



Thema:

Energieeffizienz in Gebäuden durch innovative Gebäudetechnik
Durchgängiges Engineering von Gebäudeautomationssystemen

Masterarbeit:

im Studiengang Regenerative und Rationelle
Gebäudeenergiesysteme

an der Hochschule Magdeburg-Stendal

Verfasserin: Zhexi Gu

Matrikelnummer: 20111198

Betreuer: Dipl.-Ing. Uwe Zischkale

Dipl.-Ing. Bernd Richter, bernd richter ingenieurgesellschaft mbH

Dipl.-Ing. Martin Schürer, bernd richter ingenieurgesellschaft mbH

Magdeburg, den 28. November . 2012

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Ganzheitliches Planen und Bauen in der TGA unter Berücksichtigung der Gebäudeautomation.....	2
2.1 Regelwerke mit Anforderungen an die Planung unter Berücksichtigung der Energieeffizienz.....	2
2.1.1 Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI).....	2
2.1.2 Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistung (VOB).....	5
2.2 Planen und Bauen der Gebäudeautomation.....	6
2.2.1 Grundlage der Gebäudeautomation.....	6
2.2.2 Planung der GA.....	9
2.2.3 Sollwertstellung für Behaglichkeit.....	10
2.3 Besondere Anforderungen an die Energieeffizienz.....	15
2.3.1 Energieeinsparverordnung (EnEV).....	15
2.3.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEwärmeG).....	16
2.3.3 Energieeffizienz über GA.....	18
3. Umsetzungsvorschlag zur ganzheitlichen Vor- und Entwurfsplanung für energieeffiziente Gebäude.....	21
3.1 Energieanalysemethode.....	22
3.2 Grundmodelle der Funktionsstrukturanalyse.....	23
3.3 Grundstrukturierung am Beispiel Projekt Leipzig.....	24

3.4 Notwendige Kommunikationsschritte zwischen Planer und Auftraggeber	25
<u>4. Beispiel Projekt Forschungszentrum Leipzig.....</u>	<u>28</u>
4.1 Allgemeinbeschreibung	28
4.1.1 Lage.....	28
4.1.2 Bauabschnittseinteilung	28
4.1.3 Bestandsgebäude	29
4.1.4 Aufgabe der Bauweise.....	30
4.2 Raumanforderungen entsprechend Normen und Richtlinien.....	31
4.2.1 Büro und Bettzimmer	32
4.2.2 Standardlabore	32
4.2.3 Chemielabor(S2).....	33
4.2.4 Tierhaltung und Infektionstierhaltung	34
4.2.5 Nebenräume	34
4.3 Bestandsanalysen	35
4.3.1 Techniksystem.....	35
4.3.2 Energieflussanalyse.....	39
<u>5. Verbesserungsmöglichkeiten. Varianten der Energieeffizienzsteigerungen für das Beispiel Projekt Leipzig</u>	<u>45</u>
5.1 Erzeugung.....	46
5.1.1 Blockheizkraftwerk (BHKW)	46
5.1.2 Wärmepumpe	48

5.2 Fazit des Variantenvergleiches Erzeugung.....	50
5.3 Verteilung	52
5.3.1 Dynamischer hydraulischer Abgleich	52
5.3.2 Wärmerückgewinnung (Kaskadennutzung der Abwärme).....	53
5.3.3 Feuchtrückgewinnung	55
5.4 Fazit Varianten der Verteilung	58
5.5 Steuerung und Regelung.....	60
5.5.1 Zeitschaltprogramm	60
5.5.2 Dezentrale Steuerungen und Regelungen	64
5.5.3 Notwendige Feldgeräte für Messen und Stellen	65
5.6 Normenmaßnahme.....	67
6. Zusammenfassung	69
6.1 Vorstellung eines integrativen Gesamtansatzes aus oben vorgestellten Einzellösungen.....	69
6.2 Fazit Vergleich Istzustand- und integrativer Lösungsansatz	71
6.2.1 Tabellarische Bewertung der Kundenwünsche für beide Planungsansätze.	71
6.2.2 Handlungsleitfaden in x – Punkten für eine integrative Planung	72
7. Begriffs- und Abkürzungsverzeichnis	74
8. Bilder- und Tabellenverzeichnis	76
9. Literaturverzeichnisse	78

1. Einleitung

Gesellschaft und Politik reden heute immer von der Energieeffizienz. Als Großteil des Energiebedarfs soll die Energienutzung in den Gebäuden intelligent und effizient sein. Um dieses Ziel zu erreichen, müssen alle Prozesse des Bauens, von der Vorplanung bis zu der Ausführung und Gebäudenutzung beobachtet werden. Wenn nur in einem einzigen Glied die Energieeffizienz vernachlässigt wird, steigt im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) der Energieverbrauch an.

Diese Masterarbeit beschreibt den typischen Verfahrensablauf bei der Herstellung der TGA sowie die in der Praxis möglicherweise aufgetretenen Probleme im Bereich der effizienten Energienutzung und diskutiert die Maßnahmen wie Gebäudeautomation, die nicht nur den Komfortbedarf erfüllen, sondern auch das Techniksystem effizient einbinden können. Dabei ist es wichtig, die Energienutzung des Techniksystems zu analysieren und durch richtige Kommunikationsschritte die optimalen Maßnahmen für effiziente Energienutzung auszuwählen.

Für die praktische Umsetzung wird ein Beispiel-Projekt in Leipzig und dessen Energieanalyse und Maßnahmen für Energieeffizienznutzung vorgestellt. Die Bauüberwachung des Projekts für die Gebäudeautomation wird durch die Firma bri-bernd richter ingenieurgesellschaft mbH durchgeführt.

Die Firma „bri-bernd richter ingenieurgesellschaft mbH“ wurde 2001 gegründet und umfasst alle Planungsleistungen für die Bereiche der technischen Gebäudeausrüstung wie Gebäudeautomations-, Lüftungs-, und Heizungsplanung. Sie bietet auch noch die neutrale Beratung an und garantiert leistungsgerechte Lösungen.

2. Ganzheitliches Planen und Bauen in der TGA unter Berücksichtigung der Gebäudeautomation

Zurzeit entwickelt die Errichtung der Gebäude sich schnell, besonders im Bereich der technischen Gebäudeausrüstung (TGA), um die Anforderung der Nutzer sowie Hygiene, Komfort und Energieeinsparen zu erfüllen. Die integrale Planung ist gefordert, einen hohen fachlichen komplexen Gebäudetechnikbedarf, der sich gegenseitig beeinflusst, zusammenzustellen. In diesem Kapitel werden praktische Beobachtungen in der Planung hinsichtlich der Normen und Richtlinien festgestellt, neue Ansichten und Denkansätze vertieft und Schwerpunkte zur Schlüsselrolle der Gebäudeautomation aufgezeigt.

2.1 Regelwerke mit Anforderungen an die Planung unter Berücksichtigung der Energieeffizienz

Vom Bauen wird eine ganzheitliche Gesamtlösung einschließlich aller verschiedenen Fachdisziplinen verlangt. Dabei sind die Qualität der Beratung vom Auftraggeber und die Planung des integrierten Systems entscheidend. Die „alten“ Regeln (HOAI, VOB) für baukostenorientierte Honorierung und gewerkeorientierte Verantwortungszuordnung beschränken die neue Techniknutzung und Energiesparmethode sowie energieeffiziente GA und Nutzung der erneuerbaren Energie.

2.1.1 Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI)

Die Honorierung der Planungs-Ingenieure erfolgt in Deutschland nach der HOAI(Honorarordnung für Architekten und Ingenieure). Die Bewertung wird je Leistungsphase und Honorarzone anhand der „Steinfort-Tabelle“ eingeteilt.

Leistungsbild bei der Technischen Ausrüstung:

Leistungsphase 1: Grundlagenermittlung

In der Leistungsphase 1 stellt der Bauherr grob seine Anforderungen und den wirtschaftliche Rahmen des Projekts vor (Hierzu kann die DIN 18205 „Bedarfsplanung um Bauwesen“ verwendet werden). Die Vergabe misst sich meistens an der kurzfristigen „Wirtschaftlichkeit“. Die langfristige Wirtschaftlichkeit bezogen auf Energienutzung und Betriebskosten wird meist vernachlässigt, weil die Gebäude nach oder sogar vor der Fertigstellung verkauft, beziehungsweise vermietet werden.

Leistungsphase 2: Vorplanung (Projekt- und Planungsvorbereitung)

In dieser Phase werden viele Techniksystemmöglichkeiten nach groben technischen und wirtschaftlichen Punkten verglichen. Es fehlen normalerweise Vergleiche zu Optimierungs- und Steuerungsmöglichkeiten für die Energieeffizienz-Verbesserung. Beispielsweise entfällt eine hocheffiziente Pumpe, die zwar teurer ist, aber viel mehr Energie einsparen könnte.

Leistungsphase 3: Entwurfsplanung

Innerhalb der Planung wird das Techniksystem festgelegt. Danach werden erforderliche Gebäudeautomationsanlagen mit Feldgeräten, Schaltschränken und Kabelanlagen ermittelt und dimensioniert. Die Funktion der Gebäudeautomation wird von der anderen technischen Gebäudeausrüstung bestimmt. Zum Beispiel wenn der Motor der Lüftungsanlage nicht geregelt werden kann, kann die Belüftung der Räume nicht beeinflusst werden. Im Vergleich zur anderen Leistungsphase sind die Phasen 1 bis 3 relativ niedrig bewertet.

Leistungsphase 4: Genehmigungsplanung

Bei der Genehmigungsplanung sind die Vorbereitung der Unterlagen und der Antrag erforderlich. Im Anhang 1 wird die Statik für die Baugenehmigung gezeigt. Mit der Statik werden die Energieeffizienz und die Erfüllung des EEWärmeG geprüft. Dies trägt zur vermehrten Nutzung der erneuerbaren Energien bei.

Leistungsphase 5: Ausführungsplanung

Diese Phase ist relativ gut bewertet. In der Planung werden die Funktionen aller technischen Ausrüstungen unter der Beachtung der Leistungsphasen 3 und 4 in den Leistungsverzeichnissen beschrieben. Es fehlt aber normalerweise die Energieeffizienzfunktion.

Leistungsphase 6: Vorbereiten der Vergabe

Die Leistungsverzeichnisse werden zur Ausschreibung vorbereitet.

Leistungsphase 7: Mitwirken bei der Vergabe

Die ausgefüllten Leistungsverzeichnisse werden in dieser Phase geprüft. Die Vergabevorschläge mit Kostenangeboten tragen vielleicht dazu bei, dass die Reduzierung der Energieeffizienzfunktion eintreten könnte.

Leistungsphase 8: Objektüberwachung

Die Ausführung des Projekts wird überwacht. Die Mängel in der Ausführungsplanung werden festgestellt. Die Kostenrechnung wird verbessert. Diese Phase ist stark bewertet, deshalb wird sie häufig nicht bei der Firma, die das Projekt geplant hat, durchgeführt, sondern einer anderen Firma übergeben. Die Veränderung der Software und anderer Anlagen soll besonders beachtet werden, um Energieeffizienz-Einbußen zu vermeiden. Die Anlagen sollen durch die Überwachung der Ingenieure richtig installiert und eingestellt werden.

Leistungsphase 9: Objektbetreuung

Das Ergebnis der Abnahme der Bauleistung wird ermittelt und überwacht. Die Sicherheitsleistungen werden auch festgestellt.

2.1.2 Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistung(VOB)

Die VOB, die für Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistung steht, ist eine Verbindung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer. Dieser Rechtsrahmen bildet die Vertragsgrundlage und soll Leistungsgrenzen rechtssicher definieren. Je genauer der Auftraggeber dem Vertrag nach die Anforderung beschreibt, desto eher kann das ausgewählte Angebot der Anforderung entsprechen. Die Bauverträge und Beschreibungen werden seit 1926 durch die VOB geregelt. Die VOB/A beschreibt die Vergabe des Projekts. Die VOB/B stellt den nicht technischen Rechtsrahmen dar. Die VOB/C beschreibt den technischen Rechtsrahmen.

2.2 Planen und Bauen der Gebäudeautomation

2.2.1 Grundlage der Gebäudeautomation

Die Komfortansprüche in unserem Wohnhaus und an den Arbeitsplätzen werden hinsichtlich der dafür verbrauchten Energie und der Emission in den kommenden Jahren stark steigen. Wenn wir an einen sparsamen und umweltfreundlichen Umgang denken, ist die Grundvoraussetzung ein „Intelligenzsystem“ für die Gebäude. Es geht nicht nur um einzelne Fachbereiche, sondern um das Zusammenarbeiten von mehreren Fachbereichen wie Mess-, Steuer- und Regeltechnik für den Lüftungs-, Heizungs-, Klimabedarf; Blendschutz; Beleuchtung; Sonnenschutz. Das nennt man „Gebäudeautomation“ (GA).

Der Begriff „Gebäudeautomation“ wurde bereits im Jahr 1965 eingeführt. Damals begann die GA mit so genannten Einzelreglern (pneumatisch) ein separates Klima für jeden Raum zu ermöglichen. Dank der Telekommunikation und Informatik wurde die GA weiter entwickelt. Der Einzug der Mikroelektronik und der Computer brachten eine neue Qualität für die GA Technik. Nach 1992 wurde der Begriff „Gebäudeautomation“ erstmals mit der DIN V 32734 und der DIN 276 offiziell eingeführt. Seit 2009 ist die Gebäudeautomation in der HOAI neu aufgenommen worden.

