95		3042.81	2958.11	2889.80	2836.07	2790.10		
204	3080.93	3009.97	2935.33	2883.66	2849.59		3021.28	2934.31	2873.14	2813.43	2776.54		
255	3060.62	2984.97	2916.90	2873.26	2835.11		2989.39	2920.55	2849.84	2799.27	2768.12		
306	3045.58	2967.90	2908.52	2860.24	2828.46		2973.27	2901.14	2836.11	2791.39	2761.14		
357	3031.12	2957.27	2899.18	2854.56	2824.04		2964.17	2889.62	2829.44	2791.27	2755.39		
408	3021.15	2953.49	2895.15	2855.65	2822.84		2959.76	2883.38	2826.74	2787.75	2752.92		
459	3014.93	2952.42	2892.75	2853.26	2822.70		2946.16	2878.65	2825.88	2784.82	2749.76		
Schwefeldioxid IJgges [kg/a]		Schwefeldioxid IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	260.48	261.32	255.26	256.47	258.18		362.31	356.10	357.13	358.54	352.90		
51	273.29	267.26	268.08	269.51	264.29		375.34	368.95	370.12	364.25	365.95		
102	286.27	280.03	281.05	275.60	277.19		380.90	381.96	375.79	377.26	371.98		
153	292.12	292.84	287.12	288.44	290.15		393.88	387.68	388.78	383.31	384.89		
204	304.89	299.05	299.97	301.44	303.33		406.84	400.58	401.86	396.22	398.04		
255	317.88	311.91	312.99	314.66	314.14		412.64	413.74	407.86	409.35	411.31		
306	324.10	324.96	326.26	325.51	327.45		425.73	419.84	420.99	422.63	417.72		
357	337.22	338.16	337.20	338.83	338.51		438.98	433.02	434.30	436.11	431.04		
408	350.44	351.54	350.56	352.33	351.94		452.35	446.33	447.70	442.59	444.44		
459	363.75	364.99	363.97	363.43	365.39		458.58	459.68	461.14	455.97	457.82		
Methan IJgges [kg/a]		Methan IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	10114.89	9852.43	9629.69	9416.00	9267.45		9497.50	9255.32	9018.11	8830.18	8662.90		
51	10009.46	9790.51	9524.98	9340.36	9229.06		9422.50	9155.76	8936.17	8738.49	8588.77		
102	9927.30	9680.49	9442.10	9299.34	9135.66		9310.26	9076.97	8839.51	8660.29	8539.97		
153	9853.45	9574.92	9397.59	9198.01	9050.53		9227.54	8986.37	8757.70	8612.95	8448.45		
204	9743.46	9549.68	9297.42	9117.79	8994.02		9143.17	8893.23	8688.42	8521.59	8387.91		
255	9662.51	9450.93	9220.38	9067.94	8942.42		9062.15	8834.15	8635.24	8458.47	8344.16		
306	9638.53	9377.74	9176.59	9020.32	8902.95		8994.02	8793.71	8572.77	8415.64	8344.43		
357	9573.52	9325.20	9141.10	8983.49	8883.49		8948.12	8738.18	8533.40	8398.54	8306.95		
408	9522.60	9295.26	9109.54	8969.24	8860.84		8916.97	8699.75	8506.54	8408.90	8279.94		
459	9483.92	9273.99	9082.85	8955.68	8841.22		8893.21	8665.67	8485.40	8380.05	8249.87		
NMVOC IJgges [kg/a]		NMVOC IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	388.30	380.11	371.77	365.22	360.97		381.70	372.70	365.38	359.77	353.30		
51	384.83	376.66	368.31	362.81	358.36		379.33	369.43	362.75	355.23	350.93		
102	382.19	373.01	365.63	360.11	355.29		374.06	366.91	358.03	352.72	347.94		
153	378.31	369.52	362.82	356.75	352.51		371.40	362.43	355.40	349.79	344.93		
204	374.66	367.40	359.50	354.15	350.76		368.68	359.38	353.21	346.78	343.03		
255	372.06	364.14	357.01	352.63	348.66		364.54	357.56	350.05	344.79	341.73		
306	369.96	361.77	355.70	350.66	347.49		362.38	354.85	348.06	343.51	340.47		
357	367.89	360.14	354.17	349.58	346.52		361.00	353.11	346.90	343.15	339.37		
408	366.31	359.31	353.27	349.31	345.94		360.14	351.98	346.18	342.23	338.63		
459	365.16	358.79	352.54	348.54	345.46		358.00	350.99	345.65	341.42	337.77		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9b		4500 m² ST					Simulationsvar. 9b		6750 m² ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]					Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	54.56	52.56	50.74	49.19	48.05		53.44	51.44	49.64	48.19	46.89		
51	53.93	52.05	50.14	48.73	47.68		52.93	50.85	49.13	47.57	46.45		
102	53.42	51.44	49.64	48.34	47.17		52.22	50.37	48.49	47.12	46.04		
153	52.86	50.82	49.22	47.79	46.71		51.70	49.73	48.00	46.70	45.55		
204	52.23	50.48	48.68	47.36	46.40		51.18	49.19	47.58	46.22	45.22		
255	51.74	49.94	48.26	47.08	46.11		50.60	48.81	47.17	45.89	44.99		
306	51.45	49.57	48.03	46.83	45.93		50.21	48.48	46.86	45.68	44.89		
357	51.13	49.32	47.85	46.68	45.85		49.96	48.22	46.69	45.61	44.75		
408	50.91	49.20	47.74	46.66	45.80		49.81	48.06	46.60	45.60	44.68		
459	50.75	49.13	47.67	46.62	45.77		49.63	47.94	46.54	45.52	44.61		
Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]					Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	164.15	162.31	157.21	156.28	156.06		208.41	202.95	201.48	200.67	196.64		
51	168.94	163.69	162.07	161.33	157.67		213.34	207.82	206.45	201.92	201.75		
102	173.92	168.53	167.07	162.93	162.71		214.45	212.83	207.67	207.01	203.32		
153	175.22	173.35	168.59	167.88	167.81		219.40	214.03	212.69	208.55	208.39		
204	180.03	174.97	173.57	173.04	173.17		224.35	218.97	217.84	213.64	213.71		
255	185.05	179.96	178.77	178.45	177.38		225.66	224.18	219.43	218.98	219.20		
306	186.80	185.24	184.27	182.75	183.01		230.86	225.90	224.82	224.53	221.32		
357	192.17	190.73	188.68	188.43	187.58		236.33	231.38	230.44	230.31	227.02		
408	197.72	196.44	194.42	194.31	193.43		241.97	237.03	236.20	232.60	232.84		
459	203.39	202.25	200.24	198.99	199.34		244.00	242.76	242.04	238.42	238.68		
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]					Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2329.66	2272.82	2220.26	2174.47	2143.41		2222.77	2165.79	2114.66	2074.69	2034.70		
51	2310.38	2258.65	2201.14	2161.91	2134.56		2210.34	2147.84	2100.68	2053.81	2022.49		
102	2296.35	2238.34	2186.95	2152.47	2118.00		2184.83	2134.57	2078.68	2040.68	2011.29		
153	2279.49	2219.03	2176.71	2134.12	2103.32		2170.67	2113.93	2064.74	2029.81	1995.16		
204	2259.18	2213.14	2158.63	2120.55	2095.09		2156.14	2097.42	2053.62	2013.72	1986.03		
255	2245.43	2195.37	2145.77	2113.83	2086.42		2137.67	2088.61	2041.44	2004.01	1980.69		
306	2239.83	2183.39	2140.42	2106.05	2082.05		2126.81	2079.31	2031.88	1998.88	1980.59		
357	2229.70	2176.07	2135.39	2102.29	2080.64		2120.99	2071.31	2027.53	1999.56	1976.68		
408	2222.75	2173.86	2132.82	2103.62	2080.08		2118.50	2067.19	2026.02	2001.75	1975.14		
459	2218.57	2173.61	2131.35	2103.55	2080.21		2112.98	2064.05	2025.80	1999.79	1972.91		
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]					Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2590.55	2535.91	2458.38	2415.98	2388.22		2734.04	2651.64	2602.96	2565.81	2502.35		
51	2584.61	2507.25	2452.80	2416.50	2364.76		2734.26	2647.05	2602.02	2531.18	2503.36		
102	2583.67	2500.61	2451.78	2392.50	2361.93		2695.30	2646.84	2566.34	2531.35	2477.84		
153	2552.50	2494.76	2426.88	2387.90	2360.87		2694.15	2612.21	2565.60	2505.99	2475.45		
204	2545.79	2473.78	2422.58	2387.95	2366.01		2692.68	2609.10	2567.64	2503.71	2479.73		
255	2545.20	2469.80	2423.33	2394.50	2361.78		2660.24	2613.25	2541.39	2507.55	2487.72		
306	2524.93	2471.54	2431.35	2391.33	2371.04		2662.67	2589.81	2545.54	2515.92	2473.26		
357	2528.55	2477.92	2430.84	2401.29	2374.08		2670.17	2595.55	2554.78	2529.90	2483.16		
408	2535.40	2489.25	2441.98	2416.13	2387.27		2681.05	2605.10	2566.89	2517.93	2495.43		
459	2544.97	2502.54	2454.31	2420.63	2401.22		2661.79	2615.74	2580.33	2529.87	2507.20		
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]					TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	4663.08	4546.36	4430.29	4338.86	4277.13		4581.14	4455.01	4350.49	4269.54	4182.57		
51	4624.08	4508.15	4392.10	4312.90	4249.45		4554.42	4418.78	4321.57	4219.43	4157.66		
102	4595.16	4467.83	4363.04	4284.12	4216.91		4495.63	4391.33	4269.34	4192.83	4125.89		
153	4551.91	4429.05	4332.41	4247.98	4187.91		4466.25	4341.14	4240.86	4161.32	4094.23		
204	4511.42	4406.25	4296.88	4221.25	4171.45		4436.26	4307.92	4218.03	4129.92	4076.04		
255	4483.24	4371.37	4271.58	4207.63	4151.72		4390.51	4289.29	4184.86	4110.87	4065.35		
306	4462.01	4348.11	4260.97	4190.10	4143.70		4368.50	4261.80	4166.48	4101.01	4056.02		
357	4442.58	4334.28	4248.80	4183.54	4138.74		4356.83	4246.67	4158.43	4102.50	4049.39		
408	4429.75	4330.46	4244.66	4186.84	4138.77		4352.03	4239.28	4156.21	4098.31	4047.57		
459	4422.42	4330.62	4242.94	4184.89	4140.36		4333.17	4234.14	4156.71	4095.84	4044.78		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		2250 m <sup>2</sup> ST				
Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]		Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1236.19	1192.83	1139.26	1100.40	1071.27		1189.43	1139.68	1080.63	1033.55	1005.79		
51	1224.44	1173.47	1123.75	1087.16	1059.98		1174.21	1127.24	1069.19	1021.48	985.24		
102	1211.52	1157.02	1109.22	1074.90	1046.98		1162.37	1101.01	1043.69	1011.92	973.76		
153	1190.76	1139.69	1095.02	1061.71	1038.54		1135.27	1075.51	1032.52	988.73	966.23		
204	1174.61	1124.70	1083.02	1053.85	1028.74		1122.65	1063.08	1010.42	981.64	950.20		
255	1163.72	1115.24	1075.28	1045.03	1026.14		1098.26	1043.54	1003.49	967.36	942.82		
306	1150.96	1106.56	1069.58	1041.92	1021.82		1090.61	1035.12	993.76	961.65	941.01		
357	1146.66	1103.70	1065.94	1039.47	1019.66		1076.43	1031.91	988.74	959.62	938.30		
408	1141.88	1101.89	1065.91	1040.83	1019.49		1070.91	1026.77	986.40	960.34	936.57		
459	1139.93	1100.20	1068.22	1040.82	1021.48		1069.05	1024.20	985.70	961.82	936.19		
Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]		Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1594.27	1453.25	1386.29	1311.85	1251.39		2076.47	2008.05	1860.05	1728.39	1694.36		
51	1597.31	1451.54	1361.42	1289.51	1256.80		2077.13	2010.79	1863.51	1732.45	1616.38		
102	1522.90	1451.49	1337.61	1293.93	1235.84		2080.55	1927.12	1780.99	1738.67	1622.06		
153	1518.87	1424.59	1339.73	1272.34	1218.81		1995.13	1843.24	1785.02	1658.87	1631.13		
204	1493.21	1400.67	1319.44	1256.05	1228.20		1997.38	1846.65	1706.34	1668.59	1559.04		
255	1498.05	1382.18	1329.51	1266.82	1218.30		1915.94	1769.74	1716.71	1598.18	1571.47		
306	1478.74	1392.96	1317.85	1283.62	1235.09		1925.42	1780.41	1650.57	1613.06	1589.73		
357	1467.73	1409.67	1335.28	1276.74	1254.85		1856.00	1796.68	1666.82	1632.11	1531.59		
408	1483.76	1403.10	1356.34	1299.56	1276.99		1871.38	1736.10	1686.25	1654.17	1552.53		
459	1503.07	1423.45	1354.29	1322.16	1301.36		1890.53	1755.65	1707.71	1677.54	1575.25		
Stickoxide IJgges [kg/a]		Stickoxide IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1896.06	1821.68	1738.62	1676.81	1630.59		1899.26	1820.64	1724.87	1648.09	1605.39		
51	1875.86	1790.79	1711.55	1653.19	1611.54		1874.13	1799.51	1705.17	1627.73	1568.33		
102	1849.25	1763.95	1685.97	1632.70	1588.56		1853.92	1753.94	1660.80	1611.07	1549.11		
153	1816.03	1734.09	1662.47	1609.33	1572.26		1806.83	1709.24	1641.58	1570.24	1535.67		
204	1787.97	1707.90	1640.91	1593.93	1556.06		1785.36	1688.28	1602.40	1557.52	1505.71		
255	1769.29	1689.97	1627.46	1579.29	1548.81		1742.64	1652.75	1590.03	1530.16	1493.27		
306	1747.02	1675.51	1615.89	1573.27	1541.26		1729.15	1638.58	1569.41	1520.41	1489.23		
357	1737.37	1669.78	1609.36	1566.94	1537.16		1702.16	1632.31	1560.87	1516.29	1479.37		
408	1729.06	1664.32	1608.23	1567.99	1536.11		1692.77	1618.79	1556.44	1516.35	1476.09		
459	1725.11	1660.94	1609.04	1567.26	1538.32		1688.89	1614.12	1554.57	1517.67	1474.92		
Schwefeldioxid IJgges [kg/a]		Schwefeldioxid IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	67.53	61.60	62.32	61.24	60.53		173.44	174.30	167.78	161.72	163.40		
51	80.53	74.32	72.83	71.84	73.55		186.31	187.27	180.79	174.70	169.05		
102	86.46	87.14	83.39	84.82	84.16		199.30	192.70	186.25	187.78	182.05		
153	99.12	97.59	96.29	95.43	94.94		204.70	198.16	199.27	193.33	195.21		
204	109.61	108.12	106.94	106.23	108.02		217.67	211.13	204.86	206.50	201.03		
255	122.64	118.87	120.09	119.34	119.02		223.17	216.82	218.04	212.38	214.19		
306	133.26	131.98	130.98	132.66	132.30		236.32	229.94	224.09	225.61	227.56		
357	144.20	145.31	144.28	143.67	145.66		242.21	243.26	237.34	238.98	233.88		
408	157.46	156.35	157.72	157.16	159.09		255.44	249.49	250.70	252.44	247.26		
459	170.83	169.72	168.91	170.61	172.61		268.81	262.83	264.11	265.94	260.68		
Methan IJgges [kg/a]		Methan IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	6081.07	5875.66	5596.13	5397.59	5247.52		5686.83	5426.19	5142.82	4919.11	4768.03		
51	6000.93	5757.75	5505.14	5317.88	5169.71		5589.41	5342.65	5064.25	4837.38	4667.63		
102	5938.49	5654.25	5419.02	5235.25	5091.19		5508.88	5214.01	4939.24	4768.19	4588.89		
153	5813.53	5554.16	5326.70	5155.79	5035.39		5375.87	5088.99	4862.03	4654.65	4529.75		
204	5719.36	5465.77	5253.19	5102.86	4965.05		5291.43	5005.47	4753.94	4597.76	4451.89		
255	5643.52	5404.88	5193.05	5037.38	4938.28		5171.96	4910.14	4697.81	4528.57	4393.54		
306	5566.27	5340.10	5150.87	5000.29	4895.17		5112.25	4846.60	4651.27	4478.57	4362.93		
357	5531.07	5304.26	5111.19	4974.33	4862.86		5043.59	4809.03	4604.73	4446.88	4351.35		
408	5485.68	5281.45	5089.45	4959.51	4840.42		4994.53	4785.32	4571.48	4428.87	4321.18		
459	5454.39	5251.46	5087.14	4937.87	4828.73		4963.68	4750.96	4546.41	4414.61	4297.70		
NMVOC IJgges [kg/a]		NMVOC IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	220.66	212.98	204.11	197.59	192.77		222.68	214.54	203.99	195.53	191.18		
51	218.09	209.04	200.63	194.52	190.26		219.48	211.84	201.48	192.89	186.32		
102	214.62	205.62	197.33	191.84	187.22		216.90	205.97	195.73	190.71	183.78		
153	210.43	201.81	194.31	188.76	184.99		210.87	200.23	193.26	185.36	181.94		
204	206.84	198.42	191.44	186.63	182.73		208.15	197.53	188.11	183.61	177.87		
255	204.42	196.02	189.56	184.54	181.52		202.60	192.85	186.38	179.84	176.03		
306	201.40	193.95	187.79	183.47	180.22		200.74	190.83	183.43	178.30	175.18		
357	199.89	192.92	186.61	182.26	179.29		196.99	189.74	182.00	177.40	173.47		
408	198.51	191.83	186.07	181.96	178.71		195.47	187.60	181.04	176.99	172.61		
459	197.62	190.99	185.71	181.41	178.52		194.61	186.59	180.37	176.71	171.99		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		2250 m <sup>2</sup> ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]					Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	35.56	33.74	31.78	30.28	29.12		35.40	33.44	31.37	29.71	28.57		
51	35.06	33.10	31.22	29.78	28.68		34.84	32.94	30.89	29.23	27.94		
102	34.56	32.51	30.68	29.31	28.21		34.35	32.16	30.13	28.81	27.50		
153	33.86	31.89	30.15	28.83	27.85		33.53	31.38	29.66	28.13	27.15		
204	33.28	31.35	29.70	28.49	27.49		33.01	30.88	29.01	27.80	26.67		
255	32.82	30.96	29.37	28.16	27.31		32.29	30.28	28.69	27.36	26.39		
306	32.39	30.63	29.13	28.00	27.14		31.95	29.96	28.37	27.14	26.26		
357	32.18	30.46	28.98	27.88	27.03		31.53	29.78	28.18	27.02	26.15		
408	31.98	30.36	28.91	27.86	26.99		31.32	29.61	28.07	26.99	26.07		
459	31.87	30.27	28.92	27.83	27.01		31.21	29.50	28.01	26.98	26.04		
Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]					Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	71.46	66.31	64.63	62.58	61.15		118.25	116.49	111.06	106.37	106.17		
51	76.46	71.11	68.35	66.41	66.27		123.15	121.48	116.08	111.42	107.44		
102	77.87	75.98	72.11	71.47	70.16		128.17	122.49	117.15	116.57	112.57		
153	82.57	79.61	77.08	75.34	74.23		129.11	123.50	122.20	117.76	117.84		
204	86.25	83.37	81.00	79.44	79.52		134.07	128.52	123.43	123.06	119.37		
255	91.33	87.37	86.32	84.80	83.91		135.19	129.83	128.77	124.66	124.80		
306	95.30	92.72	90.63	90.42	89.54		140.48	135.18	130.56	130.21	130.49		
357	99.64	98.35	96.29	94.95	95.30		142.13	140.78	136.17	135.94	132.64		
408	105.24	102.89	102.11	100.85	101.17		147.70	142.83	141.92	141.80	138.46		
459	110.98	108.68	106.85	106.74	107.14		153.43	148.58	147.76	147.73	144.36		
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]					Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1388.08	1339.41	1278.74	1234.80	1201.84		1333.08	1276.65	1210.41	1157.67	1126.04		
51	1374.51	1317.31	1261.15	1219.77	1188.80		1315.61	1262.31	1197.19	1143.74	1103.20		
102	1360.22	1298.47	1244.66	1205.64	1174.03		1301.95	1233.10	1168.80	1132.64	1089.95		
153	1336.53	1278.83	1228.34	1190.66	1164.40		1271.74	1204.70	1155.89	1106.84	1081.13		
204	1318.23	1261.83	1214.71	1181.67	1153.06		1257.20	1190.36	1131.32	1098.53	1063.39		
255	1305.63	1251.04	1205.67	1171.43	1149.98		1230.06	1168.67	1123.18	1082.75	1054.76		
306	1291.16	1240.96	1199.12	1167.60	1144.80		1221.11	1158.87	1112.51	1076.01	1052.40		
357	1286.18	1237.41	1194.71	1164.72	1142.06		1205.45	1154.93	1106.56	1073.40	1049.63		
408	1280.49	1235.25	1194.36	1165.93	1141.55		1198.92	1149.42	1103.60	1073.89	1047.38		
459	1277.97	1233.03	1196.82	1165.61	1143.47		1196.51	1146.22	1102.50	1075.23	1046.64		
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]					Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1439.77	1365.29	1308.01	1258.22	1219.69		1639.97	1585.91	1495.94	1419.67	1391.51		
51	1439.27	1357.05	1294.70	1247.41	1220.01		1635.89	1584.74	1495.80	1419.05	1355.31		
102	1410.64	1351.74	1282.47	1246.68	1209.65		1635.38	1542.39	1454.31	1421.09	1355.51		
153	1400.71	1336.42	1279.57	1236.05	1204.12		1591.94	1500.67	1454.51	1382.17	1359.87		
204	1386.69	1323.75	1270.25	1231.17	1206.48		1590.51	1499.61	1416.78	1387.06	1328.80		
255	1387.28	1317.04	1274.60	1234.66	1207.49		1550.23	1464.52	1421.92	1357.86	1333.87		
306	1377.43	1320.66	1272.47	1244.37	1216.09		1554.56	1468.34	1397.59	1364.88	1345.02		
357	1376.69	1330.59	1281.82	1246.03	1227.18		1525.62	1477.88	1405.48	1375.96	1328.46		
408	1384.75	1332.88	1295.07	1260.84	1240.48		1532.90	1458.68	1416.34	1390.06	1340.14		
459	1395.96	1344.49	1301.88	1274.37	1256.13		1544.15	1469.36	1429.04	1405.07	1353.35		
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]					TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2775.02	2664.88	2543.19	2452.39	2384.56		2791.20	2675.72	2534.78	2421.76	2359.29		
51	2746.98	2621.38	2504.94	2419.20	2358.30		2756.01	2646.34	2507.47	2393.56	2306.12		
102	2708.87	2583.72	2468.86	2390.82	2326.09		2727.98	2580.76	2443.65	2370.72	2279.63		
153	2661.92	2541.40	2436.08	2358.01	2303.59		2660.13	2516.39	2417.06	2312.09	2261.53		
204	2622.21	2504.46	2405.93	2336.85	2281.59		2630.23	2487.28	2360.84	2295.06	2218.78		
255	2596.43	2479.56	2387.87	2317.14	2272.37		2568.83	2436.35	2344.34	2256.10	2202.30		
306	2565.33	2460.11	2372.40	2310.03	2263.09		2550.69	2417.30	2315.21	2243.59	2198.10		
357	2552.63	2453.41	2364.61	2302.29	2258.87		2512.31	2409.81	2304.49	2239.31	2184.71		
408	2542.23	2446.93	2364.70	2305.57	2259.14		2500.33	2391.10	2299.80	2241.15	2181.73		
459	2538.20	2443.78	2367.37	2306.31	2264.16		2496.40	2386.06	2298.85	2244.85	2181.86		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		6750 m <sup>2</sup> ST				
Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]		Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1243.36	1147.51	1067.63	1013.62	967.21		1255.43	1158.60	1078.83	1015.66	960.42		
51	1214.57	1120.07	1037.69	984.29	941.62		1225.62	1130.87	1051.26	997.39	944.00		
102	1187.88	1093.19	1025.70	959.80	929.81		1198.53	1111.04	1032.46	973.53	921.74		
153	1158.94	1076.39	996.84	946.78	907.93		1169.84	1082.75	1006.46	949.86	900.32		
204	1131.14	1046.71	971.00	938.54	898.00		1141.92	1056.68	983.34	929.50	882.54		
255	1105.63	1019.06	961.94	915.43	892.65		1116.19	1033.91	963.75	912.48	867.54		
306	1078.06	1012.73	945.74	911.45	880.06		1095.16	1016.36	949.09	900.09	857.89		
357	1070.35	992.05	938.34	903.95	876.13		1079.89	1003.62	938.59	891.40	853.59		
408	1049.46	990.17	936.40	900.37	875.64		1068.39	994.21	931.30	885.24	852.23		
459	1048.08	989.52	936.97	898.93	876.73		1059.65	987.21	925.72	880.89	852.99		
Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]		Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2574.36	2474.69	2390.09	2253.61	2129.68		2528.00	2427.20	2419.92	2431.86	2379.27		
51	2565.34	2467.23	2303.69	2168.69	2048.12		2517.80	2419.41	2412.30	2508.77	2458.31		
102	2558.74	2460.42	2307.28	2087.72	2053.59		2510.74	2494.50	2488.59	2505.46	2456.86		
153	2549.55	2459.50	2222.34	2091.76	1975.66		2501.83	2486.06	2482.80	2502.37	2456.38		
204	2541.67	2374.10	2140.90	2100.49	1984.63		2493.83	2480.19	2480.35	2503.12	2460.13		
255	2536.46	2291.55	2149.69	2024.08	1998.22		2488.35	2478.14	2481.99	2507.75	2467.10		
306	2455.12	2303.24	2079.01	2039.85	1931.90		2488.32	2482.15	2489.36	2517.74	2479.74		
357	2467.00	2230.55	2093.48	1977.85	1950.11		2494.97	2491.73	2501.54	2532.02	2497.58		
408	2394.71	2249.19	2112.99	1996.90	1971.78		2506.00	2505.19	2517.44	2549.24	2518.51		
459	2413.95	2269.76	2135.13	2018.29	1995.19		2520.23	2521.43	2535.33	2568.56	2541.63		
Stickoxide Iggges [kg/a]		Stickoxide Iggges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2041.84	1897.79	1777.43	1690.78	1616.70		2092.09	1946.53	1831.24	1741.42	1659.74		
51	1997.34	1855.36	1726.55	1641.02	1572.45		2046.02	1903.66	1788.60	1717.14	1638.29		
102	1956.05	1813.79	1706.19	1598.29	1552.76		2004.12	1876.97	1763.49	1680.20	1603.81		
153	1911.32	1786.29	1657.01	1576.74	1514.05		1959.77	1833.24	1723.28	1643.56	1570.62		
204	1868.34	1735.98	1612.47	1562.33	1497.57		1916.61	1792.92	1687.49	1612.00	1543.03		
255	1828.88	1688.90	1597.04	1522.43	1487.96		1876.80	1757.64	1657.10	1585.58	1519.71		
306	1782.19	1677.60	1567.21	1515.07	1463.71		1844.22	1730.41	1634.31	1566.26	1504.47		
357	1769.21	1641.66	1555.24	1498.26	1457.00		1820.47	1710.55	1617.89	1552.62	1497.21		
408	1733.09	1637.63	1551.35	1492.19	1455.45		1802.53	1695.81	1606.40	1542.87	1494.39		
459	1729.84	1635.60	1551.23	1489.38	1456.30		1788.82	1684.77	1597.54	1535.91	1494.75		
Schwefeldioxid Iggges [kg/a]		Schwefeldioxid Iggges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	278.44	277.57	277.29	270.97	264.93		335.04	334.14	340.89	348.27	348.93		
51	290.80	289.98	282.59	276.29	270.39		347.37	346.54	353.30	368.05	368.77		
102	303.24	302.41	295.58	281.78	283.39		359.79	366.25	373.05	380.59	381.38		
153	315.59	315.22	300.91	294.74	288.98		372.15	378.63	385.52	393.15	394.01		
204	327.99	320.52	306.36	307.87	302.05		384.54	391.09	398.09	405.82	406.79		
255	340.47	325.90	319.46	313.42	315.29		397.02	403.68	410.80	418.62	419.67		
306	345.85	339.10	325.27	326.71	321.23		409.67	416.46	423.69	431.60	432.75		
357	359.00	344.74	338.43	332.84	334.53		422.54	429.43	436.74	444.72	446.03		
408	364.64	358.12	351.80	346.15	347.95		435.55	442.51	449.90	457.93	459.42		
459	378.03	371.53	365.26	359.54	361.43		448.66	455.69	463.14	471.21	472.89		
Methan Iggges [kg/a]		Methan Iggges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5808.71	5318.93	4908.57	4650.39	4430.07		5878.99	5384.30	4951.07	4600.36	4312.71		
51	5643.90	5160.79	4761.48	4506.34	4304.64		5709.08	5224.77	4792.26	4464.39	4185.89		
102	5489.47	5005.45	4680.19	4386.38	4224.22		5552.69	5081.00	4653.62	4324.06	4053.54		
153	5323.89	4900.20	4538.49	4299.96	4117.25		5388.33	4918.66	4502.67	4184.70	3925.38		
204	5163.97	4754.46	4411.81	4237.30	4046.21		5227.85	4767.36	4366.06	4061.81	3815.33		
255	5015.49	4618.77	4345.07	4124.25	3997.98		5078.22	4632.43	4246.98	3955.56	3719.13		
306	4880.21	4565.63	4266.39	4082.82	3937.24		4952.01	4523.55	4152.50	3872.32	3649.55		
357	4820.24	4464.67	4207.97	4047.43	3896.10		4854.43	4438.56	4078.66	3807.51	3606.56		
408	4718.22	4433.76	4176.75	4008.03	3872.09		4775.67	4370.19	4020.81	3755.30	3578.24		
459	4689.79	4408.89	4157.96	3979.28	3855.93		4710.61	4313.79	3971.48	3712.13	3560.42		
NMVOC Iggges [kg/a]		NMVOC Iggges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	242.45	225.97	212.35	202.64	194.23		250.09	233.44	220.52	210.52	201.21		
51	236.81	220.57	205.80	196.19	188.46		244.26	227.98	215.09	207.45	198.47		
102	231.53	215.26	203.19	190.62	185.86		238.92	224.64	211.93	202.68	193.97		
153	225.86	211.79	196.83	187.81	180.74		233.30	219.09	206.78	197.94	189.63		
204	220.39	205.28	191.01	185.84	178.46		227.81	213.92	202.13	193.78	185.93		
255	215.33	199.13	188.89	180.48	176.99		222.70	209.34	198.11	190.22	182.72		
306	209.18	197.50	184.77	179.25	173.51		218.43	205.68	194.96	187.46	180.45		
357	207.29	192.56	182.91	176.68	172.26		215.17	202.86	192.54	185.37	179.14		
408	202.31	191.70	182.03	175.49	171.63		212.58	200.64	190.69	183.71	178.35		
459	201.53	191.04	181.59	174.68	171.28		210.47	198.84	189.14	182.38	177.94		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		6750 m <sup>2</sup> ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]					Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	37.33	34.41	31.90	30.09	28.58		38.43	35.48	32.96	30.95	29.24		
51	36.47	33.59	31.04	29.26	27.84		37.54	34.65	32.14	30.33	28.68		
102	35.67	32.79	30.55	28.55	27.39		36.73	33.98	31.51	29.62	28.01		
153	34.81	32.18	29.73	28.06	26.75		35.87	33.14	30.73	28.91	27.37		
204	33.98	31.34	28.99	27.70	26.38		35.04	32.36	30.04	28.30	26.84		
255	33.22	30.57	28.63	27.08	26.14		34.27	31.68	29.46	27.80	26.40		
306	32.47	30.28	28.17	26.89	25.80		33.65	31.16	29.02	27.43	26.10		
357	32.18	29.75	27.93	26.67	25.65		33.19	30.78	28.71	27.17	25.94		
408	31.65	29.63	27.82	26.54	25.60		32.85	30.50	28.49	26.98	25.87		
459	31.55	29.55	27.79	26.47	25.59		32.59	30.29	28.33	26.86	25.85		
Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]					Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	165.52	162.42	159.99	155.09	150.77		187.62	184.48	185.63	187.65	186.66		
51	170.00	166.98	160.89	156.06	151.88		192.05	189.02	190.18	196.10	195.20		
102	174.59	171.56	165.91	157.19	157.00		196.63	197.38	198.60	200.84	200.03		
153	179.07	176.39	166.88	162.25	158.27		201.11	201.89	203.23	205.59	204.89		
204	183.61	177.33	167.99	167.51	163.55		205.64	206.52	208.01	210.51	209.95		
255	188.26	178.40	173.26	168.86	169.03		210.29	211.31	212.97	215.60	215.15		
306	189.39	183.80	174.86	174.44	170.82		215.17	216.38	218.19	220.94	220.60		
357	194.80	185.32	180.39	176.42	176.52		220.36	221.70	223.62	226.46	226.28		
408	196.33	191.03	186.14	182.15	182.37		225.74	227.18	229.22	232.12	232.10		
459	202.07	196.82	192.01	187.99	188.30		231.26	232.80	234.90	237.87	238.01		
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]					Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1391.36	1283.24	1193.07	1132.55	1080.60		1406.63	1297.41	1206.77	1134.79	1072.36		
51	1358.68	1252.08	1159.69	1099.86	1052.11		1372.80	1265.93	1175.46	1113.33	1052.97		
102	1328.35	1221.54	1145.86	1072.61	1038.49		1342.03	1242.71	1153.40	1086.19	1027.63		
153	1295.51	1202.30	1113.70	1057.63	1014.17		1309.46	1210.59	1123.85	1059.27	1003.24		
204	1263.94	1169.23	1084.94	1048.01	1002.67		1277.76	1180.97	1097.55	1036.07	982.94		
255	1234.95	1138.44	1074.40	1022.33	996.32		1248.52	1155.05	1075.22	1016.63	965.77		
306	1204.26	1130.98	1056.48	1017.52	982.46		1224.57	1135.02	1058.44	1002.39	954.62		
357	1195.26	1108.04	1047.85	1009.38	977.73		1207.09	1120.38	1046.32	992.32	949.47		
408	1172.08	1105.61	1045.35	1005.05	976.86		1193.86	1109.50	1037.82	985.09	947.63		
459	1170.22	1104.55	1045.67	1003.11	977.77		1183.73	1101.33	1031.24	979.90	948.17		
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]					Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1925.36	1823.97	1739.69	1656.28	1581.93		1987.39	1884.90	1827.78	1789.05	1732.68		
51	1907.28	1807.37	1693.50	1610.89	1540.53		1968.17	1868.00	1811.04	1809.07	1754.74		
102	1891.51	1791.40	1692.87	1570.59	1540.38		1951.97	1886.28	1830.46	1796.44	1743.89		
153	1873.26	1785.62	1647.91	1569.10	1502.98		1933.99	1868.75	1815.47	1784.03	1733.98		
204	1856.27	1739.84	1606.30	1572.77	1505.14		1916.87	1853.68	1803.67	1775.29	1728.10		
255	1841.83	1696.39	1609.23	1534.50	1512.27		1902.17	1842.26	1795.78	1770.26	1725.30		
306	1798.65	1702.30	1578.24	1543.25	1485.31		1892.69	1836.64	1793.37	1770.35	1728.35		
357	1803.34	1666.88	1583.64	1521.67	1494.51		1889.59	1836.34	1795.56	1774.55	1737.16		
408	1767.79	1678.04	1594.89	1531.33	1507.45		1890.68	1839.74	1801.31	1781.55	1749.18		
459	1779.51	1690.63	1608.86	1543.35	1522.12		1894.83	1845.82	1808.96	1790.57	1763.49		
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]					TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3008.64	2798.40	2622.68	2495.36	2386.63		3086.85	2874.40	2706.85	2576.58	2457.66		
51	2945.38	2738.16	2549.38	2423.74	2323.03		3021.29	2813.52	2646.31	2543.50	2428.71		
102	2886.82	2679.19	2521.15	2362.35	2295.85		2961.84	2776.92	2612.01	2491.31	2380.12		
153	2823.22	2640.55	2450.36	2332.45	2240.33		2898.79	2714.78	2555.02	2439.55	2333.43		
204	2762.17	2568.13	2386.37	2312.95	2217.92		2837.49	2657.63	2504.51	2395.23	2294.91		
255	2706.30	2500.45	2365.43	2255.84	2205.53		2781.10	2607.88	2461.92	2358.44	2262.66		
306	2639.25	2485.55	2322.95	2246.76	2171.23		2735.29	2569.89	2430.44	2332.04	2242.22		
357	2621.97	2434.27	2307.25	2223.29	2163.22		2702.41	2542.70	2408.28	2313.97	2233.40		
408	2570.46	2430.11	2303.32	2216.24	2162.74		2678.03	2523.02	2393.35	2301.58	2231.08		
459	2567.43	2428.88	2304.90	2213.95	2165.77		2659.84	2508.75	2382.28	2293.29	2233.40		