Der Gebäudeautomation versteht man als:

„Einrichtungen, Software und Dienstleistungen für automatische Steuerung und Regelung, Überwachung und Optimierung sowie für Bedienung und Management zum energieeffizienten, wirtschaftlichen und sicheren Betrieb der Technischen Gebäudeausrüstung.“[1]

Ohne Gebäudeautomation als Werkzeug ist eine effiziente Betriebsführung von Gebäuden heute nicht mehr denkbar. Die Abbildung 1 zeigt, dass die GA wie ein Gehirn ist. Die Netzwerke verbinden sich wie Nervenbahnen von verschiedenen „Organen“ endlich zum „Gehirn“. Die Daten und Informationen, die in den Bereichen des technischen-, infrastrukturellen- und kaufmännischen Gebäudemanagements, des Flächenmanagements entstehen, müssen durch die GA erfasst, verarbeitet, aufbereitet und archiviert werden.

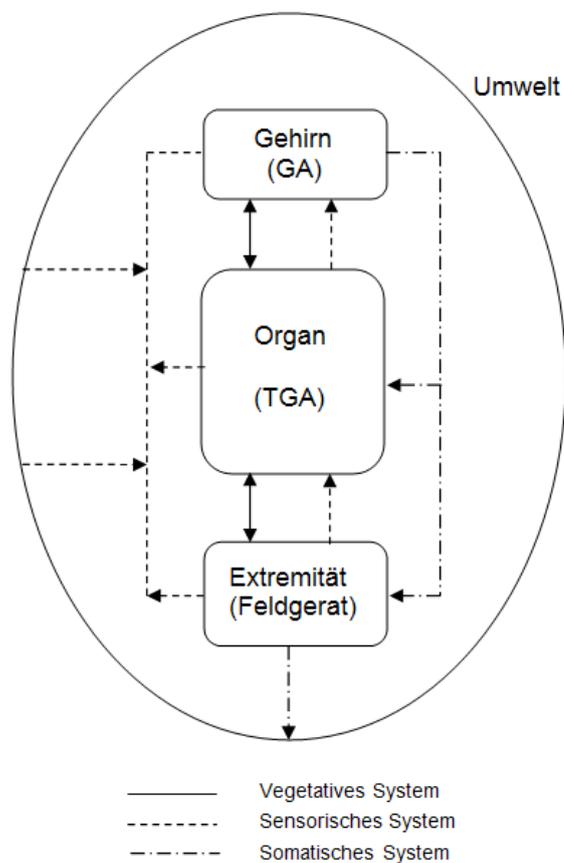


Abbildung 1 Gehirn für Gebäudetechniksystem-Gebäudeautomation

Netzwerk

Ein „Nervensystem“ (Datenkommunikation) bedient sich vieler Varianten: Stern-, Ring-, Baum-, Bus-, Maschennetzwerk. Davon ist das Busnetz sehr populär für die heutige GA. Die Geräte werden alle mit einem Bus (Kabel) verbunden, damit nur wenige Kabel vernetzt werden müssen. Im Ergebnis ist die Wirtschaftlichkeit und Wartungsmöglichkeit des Busnetzes besser als die der konventionellen Technik. Der Nachteil besteht aber darin, dass das Busnetz nicht gleichzeitig viele Informationen übertragen kann. Die Endgeräte können durch Mikrocontroller dezentral programmiert werden, um die Belastung des Busnetzes zu reduzieren.

Funktionsebene

Das Bild 2 zeigt die Funktionsebene im GA-System unter Nutzung des Busnetzes. Das GA-System wird in 3 Funktionsebenen eingeteilt: Feld-, Automations-, Managementebene.

Managementebene

Die Managementebene besteht aus PC, Workstation, Server, Touchscreens, Drucker und so weiter. Damit können die Daten von den Meldungen, der Energiemenge, des Anlagenzustands virtuell ermittelt werden. In der Managementebene können mehrere Systeme mit dem Netz verbunden sein.

Automationsebene

In der Automationsebene gibt es Automationsstationen, Regelungsgeräte im Schaltschrank, damit werden die mechanischen Anlagen überwacht und geregelt.

Feldebene

Die unterste Ebene ist die Feldebene, die Geräte wie Sensoren, Ventile, Schalter und so weiter enthält. Die Feldgeräte sind direkt oder über ein Feldebene- Netzwerk an die Automationsstation angeschlossen.

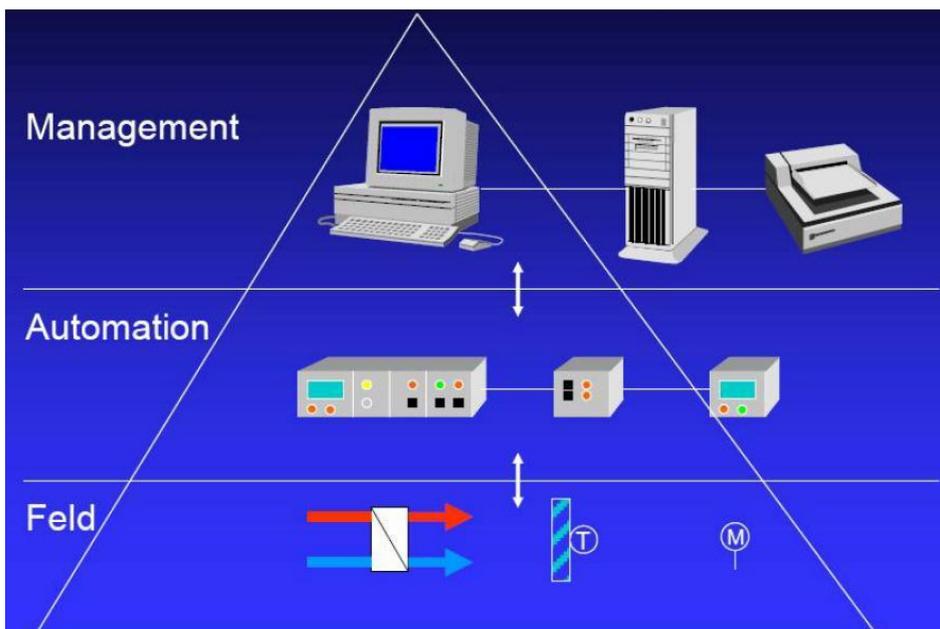


Abbildung 2 Funktionsebene der Gebäudeautomation [2]

2.2.2 Planung der GA

Die GA-Planung basiert auf der Anforderung nicht nur aus dem Baurecht und dem Komfort sondern auch der effizienten Energienutzung. In der Leistungsphase 1 werden die Anforderungen des Auftraggebers mit dem Fachplaner geklärt. Danach sollen die GA-Systemmöglichkeiten angeboten und verglichen werden. Dagegen erfolgen die Aufgabenstellungsanforderungen der GA auf Basis eines hydraulischen mechanischen Konzepts. Es erfolgt in der Regel häufig Varianten des GA-Systems beschränkt. Beispielsweise kann die Luftbefeuchtung nicht allein kontrolliert werden, wenn sie in der hydraulischen Planung bei der Lüftungsanlage kombiniert wurde. Deshalb sollen der Bauherr und alle fachlichen Planer in Zusammenarbeit eine gemeinsame Richtung bestimmen, statt der fachlichen Reihenfolgen der Planung, obwohl es mehr Arbeit bedeutet. Dagegen wird in den Leistungsphasen 1 bis 3 nach HOAI leicht bewertet. (Kapitel 2.1.1)

In den Leistungsphasen 2 bis 3 werden die GA-Funktionen bestimmt. Gleichzeitig kann das Automationsschema durch CAD-Tools erstellt und daraus die GA-Funktionsliste automatisch generiert werden. Die Summe der Funktionen der Funktionsliste wird im Leistungsverzeichnis als „komplette“ funktionsfertige Bauleistung eingefügt und beschrieben. Nach der Vergabe des Leistungsverzeichnisses wird die Leistung nach Anforderung geprüft und evtl. Änderungen angepasst. Zum Beispiel wird der Energieverbrauch des geplanten Gebäudes nach EnEV berechnet und mit einem energieeffizienten Haus verglichen, um die Energieeffizienz des Gebäudes zu prüfen. Wenn die Planung die Anforderungen des Energieeffizienzhaus-Modells nicht erfüllen kann, soll die Planung nochmals verändert werden.

Die Abbildung 3 zeigt den Verlauf der GA-Planung und dazu gehörende Richtlinien.

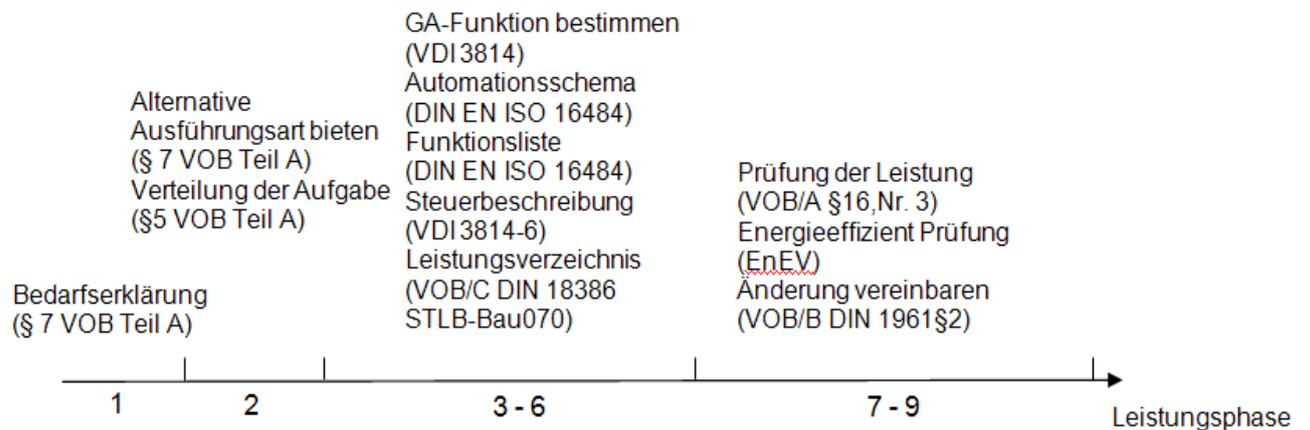


Abbildung 3 Verlauf der GA-Planung und notwendige Richtlinien

2.2.3 Sollwertstellung für Behaglichkeit

Über 70% der Lebenszeit verbringen wir in Innenräumen. Das produktive Wohlbefinden des Nutzers soll der GA-Planer beachten. Dafür spielt die thermische Behaglichkeit, die über Temperatur, Luftfeuchte, Luftwechselrate definiert wird, eine große Rolle. Zu den thermischen Behaglichkeitsfaktoren soll der Planer angepasste technische System erstellen und richtige Sollwerte des Reglers einstellen. Dazu erforderliche Faktoren werden im folgenden Abschnitt erklärt.

Temperatur und Feuchtigkeit

Die Raumtemperaturen werden in der Arbeitsstättenrichtlinie einschließlich des Gesundheitsschutzes beschränkt. Im DIN EN ISO 7730 (Ergonomie der thermischen Umgebung) wird die Raummitteltemperatur unter Berücksichtigung der Benutzerprofile für Gebäudetypen verschiedener Komplexität wie beispielsweise Büros, Hotels, Schulzimmer, Auditorien, Restaurants, Großverteilzentren und Krankenhäuser durch die Nutzer beurteilt. Die Temperaturgrenze der Behaglichkeit wird mit Hilfe der DIN EN 15251 (Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden) nach vier Kategorien, die Bekleidung, Aktivitätsgrad berücksichtigen, bestimmt.

Relative Luftfeuchte bedeutet den prozentualen Anteil an Wasserdampf in der Luft. Sie beeinflusst das Wärmeempfinden. Je höher die relative Feuchte in der Luft ist, desto weniger Feuchtigkeit kann die Luft aufnehmen. Das heißt je trockener die Luft ist, desto mehr Energie kann der menschliche Körper durch Schwitzen abgeben.

Ein ausgewogenes Verhältnis von Raumtemperatur und Feuchte soll beachtet werden, um die Reglungswollwerte der Faktoren richtig einzustellen. In der Abbildung 4 ist das Behaglichkeitstrapez im h, x-Diagramm nach Mollier als der Zusammenhang von Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit zu sehen. Die Raumtemperatur soll zwischen 20-26 °C liegen. Die relative Luftfeuchtigkeit soll 70% nicht überschreiten.

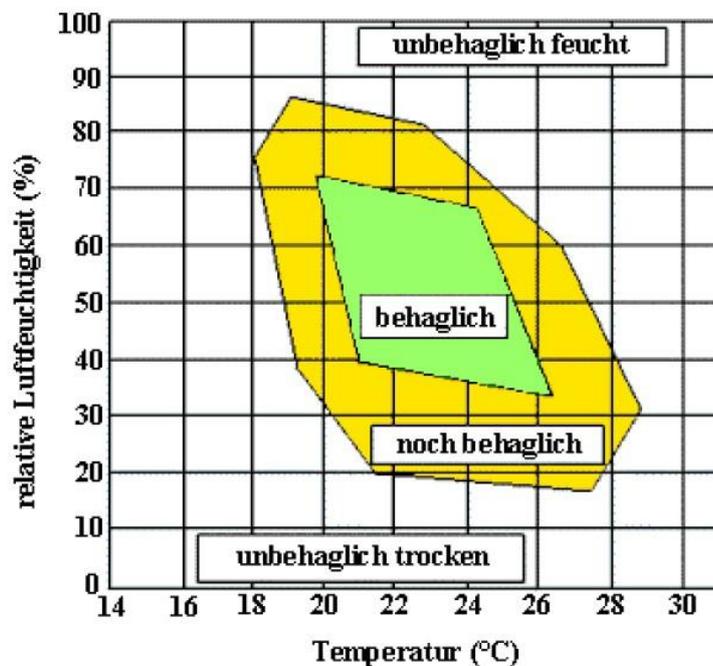


Abbildung 4 Behaglichkeitstrapez der Zusammenhang von Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit [3]

h, x- Diagramm

Das h, x-Diagramm beschreibt den Zusammenhang von allen thermischen Behaglichkeitsfaktoren sowie der relativen Feuchte (φ), Temperatur (T), absolute Feuchte (x), Enthalpie (h), Dichte (ρ). Dieses Diagramm ist nur für einen bestimmten Gesamtdruck (meistens 100.000 Pa) günstig und bei der Klimaanlage ist normalerweise der Gesamtdruck konstant. Im Diagramm kann man den Zustand der Luft als einen Punkt markieren. Danach wird durch die Zustandsveränderung versucht, den Punkt (Luftzustand) in den Komfortbereich zu verschieben. Beispielweise in der Abbildung 5, der Zustand 1 wird durch Erwärmung zum Zustand 2 und danach durch Isenthalp Befeuchtung (Sprüh/Riesel) zum Zustand 3, der innerhalb des Behaglichkeitstrapezes liegt.