## Anhang Abschnitt 6.4

		Simulationsvar. 10b 0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b 2250 m <sup>2</sup> ST				
		Kohlendioxidemissionen I <sub>g</sub> ges [t/a]					Kohlendioxidemissionen I <sub>g</sub> ges [t/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1265.73	1213.33	1164.59	1127.76	1100.38	1156.52	1105.97	1058.49	1018.51	992.26
51		1250.47	1197.95	1150.03	1115.93	1086.91	1143.56	1094.11	1041.07	1008.85	975.91
102		1235.81	1182.54	1137.50	1101.79	1076.75	1128.52	1075.17	1029.21	992.29	962.86
153		1215.92	1166.01	1121.91	1090.91	1065.15	1113.05	1059.71	1014.58	978.54	959.93
204		1200.26	1151.79	1111.65	1080.24	1057.11	1094.48	1047.60	1000.65	969.37	947.87
255		1187.55	1142.16	1102.28	1073.11	1052.15	1082.00	1032.38	990.97	965.07	938.65
306		1176.99	1134.44	1096.69	1069.76	1050.53	1072.73	1023.65	991.44	957.92	933.90
357		1172.65	1129.95	1094.03	1069.08	1050.80	1064.45	1020.02	985.84	954.07	932.29
408		1169.03	1127.95	1093.58	1070.06	1052.11	1058.98	1023.93	982.45	953.02	932.88
459		1166.97	1127.44	1094.76	1071.80	1054.38	1056.74	1020.87	1004.88	952.99	932.85
		Kohlenmonoxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Kohlenmonoxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1511.43	1416.20	1326.61	1253.45	1194.05	1796.30	1727.61	1587.26	1537.52	1427.30
51		1486.62	1391.35	1302.32	1231.97	1198.12	1798.55	1730.70	1586.79	1465.90	1429.35
102		1462.59	1366.21	1279.84	1235.28	1178.85	1799.86	1651.91	1590.42	1467.55	1433.99
153		1459.05	1365.40	1281.00	1214.90	1185.36	1722.24	1651.84	1514.89	1471.11	1368.79
204		1433.65	1342.01	1261.58	1222.49	1195.89	1720.49	1578.14	1518.79	1479.36	1376.51
255		1411.42	1323.10	1270.62	1234.26	1210.14	1724.01	1581.19	1527.19	1415.60	1387.66
306		1419.17	1334.43	1284.61	1250.87	1228.62	1655.03	1591.58	1467.81	1429.45	1403.92
357		1433.66	1350.16	1302.62	1270.90	1249.91	1666.77	1607.46	1483.59	1447.22	1423.79
408		1424.63	1369.05	1323.45	1293.36	1272.99	1682.08	1552.87	1502.32	1468.16	1420.51
459		1443.91	1390.19	1346.32	1317.06	1297.57	1700.95	1572.09	1539.17	1490.54	1443.34
		Stickoxide I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Stickoxide I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		1931.48	1847.64	1769.77	1710.81	1667.04	1836.11	1756.42	1677.03	1615.19	1569.74
51		1904.73	1820.74	1744.03	1689.18	1644.94	1814.21	1736.10	1648.87	1593.34	1543.52
102		1878.93	1793.72	1721.26	1666.05	1625.93	1789.46	1700.86	1628.68	1566.76	1522.09
153		1846.93	1766.60	1695.80	1645.87	1606.77	1758.87	1675.26	1599.63	1544.19	1510.24
204		1819.55	1741.51	1676.64	1628.13	1593.04	1728.94	1649.84	1576.92	1528.49	1490.78
255		1796.63	1723.25	1660.88	1615.84	1584.08	1707.95	1625.28	1560.62	1515.27	1475.73
306		1779.06	1710.12	1651.07	1609.48	1580.34	1687.23	1610.66	1554.44	1503.47	1467.51
357		1770.94	1702.12	1645.90	1607.29	1579.65	1673.49	1603.76	1545.05	1496.75	1464.12
408		1762.62	1697.99	1644.20	1607.78	1580.69	1664.16	1603.06	1539.14	1494.32	1462.49
459		1758.52	1696.28	1645.03	1609.51	1583.31	1659.73	1597.69	1570.04	1493.51	1461.79
		Schwefeldioxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Schwefeldioxid I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		59.27	57.69	56.24	55.24	54.60	148.80	149.62	143.54	144.76	139.48
51		69.80	68.21	66.79	65.90	67.54	161.75	162.62	156.33	150.82	152.31
102		80.35	78.73	77.42	78.81	78.25	174.62	168.32	169.32	163.64	165.26
153		93.04	91.55	90.28	89.50	91.26	180.46	181.18	175.19	176.56	171.56
204		103.55	102.11	100.99	102.54	104.40	193.20	187.14	188.10	189.66	184.55
255		114.17	112.85	114.08	115.71	117.65	206.17	200.01	201.18	195.91	197.65
306		127.22	126.00	127.31	129.02	131.03	212.24	213.12	207.61	209.08	210.91
357		140.49	139.27	140.65	142.44	144.48	225.37	226.43	220.85	222.38	224.29
408		151.46	152.64	154.07	155.92	157.97	238.61	232.99	234.16	235.78	235.41
459		164.82	166.06	167.56	169.42	171.50	251.96	246.32	248.44	249.22	248.85
		Methan I <sub>g</sub> ges [kg/a]					Methan I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		6259.22	5993.23	5745.52	5557.09	5415.70	5601.47	5336.87	5111.02	4899.12	4779.01
51		6169.44	5902.90	5659.24	5484.40	5327.05	5515.33	5256.18	5002.72	4852.84	4676.00
102		6082.69	5812.39	5583.04	5392.40	5262.64	5418.84	5163.77	4922.04	4748.80	4589.45
153		5962.11	5708.50	5483.85	5324.41	5183.33	5343.69	5065.18	4851.04	4658.78	4576.68
204		5870.36	5623.93	5418.99	5249.69	5121.67	5229.61	5006.78	4760.13	4591.49	4495.05
255		5793.29	5562.17	5350.72	5192.59	5075.40	5145.87	4909.42	4690.34	4571.94	4427.59
306		5719.10	5502.14	5301.31	5154.33	5045.75	5101.59	4844.36	4694.50	4514.78	4382.34
357		5675.91	5458.22	5266.46	5129.35	5025.47	5038.77	4804.67	4645.05	4474.04	4352.74
408		5644.12	5426.64	5242.65	5112.66	5010.38	4990.00	4825.97	4606.58	4447.24	4341.95
459		5612.26	5402.51	5226.91	5099.69	5000.12	4957.25	4789.16	4696.50	4425.47	4320.22
		NMVOC I <sub>g</sub> ges [kg/a]					NMVOC I <sub>g</sub> ges [kg/a]				
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0		225.08	216.22	208.00	201.85	197.34	214.45	206.16	197.70	191.22	186.46
51		221.65	212.77	204.69	199.03	194.44	211.66	203.57	194.11	188.33	183.04
102		218.32	209.31	201.75	196.01	191.91	208.49	199.01	191.51	184.87	180.21
153		214.29	205.88	198.48	193.35	189.34	204.58	195.78	187.73	181.93	178.52
204		210.79	202.63	195.93	190.95	187.40	200.78	192.45	184.75	179.79	175.85
255		207.81	200.20	193.75	189.16	186.00	198.07	189.24	182.52	177.84	173.68
306		205.42	198.31	192.24	188.04	185.18	195.23	187.17	181.41	176.03	172.30
357		204.13	196.98	191.23	187.39	184.69	193.23	186.00	179.88	174.80	171.48
408		202.73	196.09	190.61	187.02	184.38	191.72	185.49	178.73	174.07	170.81
459		201.82	195.46	190.28	186.78	184.24	190.79	184.40	182.24	173.52	170.25