Abbildung 5 Beispiel Zustandsveränderung zum Komfortbereich im h, x-Diagramm

Luftwechselrate

Die Raumluftqualität ist abhängig von der CO₂-Konzentration und den Schadstoffgehalten, die durch den Austausch der Innenluft mit der Außenluft reduziert wird. In der Richtlinie dient der MIK-Wert (Maximale Immission Konzentration) und MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) für eine bestimmte Raumluftqualität, bei der nach dem aktuellen Stand des Wissens keine gesundheitlichen Schäden für den Menschen auftreten. Der Unterschied zwischen dem MAK-Wert und dem MIK-Wert ist der Nutzungsbereich: der MIK-Wert ist für Wohngebäude und der MAK-Wert für gewerbliche Gebäude festgelegt. Die MAK-Werte in ppm entscheiden nach DIN 15251 hinsichtlich der Aktivitätsstufe des Menschen (Tabelle 1) den Luftvolumenstrom. Im Abbildung 6 1000 und 1500 ppm CO₂-Konzentration stellt nach DIN 1946 den zu empfehlenden und maximalen Wert vor. Nach jeder Stufe kann die verbrauchte Luftwechselrate mit Grenzwert bestimmt werden.

Aktivitätsstufe	Belastung	Tätigkeit	Atemluftbedarf, in m ³ /h	CO ₂ -Abgabe in l/h
I	keine bis leicht	ruhend, lesend, schreibend	0,375	15
II	leicht	Stehend	0,575	23
III	mäßig	Haus-, Maschinenarbeit	0,750	30
IV	schwer	schwere körperliche Arbeit	>0,750	> 30

Tabelle 1 Aktivitätsstufe des Menschen [3]

CO₂-Konzentration in Abhängigkeit vom Außenluftvolumenstrom

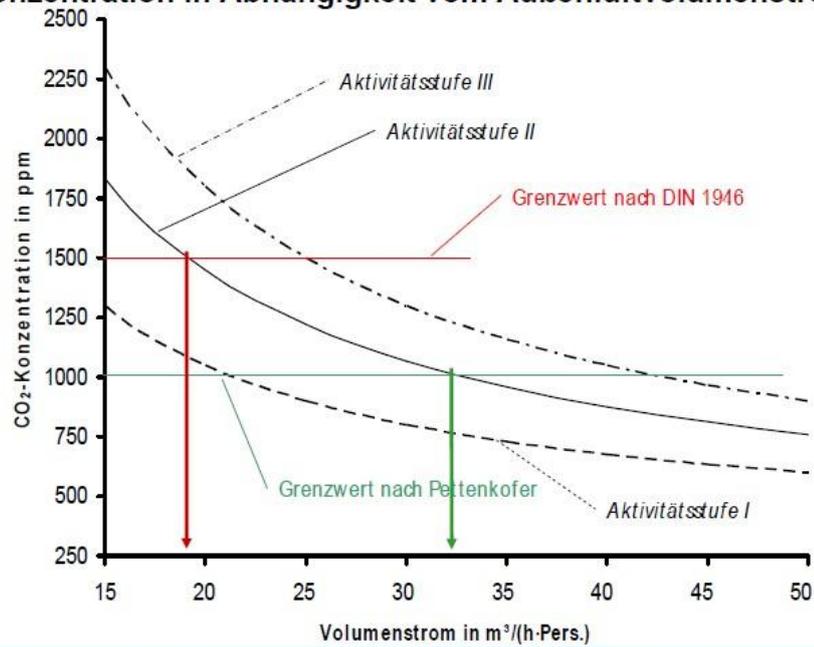


Abbildung 6 CO₂-Konzentration in Abhängigkeit vom Luftvolumenstrom [3]

2.3 Besondere Anforderungen an die Energieeffizienz

Die steigenden Energiepreise (Preis für Strom, Gas, Kohle und andere) führen zum Anreiz, den Energieverbrauch zu senken. Der Begriff „Energieeffizienz“ steht für minimalen notwendigen Energieaufwand. Die entsprechenden Anforderungen schlagen sich in Gesetzen und Normen nieder.

2.3.1 Energieeinsparverordnung (EnEV)

„Die Energieeinsparverordnung (EnEV) ist ein Teil des deutschen Wirtschaftsverwaltungsrechtes. In ihr werden vom Verordnungsgeber auf der rechtlichen Grundlage der Ermächtigung durch das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) Bauherren bautechnische Standardanforderungen zum effizienten Betriebsenergieverbrauch ihres Gebäudes oder Bauprojektes vorgeschrieben. Sie gilt für Wohngebäude, Bürogebäude und gewisse Betriebsgebäude.“[4]

Der Energieausweis, der für ein Gebäude den Energiebedarf energetisch bewertet, wird in Deutschland in der EnEV 2009/2012 geregelt. Die Anforderungen und der Anwendungsbereich des Energieausweises werden sich weiter entwickeln.

„Die neueste europäische Richtlinie (Richt 2010/31/EU, siehe Quelle, Anhang) sieht für den kommenden Energieausweis vor:

....

- *Mieter oder Käufer müssen eine Kopie des Energieausweises vorgelegt und bei Vertragsabschluss ausgehändigt bekommen.*
- *In kommerziellen Anzeigen muss bei Vermietung oder Verkauf der Kennwert der Gesamtenergieeffizienz und des Primärenergieverbrauchs genannt werden.*

...

- *Modernisierungsempfehlungen: In den Ausweisen müssen zwei Maßnahmenpakete für Sanierung und Einzelbauteile und deren Kosteneffizienz benannt werden.*
- *Aushangpflicht: In öffentlichen Gebäuden mit mehr als 500 m² Nutzfläche muss ein vorhandener Energieausweis ausgehängt werden.“[4]*

Hierdurch wird deutlich, dass dem Einsatz erneuerbarer Energie eine sehr hohe Bedeutung beigemessen werden muss, wie auch der möglichst optimale Betrieb von

parallelen Energieerzeugern mit unterschiedlichen Energieträgern (Solarenergie, Erdwärme, Windenergie), die in den Normen EnEV entsprechend bewertet werden. Die Kombination des Techniksystems wird auch bewertet, allerdings fehlt bis heute in der Verordnung ein Vorschlag zur systematischen Entwicklung komplexer technischer Lösungen und deren objektive physikalische Bewertung. Hierzu soll in der Arbeit im Folgenden ein Lösungsvorschlag erarbeitet werden. Beispielweise entscheidet die Länge des Rohrs über den Energieverlust durch Druckverlust. Die Regelung und Überwachung der komplexen neuen Erzeuger erfolgt aus der Gebäudeautomation. Die richtige Steuerung und Regelung der Geräte ist zwingend für die effiziente Energienutzung.

2.3.2 Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEwärmeG)

Seit dem 1. Jan. 2012 müssen die Bauherren bei einem Neubau das Gesetz EEwärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz) 2011 erfüllen. Die Baugenehmigung wird auch entsprechend verändert. Die Anforderung an die Nutzung erneuerbarer Energie legt die Tabelle 2 fest. In der Tabelle ist klar zu erkennen, dass der Bedarf an erneuerbaren Energien unterschiedlich für den Neubau und für renovierte öffentliche Gebäude ist.

Der Kälteversorgungsbereich wird im neuen Gesetz verstärkt. Die Summe aus Kälte- und Wärmebedarf wird zusammengenommen, um die verbrauchte Menge an erneuerbaren Energien zu bestimmen. Dazu wird die Kälteenergie aus erneuerbaren Energien wie Erdwärme, Solarwärme versorgt. Nicht nur „Kälte aus erneuerbaren Energien“, sondern auch „Kälte aus zulässigen Ersatzmaßnahmen“ ist zulässig. Beispielweise wird die Abwärme der Blockheizkraftwerke durch Absorptionskältemaschinen im Sommer auch genutzt, um die Räume zu kühlen. [5]

Wie müssen Bauherren und Eigentümer die erneuerbaren Energien nutzen?			
Anforderungen Erneuerbare Energie	Wie wird sie gemäß dem erneuerten Wärmegesetz 2011 genutzt?	Deckungsrate Wärme- und Kälteenergiebedarf	
		Neubau	Grundlegend renovierte öffentliche Gebäude
Solarenergie	Solarthermischen Anlagen mit Flüssigkeiten als Wärmeträger mit dem europäischen Prüfzeichen „Solar Keymark“ zertifiziert.	Alle Neubauten 15 % ----- Kleine Wohnhäuser 0,04 m ² / Nutzfläche -----	mindestens 15 %
	Als Ersatzmaßnahme nur wenn solarthermische Anlagen mit einer Fläche von mindestens 0,06 m ² / m ² Nutzfläche.	Große Wohnhäuser 0,03 m ² / Nutzfläche	
Biogas	Neubau: in Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen. Bestand: in KWK-Anlagen oder in Heizkesseln der besten verfügbaren Technik, nutzen.	mindestens 30 %	mindestens 25 %
Flüssige Biomasse	Nachhaltig erzeugtes Bioöl in Heizkesseln nutzen, der der besten verfügbaren Technik entspricht.	mindestens 50 %	mindestens 15 %
Feste Biomasse	Effiziente Heizungs- und Warmwasseranlagen nutzen, deren Umwandlungswirkungsgrad bestimmte Werte erreicht. Effiziente Biomassekessel oder automatisch beschickten Biomasseofen mit Wasser als Wärmeträger nutzen.	mindestens 50 %	mindestens 15 %
Geothermie und Umweltwärme	Effiziente Wärmepumpen mit nachvollziehbarem Betrieb und Prüfzeichen: Umweltzeichen „Euroblume“, „Blauer Engel“ oder European Quality Label for Heat Pumps“.	mindestens 50 %	mindestens 15 %
Erneuerbare Kälte	Die Kälte muss der Raumkühlung dienen und der Endenergieverbrauch für ihre Erzeugung, Rückkühlung und Verteilung muss nach der besten verfügbaren Technik gesenkt werden. Die Kälte muss auch technisch nutzbar gemacht werden: - entweder direkt aus der Erde, Grundwasser, Oberflächenwasser, - oder indirekt aus Wärme, die ihrerseits aus anerkannten erneuerbaren Energien entstammt.	Direkte Kälteerzeugung aus EE - Anteil wie oben. ----- Kälte indirekt durch Wärmezufuhr, Anteil wie Wärmeerzeugung aus Energieträger. ----- Kälte direkt durch Geothermie oder Umweltwärme - mindestens 50 %	mindestens 15 %

Tabelle 2 Nutzung erneuerbarer Energie nach WWärmG 2011 [5]

2.3.3 Energieeffizienz über GA

Als Zentrum eines Techniksystems der Gebäude spielt die Gebäudeautomation für die effiziente Energienutzung eine wichtige Rolle. Eine richtig ausgelegte Gebäudeautomation und ein darauf basierendes Gebäudemanagement tragen zur effizienten Energienutzung in den Gebäuden bei.

EN 15232

Die Norm EN 15232 „Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden - Auswirkung der Gebäudeautomation“ wurde im Juli 2007 erstellt. Sie stellt die Methoden zur Einschätzung des Einflusses einer GA auf den Energieverbrauch in Gebäuden vor. Dazu wird die GA-Funktion in vier Energieeffizienzklassen(A-D) eingeteilt. Die Klasse D schließt nichtenergieeffiziente Systeme ein. Mit diesem GA-System der Klasse D müssen alte Gebäude modernisiert werden und neuere Gebäude dürfen nicht mit solchen Systemen erstellt werden. Die Klasse C erreicht den Standardzustand. Die Klasse B entspricht erweiterten Systemen. Schließlich steht die Klasse A für besonders effiziente Systeme.

Für unterschiedliche Gebäudetypen enthält die Norm auch gemäße Methoden zur Ermittlung der Energieeffizienz (siehe Tabelle 3). Das trägt zu klaren Festlegungen für die Effizienzklasse bei. Beispielweise kann die Energieeffizienzklasse eines Projekts mit Hilfe des Programms „Gebäude-IQ“ von Prof. Michael Krödel bestimmt werden. Danach werden als Ergebnis automatisch die Maßnahmen zur Verbesserung entstehen. Gleichzeitig wird die daraus folgende Reduzierung des Energiebedarfs auch ermittelt. In der Abbildung 7 ist das Ergebnis am Beispiel des Projektes Leipzig-Forschungszentrum dargestellt, das Standard-Klasse C bleibt. Mit der vorgeschlagenen Maßnahme des Programms kann die Energieeffizienzklasse B erreicht und 11% thermische und 2% elektrische Energie eingespart werden. Nach den Energieeffizienzklassen können die Planer und Auftraggeber einfach eine zielgerichtete GA-Funktionsart auswählen.

		Definition der Klassen							
		Wohngebäude				Nicht-Wohngebäude			
		D	C	B	A	D	C	B	A
AUTOMATISCHE STEUERUNG UND REGELUNG									
REGELUNG DES HEIZBETRIEBS									
Regelung der Übergabe									
	<i>Die Regeleinrichtung wird auf der Übergabe- oder Raumebene installiert; im Fall 1 kann eine Einrichtung mehrere Räume regeln</i>								
0	Keine automatische Regelung								
1	Zentrale automatische Regelung								
2	Automatische Einzelraumregelung mit Hilfe von Thermostatventilen oder durch elektronische Regeleinrichtungen								
3	Einzelraumregelung mit Kommunikation zwischen den Regeleinrichtungen und GAs								
4	Integrierte Einzelraumregelung einschließlich bedarfsgeführter Regelung (durch Nutzung, Luftqualität usw.)								
Regelung der Warmwassertemperatur im Verteilungsnetz (Vor- oder Rücklauf)									
	<i>Vergleichbare Funktionen können auf die Regelung von Netzen für die elektrische Direktheizung angewendet werden</i>								
0	Keine automatische Regelung								
1	Witterungsgeführte Regelung								
2	Regelung der Innentemperatur								
Regelung der Umwälzpumpen									
	<i>Die geregelten Pumpen können im Netz auf unterschiedlichen Ebenen installiert werden</i>								
0	Keine Regelung								
1	Ein- / Aus- Regelung								
2	Regelung der variablen Pumpendrehzahl nach konstantem Δp								
3	Regelung der variablen Pumpendrehzahl nach proportionalem Δp								
Regelung der Übergabe und/oder der Verteilung bei intermittierendem Betrieb									
	<i>Eine Regeleinrichtung kann verschiedene Räume/Zonen regeln, die die gleichen Belegungsmuster aufweisen</i>								
0	Keine automatische Regelung								
1	Automatische Regelung mit feststehendem Zeitprogramm								
2	Automatische Regelung mit optimiertem Ein-/Ausschalten								
Regelung der Erzeuger									
0	Konstante Temperatur								
1	Von der Außentemperatur abhängige variable Temperatur								
2	Von der Last abhängige variable Temperatur								
Betriebsabfolge der verschiedenen Erzeuger									
0	Prioritätensetzung ausschließlich auf der Last beruhend								
1	Prioritätensetzung auf der Last und der Erzeugerleistung beruhend								
2	Prioritätensetzung auf dem Erzeugernutzungsgrad beruhend (weitere Normen überprüfen)								

Tabelle 3 Definition der Energieeffizienzklassen nach EN15232 [6]

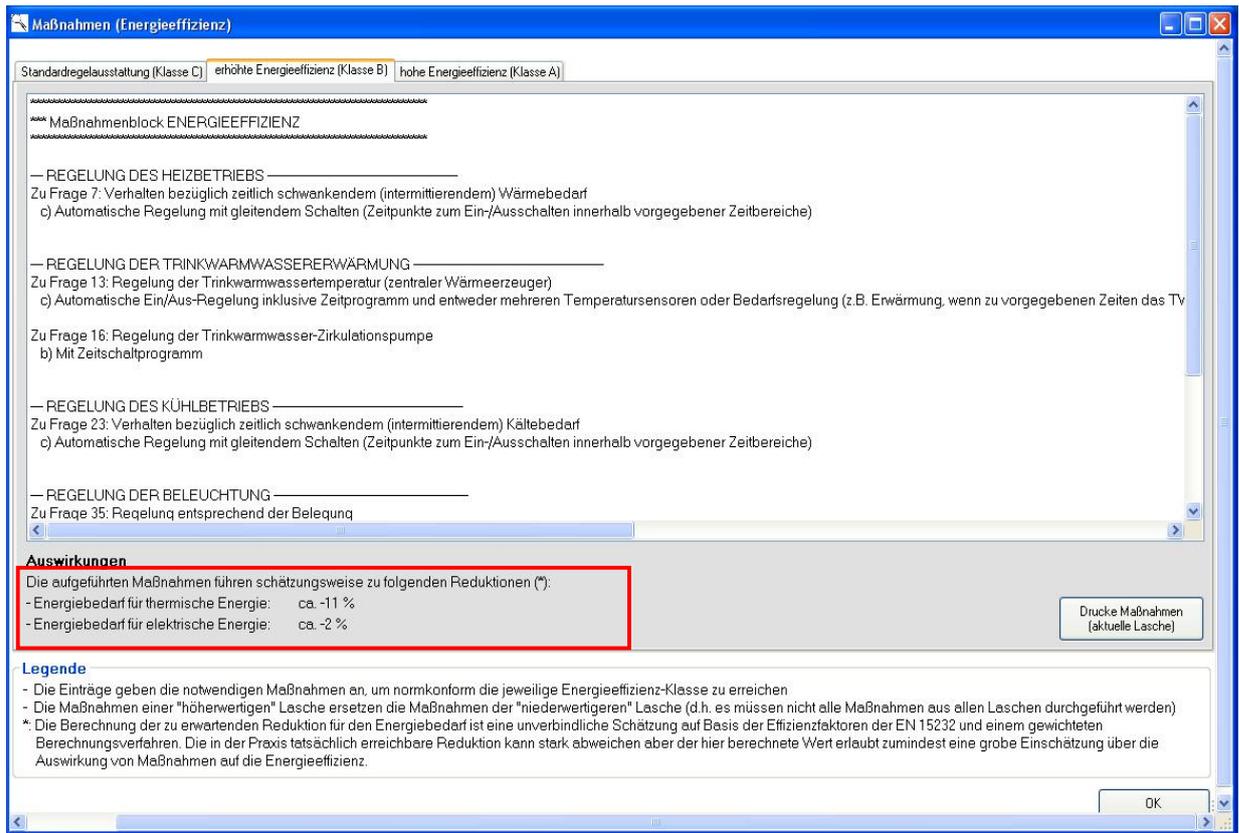


Abbildung 7 Maßnahme für Verbesserung und eingesparte Energie im Programm IQ-Gebäude

3. Umsetzungsvorschlag zur ganzheitlichen Vor- und Entwurfsplanung für energieeffiziente Gebäude

Mehr und mehr intelligente Lösungen werden für die Gebäudetechnik mit hoher Energieeffizienz bei praktischen Möglichkeiten verlangt. Dagegen ist die Richtlinie für die effiziente Energienutzung noch nicht ausgereift, wie bereits in Kapitel 2.1 geschrieben wurde, ist die Planung nach den Normen HOAI selten über das Thema Energiebereich erfasst. Mit der neuen Richtlinie EnEV kann die „Hardware“ wie Betriebe, Anlage, Baumittel im Energiebereich richtig bewertet werden, aber bei der „Software“ sowie eine energieeffiziente Kombination der Anlagen, Steuerungsprogramm, ein Energiesparhandbuch für die Nutzer nicht. Jedes komplexe Techniksystem ist unterschiedlich hinsichtlich des geeigneten Zustandes des Projekts, deshalb ist es schwer, alle Situationen der Kombination der Steuerungen detailliert und genau im Energiebereich nach Richtlinien zu bewerten.

Wenn nach dem Bauen das Techniksystem nicht energieeffizient ist, ist es schwer, nur mit Normen zu entscheiden, wer welchen Fehler zu welchem Anteil zu verantworten hat, weil die Zusammenhänge zu komplex sind. [7] Jeder Planer ist für seinen eigenen Fachbereich verantwortlich, aber alle und niemand sind/ist für Energieeffizienz verantwortlich. Zur Beurteilung der Energienutzung soll ein neutraler Dritter als Energiemanager dafür sorgen. Die Aufgabe des Energiemanagers ist:

1. In der Vorplanung diskutiert er mit Bauherren, Architekt und Fachplaner, um eine optimale Maßnahme für das Energieeffizienzgebäude zu finden.
2. Er schätzt durch die Energieanalysemethode in der Entwurfsplanung die Energienutzung ein und gibt dazu Vorschläge.
3. Wenn die Abnahme der Funktion bei den Leistungsphasen 7 und 8 erfolgt, soll er prüfen, ob Probleme der effizienten Energienutzung die Abnahme beeinflussen könnten.
4. Er überwacht durch Begehung das Bauen, ob alle Geräte und Software richtig eingestellt sind.
5. Er erarbeitet ein Handbuch über effiziente Energienutzung für die Nutzer.

3.1 Energieanalysemethode

Um die in der Vor- und Entwurfsplanung geplante Energienutzung einzuschätzen, soll nicht nur die Energiequelle beachtet, sondern auch das Techniksystem analysiert werden, ob eine Planung wirklich Energie einsparen kann. Dieses Ziel ist mit der Methode „Funktionsstrukturanalyse“ zu erreichen, die eine höhere Verknüpfung von isoliert ablaufenden Prozessen darstellt. Diese Methode wurde von Prof. Dr.Ing. habil. Müller an der Hochschule Wismar im Jahr 1996 auf der Basis des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik entwickelt.

„Der erste Hauptsatz der Thermodynamik ist aus dem Satz der Energieerhaltung abgeleitet: Jedes System besitzt eine innere Energie U (= extensive Zustandsgröße). Diese kann sich nur durch den Transport von Energie in Form von Arbeit W und/oder Wärme Q über die Grenze des Systems ändern, das heißt:

$$dU = \delta Q + \delta W \quad [4]$$

Mit Hilfe des ersten Hauptsatzes der Thermodynamik werden die Energieströme bilanziert. Die innere Energieumwandlung im Bilanzraum wird nicht beachtet. Nur die Eingangs- und Ausgangsenergiegrößen sind wichtig.

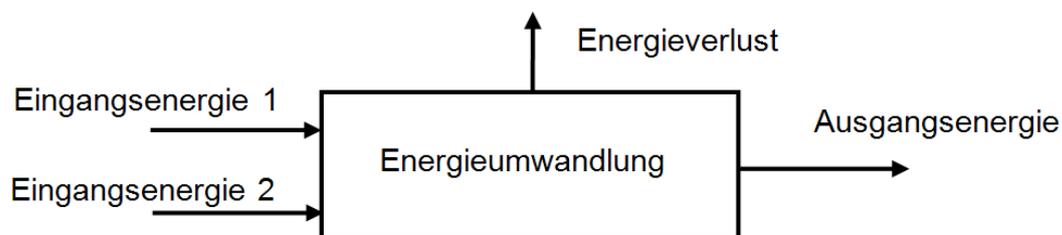


Abbildung 8 Prinzip der Funktionsstrukturanalyse

3.2 Grundmodelle der Funktionsstrukturanalyse

Die Abbildung 9 zeigt das Grundmodell der Funktionsstruktur. Im Bilanzraum wird die Einsatzenergie in Zielenergien umgewandelt. Die Funktion wird durch einen Kasten repräsentiert. Die Energieform wird durch 3 Schienen für Kraft, Wärme und Kälte vereinfacht. Das Symbol „e“ steht für Exergiegehalt der jeweiligen Energie. Das Verknüpfen erfolgt nur über die Ein- und Ausgangsgröße. Beispielweise wird bei Kühlung der Umgebung die Niedertemperaturwärme Q_K entzogen und als Fortwärme Q_F an die Umgebung abgegeben.

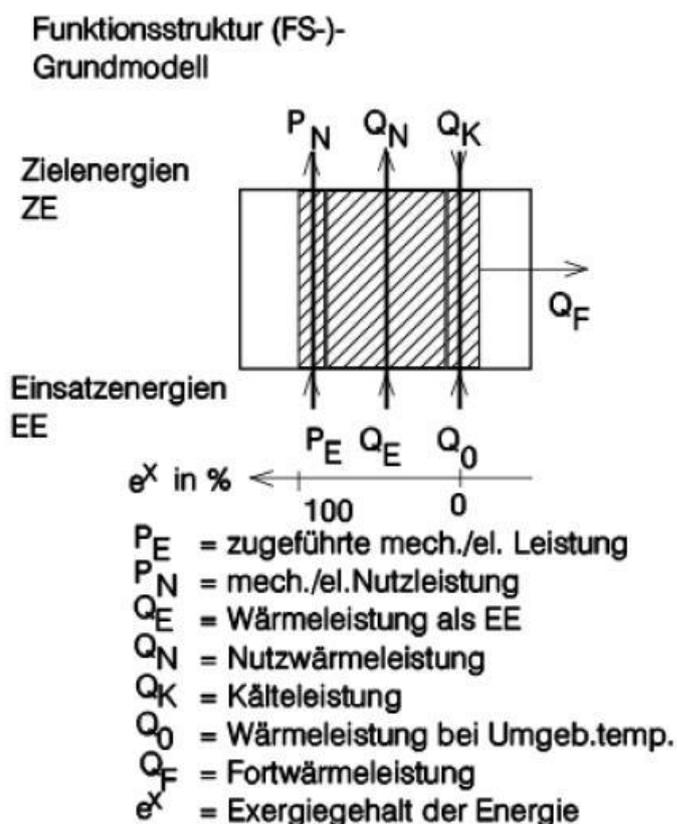


Abbildung 9 Funktionsstruktur – Grundmodell [8]

3.3 Grundstrukturierung am Beispiel Projekt Leipzig

In der Abbildung 10 wird ein Beispiel für ein FS- Modell vorgestellt. Das ganze Projekt Leipzig steht für einen Bilanzraum. Die Einsatzenergie des Raums sind Strom und Fernwärme und Kälteenergie und die Zielenergie ist Wärme und Kälte. Bei der Umwandlung der Energie geht gleichzeitig auch ein Anteil von Energie verloren. Dank des FS-Modells wird der Energiefluss vereinfacht, damit die Energieeffizienz sichtbar analysiert werden kann.