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10b		0 m² ST					Simulationsvar. 10b		2250 m² ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]					Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	36.18	34.19	32.32	30.86	29.74		34.74	32.77	30.94	29.41	28.31		
51	35.62	33.62	31.78	30.39	29.25		34.22	32.28	30.33	28.99	27.76		
102	35.08	33.06	31.28	29.88	28.84		33.67	31.65	29.85	28.43	27.29		
153	34.40	32.45	30.72	29.44	28.41		33.09	31.06	29.31	27.92	27.04		
204	33.83	31.93	30.30	29.04	28.08		32.45	30.58	28.82	27.55	26.63		
255	33.34	31.52	29.94	28.75	27.85		31.96	30.06	28.44	27.32	26.31		
306	32.94	31.22	29.70	28.58	27.73		31.59	29.73	28.33	27.06	26.12		
357	32.72	31.02	29.56	28.49	27.68		31.29	29.54	28.12	26.91	26.02		
408	32.55	30.90	29.49	28.46	27.66		31.07	29.55	27.99	26.84	26.00		
459	32.44	30.84	29.47	28.47	27.69		30.95	29.43	28.41	26.80	25.97		
Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]					Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	67.54	64.54	61.80	59.80	58.42		105.33	103.56	98.46	97.55	93.81		
51	71.26	68.26	65.54	63.66	63.47		110.30	108.56	103.31	99.08	98.78		
102	75.01	71.96	69.36	68.68	67.44		115.23	109.79	108.34	104.03	103.86		
153	79.73	76.79	74.28	72.60	72.60		116.50	114.65	109.70	109.07	105.68		
204	83.42	80.57	78.24	77.81	77.95		121.29	116.09	114.75	114.31	110.90		
255	87.25	84.55	83.52	83.21	83.46		126.32	121.10	120.00	116.19	116.28		
306	92.47	89.94	89.02	88.83	89.16		127.97	126.45	122.08	121.69	121.89		
357	97.99	95.52	94.70	94.60	94.99		133.38	132.03	127.67	127.37	127.66		
408	102.42	101.24	100.51	100.49	100.90		138.94	134.33	133.39	133.19	132.34		
459	108.16	107.06	106.41	106.43	106.88		144.66	140.07	139.88	139.07	138.25		
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]					Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1421.99	1368.79	1307.73	1266.08	1235.07		1298.15	1240.83	1187.56	1142.18	1112.84		
51	1404.68	1345.35	1291.21	1252.62	1219.58		1283.22	1227.13	1167.64	1131.55	1094.11		
102	1388.05	1327.87	1276.95	1236.38	1208.00		1265.96	1206.09	1153.94	1112.59	1079.11		
153	1365.35	1308.94	1259.09	1223.99	1194.63		1248.80	1188.35	1137.73	1096.80	1076.04		
204	1347.59	1292.80	1247.40	1211.65	1185.25		1227.58	1174.98	1121.74	1086.14	1062.15		
255	1333.14	1281.82	1236.53	1203.30	1179.34		1213.19	1157.53	1110.52	1081.55	1051.46		
306	1320.93	1272.81	1229.92	1199.21	1177.20		1203.02	1147.38	1111.28	1073.19	1045.80		
357	1315.72	1267.44	1226.60	1198.12	1177.17		1193.38	1142.97	1104.67	1068.55	1043.67		
408	1311.52	1264.86	1225.77	1198.91	1178.32		1186.92	1147.61	1100.54	1067.06	1044.22		
459	1308.88	1263.96	1226.77	1200.54	1180.56		1184.08	1143.85	1125.37	1066.70	1043.87		
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]					Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1434.08	1368.42	1307.06	1259.34	1222.58		1515.99	1461.16	1383.05	1341.08	1287.44		
51	1421.01	1355.24	1294.71	1249.96	1220.68		1514.26	1460.57	1376.78	1315.88	1282.57		
102	1408.62	1341.97	1284.52	1247.33	1213.20		1510.46	1425.70	1376.28	1310.76	1281.16		
153	1399.59	1336.46	1280.21	1239.00	1213.43		1478.96	1421.29	1345.89	1308.53	1263.20		
204	1386.05	1324.58	1272.61	1240.26	1217.58		1471.42	1393.51	1343.55	1311.26	1263.20		
255	1375.74	1317.64	1275.30	1245.45	1225.18		1470.33	1389.85	1345.85	1292.29	1266.39		
306	1377.12	1322.23	1282.28	1254.92	1236.54		1445.95	1393.35	1331.97	1297.82	1274.51		
357	1385.33	1330.51	1292.60	1267.40	1250.10		1450.09	1402.43	1339.25	1307.03	1286.12		
408	1385.55	1341.58	1305.43	1281.81	1264.91		1457.40	1392.51	1349.03	1319.33	1291.17		
459	1396.65	1354.40	1320.09	1297.11	1280.85		1468.26	1402.68	1385.44	1332.79	1304.72		
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]					TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2825.24	2701.96	2587.49	2500.84	2436.55		2696.98	2579.97	2462.74	2372.19	2304.91		
51	2787.45	2663.96	2551.17	2470.51	2405.86		2666.47	2551.76	2423.19	2340.99	2268.26		
102	2751.06	2625.78	2519.18	2438.32	2379.39		2631.87	2501.13	2395.20	2303.81	2238.55		
153	2705.88	2587.68	2483.55	2410.12	2353.02		2587.92	2465.23	2353.56	2272.42	2221.94		
204	2667.15	2552.32	2456.86	2385.83	2334.60		2545.78	2428.85	2321.99	2251.07	2195.22		
255	2634.95	2526.94	2435.46	2369.54	2323.18		2516.64	2394.62	2299.80	2232.59	2174.95		
306	2610.91	2509.42	2422.81	2361.93	2319.41		2487.20	2374.92	2291.58	2217.09	2164.69		
357	2600.70	2499.43	2416.99	2360.46	2320.12		2468.84	2366.51	2279.62	2209.06	2161.49		
408	2590.00	2495.13	2416.25	2362.92	2323.41		2456.94	2366.35	2272.77	2207.29	2160.63		
459	2585.76	2494.40	2419.22	2367.21	2329.02		2452.21	2360.29	2319.27	2207.89	2161.43		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10b		4500 m² ST					Simulationsvar. 10b		6750 m² ST				
Kohlendioxidemissionen Ilgges [t/a]		Kohlendioxidemissionen Ilgges [t/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	1239.90	1137.23	1074.50	1023.25	980.42	1264.22	1167.92	1095.30	1032.24	970.25			
51	1211.19	1124.45	1047.02	997.82	970.29	1234.32	1147.59	1075.21	999.65	939.29			
102	1177.27	1095.30	1035.23	985.91	946.55	1207.54	1120.59	1049.05	968.62	919.29			
153	1148.27	1082.85	1008.46	963.36	936.17	1178.93	1099.40	1015.90	944.77	892.68			
204	1118.40	1055.28	991.60	952.62	929.56	1151.16	1073.21	985.39	916.98	885.62			
255	1091.34	1030.31	976.62	946.99	911.62	1132.60	1057.40	965.56	903.07	863.24			
306	1082.78	1024.10	970.81	943.12	907.44	1111.17	1039.62	943.58	883.99	859.99			
357	1076.47	1020.87	968.47	927.51	906.91	1103.04	1019.51	932.98	879.81	848.62			
408	1059.46	1003.37	957.22	927.03	902.56	1091.57	1002.92	918.31	879.45	846.04			
459	1058.02	1002.46	955.34	927.54	901.95	1082.79	995.86	912.87	880.02	845.40			
Kohlenmonoxid Ilgges [kg/a]		Kohlenmonoxid Ilgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	2570.34	2389.04	2238.45	2103.84	1982.46	2685.64	2585.45	2660.19	2672.27	2538.10			
51	2561.41	2391.30	2153.78	2021.51	1988.39	2675.33	2659.98	2734.98	2585.11	2452.84			
102	2472.71	2305.69	2157.46	2026.25	1908.70	2668.64	2653.03	2729.00	2499.77	2452.87			
153	2463.45	2307.67	2073.85	1946.59	1915.63	2659.83	2726.54	2641.19	2496.47	2371.59			
204	2376.95	2223.55	1998.28	1953.72	1926.86	2651.99	2720.54	2556.45	2414.87	2382.34			
255	2293.45	2142.74	2003.13	1966.13	1854.77	2728.55	2800.29	2557.82	2421.61	2307.12			
306	2301.79	2154.53	2016.54	1981.86	1871.17	2728.06	2804.03	2482.96	2349.69	2323.88			
357	2237.28	2170.53	2034.32	1914.38	1891.60	2816.72	2731.35	2495.03	2366.88	2259.64			
408	2244.90	2101.51	1970.35	1935.55	1833.34	2827.78	2662.74	2428.65	2387.96	2279.76			
459	2264.13	2121.95	1990.87	1958.19	1855.75	2841.96	2678.91	2446.71	2410.46	2302.00			
Stickoxide Ilgges [kg/a]		Stickoxide Ilgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	2036.52	1877.94	1776.93	1694.20	1625.23	2113.69	1968.95	1868.69	1779.06	1682.94			
51	1992.15	1856.27	1729.56	1649.96	1607.77	2067.48	1941.51	1841.61	1724.66	1631.05			
102	1935.71	1806.57	1709.46	1629.98	1566.29	2026.07	1899.75	1801.14	1672.67	1599.77			
153	1890.88	1785.24	1663.23	1590.00	1548.76	1981.85	1870.97	1745.88	1635.75	1554.31			
204	1840.06	1737.88	1631.40	1572.07	1537.00	1938.91	1830.46	1694.68	1588.72	1541.87			
255	1793.50	1694.59	1607.59	1561.81	1504.64	1914.17	1809.95	1663.95	1566.71	1503.17			
306	1778.59	1683.47	1597.35	1554.59	1497.18	1880.97	1782.36	1625.84	1532.96	1496.97			
357	1762.66	1677.10	1592.53	1526.26	1495.28	1872.25	1747.13	1609.28	1525.68	1474.75			
408	1736.97	1646.03	1570.54	1524.60	1483.32	1854.35	1717.30	1582.41	1524.16	1470.21			
459	1733.64	1643.65	1566.96	1524.54	1481.79	1840.57	1706.17	1573.76	1524.13	1468.60			
Schwefeldioxid Ilgges [kg/a]		Schwefeldioxid Ilgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	278.31	270.16	263.50	257.28	251.38	349.42	348.53	362.58	369.96	363.34			
51	290.67	283.12	268.89	262.75	264.44	361.74	368.23	382.29	375.16	368.60			
102	295.81	288.44	281.89	275.74	269.97	374.17	380.66	394.74	380.41	381.29			
153	308.17	301.41	287.30	281.31	283.02	386.54	400.33	399.92	392.95	386.70			
204	313.46	306.79	293.08	294.35	296.21	398.94	412.78	405.19	398.33	399.88			
255	318.86	312.27	305.96	307.57	301.95	418.70	432.65	417.89	411.25	405.46			
306	331.98	325.48	319.18	320.87	315.24	431.34	445.43	423.48	416.95	418.78			
357	338.16	338.80	332.54	326.70	328.66	451.50	451.09	436.52	430.23	424.77			
408	350.97	344.56	338.53	340.13	334.91	464.51	456.89	442.39	443.66	438.11			
459	364.35	357.97	351.90	353.59	348.33	477.62	470.06	455.63	457.12	451.53			
Methan Ilgges [kg/a]		Methan Ilgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	5791.49	5291.26	4989.64	4745.19	4542.63	5875.70	5383.66	4962.47	4612.36	4314.58			
51	5627.07	5206.03	4854.78	4620.51	4470.58	5705.33	5237.45	4817.43	4452.12	4162.44			
102	5460.19	5062.87	4774.44	4539.62	4354.33	5550.50	5081.50	4665.66	4299.66	4041.34			
153	5294.32	4979.25	4643.13	4429.27	4281.08	5386.57	4930.95	4502.62	4159.40	3910.88			
204	5147.55	4843.94	4561.14	4354.24	4226.55	5226.81	4779.07	4352.72	4023.01	3854.12			
255	5014.83	4721.63	4464.99	4304.56	4139.21	5089.36	4655.32	4232.50	3932.24	3744.67			
306	4950.60	4669.10	4414.46	4263.73	4096.80	4961.14	4545.27	4125.05	3839.20	3706.90			
357	4921.06	4631.39	4381.20	4187.97	4072.58	4875.61	4447.14	4050.75	3796.80	3652.22			
408	4814.86	4546.25	4327.15	4164.00	4052.83	4796.96	4366.51	3979.71	3773.44	3617.85			
459	4786.11	4520.12	4296.21	4144.95	4028.21	4731.69	4309.82	3931.07	3754.67	3593.09			
NMVOC Ilgges [kg/a]		NMVOC Ilgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	241.84	223.44	212.23	203.02	195.26	253.07	236.52	225.58	215.60	204.38			
51	236.21	220.69	206.13	197.28	192.97	247.23	233.09	222.19	208.57	197.63			
102	228.94	214.29	203.55	194.67	187.53	241.95	227.76	217.01	201.82	193.55			
153	223.26	211.60	197.58	189.45	185.18	236.34	224.17	209.88	197.04	187.59			
204	216.73	205.48	193.38	187.03	183.50	230.87	218.99	203.21	190.86	185.82			
255	210.70	199.81	190.19	185.52	179.07	227.75	216.36	199.15	187.85	180.59			
306	208.68	198.20	188.64	184.31	177.79	223.41	212.65	193.99	183.21	179.49			
357	206.36	197.11	187.70	180.27	177.16	222.12	207.82	191.55	181.92	176.21			
408	202.76	192.73	184.44	179.65	175.14	219.54	203.61	187.68	181.32	175.20			
459	201.98	192.03	183.56	179.19	174.48	217.42	201.80	186.16	180.88	174.54			

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10b 4500 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 10b 6750 m <sup>2</sup> ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]						Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	37.22	34.18	32.03	30.27	28.84	38.54	35.61	33.23	31.22	29.38
51	36.37	33.66	31.22	29.53	28.41	37.65	34.92	32.56	30.32	28.54
102	35.43	32.82	30.74	29.06	27.72	36.85	34.12	31.78	29.47	27.92
153	34.57	32.30	29.95	28.39	27.31	35.99	33.41	30.86	28.76	27.18
204	33.70	31.50	29.40	27.98	27.01	35.17	32.63	30.03	28.00	26.87
255	32.92	30.78	28.91	27.71	26.52	34.54	32.08	29.44	27.56	26.28
306	32.55	30.50	28.66	27.51	26.33	33.90	31.55	28.86	27.06	26.11
357	32.29	30.32	28.52	27.12	26.26	33.58	31.03	28.54	26.89	25.81
408	31.84	29.88	28.23	27.06	26.13	33.24	30.61	28.18	26.83	25.71
459	31.73	29.80	28.15	27.03	26.09	32.98	30.40	28.02	26.80	25.67
Staub IIgges [kg/a]						Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	165.34	158.47	152.93	148.11	143.90	194.91	191.80	196.74	198.76	194.00
51	169.83	163.44	153.90	149.19	149.03	199.34	200.14	205.09	199.63	194.96
102	170.63	164.37	158.93	154.27	150.23	203.93	204.71	209.71	200.58	199.84
153	175.10	169.32	159.95	155.46	155.41	208.42	213.01	210.55	205.32	200.97
204	175.99	170.32	161.32	160.66	160.78	212.96	217.63	211.53	206.44	206.32
255	177.01	171.46	166.42	166.08	162.32	221.39	226.20	216.48	211.62	207.73
306	182.26	176.86	171.89	171.66	167.93	226.26	231.26	217.90	213.17	213.35
357	184.12	182.45	177.56	173.41	173.72	235.23	232.77	223.33	218.82	215.24
408	189.35	184.13	179.46	179.24	175.87	240.61	234.47	225.12	224.64	221.02
459	195.09	189.93	185.26	185.13	181.76	246.13	240.08	230.82	230.53	226.90
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]						Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1387.46	1272.29	1201.94	1144.51	1096.57	1415.28	1306.66	1223.45	1151.60	1082.18
51	1354.88	1257.57	1171.32	1116.19	1084.83	1381.35	1282.89	1199.94	1115.26	1047.67
102	1317.04	1225.08	1157.70	1102.46	1058.42	1350.93	1252.22	1170.21	1080.68	1024.87
153	1284.12	1210.72	1127.89	1077.38	1046.41	1318.46	1227.46	1133.24	1053.55	995.25
204	1250.82	1180.00	1109.20	1064.97	1038.64	1286.93	1197.71	1099.24	1022.60	986.98
255	1220.69	1152.22	1092.03	1058.29	1018.76	1265.13	1179.01	1076.64	1006.65	962.12
306	1210.72	1144.90	1085.17	1053.61	1013.74	1240.73	1158.72	1052.23	985.50	958.13
357	1203.88	1140.93	1082.21	1036.37	1012.82	1230.67	1136.41	1040.01	980.48	945.64
408	1184.46	1121.56	1069.86	1035.51	1008.21	1217.47	1118.07	1023.83	979.76	942.44
459	1182.52	1120.22	1067.43	1035.77	1007.22	1207.29	1109.83	1017.41	980.08	941.41
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]						Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1921.52	1786.13	1692.37	1611.80	1541.14	2050.00	1948.11	1925.35	1886.75	1796.45
51	1903.53	1784.56	1648.71	1570.40	1542.60	2030.69	1965.85	1943.35	1838.01	1749.52
102	1853.31	1739.22	1648.28	1570.05	1503.20	2014.83	1949.74	1928.17	1791.00	1740.98
153	1835.00	1737.90	1605.45	1531.73	1504.62	1996.94	1966.51	1878.81	1778.39	1698.70
204	1788.84	1694.25	1573.04	1532.86	1510.19	1979.99	1951.31	1832.38	1734.97	1703.79
255	1745.78	1653.55	1569.90	1539.52	1477.38	1999.68	1974.05	1824.23	1733.13	1666.38
306	1749.09	1659.58	1576.57	1548.37	1486.05	1989.75	1968.17	1787.25	1699.30	1675.97
357	1728.16	1669.05	1587.15	1518.45	1498.73	2021.01	1933.27	1789.34	1708.10	1650.47
408	1723.64	1637.15	1561.81	1531.31	1480.65	2022.12	1902.27	1760.47	1721.06	1661.24
459	1735.29	1649.49	1573.28	1545.32	1493.60	2026.22	1908.28	1768.28	1735.09	1674.13
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]						TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	3000.86	2768.76	2620.23	2498.59	2397.25	3119.64	2908.38	2763.41	2633.42	2492.78
51	2937.78	2738.58	2552.02	2434.96	2373.26	3053.87	2870.67	2726.23	2555.09	2418.11
102	2856.45	2667.01	2524.16	2407.33	2313.71	2995.13	2811.42	2668.87	2480.28	2374.15
153	2792.72	2637.30	2457.64	2349.91	2289.69	2932.27	2771.75	2589.27	2428.12	2308.86
204	2719.49	2569.14	2412.04	2325.33	2274.11	2871.30	2714.34	2515.62	2360.56	2292.28
255	2652.51	2506.96	2378.96	2311.95	2227.95	2837.55	2686.77	2472.51	2330.17	2236.94
306	2632.29	2492.32	2365.68	2303.07	2218.77	2790.82	2648.26	2418.04	2282.04	2229.57
357	2609.92	2484.67	2360.33	2262.91	2217.73	2780.53	2597.99	2395.68	2273.17	2198.27
408	2574.33	2440.53	2329.36	2262.25	2201.36	2756.20	2555.63	2357.65	2272.69	2193.46
459	2571.18	2438.80	2325.94	2263.94	2200.95	2737.92	2541.23	2346.88	2274.43	2192.93

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11a		2250 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11a		4500 m <sup>2</sup> ST				
Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]		Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]					Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]		Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1189.43	1134.44	1072.30	1012.90	959.01		1243.07	1142.06	1057.35	990.38	927.18		
51	1172.27	1121.63	1058.98	999.50	942.23		1212.35	1112.87	1028.22	959.51	897.30		
102	1157.85	1093.82	1031.74	973.89	921.74		1183.94	1083.94	1010.87	933.87	882.12		
153	1130.92	1068.41	1008.91	959.85	902.98		1152.79	1065.87	980.43	914.68	852.62		
204	1116.41	1052.76	991.97	936.42	885.00		1122.80	1034.98	953.26	900.45	839.87		
255	1089.38	1028.11	971.94	921.10	865.10		1091.98	1005.12	935.64	870.97	811.75		
306	1076.01	1013.90	955.16	900.31	846.96		1060.57	990.00	908.94	847.73	798.69		
357	1051.39	992.52	938.86	883.17	828.77		1047.31	959.92	893.01	830.26	771.21		
408	1038.11	977.55	919.59	865.62	815.94		1017.39	947.91	869.43	808.19	751.33		
459	1015.54	966.45	905.34	847.94	797.69		1004.62	918.41	853.51	790.46	734.16		
Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]		Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]					Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]		Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	2076.42	2002.04	1846.96	1694.73	1547.26		2574.02	2468.37	2375.50	2218.31	2064.71		
51	2074.93	2003.69	1847.84	1695.73	1545.95		2562.76	2458.88	2288.46	2130.20	1977.25		
102	2075.68	1917.78	1762.35	1611.04	1464.49		2554.18	2449.68	2286.93	2045.52	1976.70		
153	1989.31	1832.75	1679.00	1610.85	1461.52		2542.41	2446.73	2198.44	2042.07	1889.30		
204	1989.19	1831.80	1677.27	1527.75	1382.25		2531.99	2358.38	2112.71	2042.26	1890.84		
255	1903.02	1747.40	1596.22	1527.42	1379.02		2520.59	2270.54	2110.64	1955.32	1804.76		
306	1903.89	1747.97	1595.14	1446.48	1351.52		2432.28	2270.63	2025.72	1872.91	1806.49		
357	1820.64	1666.83	1517.58	1445.61	1324.42		2433.64	2183.51	2025.68	1871.75	1721.56		
408	1822.34	1667.42	1515.64	1419.08	1326.61		2346.98	2186.27	1943.45	1790.58	1693.47		
459	1740.63	1670.91	1516.98	1392.56	1299.59		2349.19	2100.23	1943.79	1789.71	1692.88		
Stickoxide Iggges [kg/a]		Stickoxide Iggges [kg/a]					Stickoxide Iggges [kg/a]		Stickoxide Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1899.25	1812.61	1711.42	1614.72	1527.27		2041.39	1889.42	1761.16	1653.76	1553.14		
51	1871.17	1790.76	1688.73	1591.97	1499.75		1993.92	1844.31	1711.14	1601.30	1502.11		
102	1847.06	1742.69	1641.46	1546.93	1461.97		1950.01	1799.61	1682.82	1556.23	1476.79		
153	1799.98	1697.86	1600.28	1523.10	1431.57		1901.89	1770.07	1630.84	1525.14	1426.27		
204	1775.58	1671.84	1572.48	1481.19	1397.47		1855.57	1717.56	1583.66	1501.17	1404.50		
255	1728.44	1628.12	1535.40	1455.75	1365.58		1807.98	1666.46	1554.93	1450.77	1356.03		
306	1705.73	1604.27	1507.95	1417.72	1334.63		1754.82	1641.35	1508.52	1409.31	1333.94		
357	1662.32	1565.45	1476.39	1389.88	1303.71		1732.36	1590.17	1482.41	1380.98	1286.55		
408	1639.92	1540.66	1445.64	1359.90	1282.00		1681.48	1569.61	1440.59	1341.30	1253.26		
459	1599.47	1521.42	1421.96	1329.78	1251.01		1659.85	1519.40	1414.57	1312.73	1225.43		
Schwefeldioxid Iggges [kg/a]		Schwefeldioxid Iggges [kg/a]					Schwefeldioxid Iggges [kg/a]		Schwefeldioxid Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	173.44	174.10	167.80	162.36	159.58		278.43	277.36	277.24	271.52	268.39		
51	186.24	187.08	180.75	175.32	172.48		290.71	289.73	282.57	276.80	273.78		
102	199.13	192.49	186.14	180.78	178.20		303.09	302.12	295.36	282.26	286.72		
153	204.56	198.03	191.79	193.72	191.05		315.38	314.96	300.73	295.00	292.15		
204	217.50	210.96	204.73	199.28	196.90		327.74	320.29	306.26	307.93	305.21		
255	222.99	216.53	210.53	212.23	209.68		340.11	325.67	319.17	313.33	310.66		
306	235.99	229.48	223.45	217.97	220.22		345.41	338.59	324.70	318.98	323.73		
357	241.56	235.20	229.41	230.89	230.75		358.43	343.98	337.69	331.89	329.23		
408	254.59	248.15	242.28	241.46	243.81		363.81	357.04	343.38	337.61	339.69		
459	260.26	261.24	255.31	252.05	254.32		376.87	362.42	356.34	350.53	352.57		
Methan Iggges [kg/a]		Methan Iggges [kg/a]					Methan Iggges [kg/a]		Methan Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	5686.83	5400.10	5100.92	4814.31	4551.81		5807.26	5291.80	4856.94	4532.68	4223.94		
51	5579.81	5314.68	5012.94	4725.92	4446.54		5632.81	5124.91	4713.84	4380.92	4077.00		
102	5486.36	5178.11	4879.28	4600.33	4346.34		5469.87	4959.33	4605.88	4255.20	3979.73		
153	5354.19	5053.44	4767.39	4508.78	4231.16		5293.25	4847.68	4456.17	4138.03	3834.66		
204	5260.30	4953.79	4661.25	4394.00	4143.38		5122.40	4695.75	4322.63	4045.57	3749.38		
255	5127.51	4832.90	4563.26	4296.00	4022.64		4947.33	4548.93	4213.17	3900.63	3611.24		
306	5039.25	4740.46	4457.95	4194.26	3918.39		4792.84	4451.98	4082.00	3786.71	3524.43		
357	4918.52	4635.78	4378.44	4087.18	3813.92		4705.08	4304.09	3980.90	3677.99	3389.44		
408	4830.64	4539.53	4260.76	3985.85	3728.24		4558.00	4222.53	3865.22	3569.84	3276.56		
459	4720.05	4462.57	4168.03	3883.86	3623.51		4472.63	4077.54	3764.18	3459.79	3169.36		
NMVOC Iggges [kg/a]		NMVOC Iggges [kg/a]					NMVOC Iggges [kg/a]		NMVOC Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	222.68	213.61	202.55	191.95	182.30		242.40	225.01	210.55	198.59	187.25		
51	219.14	210.86	199.70	189.09	178.83		236.41	219.30	204.17	191.89	180.73		
102	216.09	204.71	193.66	183.34	174.01		230.84	213.63	200.59	186.13	177.55		
153	210.11	199.00	188.41	180.38	170.18		224.78	209.94	193.98	182.23	171.10		
204	207.06	195.74	184.92	175.02	165.81		218.92	203.23	187.94	179.23	168.35		
255	201.06	190.16	180.18	171.82	161.77		212.92	196.71	184.32	172.77	162.15		
306	198.20	187.16	176.70	166.93	157.82		206.12	193.54	178.37	167.45	159.34		
357	192.63	182.16	172.63	163.39	153.86		203.28	186.98	175.04	163.84	153.25		
408	189.78	179.01	168.70	159.54	151.09		196.75	184.36	169.65	158.72	148.98		
459	184.57	176.56	165.67	155.67	147.12		193.99	177.90	166.32	155.07	145.43		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11a 2250 m <sup>2</sup> ST						Simulationsvar. 11a 4500 m <sup>2</sup> ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]						Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	35.40	33.29	31.07	28.97	27.12	37.32	34.25	31.56	29.31	27.27
51	34.78	32.76	30.53	28.43	26.51	36.40	33.38	30.69	28.41	26.39
102	34.22	31.93	29.70	27.63	25.82	35.56	32.52	30.07	27.61	25.80
153	33.38	31.13	28.96	27.06	25.16	34.63	31.86	29.17	26.94	24.93
204	32.81	30.53	28.34	26.31	24.54	33.73	30.96	28.35	26.37	24.41
255	31.98	29.75	27.67	25.73	23.86	32.82	30.07	27.72	25.51	23.57
306	31.43	29.19	27.06	25.05	23.24	31.91	29.50	26.91	24.78	23.05
357	30.68	28.51	26.48	24.45	22.61	31.38	28.63	26.33	24.16	22.24
408	30.15	27.94	25.84	23.84	22.10	30.52	28.13	25.61	23.47	21.58
459	29.44	27.46	25.30	23.24	21.48	30.00	27.28	25.04	22.86	20.98
Staub IIgges [kg/a]						Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	118.25	116.22	110.50	104.99	99.94	165.50	162.14	159.36	153.64	148.33
51	123.06	121.16	115.41	109.90	104.75	169.89	166.60	160.23	154.46	149.18
102	127.96	122.08	116.34	110.86	105.86	174.39	171.09	165.03	155.42	154.03
153	128.85	123.03	117.36	115.72	110.61	178.75	175.83	165.84	160.14	154.89
204	133.71	127.87	122.17	116.75	111.82	183.18	176.64	166.77	165.02	159.83
255	134.62	128.85	123.30	121.62	116.56	187.57	177.48	171.56	165.90	160.75
306	139.53	133.75	128.14	122.75	120.17	188.38	182.36	172.53	166.97	165.70
357	140.56	134.87	129.42	127.60	123.80	193.32	183.23	177.41	171.80	166.67
408	145.51	139.78	134.23	131.26	128.78	194.21	188.23	178.50	172.94	170.26
459	146.62	144.80	139.17	134.92	132.41	199.19	189.14	183.40	177.79	175.12
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]						Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1333.08	1270.76	1201.02	1134.35	1073.81	1391.03	1277.11	1181.48	1106.31	1035.35
51	1313.44	1256.00	1185.68	1118.92	1054.60	1356.17	1243.98	1149.00	1071.89	1002.03
102	1296.86	1225.00	1155.33	1090.38	1031.81	1323.92	1211.14	1129.15	1043.32	984.61
153	1266.85	1196.69	1129.91	1074.24	1010.36	1288.59	1190.47	1095.20	1021.40	951.71
204	1250.18	1178.73	1110.50	1048.15	990.38	1254.56	1156.02	1064.91	1005.05	937.01
255	1220.04	1151.28	1088.23	1030.57	967.67	1219.59	1122.72	1044.76	972.18	905.67
306	1204.65	1134.94	1069.01	1007.44	947.13	1184.56	1105.37	1015.00	946.31	890.62
357	1177.24	1111.16	1050.92	987.83	926.53	1169.29	1071.83	996.74	926.32	860.01
408	1161.94	1093.97	1028.92	967.95	911.74	1135.94	1057.96	970.49	901.76	837.51
459	1136.83	1081.13	1012.54	947.92	891.08	1121.21	1025.08	952.24	881.49	817.86
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]						Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	1639.96	1580.11	1486.60	1397.13	1316.93	1925.04	1817.92	1728.30	1631.09	1541.36
51	1633.76	1578.45	1484.31	1394.81	1311.22	1904.81	1799.42	1682.75	1583.79	1495.16
102	1630.43	1534.33	1440.74	1352.85	1274.60	1887.15	1781.23	1676.38	1541.81	1491.04
153	1587.02	1492.61	1401.67	1349.75	1266.84	1866.47	1774.06	1629.50	1533.46	1445.24
204	1583.53	1487.98	1395.82	1310.09	1232.91	1847.11	1726.78	1586.14	1530.26	1443.71
255	1540.15	1447.06	1359.76	1305.89	1224.04	1826.90	1680.52	1579.60	1484.51	1399.36
306	1537.89	1443.97	1354.13	1269.11	1208.07	1779.13	1676.52	1536.77	1445.25	1397.62
357	1497.19	1406.62	1322.08	1263.21	1192.10	1777.07	1630.22	1532.15	1439.00	1354.08
408	1495.19	1402.87	1314.10	1247.94	1190.60	1730.98	1629.54	1492.68	1401.05	1336.38
459	1456.66	1403.13	1311.21	1232.59	1174.56	1729.55	1583.90	1488.09	1394.65	1330.45
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]						TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460
0	2791.17	2663.96	2514.87	2372.20	2242.55	3007.98	2786.14	2598.67	2440.51	2291.81
51	2751.68	2633.50	2483.17	2340.41	2203.84	2940.37	2721.98	2526.57	2364.88	2218.23
102	2717.95	2564.22	2415.06	2275.52	2149.44	2877.97	2658.42	2486.72	2299.94	2182.69
153	2650.05	2499.59	2355.71	2242.13	2106.54	2809.40	2616.75	2411.74	2256.05	2109.83
204	2615.86	2463.04	2316.58	2181.78	2057.49	2743.46	2541.02	2343.72	2222.48	2079.46
255	2547.89	2400.03	2263.19	2146.08	2012.46	2675.66	2467.32	2303.25	2149.82	2009.59
306	2516.14	2366.65	2224.58	2091.34	1968.53	2599.01	2432.13	2236.37	2090.13	1978.77
357	2453.63	2310.78	2179.23	2052.20	1924.67	2567.65	2358.36	2199.73	2050.28	1910.52
408	2422.38	2276.06	2135.88	2009.71	1894.41	2494.33	2329.78	2139.53	1993.19	1863.23
459	2364.16	2249.41	2102.77	1967.01	1850.46	2464.19	2257.44	2103.04	1953.00	1824.12

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11a		6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b		2250 m <sup>2</sup> ST		
Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]		Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]					Kohlendioxidemissionen Iggges [t/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	1255.39	1153.34	1063.84	979.98	899.97		1164.64	1108.32	1051.90	1012.24	951.24
51	1223.66	1123.74	1033.79	957.49	870.07		1144.38	1091.47	1036.88	984.55	942.52
102	1194.90	1102.10	1012.02	928.08	844.51		1132.00	1072.16	1021.42	967.74	920.61
153	1164.09	1071.45	981.42	897.66	840.79		1111.48	1056.50	1000.59	954.37	900.28
204	1133.93	1041.47	951.71	868.29	827.28		1092.96	1038.78	991.51	933.74	882.43
255	1103.41	1011.31	922.08	842.19	814.32		1077.71	1030.31	968.97	915.57	864.84
306	1073.55	982.23	893.54	825.45	800.60		1057.72	1008.48	952.17	899.77	848.47
357	1045.12	954.02	872.99	835.74	811.95		1050.18	989.45	934.38	882.43	832.87
408	1024.64	933.53	851.44	823.68	799.54		1028.76	971.85	917.40	865.15	815.14
459	996.87	906.42	837.78	812.16	787.17		1010.25	956.03	901.26	849.13	798.61
Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]		Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]					Kohlenmonoxid Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	2527.96	2421.10	2402.37	2388.71	2378.73		1801.88	1726.71	1575.32	1513.54	1361.39
51	2515.52	2411.14	2391.87	2460.70	2368.28		1798.30	1648.42	1575.15	1427.72	1288.13
102	2506.54	2484.12	2464.74	2450.95	2361.05		1800.51	1645.45	1497.49	1426.19	1283.11
153	2495.17	2472.92	2453.55	2440.01	2445.29		1718.42	1643.94	1492.64	1349.17	1279.03
204	2484.54	2462.50	2443.47	2430.29	2446.34		1715.67	1564.47	1418.88	1345.25	1251.38
255	2473.49	2451.87	2433.41	2422.78	2447.67		1637.23	1490.80	1413.61	1317.20	1223.91
306	2463.21	2442.50	2424.65	2421.85	2448.84		1633.77	1486.41	1412.46	1316.92	1197.57
357	2454.58	2434.13	2498.87	2516.51	2544.32		1561.50	1483.70	1385.38	1290.07	1172.14
408	2528.91	2508.43	2495.27	2519.23	2547.01		1557.76	1457.07	1359.07	1263.86	1170.98
459	2521.05	2501.35	2497.10	2522.62	2549.70		1556.26	1431.71	1333.53	1238.29	1145.28
Stickoxide Iggges [kg/a]		Stickoxide Iggges [kg/a]					Stickoxide Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	2092.03	1938.45	1808.33	1686.89	1572.35		1847.65	1759.15	1666.03	1602.21	1504.70
51	2043.00	1892.73	1761.90	1656.13	1526.15		1815.17	1726.68	1640.96	1554.30	1483.68
102	1998.56	1863.27	1732.24	1610.67	1486.18		1793.98	1695.54	1610.36	1526.64	1448.82
153	1950.96	1815.93	1684.98	1563.67	1481.98		1755.99	1669.38	1576.91	1498.85	1416.19
204	1904.36	1769.64	1639.14	1518.28	1459.15		1725.91	1635.56	1555.34	1465.84	1385.56
255	1857.24	1723.07	1593.39	1477.56	1437.07		1695.43	1614.74	1519.65	1434.71	1355.28
306	1811.12	1678.14	1549.32	1450.19	1414.00		1663.35	1580.13	1492.16	1408.67	1326.84
357	1767.20	1634.58	1521.59	1466.12	1431.44		1644.04	1549.44	1461.76	1378.89	1299.58
408	1739.55	1606.90	1487.56	1445.52	1410.39		1610.11	1519.36	1432.57	1349.33	1270.91
459	1696.67	1565.01	1464.74	1425.77	1389.38		1580.38	1491.81	1404.61	1321.51	1242.39
Schwefeldioxid Iggges [kg/a]		Schwefeldioxid Iggges [kg/a]					Schwefeldioxid Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	335.04	333.94	340.66	348.36	358.64		149.10	149.71	143.62	145.95	142.90
51	347.29	346.29	352.98	368.00	371.05		161.78	155.52	156.51	151.35	149.08
102	359.65	365.98	372.63	380.34	383.61		174.75	168.27	162.34	164.16	161.77
153	371.96	378.35	385.01	392.66	404.04		180.43	181.20	175.09	170.10	174.57
204	384.31	390.74	397.48	405.02	417.08		193.21	187.03	181.31	182.79	185.10
255	396.69	403.12	409.93	417.57	430.12		199.14	193.20	194.03	193.30	195.62
306	409.07	415.52	422.41	430.49	443.17		211.89	205.87	206.95	206.24	206.23
357	421.52	428.01	442.26	451.46	464.17		218.10	218.70	217.53	216.82	216.86
408	441.31	447.78	455.04	464.57	477.25		230.83	229.21	228.15	227.40	229.74
459	453.81	460.26	468.10	477.73	490.31		243.67	239.78	238.77	238.05	240.30
Methan Iggges [kg/a]		Methan Iggges [kg/a]					Methan Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	5878.81	5358.14	4875.98	4420.86	3981.60		5641.82	5348.51	5077.74	4865.78	4567.92
51	5699.30	5189.26	4704.87	4263.83	3811.11		5519.39	5266.47	4981.33	4729.83	4526.20
102	5534.65	5036.42	4551.46	4095.91	3662.25		5436.11	5148.65	4906.17	4624.51	4395.47
153	5359.72	4862.19	4377.48	3922.92	3598.36		5335.81	5048.97	4780.80	4559.74	4272.52
204	5187.97	4691.35	4207.88	3755.13	3509.35		5221.97	4962.53	4737.20	4435.45	4169.74
255	5014.40	4519.58	4038.66	3603.54	3423.08		5147.75	4922.03	4603.25	4331.11	4068.24
306	4844.15	4353.23	3874.92	3498.45	3332.95		5026.55	4791.76	4497.85	4230.70	3972.82
357	4680.99	4191.16	3727.35	3504.28	3344.02		4990.70	4675.25	4395.28	4130.43	3881.22
408	4533.88	4043.97	3598.31	3422.41	3260.50		4862.38	4573.76	4296.79	4030.45	3771.22
459	4374.01	3887.44	3508.53	3343.21	3177.17		4748.51	4481.14	4202.50	3936.69	3675.01
NMVOC Iggges [kg/a]		NMVOC Iggges [kg/a]					NMVOC Iggges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0	250.08	232.51	217.87	204.22	191.21		215.91	206.61	196.58	190.24	179.30
51	243.92	226.73	212.01	200.41	185.38		211.82	202.44	193.43	184.11	176.60
102	238.28	223.06	208.32	194.66	180.32		209.14	198.51	189.51	180.64	172.20
153	232.28	217.09	202.36	188.73	179.90		204.32	195.25	185.31	177.10	168.10
204	226.40	211.24	196.55	182.98	177.02		200.54	190.93	182.55	172.94	164.20
255	220.45	205.35	190.75	177.82	174.24		196.66	188.28	178.04	168.99	160.35
306	214.61	199.66	185.15	174.36	171.32		192.61	183.89	174.57	165.70	156.73
357	209.03	194.11	181.68	176.46	173.61		190.13	180.01	170.68	161.89	153.23
408	205.57	190.65	177.34	173.84	170.92		185.81	176.16	166.93	158.09	149.58
459	200.11	185.30	174.42	171.31	168.24		182.02	172.62	163.34	154.52	145.92