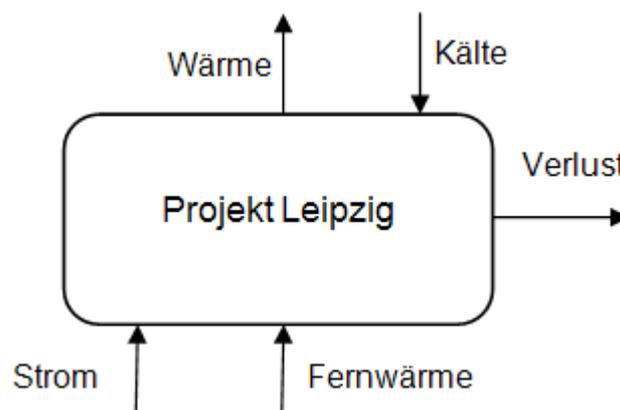


Abbildung 10 FS-Modell Beispiel am Projekt: Uniklinik, Leipzig, Forschungszentrum
Gebäudeautomation 2.BA

3.4 Notwendige Kommunikationsschritte zwischen Planer und Auftraggeber

Über 70% der Teilnehmer an der Umfrage zur Optimierung des Baurechts finden, dass die Projektorganisation den höchsten Veränderungsbedarf hat (vgl. Abbildung 11). Die Organisation ist abhängig von der richtigen Auswahl des Projektteams und der Kommunikation, dem Informationsmanagement für das Projekt, das in der „älteren“ Richtlinien VOB beschrieben ist. [9]

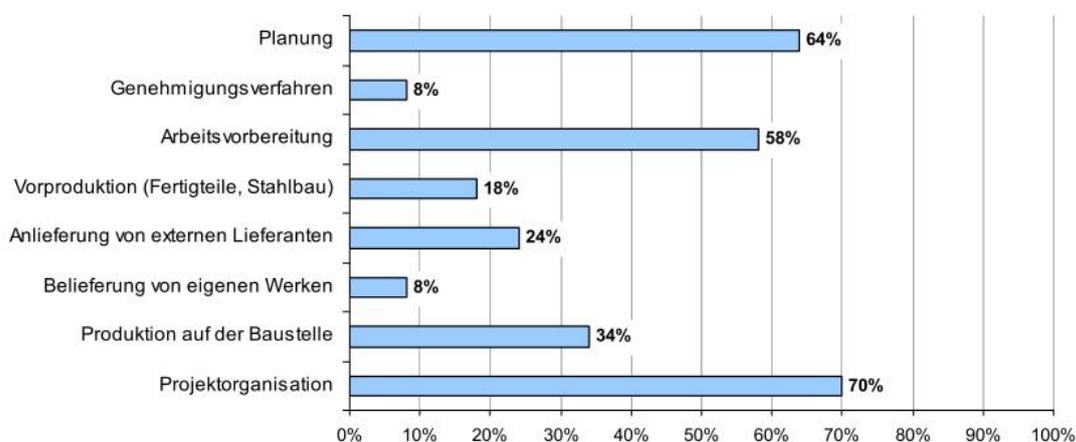


Abbildung 11 Projektphasen, die in Zukunft effizienter umgesetzt werden sollen [9]

Nur wenn die Kommunikation zwischen den Planern und dem Bauherren gut ist, kann der Bauherr das bekommen, was er sich vorgestellt hat und dass der Planer das leistet, was der Bauherr wünscht. Beim zurzeit großen Projekt sind die fachlichen Gedanken komplex, der Kommunikationsweg aber soll einfach, klar, flexibel und logisch formuliert werden. Die Kommunikationswege soll einerseits durch einfache, deutliche Diagramm wie Funktionsstrukturanalyse unterstützt werden als auch durch richtige Kommunikationsschritte.

Kommunikationsschritt

In der Abbildung 13 ist der heutige Ablauf der Planung dargestellt. Die Information wird vom Bauherrn auf andere übertragen. Die Architektur hat normalerweise Vorrang. Die Planung für die Gebäudeautomation wird nach der Aufgabe der thermischen Planung erarbeitet. Solches Übertragen ist wirklich die einfachste und schnellste Maßnahme zur Zustimmung einer Planung, aber es geht oft zu Lasten des Energieverbrauchs, weil die benötigte Kommunikation zwischen dem Bauherrn und den unterschiedlichen Fachplanern fehlt. Nach meiner Meinung sollen vom Anfang der Planung an alle Beteiligten zusammensitzen, wie in der Abbildung 12 dargestellt, um die unterschiedlichen Meinungen von Bauherren, Fachplanern und Architekten zusammen zu diskutieren und schließlich eine optimale Planung zu finden, obwohl viel Zeit und Personal dafür zu verwenden sind. Eine gute Vor- und Entwurfsplanung entscheidet über das ganze Projekt.

Bei der Abbildung 13 wird nach der Ausführungsplanung die effiziente Energienutzung der Planung nach EnEV geprüft. Falls sie nicht die Anforderungen der Richtlinien EnEV erreichen kann, soll die ganze Planung wiederholen werden. Zur Reduzierung der Arbeit kann die Prüfung für Energienutzung vorzeitig nach der Entwurfsplanung durchgeführt werden. (Abbildung 12)

Wie vorher schon geschrieben, wird ein neutraler Dritter als Energiemanager gebraucht, um die Planung zu überwachen und die Schnittstellen zwischen allen Beteiligten zu klären. Er ist verantwortlich für die zukünftige Energienutzung in der Planung und beim Bauen, deshalb soll er jede Abnahme der Funktion überwachen. Die Veränderung der Funktion in der Planung beim Auftragnehmer könnte das Energiesparsystem beeinflussen. Die Aussage des Energiemanagers ist für die Nutzer auch sehr wichtig, um das komplexe Energieeffizienzprinzip klar und deutlich zu erklären.

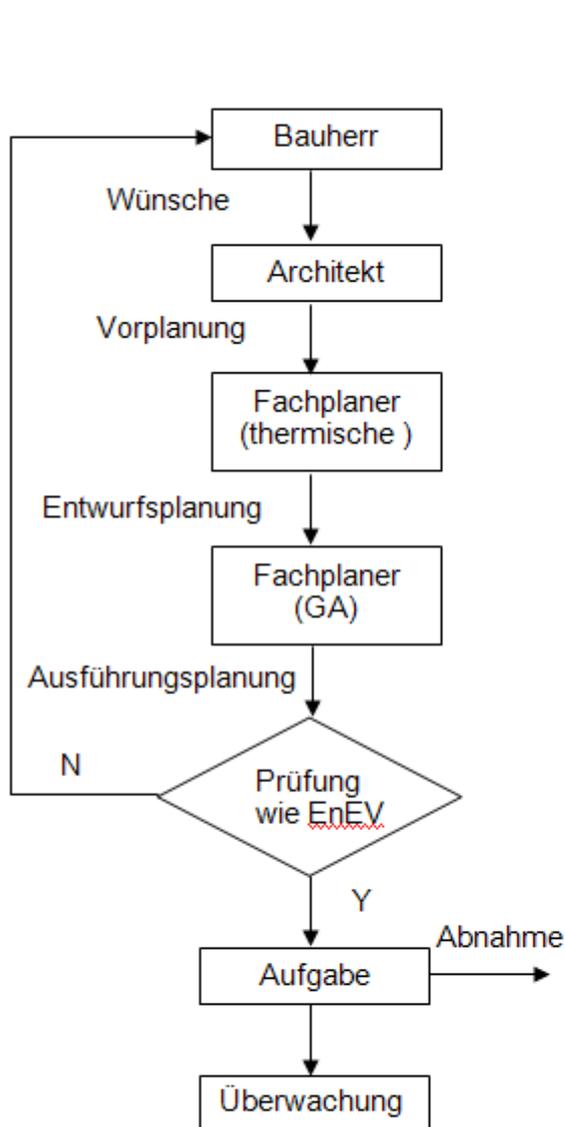
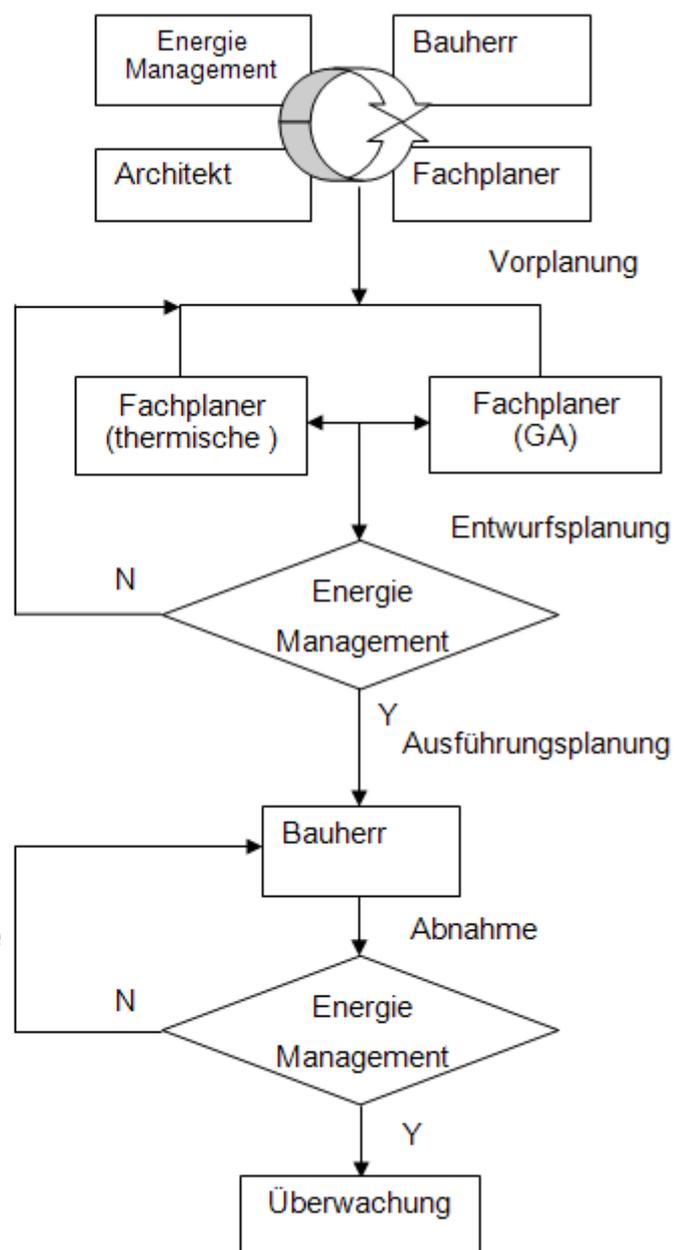


Abbildung 12 derzeitiger Verlauf der Planung

Abbildung 13 Optimaler Verlauf der Planung
für energieeffiziente Gebäude

4. Beispiel Projekt Forschungszentrum Leipzig

4.1 Allgemeinbeschreibung

4.1.1 Lage

Das Forschungszentrum befindet sich im Zentrum des Südostens der Stadt Leipzig und wird einerseits durch die Liebigstraße im Süden und andererseits durch die Stephanstraße im Westen eingefasst. Die nördliche Grenze bildet der Brüderweg. Die vier Gebäudeflügel umschließen einen Innenhof.

4.1.2 Bauabschnittseinteilung

Dem 1. Bauabschnitt werden zugeordnet:

- Südflügel einschließlich des neuen Haupteinganges an der Liebigstraße
- Ostflügel mit dem Hörsaalbereich und dem Rechenzentrum

Der 2. Bauabschnitt sieht die Sanierung folgender Bereiche vor:

- Westflügel an der Stephanstraße
- Nordflügel am Brüderweg

Inhalt dieses Beispiels ist nur der 2. Bauabschnitt.

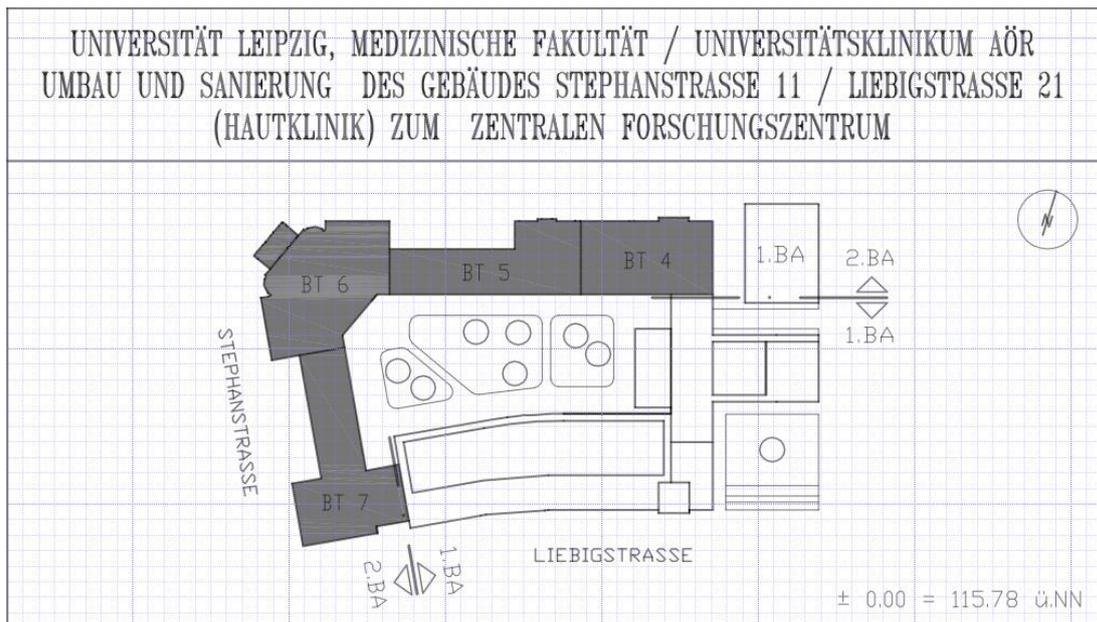


Abbildung 14 Bauabschnittseinteilung am Projekt Leipzig [10]

4.1.3 Bestandsgebäude

Die damalige Hautklinik wurde in einem Zeitraum von 1889 bis 1930 errichtet und bisher mehrmals umgebaut und saniert. Das Gebäude steht unter Denkmalschutz. Es wird zum Zentralen Forschungszentrum umgebaut.