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11a						6750 m² ST					Simulationsvar. 11b					2250 m² ST					
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]											Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	38.43	35.32	32.53	29.92	27.52		34.91	32.77	30.67	28.97	26.98										
51	37.48	34.44	31.63	29.17	26.63		34.23	32.17	30.09	28.14	26.54										
102	36.62	33.72	30.91	28.29	25.83		33.71	31.50	29.51	27.52	25.81										
153	35.70	32.81	30.00	27.39	25.47		33.01	30.89	28.80	26.97	25.12										
204	34.80	31.92	29.12	26.51	24.93		32.35	30.26	28.35	26.27	24.49										
255	33.90	31.02	28.24	25.71	24.40		31.76	29.82	27.62	25.63	23.87										
306	33.01	30.16	27.40	25.10	23.86		31.08	29.10	27.01	25.05	23.28										
357	32.17	29.32	26.71	25.05	23.83		30.67	28.45	26.39	24.44	22.71										
408	31.48	28.64	26.02	24.55	23.33		29.97	27.84	25.80	23.84	22.09										
459	30.66	27.83	25.50	24.07	22.83		29.34	27.27	25.23	23.27	21.51										
Staub IIgges [kg/a]											Staub IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	187.62	184.20	184.88	185.86	187.26		105.57	103.51	97.95	96.58	91.33										
51	191.95	188.65	189.30	194.09	191.69		110.29	104.75	102.81	97.50	92.79										
102	196.44	196.92	197.57	198.55	196.26		115.25	109.49	104.07	102.30	97.45										
153	200.82	201.32	201.97	202.95	205.02		116.32	114.30	108.73	103.59	102.15										
204	205.24	205.75	206.42	207.40	209.94		121.07	115.49	110.18	108.29	105.75										
255	209.64	210.17	210.87	211.96	214.87		122.31	116.93	114.83	111.87	109.36										
306	214.07	214.64	215.38	216.80	219.80		127.03	121.62	119.66	116.74	113.02										
357	218.58	219.17	223.72	226.01	229.05		128.54	126.38	123.30	120.38	116.72										
408	226.92	227.51	228.45	231.01	234.05		133.26	130.03	126.96	124.05	121.55										
459	231.47	232.08	233.42	236.04	239.04		138.07	133.73	130.66	127.75	125.24										
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]											Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	1406.59	1291.50	1189.90	1094.63	1003.64		1307.25	1243.44	1180.12	1134.98	1066.47										
51	1370.59	1257.91	1155.81	1068.42	969.70		1284.13	1224.74	1162.87	1104.12	1056.88										
102	1337.95	1232.65	1130.41	1035.04	940.65		1269.85	1202.67	1145.71	1084.86	1031.91										
153	1303.00	1197.87	1095.69	1000.52	935.47		1247.02	1184.71	1121.95	1070.05	1008.71										
204	1268.77	1163.85	1061.97	967.19	919.92		1225.85	1165.02	1111.95	1046.52	988.49										
255	1234.14	1129.63	1028.34	937.52	904.99		1208.93	1155.70	1086.27	1025.94	968.55										
306	1200.26	1096.62	995.94	918.34	889.19		1186.11	1130.83	1067.03	1007.82	950.00										
357	1167.98	1064.60	971.90	928.90	900.92		1177.84	1109.08	1046.87	988.17	932.30										
408	1144.03	1040.63	947.34	914.97	886.62		1153.42	1089.15	1027.64	968.60	912.02										
459	1112.50	1009.84	931.63	901.65	872.35		1132.27	1071.21	1009.34	950.43	893.28										
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]											Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	1987.35	1879.07	1811.59	1751.19	1698.35		1524.34	1463.15	1375.48	1333.28	1245.80										
51	1965.99	1860.13	1792.12	1766.55	1679.13		1514.96	1430.31	1371.47	1289.28	1221.32										
102	1947.95	1876.45	1808.26	1747.78	1664.41		1513.74	1421.94	1339.95	1283.38	1210.29										
153	1927.66	1856.40	1788.28	1727.91	1699.09		1476.91	1417.21	1329.96	1253.93	1200.92										
204	1908.09	1837.10	1769.37	1709.21	1696.79		1469.31	1383.45	1305.14	1244.19	1185.15										
255	1888.21	1817.60	1750.52	1693.96	1695.02		1437.98	1359.10	1293.56	1228.04	1169.62										
306	1869.02	1799.26	1732.87	1688.38	1692.58		1428.95	1348.22	1287.91	1223.43	1155.46										
357	1851.44	1781.96	1750.56	1737.63	1742.92		1405.69	1340.24	1272.35	1208.29	1142.14										
408	1869.12	1799.61	1740.21	1736.97	1741.91		1395.35	1324.84	1257.68	1193.32	1135.62										
459	1852.31	1783.48	1737.94	1736.95	1740.90		1388.05	1311.25	1243.86	1179.64	1121.36										
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]											TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460				
0	3086.77	2862.58	2673.23	2496.40	2329.19		2713.70	2583.80	2446.38	2352.15	2207.93										
51	3016.87	2797.51	2607.14	2453.82	2263.42		2667.83	2537.12	2411.24	2283.11	2177.81										
102	2953.69	2756.84	2566.19	2389.16	2206.68		2638.34	2493.20	2367.26	2244.20	2128.47										
153	2885.89	2689.41	2498.87	2322.22	2202.53		2583.60	2456.41	2319.93	2204.25	2082.34										
204	2819.54	2623.52	2433.61	2257.65	2170.62		2541.19	2407.74	2288.99	2157.60	2038.86										
255	2752.42	2557.20	2368.49	2199.83	2139.80		2497.33	2377.88	2238.44	2113.39	1995.89										
306	2686.78	2493.30	2305.84	2161.36	2107.55		2452.02	2328.93	2199.78	2076.85	1955.59										
357	2624.35	2431.39	2267.67	2186.42	2134.81		2424.39	2285.64	2156.65	2034.61	1917.02										
408	2586.33	2393.32	2219.58	2157.76	2105.52		2376.44	2243.00	2115.29	1992.73	1876.69										
459	2525.41	2333.87	2187.73	2130.35	2076.29		2334.58	2204.04	2075.72	1953.36	1836.32										

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11b		4500 m² ST					Simulationsvar. 11b		6750 m² ST				
Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]		Kohlendioxidemissionen IJgges [t/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	1240.56	1149.03	1081.68	1017.20	955.46	1264.46	1163.11	1088.02	989.61	907.23			
51	1209.79	1135.02	1052.83	987.54	926.60	1232.78	1140.84	1057.81	952.70	876.05			
102	1174.30	1104.69	1037.83	974.09	912.52	1204.25	1119.29	1029.09	926.32	844.63			
153	1159.37	1090.92	1007.30	944.02	883.93	1173.43	1088.45	991.08	886.24	829.32			
204	1128.95	1060.55	980.73	929.61	870.26	1143.50	1065.68	954.28	863.85	799.99			
255	1099.51	1031.08	964.47	902.02	842.95	1120.32	1028.28	917.37	849.19	779.11			
306	1085.81	1017.89	939.03	878.80	823.65	1090.71	992.15	886.54	819.71	758.38			
357	1056.47	988.17	923.48	861.31	803.74	1069.17	956.27	872.49	806.78	738.84			
408	1043.59	962.36	899.22	840.30	784.11	1041.14	921.48	843.55	779.60	717.49			
459	1014.38	947.42	883.93	822.72	764.04	1017.21	897.91	829.67	765.80	696.47			
Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]		Kohlenmonoxid IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	2571.11	2394.63	2235.86	2080.51	1927.81	2685.93	2579.88	2725.31	2547.32	2381.05			
51	2559.79	2395.19	2149.07	1993.15	1841.04	2673.55	2652.14	2714.64	2455.07	2292.55			
102	2469.27	2307.71	2149.06	1993.97	1841.26	2664.83	2725.23	2705.65	2447.36	2204.02			
153	2468.24	2307.60	2060.59	1905.76	1754.44	2653.45	2713.82	2612.19	2275.32	2203.23			
204	2380.32	2219.61	1975.25	1906.09	1755.35	2643.08	2785.49	2520.13	2270.22	2116.54			
255	2292.64	2132.14	1974.13	1820.31	1669.72	2714.28	2692.73	2427.93	2270.35	2035.28			
306	2293.17	2133.26	1889.95	1737.77	1589.75	2704.29	2601.45	2340.27	2183.53	2031.69			
357	2206.61	2046.58	1890.09	1736.55	1587.24	2777.38	2510.46	2341.31	2185.47	1951.99			
408	2208.46	1962.77	1807.38	1655.96	1559.19	2769.21	2420.73	2255.54	2100.92	1948.64			
459	2122.56	1963.73	1808.07	1655.21	1530.97	2764.02	2415.94	2257.24	2102.55	1919.79			
Stickoxide IJgges [kg/a]		Stickoxide IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	2037.54	1894.11	1785.48	1681.66	1583.09	2114.07	1961.56	1861.69	1709.79	1582.02			
51	1989.99	1870.49	1735.88	1630.90	1533.52	2065.13	1931.15	1815.01	1648.75	1529.12			
102	1931.15	1818.87	1710.87	1608.04	1509.75	2021.02	1901.83	1770.60	1607.59	1475.91			
153	1905.99	1795.42	1658.79	1556.56	1460.51	1973.41	1854.22	1707.93	1537.05	1450.36			
204	1854.16	1743.65	1612.46	1532.39	1437.45	1927.17	1823.05	1647.13	1501.54	1400.23			
255	1803.64	1693.14	1585.66	1484.64	1390.09	1895.38	1761.29	1586.15	1477.04	1362.00			
306	1780.41	1670.69	1541.01	1443.18	1354.18	1849.65	1701.48	1533.91	1426.68	1329.00			
357	1730.28	1620.07	1515.43	1414.82	1322.45	1820.36	1642.08	1510.41	1404.80	1292.85			
408	1708.43	1575.04	1472.64	1376.60	1289.49	1777.06	1584.34	1461.01	1357.89	1259.10			
459	1658.62	1550.36	1447.49	1348.26	1255.93	1739.63	1547.45	1437.88	1334.85	1224.20			
Schwefeldioxid IJgges [kg/a]		Schwefeldioxid IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	278.33	270.60	264.10	258.48	255.40	349.43	348.35	369.66	362.76	358.91			
51	290.62	283.54	269.45	263.81	260.83	361.68	368.00	381.98	367.82	364.25			
102	295.70	288.85	282.32	276.74	273.81	374.05	387.69	394.34	380.27	369.56			
153	308.61	301.85	287.68	282.05	279.27	386.36	400.05	399.42	378.18	382.54			
204	313.92	307.21	293.24	294.98	292.30	398.71	419.74	404.59	390.81	387.96			
255	319.32	312.59	306.20	300.45	297.78	418.39	424.83	409.75	403.79	393.68			
306	332.31	325.59	311.78	306.10	303.60	430.79	429.94	415.13	409.20	406.47			
357	337.70	330.99	324.79	319.01	316.41	450.52	435.11	428.19	422.28	412.27			
408	350.75	336.52	330.44	324.76	326.87	463.00	440.30	433.68	427.81	425.01			
459	356.17	349.46	343.44	337.69	337.30	475.64	452.92	446.72	440.88	435.41			
Methan IJgges [kg/a]		Methan IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	5794.79	5349.88	5024.79	4712.95	4411.46	5876.91	5359.72	4902.29	4421.79	4017.65			
51	5620.07	5258.49	4883.12	4567.20	4269.61	5697.69	5203.80	4730.33	4240.00	3864.27			
102	5445.42	5109.40	4786.78	4478.61	4177.76	5534.15	5051.40	4565.84	4087.11	3709.75			
153	5349.43	5019.10	4636.66	4330.82	4037.21	5359.16	4876.30	4378.53	3913.04	3611.71			
204	5199.90	4869.76	4506.14	4237.45	3947.41	5188.57	4717.79	4197.16	3779.97	3467.54			
255	5055.17	4724.92	4403.39	4101.88	3813.24	5028.04	4533.49	4015.24	3685.25	3365.36			
306	4965.21	4637.54	4278.49	3988.08	3718.87	4859.03	4355.56	3863.58	3540.31	3240.42			
357	4821.00	4491.42	4179.30	3879.25	3598.02	4706.66	4178.82	3771.79	3454.16	3144.89			
408	4735.16	4364.77	4060.22	3776.36	3486.42	4545.46	4007.53	3629.46	3320.62	3016.88			
459	4591.54	4268.70	3962.34	3667.08	3372.65	4404.64	3868.58	3538.58	3230.07	2898.39			
NMVOC IJgges [kg/a]		NMVOC IJgges [kg/a]											
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460			
0	241.95	225.60	213.59	202.08	191.01	253.12	235.67	225.01	207.36	192.55			
51	235.96	222.63	207.26	195.60	184.67	246.96	231.90	219.11	199.56	185.79			
102	228.42	216.02	204.11	192.73	181.69	241.37	228.25	213.48	194.36	178.99			
153	225.30	213.10	197.47	186.18	175.40	235.37	222.24	205.50	185.31	175.79			
204	218.68	206.49	191.55	183.14	172.49	229.52	218.38	197.72	180.83	169.36			
255	212.24	200.05	188.17	177.03	166.43	225.58	210.50	189.93	177.74	164.47			
306	209.33	197.23	182.45	171.70	161.81	219.80	202.84	183.23	171.29	160.28			
357	202.89	190.73	179.20	168.10	157.77	216.15	195.23	180.24	168.51	155.62			
408	200.13	184.93	173.68	163.17	153.55	210.64	187.81	173.88	162.46	151.31			
459	193.71	181.79	170.47	159.55	149.24	205.87	183.10	170.92	159.52	146.84			