Die baugeschichtlich älteren Gebäudeteile des West- und Nordflügels wurden als Mauerwerksbau errichtet. Durch mehrfachen Umbau bzw. durch Sanierungen sind teilweise auch Stahlbetonbauelemente vorhanden.

Die Raumdecken bestehen grundlegend aus zwischen Stahlträgern gewölbten Ziegeldecken mit geringer Tragfähigkeit. In den Fluren befindet sich Kreuzgewölbe, zum Teil wurden Stahlbetondecken angetroffen.

Zum inneren Ausbau gehören 3 Treppenhäuser. Dazu gehört ein im Zug der Baumaßnahmen abgebrochenes Treppenhaus im Westflügel. Ein anderes

Treppenhaus mit 2 Freitreppen, Roßbachsches Treppenhaus genannt, ist sehr repräsentativ. Dieses Treppenhaus wurde bereits saniert und rekonstruiert. Es steht unter Denkmalschutz und darf während der Arbeiten nicht beschädigt werden.



Abbildung 15 Gebäudeaussicht [11]

4.1.4 Aufgabe der Bauweise

Alle nichttragenden 11,5er Wände aus Mauerwerk und das Dach sollen zurückgebaut werden. Außerdem sollen die Querwände einschließlich der Fenster abgebrochen und neu errichtet werden. Die Fassade wird unter Beachtung denkmalpflegerischer Gesichtspunkte instandgesetzt. Das oberste Geschoss erhält eine Keramik-Fassadenbekleidung und wird als Technikgeschoss genutzt. Die Nutzung der Räume wird geändert:

- Strahlentherapie und zugehörige Bettenzimmer
- Laborbereiche
- Komplextierhaltung

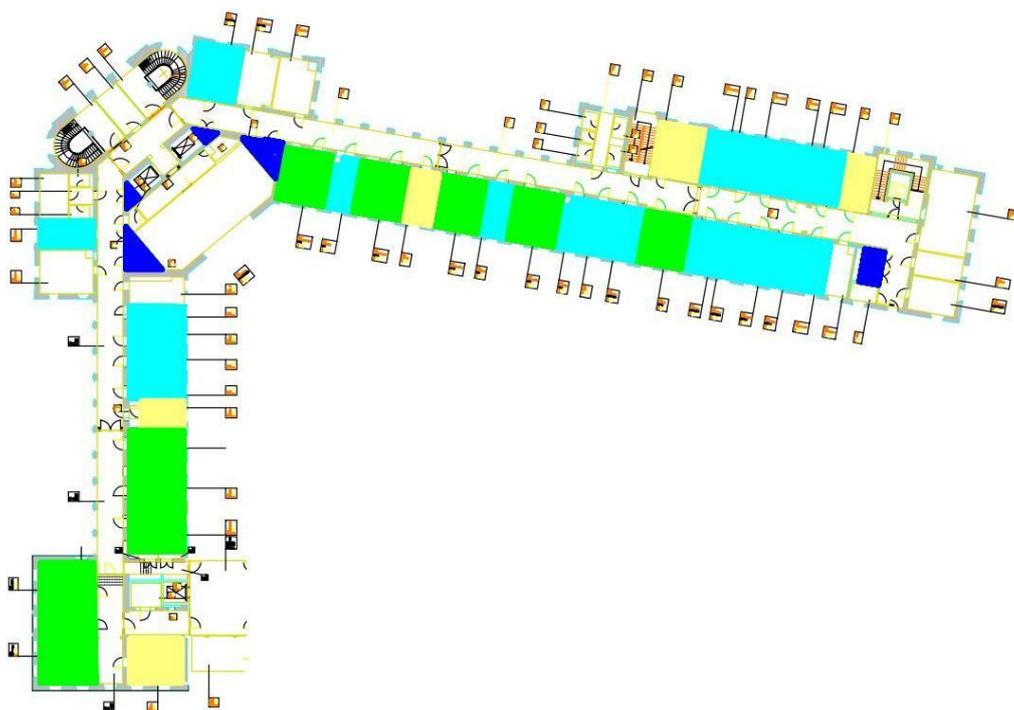
- Bürräume
- Technikbereiche

Die Haustechnik wird komplett entkernt und nach den neuern Anforderungen der Nutzung errichtet.

4.2 Raumanforderungen entsprechend Normen und Richtlinien

Im Forschungszentrum befinden sich zum größten Teil Laborräume, Strahlentherapiezimmer, Büroräume, Technikräume, Tierhaltung und dazu gehörende Nebenräume. Soweit die Verteilung der Zimmer entsprechend den Anforderungen sinnvoll ist, gelten für die typischen Anwendungsbereiche die nachfolgenden Anforderungen.

Beispielweise stellt die Abbildung 16 die Verteilung der Räume auf der Ebene 3 nach der Raumfunktion vor.



Gelb: Büroräume,
Weiß: Nebenräume,

hell Blau: Chemielabore,
Dunkelblau: Technikraum

Grün: Normallabore,

Abbildung 16 Verteilung der Räume auf Ebene 3 nach Raumfunktion

4.2.1 Büro und Bettenzimmer

In jeder Etage gibt es einige Büros wie die Sekretariatsräume und Diensträume. Die minimale operative Temperatur für Büros nach DIN EN ISO 7730 ist 21°C. „Die Raumtemperatur in Arbeitsräumen soll + 26 °C nicht überschreiten; Arbeitsräume mit Hitzearbeitsplätzen sind ausgenommen.“ [12]

„In Büroräumen ist die freie Lüftung in der Regel ausreichend, wenn die Belegung des Raumes mit einer oder nur mit wenigen Personen gegeben ist.“ [13]

Die Bettenzimmer, die sich meistens in der 0 oder 1 Ebene (Nord) befinden, sind auch für eine oder nur wenige Personen vorgesehen. Mit einem ähnlichen Konzept kann man voraussetzen, dass die Bettenzimmer die gleichen Temperatur- und Luftbedingungen wie die Büros haben.

4.2.2 Standardlabore

Die Laborgruppe, die meistens in der 2. und 3. Etage liegt, spielt eine große Rolle im Forschungszentrum. Zum Schutz der Arbeiter und der Umwelt sind die komplizierten Raumbedingungen für die Laborräume anspruchsvoll. Deshalb soll die Auslegung der Labore strengen Richtlinien und Vorschriften entsprechen. Beispielweise wird auf die DIN 1946, Teil 7 – Raumluftechnik in Laboratorien verwiesen. Diese beschreibt genauso wie im AMEV, wenn in Laboratorien mit gesundheits-gefährdenden Stoffen im Sinne der jeweils gültigen Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe, bei hoher Wärmeentwicklung oder mit übelriechenden Stoffen gearbeitet wird, sind RLT-Anlagen erforderlich. [13]

Die erforderlichen Luftmengen werden entsprechend der DIN 1946, Teil 7 mit Kategorie II (EN 15251) von 25 m³/h m² NF ermittelt. Im Laborraum soll ein ständiger Unterdruck gewährleistet sein, damit die Nachströmung über die Flure vor den Laborräumen erfolgt.

Der Temperaturbereich vom Labor ist bestimmt, der nicht überschritten und unterschritten werden soll.

4.2.3 Chemielabor(S2)

Die Chemielabore werden besonders beobachtet. Nach DIN 1946, Blatt 7 erfordert der Umgang mit toxischen und chemischen Geräten sowie Gasen und wärmeentwickelnden Geräten zwingend Luftanlagen. In solchen Laboren ist zusätzlich eine Abluft-Anlage mit einem Sicherheitsschalter und einem prozessunabhängigen Handschalter notwendig. Digistorien ist ein wichtiger Bestandteil des Labors und dient zur Sicherheit der Arbeit und dem Schutz des Experiments. Die Abluft wird direkt über das Dach ins Freie geführt.

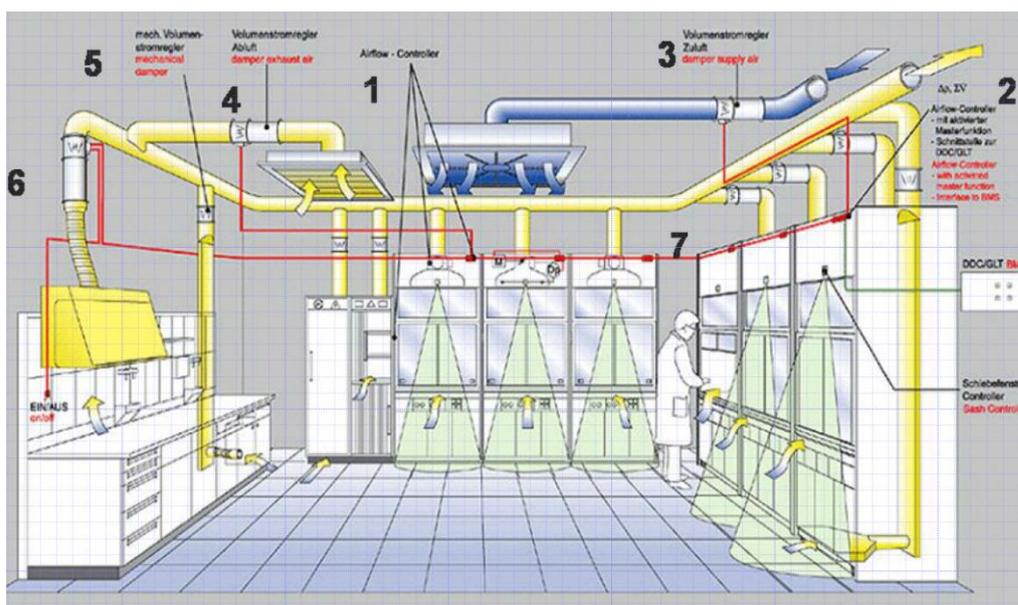


Abbildung 17 Digistorien in Chemielaboren [14]

Der Temperaturbereich vom Labor ist bestimmt, der nicht überschritten und unterschritten werden soll. Die Kühlschrankräume als Nebenräume haben immer besonders hohe Kühllasten.

4.2.4 Tierhaltung und Infektionstierhaltung

Für die Tierhaltung sollen das Tierschutzgesetz und die ETS 123 (EU Haltungsempfehlung) beachtet werden. Die Tierraumtemperatur soll zwischen 20 und 24 °C liegen. Die relative Luftfeuchtigkeit soll zwischen 45 und 65% liegen. Grundsätzlich sollte in Tierhaltungsräumen ein zehnfacher Luftwechsel pro Stunde nicht unterschritten werden. Dies entspricht der EU-Haltungsempfehlung (ETS 123, 2006). In intensiv belegten Tierräumen kann eine höhere Luftwechselrate erforderlich sein, um Schadgase wie CO₂ und Ammoniak ausreichend schnell abzuführen. Dies entspricht dann den sogenannten „Stinkarbeitsräumen“ der DIN 25423, für die 15 bis 20-fache Luftwechsel gefordert werden.

Zur Sicherung der Lebensumgebung für die Tiere sollen die Anlagen auf eine 100% Redundanz ausgelegt werden. Außerdem müssen die extremen klimatischen Bedingungen für die Auslegung der Anlage beachtet werden. Diese sind:

Außentemperatur im Winter: -25 °C Außenluftfeuchte im Sommer: 74kJ/kg
Luftwechsel: 15-faches Raumvolumen/Stunde. In den Tierhaltungsräumen soll ein ständiger Über- bzw. Unterdruck, je nach Anforderung, gewährleistet sein.

Die Nebenräume wie Schleusen- und Serviceräume haben die gleichen Bedingungen wie die der Tierhaltung.

4.2.5 Nebenräume

WC

In der Arbeitsstättenverordnung ASR 5 §6 wird für den Luftwechsel der WCs bestimmt, dass er nicht das 5-fache des Raumvolumen/h unterschreiten darf.

Waschraum

In den Waschräumen sind die Duschen mit warmem Wasser oder Badewannen installiert. Nach DIN 18228 "Gesundheitstechnische Anlagen in Industriebauten", Blatt 3 "Umkleide-, Reinigungs- und Sonderanlagen" Ausgabe Januar 1971 wird die Raumtemperatur der Waschräume mit + 24 °C bestimmt.

Umkleideraum

Die Mindestaußenluft im Umkleideraum soll entsprechend der EN15251 mit Kategorie II (Schadstoffarmes Gebäude) das 6-fache des Rauminhalts sein. „Um zu vermeiden, dass Wasser von Waschräumen mit Duschen in Umkleideräume gelangt, soll in Umkleideräumen ein höherer Druck als in Waschräumen herrschen.“[15]

Treppenhaus, Flur

„Die Raumtemperatur in Fluren und Treppenträumen, die Hitze arbeitsplätze mit Pausen-, Bereitschafts-, Liege- und Sanitäräumen verbinden, muss mindestens 18 °C betragen.“ [12] Zur Sicherheit ist eine Entrauchungsanlage in den Treppenträumen und Fluren notwendig.