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b		6750 m <sup>2</sup> ST				
Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]					Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]		Distickstoffmonoxid IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	37.24	34.38	32.05	29.85	27.84		38.54	35.46	32.95	30.05	27.62		
51	36.33	33.82	31.19	28.98	26.99		37.60	34.72	32.05	29.03	26.71		
102	35.34	32.94	30.62	28.43	26.42		36.75	34.01	31.19	28.21	25.80		
153	34.75	32.37	29.71	27.53	25.57		35.83	33.09	30.14	27.12	25.21		
204	33.85	31.48	28.91	26.97	25.03		34.94	32.34	29.12	26.39	24.36		
255	32.98	30.60	28.30	26.14	24.20		34.18	31.30	28.10	25.82	23.67		
306	32.42	30.06	27.53	25.41	23.55		33.30	30.30	27.21	24.96	22.98		
357	31.57	29.20	26.95	24.79	22.90		32.58	29.31	26.67	24.44	22.34		
408	31.04	28.43	26.21	24.12	22.24		31.75	28.35	25.84	23.64	21.65		
459	30.20	27.87	25.65	23.51	21.59		31.01	27.62	25.30	23.11	20.97		
Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]					Staub IIgges [kg/a]		Staub IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	165.37	158.70	152.82	147.17	141.90		194.93	191.55	199.81	193.20	187.35		
51	169.75	163.59	153.69	148.02	142.78		199.26	199.79	204.22	193.84	188.16		
102	170.47	164.44	158.56	152.93	147.66		203.76	208.07	208.71	198.38	188.96		
153	175.29	169.31	159.37	153.74	148.55		208.14	212.46	209.30	195.33	193.81		
204	176.12	170.14	160.32	158.62	153.46		212.57	220.68	209.97	199.98	194.70		
255	176.96	170.99	165.15	159.55	154.40		220.77	221.30	210.62	204.86	195.82		
306	181.86	175.91	166.15	160.62	155.58		225.22	221.99	211.47	205.75	200.55		
357	182.75	176.80	171.04	165.45	160.35		233.50	222.70	216.40	210.71	201.74		
408	187.71	177.81	172.11	166.60	163.94		238.03	223.46	217.34	211.70	206.48		
459	188.64	182.73	177.02	171.46	167.52		242.69	228.14	222.30	216.66	210.03		
Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]					Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]		Kohlendioxidäquivalent IIgges [Tonnen]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1388.21	1285.50	1209.92	1137.56	1068.23		1415.55	1301.25	1214.64	1104.23	1011.76		
51	1353.30	1269.40	1177.77	1104.49	1036.06		1379.62	1275.29	1180.35	1063.03	976.98		
102	1313.70	1235.57	1160.54	1089.00	1019.86		1347.24	1250.13	1147.75	1033.04	941.94		
153	1296.55	1219.72	1126.49	1055.47	987.99		1312.27	1215.15	1105.32	988.88	924.36		
204	1262.63	1185.85	1096.89	1038.91	972.26		1278.30	1188.62	1064.25	963.37	891.66		
255	1229.80	1153.00	1078.25	1008.16	941.82		1251.32	1146.87	1023.04	946.53	868.44		
306	1214.02	1137.80	1049.90	982.31	920.36		1217.71	1106.55	988.67	913.66	844.79		
357	1181.32	1104.67	1032.07	962.30	897.64		1192.57	1066.51	972.50	898.77	823.08		
408	1166.48	1075.93	1005.06	938.93	875.43		1160.74	1027.69	940.25	868.48	798.73		
459	1133.92	1058.78	987.52	918.83	852.73		1133.51	1000.87	924.29	852.61	774.97		
Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]					Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]		Schwefeldioxidäquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	1922.26	1797.83	1698.94	1604.32	1516.07		2050.27	1942.77	1944.15	1814.74	1705.36		
51	1901.97	1794.89	1653.70	1558.25	1470.92		2028.98	1958.39	1924.50	1761.23	1657.81		
102	1850.02	1748.21	1649.71	1555.82	1467.92		2011.19	1974.82	1906.48	1745.56	1610.02		
153	1845.97	1745.44	1602.76	1509.23	1423.05		1990.88	1954.57	1851.86	1661.70	1605.77		
204	1799.13	1698.69	1560.01	1505.89	1420.58		1971.58	1969.70	1798.65	1650.15	1560.23		
255	1753.31	1652.86	1554.87	1462.06	1377.04		1986.27	1915.72	1745.30	1646.63	1523.30		
306	1750.68	1650.79	1513.32	1422.80	1341.82		1967.36	1863.13	1698.24	1600.92	1513.66		
357	1705.12	1604.89	1509.08	1416.52	1333.10		1983.85	1810.89	1695.51	1599.34	1478.26		
408	1703.51	1563.01	1468.90	1379.63	1315.64		1966.73	1759.82	1650.55	1556.16	1468.06		
459	1658.21	1559.34	1464.95	1373.39	1297.73		1953.86	1747.30	1648.06	1553.76	1449.18		
TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]					TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]		TOPP-Äquivalent IIgges [kg/a]				
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460		
0	3002.35	2792.05	2632.18	2479.21	2333.46		3120.19	2897.57	2753.67	2531.09	2343.07		
51	2934.62	2759.01	2560.69	2406.03	2262.00		3050.42	2855.49	2687.21	2443.02	2266.77		
102	2849.78	2684.60	2525.62	2374.08	2228.71		2987.74	2815.03	2624.08	2384.57	2190.03		
153	2814.45	2651.74	2450.50	2299.83	2157.71		2919.92	2747.20	2533.61	2281.91	2154.16		
204	2739.71	2577.08	2383.72	2265.99	2125.46		2854.09	2704.02	2445.89	2231.65	2081.89		
255	2666.85	2504.25	2346.04	2197.17	2057.20		2810.00	2614.90	2357.90	2197.30	2026.87		
306	2634.35	2472.90	2281.71	2137.47	2005.53		2744.92	2528.63	2282.57	2124.71	1980.23		
357	2562.10	2399.94	2245.83	2097.56	1960.77		2704.50	2442.95	2249.71	2094.21	1928.24		
408	2531.63	2335.09	2184.22	2042.58	1913.96		2642.97	2359.71	2178.53	2026.64	1880.56		
459	2459.88	2300.57	2149.00	2002.72	1866.28		2589.96	2307.49	2146.22	1994.46	1830.94		

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9a						0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a						2250 m <sup>2</sup> ST				
Massenbilanz [Tonnen/a]											Massenbilanz [Tonnen/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	997.34	993.13	979.10	969.20	963.21		1047.48	1042.00	1008.17	1007.94	1012.49										
51	1054.00	1039.13	1025.60	1017.01	1020.92		1103.53	1100.12	1064.28	1065.58	1039.93										
102	1111.81	1085.66	1072.96	1074.34	1069.32		1160.65	1124.62	1121.04	1093.35	1097.21										
153	1157.29	1142.72	1129.89	1122.43	1127.62		1186.17	1180.32	1149.10	1150.27	1154.76										
204	1203.68	1189.40	1188.91	1181.08	1187.78		1242.20	1238.81	1205.93	1208.13	1214.47										
255	1261.77	1248.33	1237.31	1241.51	1237.96		1299.38	1266.06	1264.39	1267.88	1263.49										
306	1310.14	1309.18	1298.06	1292.81	1299.12		1358.93	1325.18	1324.43	1329.69	1325.07										
357	1370.87	1359.05	1360.09	1354.44	1361.27		1388.78	1385.79	1386.17	1380.17	1387.51										
408	1432.65	1420.74	1412.47	1416.75	1424.33		1449.46	1447.11	1437.74	1442.27	1439.50										
459	1484.49	1483.59	1474.90	1479.69	1487.88		1511.07	1509.52	1500.34	1505.50	1502.50										
Energiebilanz [MWh/a]						Energiebilanz [MWh/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	32.69	42.24	46.34	50.43	54.53		164.19	173.74	166.94	176.48	186.03										
51	61.71	65.81	69.91	74.00	83.55		193.21	202.76	195.95	205.50	198.70										
102	90.73	89.38	93.48	103.02	107.12		222.23	215.43	224.97	218.17	227.72										
153	114.30	118.40	122.49	126.59	136.14		234.90	244.45	237.65	247.19	256.74										
204	137.87	141.97	151.51	155.61	165.15		263.92	273.47	266.66	276.21	285.75										
255	166.89	170.99	175.08	184.63	188.72		292.94	286.14	295.68	305.23	309.32										
306	190.46	200.01	204.10	208.20	217.74		321.96	315.16	324.70	334.25	338.34										
357	219.48	223.58	233.12	237.22	246.76		334.63	344.18	353.72	357.82	367.36										
408	248.50	252.60	256.69	266.24	275.78		363.65	373.20	377.29	386.84	390.93										
459	272.07	281.61	285.71	295.26	304.80		392.67	402.21	406.31	415.86	419.95										
Simulationsvar. 9a						4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9a						6750 m <sup>2</sup> ST				
Massenbilanz [Tonnen/a]											Massenbilanz [Tonnen/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	1149.42	1110.86	1108.17	1075.67	1078.70		1296.08	1255.80	1219.36	1219.32	1190.69										
51	1172.93	1167.69	1132.53	1132.58	1107.42		1318.07	1314.89	1275.99	1278.68	1248.01										
102	1228.89	1193.54	1188.84	1161.36	1164.10		1375.33	1336.82	1334.53	1301.74	1306.15										
153	1255.98	1248.63	1245.83	1217.54	1222.13		1433.03	1393.84	1358.61	1359.90	1365.99										
204	1310.78	1305.73	1273.71	1275.44	1280.54		1455.35	1451.41	1415.38	1418.69	1392.39										
255	1367.12	1334.02	1331.54	1334.43	1341.42		1512.43	1475.88	1474.71	1446.35	1450.87										
306	1392.22	1392.85	1391.10	1395.60	1390.90		1572.76	1535.35	1535.41	1506.04	1512.48										
357	1456.38	1452.54	1452.77	1445.96	1453.20		1599.20	1595.62	1564.75	1567.30	1574.35										
408	1516.82	1513.70	1504.25	1508.26	1515.77		1659.24	1657.87	1625.94	1629.58	1637.11										
459	1578.10	1576.00	1566.42	1571.88	1567.84		1720.86	1720.63	1687.88	1692.06	1700.38										
Energiebilanz [MWh/a]						Energiebilanz [MWh/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	317.49	310.69	320.23	313.43	322.97		492.58	485.78	478.97	488.52	481.72										
51	330.16	339.70	332.90	342.45	335.65		505.25	514.80	507.99	517.54	510.74										
102	359.18	352.38	361.92	355.12	364.66		534.27	527.47	537.01	530.21	539.75										
153	371.85	381.40	390.94	384.14	393.68		563.29	556.49	549.68	559.23	568.77										
204	400.87	410.41	403.61	413.16	422.70		575.96	585.51	578.70	588.25	581.45										
255	429.89	423.09	432.63	442.18	451.72		604.98	598.18	607.72	600.92	610.46										
306	442.56	452.11	461.65	471.20	475.29		634.00	627.20	636.74	629.94	639.48										
357	471.58	481.12	490.67	494.76	504.31		646.67	656.21	649.41	658.96	668.50										
408	500.60	510.14	514.24	523.78	533.33		675.69	685.23	678.43	687.98	697.52										
459	529.62	539.16	543.26	552.80	556.90		704.71	714.25	707.45	717.00	726.54										

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 9b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b		2250 m <sup>2</sup> ST			
		Massenbilanz [Tonnen/a]							Massenbilanz [Tonnen/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		1047.47	1043.36	1042.24	1032.14	1036.21		1065.13	1031.90	1026.63	1016.61	1020.15
51		1104.59	1100.97	1100.53	1090.02	1094.60		1123.18	1086.99	1083.18	1073.47	1067.35
102		1162.02	1160.24	1146.02	1148.13	1153.28		1149.66	1143.01	1129.21	1120.44	1125.40
153		1221.04	1205.80	1203.68	1206.50	1212.57		1204.34	1188.89	1176.04	1178.36	1172.72
204		1278.82	1263.27	1262.28	1265.91	1273.01		1261.08	1246.19	1233.56	1226.45	1232.51
255		1324.79	1321.94	1321.92	1326.59	1334.21		1307.26	1293.29	1281.83	1285.72	1282.50
306		1384.00	1382.02	1383.11	1388.48	1396.38		1366.38	1353.32	1342.44	1336.80	1343.23
357		1444.55	1443.19	1445.30	1451.05	1459.14		1415.88	1403.48	1403.80	1398.18	1405.35
408		1505.80	1505.48	1508.13	1514.12	1522.38		1476.72	1464.98	1456.38	1460.73	1467.99
459		1567.98	1568.44	1571.35	1577.52	1585.94		1539.45	1527.67	1518.90	1523.36	1531.59
		Energiebilanz [MWh/a]							Energiebilanz [MWh/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		5.45	14.99	24.54	28.64	38.18		126.05	119.25	128.79	132.89	142.43
51		34.47	44.01	53.56	57.65	67.20		155.07	148.27	157.81	161.91	166.00
102		63.49	73.03	77.13	86.67	96.22		167.74	177.29	181.38	185.48	195.02
153		92.51	96.60	106.15	115.69	125.24		196.76	200.86	204.95	214.50	218.59
204		121.53	125.62	135.17	144.71	154.26		225.78	229.87	233.97	238.07	247.61
255		145.10	154.64	164.19	173.73	183.28		249.35	253.44	257.54	267.09	271.18
306		174.11	183.66	193.20	202.75	212.29		278.37	282.46	286.56	290.66	300.20
357		203.13	212.68	222.22	231.77	241.31		301.94	306.03	315.58	319.67	329.22
408		232.15	241.70	251.24	260.79	270.33		330.96	335.05	339.15	348.69	358.24
459		261.17	270.72	280.26	289.81	299.35		359.98	364.07	368.17	377.71	387.26
Simulationsvar. 9b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 9b		6750 m <sup>2</sup> ST			
		Massenbilanz [Tonnen/a]							Massenbilanz [Tonnen/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		1118.25	1112.86	1077.98	1076.72	1080.93		1228.47	1191.95	1188.69	1189.58	1159.39
51		1173.76	1139.19	1133.56	1134.73	1109.23		1286.52	1247.95	1246.16	1213.42	1217.53
102		1231.22	1194.32	1190.96	1162.81	1165.76		1308.64	1305.69	1269.59	1271.21	1244.96
153		1256.55	1249.82	1218.75	1218.67	1222.98		1366.05	1329.62	1327.08	1298.76	1301.65
204		1311.68	1279.21	1274.70	1276.31	1282.60		1423.32	1386.16	1385.62	1355.47	1360.94
255		1369.24	1335.29	1332.61	1336.49	1331.70		1448.05	1445.56	1412.69	1414.54	1421.63
306		1398.75	1393.52	1393.30	1385.92	1392.76		1506.70	1473.70	1471.82	1475.31	1453.19
357		1457.67	1453.48	1443.75	1447.20	1444.56		1567.21	1533.41	1532.89	1538.24	1514.42
408		1517.77	1515.34	1505.48	1510.38	1507.03		1628.96	1594.56	1595.01	1570.65	1576.53
459		1578.90	1577.93	1567.61	1562.68	1569.77		1658.51	1656.08	1657.61	1632.61	1638.39
		Energiebilanz [MWh/a]							Energiebilanz [MWh/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		252.10	261.64	254.84	264.39	273.93		410.84	404.04	413.59	423.13	416.33
51		281.12	274.32	283.86	293.41	286.60		439.86	433.06	442.60	435.80	445.35
102		310.14	303.33	312.88	306.08	315.62		452.53	462.08	455.28	464.82	458.02
153		322.81	332.35	325.55	335.10	344.64		481.55	474.75	484.30	477.49	487.04
204		351.83	345.03	354.57	364.12	373.66		510.57	503.77	513.31	506.51	516.06
255		380.85	374.04	383.59	393.13	397.23		523.24	532.79	525.99	535.53	545.08
306		393.52	403.06	412.61	416.70	426.25		552.26	545.46	555.01	564.55	557.75
357		422.54	432.08	436.18	445.72	449.82		581.28	574.48	584.02	593.57	586.77
408		451.56	461.10	465.20	474.74	478.84		610.30	603.50	613.04	606.24	615.79
459		480.58	490.12	494.22	498.31	507.86		622.97	632.52	642.06	635.26	644.81

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10a		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		2250 m <sup>2</sup> ST			
		Massenbilanz [Tonnen/a]							Massenbilanz [Tonnen/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		609.05	575.62	568.82	557.88	551.03		748.88	743.65	703.70	668.78	672.78
51		666.68	630.09	614.60	604.61	608.86		805.07	801.00	761.46	726.28	695.89
102		692.97	685.76	660.79	662.04	655.69		862.66	821.74	782.52	784.83	753.65
153		746.84	730.78	717.40	708.79	704.42		883.04	842.79	840.39	806.84	813.04
204		792.36	776.78	764.65	757.76	762.89		940.31	900.14	862.87	866.43	838.06
255		850.35	825.08	823.97	816.64	814.06		961.83	923.68	922.52	892.17	897.53
306		897.29	884.02	873.85	877.90	874.82		1021.18	982.71	950.15	952.35	959.33
357		947.76	945.38	934.90	929.15	936.49		1046.96	1043.93	1010.62	1014.06	989.90
408		1008.33	996.90	997.45	992.28	998.98		1107.22	1073.49	1072.21	1076.92	1051.75
459		1070.08	1058.76	1050.69	1054.84	1062.38		1169.01	1134.98	1134.49	1140.10	1114.16
		Energiebilanz [MWh/a]							Energiebilanz [MWh/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		49.04	42.24	51.78	55.88	59.98		213.23	222.78	215.98	209.17	218.72
51		78.06	71.26	75.35	79.45	89.00		242.25	251.80	245.00	238.19	231.39
102		90.73	100.28	98.92	108.47	112.57		271.27	264.47	257.67	267.21	260.41
153		119.75	123.85	127.94	132.04	136.14		283.94	277.14	286.69	279.88	289.43
204		143.32	147.42	151.51	155.61	165.15		312.96	306.16	299.36	308.90	302.10
255		172.34	170.99	180.53	184.63	188.72		325.63	318.83	328.38	321.58	331.12
306		195.91	200.01	204.10	213.65	217.74		354.65	347.85	341.05	350.59	360.14
357		219.48	229.03	233.12	237.22	246.76		367.33	376.87	370.07	379.61	372.81
408		248.50	252.60	262.14	266.24	275.78		396.34	389.54	399.09	408.63	401.83
459		277.52	281.61	285.71	295.26	304.80		425.36	418.56	428.11	437.65	430.85
Simulationsvar. 10a		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10a		6750 m <sup>2</sup> ST			
		Massenbilanz [Tonnen/a]							Massenbilanz [Tonnen/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		910.00	885.60	867.86	830.05	795.43		847.96	823.14	836.31	856.42	848.99
51		960.55	936.70	887.06	849.51	816.45		898.07	874.13	887.36	942.20	935.55
102		1011.96	988.04	944.59	870.98	874.06		949.33	959.26	972.93	994.80	988.82
153		1062.44	1043.57	964.25	928.09	896.63		999.91	1010.02	1024.63	1047.49	1042.44
204		1113.40	1062.89	985.17	987.20	955.04		1050.81	1061.69	1077.55	1101.55	1097.58
255		1165.31	1083.05	1043.93	1009.27	1015.36		1102.63	1114.75	1131.93	1157.01	1153.89
306		1185.51	1142.96	1068.88	1070.16	1041.81		1156.42	1169.99	1188.38	1214.41	1212.43
357		1244.85	1166.04	1128.35	1098.74	1102.74		1212.61	1227.24	1246.57	1273.35	1273.20
408		1267.85	1227.82	1190.11	1159.81	1165.10		1270.38	1285.88	1306.10	1333.35	1335.21
459		1329.84	1290.11	1252.91	1221.78	1228.13		1329.30	1345.53	1366.34	1394.12	1398.09
		Energiebilanz [MWh/a]							Energiebilanz [MWh/a]			
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460
0		366.53	376.07	385.62	378.82	372.01		410.84	420.39	446.28	472.17	481.72
51		395.55	405.09	398.29	391.49	384.69		439.86	449.41	475.30	517.54	527.08
102		424.57	434.11	427.31	404.16	413.71		468.88	494.77	520.66	546.56	556.10
153		453.59	463.13	439.98	433.18	426.38		497.90	523.79	549.68	575.58	585.12
204		482.60	475.80	452.65	462.20	455.40		526.92	552.81	578.70	604.60	614.14
255		511.62	488.47	481.67	474.87	484.42		555.94	581.83	607.72	633.61	643.16
306		524.30	517.49	494.34	503.89	497.09		584.96	610.85	636.74	662.63	672.18
357		553.31	530.17	523.36	516.56	526.11		613.98	639.87	665.76	691.65	701.20
408		565.99	559.18	552.38	545.58	555.13		642.99	668.89	694.78	720.67	730.22
459		595.01	588.20	581.40	574.60	584.14		672.01	697.91	723.80	749.69	759.24