4.3 Bestandsanalysen

4.3.1 Techniksystem

Im Bau werden Kühlungsanlagen, Lüftungsanlagen, Entrauchungsanlagen, Brandschutzmaßnahmen, Heizkessel (Öl), Puffer- und Trinkwasserspeicher- und Zentrale-Batterien eingesetzt, die durch Gebäudeautomationstechnik organisiert überwacht und kontrolliert werden.

Statische Heizung

Der Anschluss an das Fernwärmesystem im 1. BA wurde neu eingesetzt, um das zentrale Forschungsinstitut mit Wärme zu versorgen. Einerseits wird die dynamische Heizung (50/35°C) als Pumpenwarmwasseranlage gebaut und konstant betrieben. Andererseits wird die statische Heizung außenluftabhängig geregelt. Im Notfall läuft der Heizkessel, der im Keller steht.

- Warmwasserbereitung 2.BA 80kW
- statische Heizung 2.BA 512kW

Lüftungsanlage

Für die Lüftung aller Labore sind die in der obersten Etage stehenden Lüftungsanlagen verantwortlich, die sich einer Wärmerückgewinnung bedienen. Damit kann die Energie eingespeist werden und das entspricht den Energiesparrichtlinien. Die Ventilatoren der volumenstromvariablen Anlagen erhalten frequenzgesteuerte Motoren. Für jedes Labor werden die Einzelraumregler in Wandverteilerkästen eingebaut, um die Temperatur und Luftmenge zu kontrollieren sowie Störmelder. Der Datenaustausch zwischen den Automationsstationen der Einzelraumregler mit der übergeordneten Leitebene erfolgt über eine Busleitung. Zusätzlich steht die separate Nachkühlung zur Verfügung. Es gibt Möglichkeiten, durch die Temperaturfühler im Raum die Temperatur des Labors automatisch zu regulieren.

In der Tierhaltung werden Temperatur, Lüftungsbewegung, Feuchte, Öffnung der Tür und Rauch beobachtet. Zur Sicherung der Lebensumgebung der Tier, wird eine Doppel-Anlage einschließlich der Doppel-Lüftungsanlage eingesetzt. Wenn eine Anlage einmal nicht funktioniert, wird die andere eingeschaltet. Dafür ist die motorisch betriebene Lüftungsklappe der redundanten Lüftungsgeräte notwendig, da sonst bei Ausfall einer Lüftungsanlage der Luftstrom durch die defekte Lüftungsanlage nach außen entweicht. Außerdem müssen die Anlagen für extreme klimatische Bedingungen ausgelegt werden. Die Doppel-Lüftungsgeräte enthalten nicht nur Erhitzer, Kühler, sondern auch Befeuchter über Dampf-befeuchtung.

- Dynamische Erhitzer 2.BA Labore 429kW
- Dynamische Erhitzer 2.BA Tierhaltung 285kW
- Befeuchter 2.BA Tierhaltung 255kW
- Betrieb der Lüftungsanlage 2.BA 106kW

Zusatzanforderung Kühlen

Das Klimakaltwasser wird von der Energiezentrale im 1.BA erzeugt und ins UG geführt. Die Gruppen werden versorgt:

- RLT- Anlagen 2.BA 6/12°C 300kW
- Prozesskühlwasserversorgung 2.BA 14/24°C 151kW
- Fancoils 2.BA 10/16°C 170W

Im Tierhaltungsbereich stehen 3 Klimaanlage mit je 150kW zur Verfügung. Zur Notfallversorgung werden zwei der drei Kältemaschinen an die Notstromversorgung angeschlossen. Die andere läuft über Normalnetz. Der Bereich erhält noch einen Pufferspeicher, um die Laufzeit der Maschinen zu verlängern. Die Anlage braucht keinen Frostschutz, weil die Klimaanlage eine elektrische Verdampferheizung enthält.

Zur Kaltversorgung der Labore ist eine Umluftkühlanlage vorgesehen.

Zusatzanforderung Entrauchung

Als Entrauchungsanlage bietet sich eine Überdrucklüftung mittels rauchfreier Außenluft an, die üblicherweise am Fuß der Treppenräume über Ventilatoren eingeblasen wird und am Kopf der Treppenräume über geregelte Überdruckklappen ins Freie abströmt. Die verwendeten Anlagenkomponenten einer Überdrucklüftung müssen den vorzusehenden Anforderungen, z. B. an gesicherte Stromversorgung, Netzersatz, Funktionserhalt der Kabel u. ä., entsprechen. [13]

Mit der Entrauchungsanlage werden die innen liegenden Flure und das Treppenhaus entraucht. Die Entrauchungsluftmenge ist so ermittelt, dass jeweils ein Geschoss gleichzeitig entraucht werden muss. Es ist ein 10facher Luftwechsel geplant. Die Entrauchungskanäle und die Nachströmkanäle erhalten Entrauchungsklappen. Die Absaugung der Nachströmung für die Entrauchung am Dach ist geplant.

Gebäudeautomation

In der Managementebene stehen zentrale Automationsstationen (Siemens-Siclimat bzw. JCI-Metasys) zur Verfügung. Sie sind in den Schaltschränken integriert und übernehmen alle Regel-, Steuerungs-, Optimierungs- und Überwachungsaufgaben für die haustechnischen Anlagen.

Bei der Automationsebene sind 3 Informationsschwerpunkte für Raumluftanlage, Warmwasserbereitung, Netzcontroller aufzubauen. (siehe Abbildung 18) Dazu

verwendet man je Informationsschwerpunkt einen technikzentralen Schaltschrank, um die Haustechnik zu steuern, zu regeln sowie zu überwachen.

Die Feldebene umfasst alle Feldgeräte wie Aktoren, Sensoren, Feldbusmodule und auch alle Einzelraumregler (EZR). Die Einzelraumregler werden vor Ort in Wandverteilerkästen eingebaut. Die Störmeldungen aus der Labortechnik werden direkt über die EZR der Laborräume auf die Gebäudeautomation auf geschaltet.

Der Datenaustausch zwischen den Automationsstationen der Einzelregler und mit der übergeordneten Leitebene erfolgt über eine Busleitung.

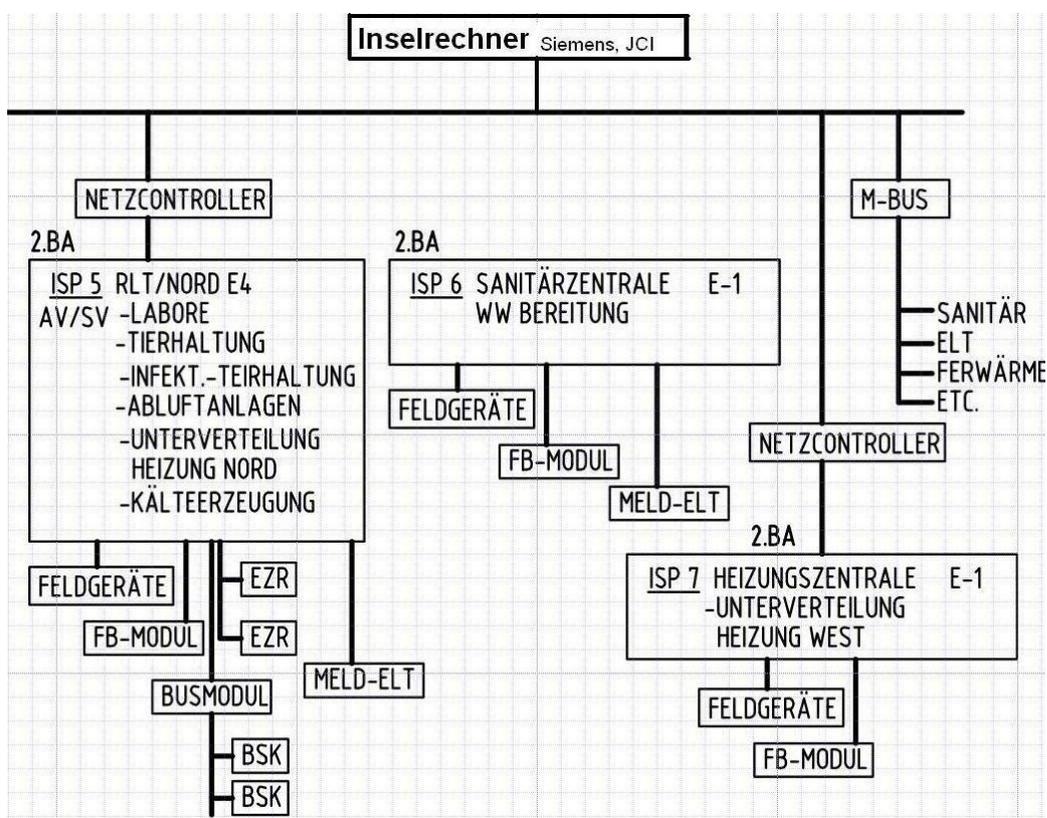


Abbildung 18 Gebäudeautomation-Struktur von Projekt Leipzig[16]

4.3.2 Energieflussanalyse

FS - Modell des Projekts

Die Abbildung 19 zeigt das FS – Modell des Projekts. Es wird im Modell die Lüftungsanlage für die Labore, die Kältemaschine und die Befeuchtungsanlage der Tierhaltung, Abluftanlage für Büroräume, Heiz- und Kältekörper und so weiter zusammengestellt. Zur Vereinfachung des Modells wird das Modell des Projekts in 3 Teile einteilt: Büroräume, Laborräume und Tierhaltung:

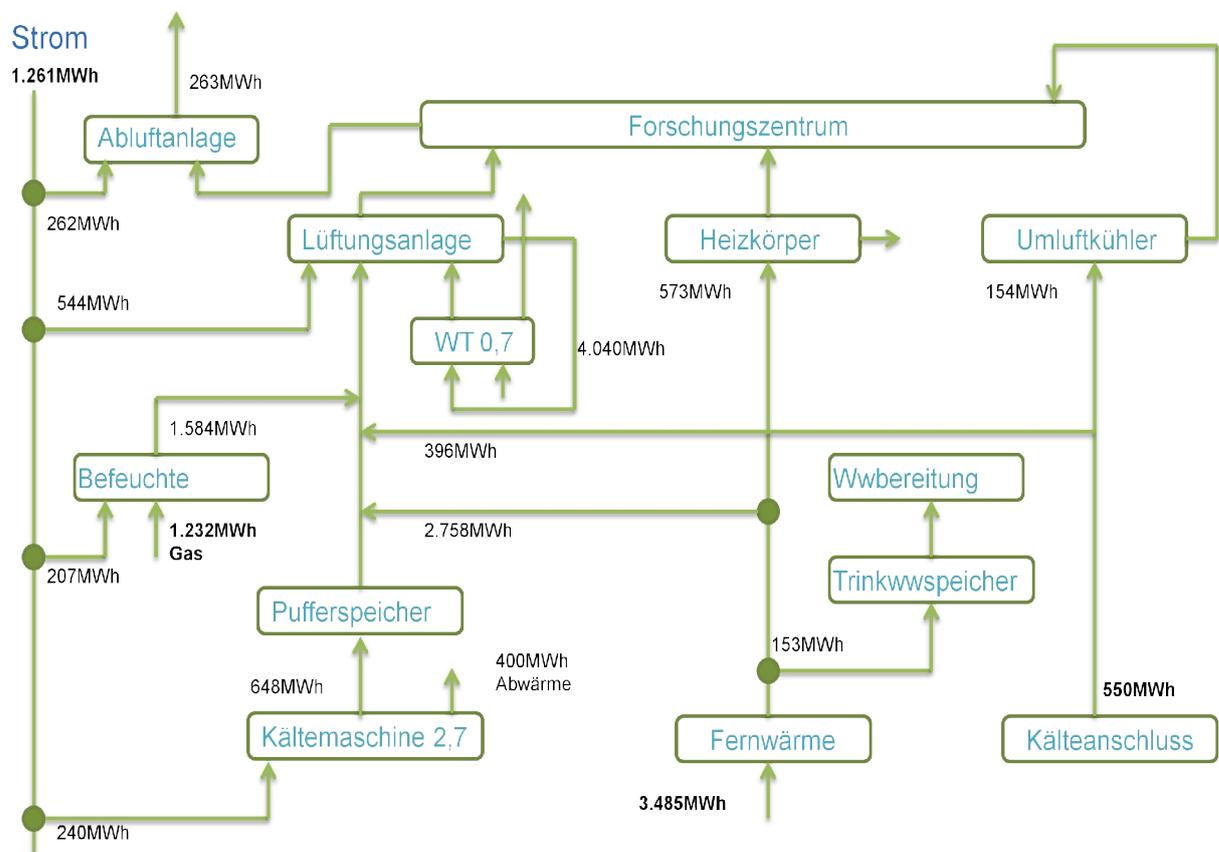


Abbildung 19 FS-Modell des Leipzig-Projekts

FS - Modell der Büroräume

Die Wärmeversorgung der Büroräume, Therapieräume und dazu gehörigen Nebenräume erfolgt über eine statische Heizung, die mit dem im 1. Bauabschnitt

erstellten Fernwärmeanschluss verbunden wird. Für die Wärmeverteilung stehen geregelte Pumpen zur Verfügung. Die Nebenräume, wie WC, Maschinenräume und Lager erhalten zusätzliche Abluftanlagen, um Schadstoffe zu entfernen. Sie laufen ständig und verbrauchen ca. 73.440kWh pro Jahr elektrische Energie.