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 10b		0 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b		2250 m <sup>2</sup> ST				
		Massenbilanz [Tonnen/a]					Massenbilanz [Tonnen/a]						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
	0	619.09	602.47	587.39	577.30	571.17		671.22	665.66	630.52	629.41	603.17	
	51	664.97	648.31	633.57	624.61	628.09		728.35	723.24	685.80	657.05	658.90	
	102	711.11	694.12	680.58	681.26	676.11		784.61	747.02	743.38	712.68	716.00	
	153	765.35	749.77	736.62	728.97	733.82		809.83	803.10	768.95	769.49	746.45	
	204	811.07	796.08	784.60	787.06	793.01		864.62	829.72	825.69	828.21	803.97	
	255	858.01	844.32	843.23	846.64	853.49		921.95	885.92	884.20	858.10	862.68	
	306	916.15	903.65	903.46	907.80	915.38		949.76	944.83	916.07	917.68	923.26	
	357	976.90	964.34	964.90	970.08	978.05		1008.86	1005.87	976.30	978.63	985.15	
	408	1027.66	1026.06	1027.28	1033.05	1041.16		1069.14	1039.19	1037.45	1040.76	1037.68	
	459	1089.36	1088.41	1090.34	1096.34	1104.68		1130.77	1100.48	1109.34	1103.32	1100.23	
		Energiebilanz [MWh/a]					Energiebilanz [MWh/a]						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
	0	27.25	31.34	35.44	39.53	43.63		158.74	168.29	161.49	171.03	164.23	
	51	50.82	54.91	59.01	63.10	72.65		187.76	197.31	190.51	183.70	193.25	
	102	74.39	78.48	82.58	92.12	96.22		216.78	209.98	219.52	212.72	222.27	
	153	103.40	107.50	111.60	115.69	125.24		229.45	239.00	232.20	241.74	234.94	
	204	126.97	131.07	135.17	144.71	154.26		258.47	251.67	261.22	270.76	263.96	
	255	150.54	154.64	164.19	173.73	183.28		287.49	280.69	290.23	283.43	292.98	
	306	179.56	183.66	193.20	202.75	212.29		300.16	309.71	302.91	312.45	322.00	
	357	208.58	212.68	222.22	231.77	241.31		329.18	338.73	331.93	341.47	351.02	
	408	232.15	241.70	251.24	260.79	270.33		358.20	351.40	360.94	370.49	374.59	
	459	261.17	270.72	280.26	289.81	299.35		387.22	380.42	389.96	399.51	403.60	
Simulationsvar. 10b		4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 10b		6750 m <sup>2</sup> ST				
		Massenbilanz [Tonnen/a]					Massenbilanz [Tonnen/a]						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
	0	947.46	889.36	847.88	811.22	778.09		952.23	927.64	974.64	994.79	953.69	
	51	998.03	946.56	868.11	832.30	836.40		1002.31	1012.56	1059.67	1012.90	972.48	
	102	1015.58	966.09	925.72	889.87	858.19		1053.69	1063.85	1111.31	1031.66	1026.69	
	153	1066.04	1023.43	946.25	912.15	916.41		1104.30	1148.42	1129.18	1084.26	1047.29	
	204	1085.26	1043.62	970.90	970.22	976.19		1155.27	1200.05	1148.15	1104.37	1106.90	
	255	1105.67	1064.90	1027.20	1030.42	1000.42		1240.94	1286.86	1202.44	1161.13	1129.27	
	306	1164.64	1124.85	1087.33	1091.36	1061.23		1294.55	1342.00	1224.98	1184.88	1190.47	
	357	1193.70	1186.06	1148.91	1116.56	1123.57		1384.58	1365.33	1283.12	1245.69	1217.43	
	408	1249.18	1210.47	1175.93	1178.93	1153.46		1442.36	1390.12	1308.72	1308.11	1278.93	
	459	1311.14	1272.66	1237.71	1241.71	1215.78		1501.27	1449.74	1369.02	1370.91	1341.23	
		Energiebilanz [MWh/a]					Energiebilanz [MWh/a]						
PV/WKA [kW]		0	115	230	345	460		0	115	230	345	460	
	0	366.53	359.73	352.92	346.12	339.32		443.54	453.08	495.32	521.21	514.41	
	51	395.55	388.75	365.60	358.79	368.34		472.56	498.45	540.69	533.89	527.08	
	102	408.22	401.42	394.62	387.81	381.01		501.57	527.47	569.71	546.56	556.10	
	153	437.24	430.44	407.29	400.49	410.03		530.59	572.83	582.38	575.58	568.77	
	204	449.91	443.11	419.96	429.50	439.05		559.61	601.85	595.05	588.25	597.79	
	255	462.58	455.78	448.98	458.52	451.72		604.98	647.22	624.07	617.27	610.46	
	306	491.60	484.80	478.00	487.54	480.74		634.00	676.24	636.74	629.94	639.48	
	357	504.27	513.82	507.02	500.21	509.76		679.36	688.91	665.76	658.96	652.16	
	408	533.29	526.49	519.69	529.23	522.43		708.38	701.58	678.43	687.98	681.17	
	459	562.31	555.51	548.71	558.25	551.45		737.40	730.60	707.45	717.00	710.19	

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11a						2250 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11a						4500 m <sup>2</sup> ST				
Massenbilanz [Tonnen/a]											Massenbilanz [Tonnen/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	748.88	741.46	700.22	660.14	622.43		909.88	883.32	863.56	820.33	778.75										
51	804.26	798.65	757.19	717.08	677.97		959.62	933.69	883.09	839.14	797.98										
102	860.77	818.73	777.51	738.08	701.10		1010.32	984.18	938.39	860.13	854.18										
153	881.22	839.81	799.67	794.75	755.81		1059.87	1039.18	957.38	914.66	873.56										
204	937.70	895.82	855.13	816.65	779.98		1109.91	1057.98	977.73	971.26	930.77										
255	958.11	917.22	878.46	872.80	834.23		1159.61	1077.21	1032.92	990.65	950.73										
306	1015.06	973.82	933.99	895.81	878.91		1178.20	1133.44	1053.47	1012.64	1007.82										
357	1036.48	996.58	958.87	951.20	923.58		1235.20	1152.58	1109.36	1067.89	1028.05										
408	1093.47	1052.87	1013.38	996.13	980.76		1254.41	1210.11	1131.22	1090.37	1072.01										
459	1115.74	1110.78	1069.97	1041.01	1025.40		1311.62	1229.49	1187.11	1145.52	1127.39										
Energiebilanz [MWh/a]						Energiebilanz [MWh/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	213.23	222.78	216.78	212.65	214.46		366.53	376.07	386.42	382.29	384.10										
51	242.25	251.86	245.83	241.73	243.70		395.55	405.15	399.13	395.02	396.99										
102	271.27	264.63	258.50	254.40	256.56		424.57	434.27	428.15	407.69	426.20										
153	284.01	277.48	271.39	283.48	285.85		453.65	463.47	441.04	436.78	439.15										
204	313.12	306.69	300.75	296.21	298.77		482.76	476.33	454.05	465.86	468.42										
255	326.01	319.55	313.74	325.45	328.01		512.00	489.19	483.38	478.75	481.31										
306	355.18	348.69	343.03	338.37	351.89		524.82	518.33	496.33	491.67	510.63										
357	368.04	361.61	356.08	367.70	375.74		554.03	531.25	525.72	520.99	523.59										
408	397.27	390.81	385.47	391.58	405.01		566.92	560.46	538.76	533.98	547.40										
459	410.19	419.99	414.80	415.52	428.79		596.18	573.28	568.09	563.37	576.64										
Simulationsvar. 11a						6750 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b						2250 m <sup>2</sup> ST				
Massenbilanz [Tonnen/a]											Massenbilanz [Tonnen/a]										
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	847.94	820.95	830.05	841.53	854.69		674.60	666.62	627.76	626.75	586.08										
51	897.25	871.15	880.07	925.56	904.77		728.68	691.27	684.02	646.89	614.11										
102	947.81	955.53	964.39	975.84	956.66		786.05	745.75	709.24	702.40	667.51										
153	997.51	1005.29	1014.18	1025.70	1048.48		809.16	801.74	763.09	728.49	721.57										
204	1047.47	1055.34	1064.34	1076.00	1105.38		863.97	826.03	790.97	782.43	766.38										
255	1097.29	1105.31	1114.53	1127.66	1162.51		889.28	854.15	844.11	827.10	811.29										
306	1147.39	1155.73	1165.18	1183.21	1219.32		943.48	907.59	899.64	883.04	856.71										
357	1198.08	1206.52	1250.02	1280.88	1317.42		971.99	962.19	944.47	928.06	902.46										
408	1282.95	1291.38	1303.58	1338.38	1374.78		1025.60	1007.10	989.64	973.11	957.60										
459	1333.92	1342.63	1360.42	1396.11	1432.16		1080.42	1052.75	1035.16	1018.68	1002.96										
Energiebilanz [MWh/a]						Energiebilanz [MWh/a]															
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460		0	115	230	345	460										
0	410.84	420.39	447.09	475.64	510.15		158.74	168.29	162.29	174.50	176.32										
51	439.86	449.47	476.14	521.07	539.39		187.76	181.02	191.34	187.24	189.21										
102	468.88	494.93	521.50	550.09	568.60		216.78	210.13	204.01	216.26	218.41										
153	497.96	524.13	550.74	579.17	614.24		229.52	239.34	233.25	228.99	247.71										
204	527.07	553.34	580.10	608.25	643.51		258.63	252.20	246.26	258.07	271.53										
255	556.31	582.54	609.43	637.49	672.74		271.52	265.06	275.59	281.86	295.32										
306	585.48	611.69	638.72	666.76	702.07		300.69	294.20	304.89	311.13	319.20										
357	614.69	640.95	684.46	712.43	747.72		313.55	323.47	328.83	335.01	343.05										
408	660.27	686.50	713.85	741.76	776.98		342.78	347.22	352.77	358.89	372.31										
459	689.54	715.68	743.18	771.15	806.22		372.05	370.95	376.65	382.83	396.10										

## Anhang Abschnitt 6.4

Simulationsvar. 11b					4500 m <sup>2</sup> ST					Simulationsvar. 11b					6750 m <sup>2</sup> ST				
Massenbilanz [Tonnen/a]										Massenbilanz [Tonnen/a]									
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460									
0	947.74	894.25	850.84	808.66	767.68	952.33	925.63	1002.45	946.16	896.60									
51	997.45	950.94	870.50	827.97	787.33	1001.66	1009.74	1052.40	962.46	915.28									
102	1014.34	969.98	926.77	884.89	843.99	1052.31	1094.16	1102.97	1014.00	933.87									
153	1070.64	1026.76	945.72	904.03	863.75	1102.01	1143.85	1118.81	998.11	990.01									
204	1089.64	1045.78	966.33	960.55	920.58	1152.07	1227.75	1135.16	1051.31	1009.47									
255	1109.05	1065.18	1022.08	980.73	940.87	1235.81	1243.85	1151.47	1107.73	1032.44									
306	1165.86	1122.20	1043.15	1002.72	964.50	1286.01	1260.47	1170.30	1127.13	1086.34									
357	1185.31	1141.50	1099.20	1057.97	1018.74	1370.43	1277.21	1226.97	1184.27	1109.87									
408	1242.47	1162.42	1120.77	1080.89	1062.81	1421.29	1294.39	1246.59	1204.62	1163.51									
459	1261.98	1218.73	1176.93	1136.10	1106.70	1473.86	1347.11	1303.34	1261.40	1207.00									
Energiebilanz [MWh/a]					Energiebilanz [MWh/a]														
PV/WKA [kW]	0	115	230	345	460	0	115	230	345	460									
0	366.53	359.73	353.73	349.59	351.41	443.54	453.08	512.47	508.34	510.15									
51	395.55	388.81	366.43	362.33	364.30	472.56	498.51	541.52	521.07	523.04									
102	408.22	401.57	395.45	391.35	393.50	501.57	543.97	570.54	550.09	535.90									
153	437.30	430.78	408.34	404.08	406.46	530.66	573.17	583.43	546.48	565.20									
204	450.07	443.64	421.35	433.16	435.72	559.77	618.73	596.45	575.56	578.12									
255	462.95	456.49	450.68	446.05	448.61	605.35	631.58	609.43	604.79	591.01									
306	492.13	485.64	463.63	458.97	461.59	634.53	644.38	622.38	617.71	620.34									
357	504.99	498.56	493.03	488.30	490.89	680.08	657.30	651.77	647.04	633.29									
408	534.22	511.41	506.07	501.28	514.71	709.31	670.16	664.81	660.03	662.55									
459	547.14	540.59	535.40	530.67	538.50	738.58	699.33	694.14	689.42	686.34									
Simulationsvarianten 1 bis 8																			
Massenbilanz [Tonnen/a]																			
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750										
1a	8171.86	8188.41	8294.63	8430.76	5a	2027.56	3121.60	3592.63	4146.87										
1b	8304.54	8262.77	8295.05	8295.05	5b	1348.47	2368.75	3504.93	3504.93										
2a	7770.36	7788.02	7933.13	8072.99	6a	1996.02	3566.18	4409.41	5241.44										
2b	7839.08	7801.70	7902.58	8028.50	6b	1390.23	3198.91	4266.89	5007.40										
3a	2359.17	3361.99	3904.63	4403.17	7a	1394.73	1471.09	1593.68	1709.16										
3b	2132.43	2986.24	3760.31	3760.31	7b	1433.20	1468.50	1568.42	1568.42										
4a	2586.54	3952.50	4833.93	5710.09	8a	885.12	853.97	989.30	1126.02										
4b	2371.47	3762.51	4598.57	5433.79	8b	923.33	860.00	962.06	1097.59										
Energiebilanz [MWh/a]																			
Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750	Var./ST [m <sup>2</sup> ]	0	2250	4500	6750										
1a	6.33	6.45	6.30	6.11	5a	0.00	93.36	219.40	361.80										
1b	5.51	5.69	5.66	5.66	5b	0.00	77.01	175.81	175.81										
2a	5.94	6.11	5.64	5.24	6a	0.00	93.36	235.75	378.15										
2b	5.22	5.50	5.15	4.82	6b	0.00	77.01	203.06	345.45										
3a	0.00	93.36	219.40	361.80	7a	130.78	273.17	431.92	590.66										
3b	0.00	77.01	175.81	175.81	7b	98.08	224.13	371.98	371.98										
4a	0.00	93.36	235.75	378.15	8a	32.69	93.36	235.75	378.15										
4b	0.00	77.01	203.06	345.45	8b	32.69	77.01	203.06	345.45										