Für Büroräume, Therapieräume und dazu gehörige Nebenräume ergeben sich:

- 73.440kWh elektrischer Energiebezug
- 156.800kWh Wärmebezug, Fernwärme

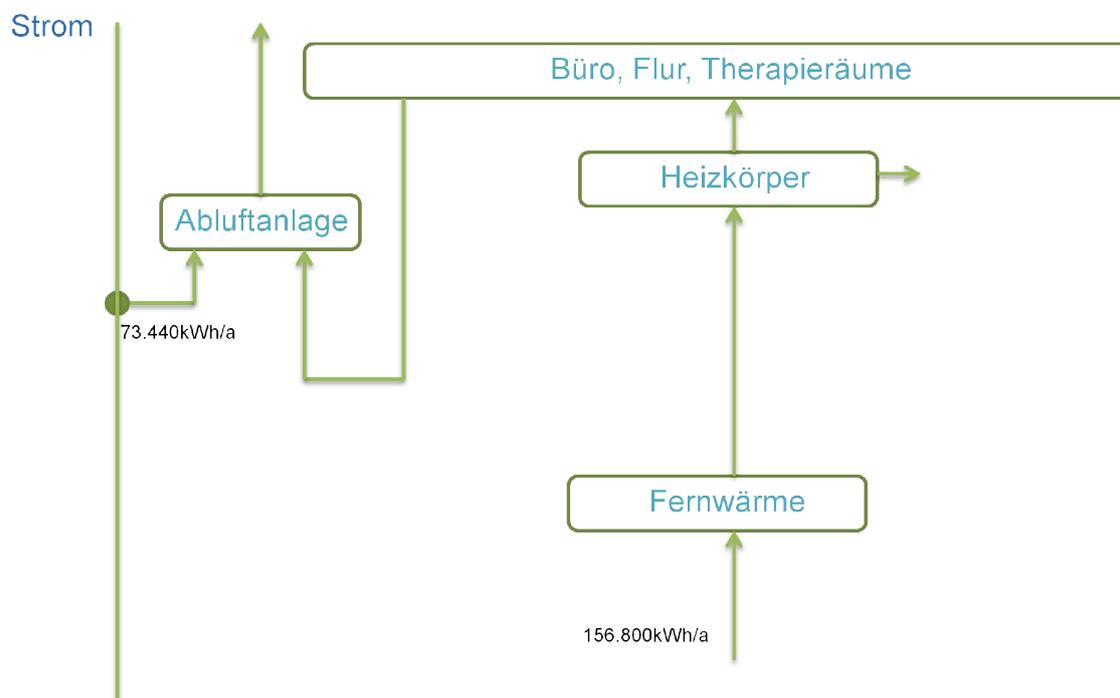


Abbildung 20 FS-Modell der Büroräume

FS - Modell der Laborräume

Erwärmung:

Der notwendige Wärmebedarf der Laborräume wird nur durch die Fernwärme gedeckt und die Wärme statisch über Heizkörper oder konvektiv über die zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnungsbauteil verteilt. Dank der

Wärmerückgewinnung werden 70% der Abwärme zurückgeführt, dadurch können ca. 1.000.000kWh Energie eingespart werden. Der Heizkessel ist von der Außentemperatur abhängig und einstellbar. Die Lüftungsanlage läuft ständig und enthält 2 Stufen (50% oder 100%), eine Stufe für die Arbeitszeit und die andere für die Ferienzeit.

Kühlung:

Die Versorgung mit Klimakaltwasser erfolgt zentral aus der im 1.BA erstellten Energie. Über Leitungen wird das Klimakaltwasser ins UG geführt und über die zentrale Lüftungsanlage und den dezentralen Umluftkühler verteilt. Der Umluftkühler ist von der Außentemperatur abhängig und einstellbar. Die zentrale Lüftungsanlage läuft ständig und enthält 2 Stufen (50% oder 100%), eine Stufe für die Arbeitszeit und die andere für die Ferienzeit.

Abluftanlage:

Das Chemielabor erfordert eine zusätzliche Anlage, um toxische und chemische Gase zu entfernen. Die Zuluft wird über Luftauslässe eingeblasen. Die Abluft wird je nach Bedarf über Laboreinrichtungen wie Digistoren abgesaugt. Der Zuluft- und Abluftvolumenstrom ist so abgestimmt, dass in den Laborräumen ein ständiger Unterdruck gewährleistet ist. Die Nachströmung erfolgt über Flure vor den Laborräumen. Die Abluftanlage für Chemielabore läuft immer und erhält 2 Stufen (50% oder 100%), eine Stufe für die Arbeitszeit und die andere für die Ferienzeit.

Für 58 Standardlabore und 29 Chemielabore ergeben sich:

- 416.240Kwh elektrischer Energiebezug
- 1.737.960kWh Wärmebezug, Fernwärme
- 550.800kWh Kälteenergie

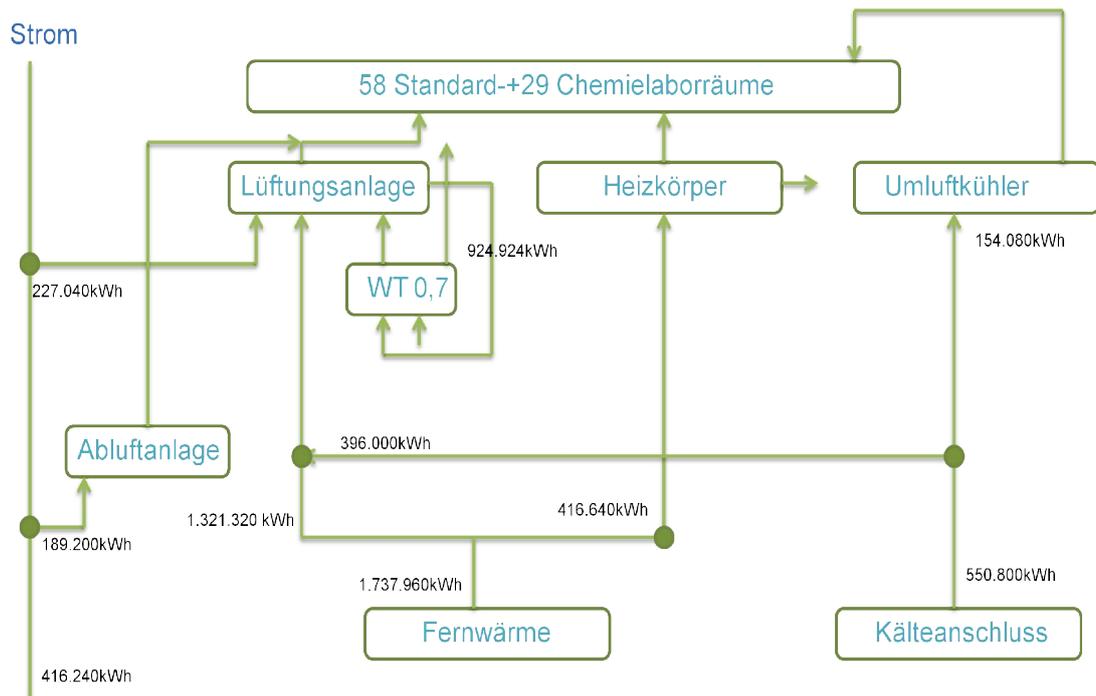


Abbildung 21 FS-Modell der Labore

FS - Modell der Tierhaltung

Die Wärmeversorgung erfolgt durch Fernwärme. Zwei auf dem Dach liegende Kältemaschinen je 150kW werden für die Kälteerzeugung genutzt. Ein Pufferspeicher zur Laufzeitverlängerung der Maschinen ist vorgesehen. Die Wärmeverteilung und Kühlverteilung erfolgt nur über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (70%). Die Volumenströme werden über druckabhängige elektrische Regler gesteuert. Die Lüftungsanlage mit dem Befeuchter läuft ständig.

Die Befeuchtung der Standardtierhaltung erfolgt aus einem Erdgas-Dampfbefeuchter und bei der Infektionstierhaltung aus einem elektrischen Dampfbefeuchter.

Für 25 Standard- und 6 Infektionstierhaltung ergeben sich:

- 556.800 kWh elektrischer Energiebezug
- 1.436.400 kWh Wärmebezug, Fernwärme
- 1.760.000 kWh Gas

Von den benötigten ca. 550.000kWh werden ca.544.000kWh als Abwärme aus den Kühlgeräten in die Umwelt abgeführt.

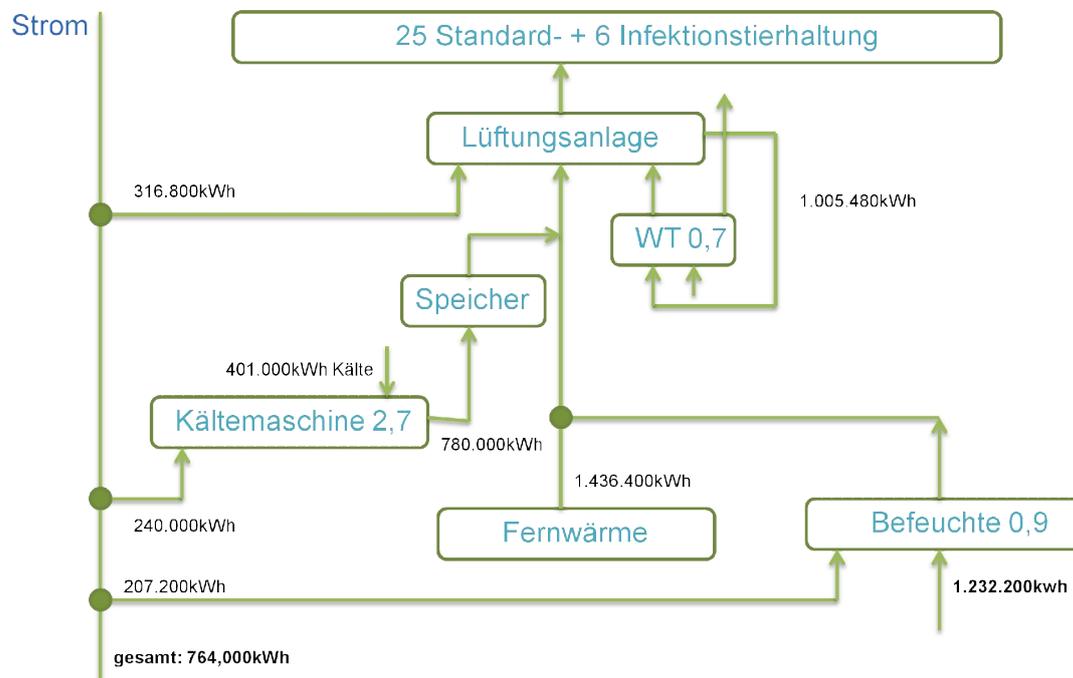


Abbildung 22: FS-Modell der Tierhaltung

Zusammenfassung

Für das ganze Objekt ergeben sich:

- 1.261MWh elektrischer Energiebezug
- 3.485MWh Wärmebezug, Fernwärme
- 505MWh Kälteanschluss
- 1.232MWh Gas

Die Ursachen für die übliche Energiemenge sind:

1. Die Abluftanlage der Nebenräume können nicht zentral kontrolliert werden. Diese laufen im Dauerbetrieb.
2. Die Umluftanlage vom Traforaum mit Kühlung ist nicht in das Energiekonzept eingebunden, die Abwärme wird ganz jährlich ins Freie entsorgt und die Geräte laufen immer.
3. Die Lüftungsanlage der Labore enthält 2 Stufen. Davon laufen die 50% Leistungsstufe und die dazu gehörenden Erhitzer und Kühler ständig.
4. Der Befeuchte der Tierhaltung ist grundsätzlich in Betrieb, wenn die dazugehörige Lüftungsanlage in Betrieb ist.
5. Die Abwärme der Klimaanlage ist nicht nutzbar.
6. Die Wärmeversorgung erfolgt durch Fernwärme. Die Energiequelle ist entfernt von den Nutzern, damit ist der Transportverlust groß.
7. In der Funktionsbeschreibung soll die Energieeffizienz als Schwerpunkt eingefügt werden.
8. In der Vorplanungsphase sollen die Auftraggeber ein Energieziel sowie Energieeffizienzhaus, Passivhaus mit Planer und Architekt vorschreiben.
9. Das Energiemanagement kann das geeignete Engineering ausführen und überwachen.

5. Verbesserungsmöglichkeiten. Varianten der Energieeffizienzsteigerungen für das Beispiel Projekt Leipzig

Der energieeffiziente Betrieb soll folgende Schwerpunkte beachten:

Richtige Verteilung der Energie nach Bedarf:

- Eine korrekte hydraulische Abstimmung der Anlage
- Richtige Sollwerteinstellung der Anlagen nach Bedarf, um die Raumkondition im Komfortbereich zu halten
- An die Nutzung angepasste Betriebszeit
- Ausschalten bei keinem Bedarf
- Nutzung der Abwärme (Kaskaden-Änderung der Wärmenutzung)

Minimierung der Erzeugungsverluste:

- Richtige Erzeugung der Energie nach Bedarf und Verfügbarkeit des Energieträgers
- Dezentrale Erzeugung
- Die Anlagen als komplexe Gesamtstruktur im Sinne niedriger Verlustströme vorschalten
- Energieverbrauch Überwachung durch visualisierte Zähler, Melder und so weiter
- Nutzung der erneuerbaren Energie und von effizienten Anlagen

5.1 Erzeugung

5.1.1 Blockheizkraftwerk (BHKW)

Blockheizkraftwerke können dezentral gleichzeitig Wärme und Strom erzeugen. Dadurch kann man die Abwärme der Stromerzeugung, die beim Großkraftwerk normalerweise verschwendet wird, zur Erwärmung nutzen. Dank der Abwärmenutzung spart das nicht nur 40% Primärenergie, sondern auch als Äquivalent CO₂-Emission.

Auslegung der BHKW nach Bedarf

Mit der Berechnung der jährlichen Zustandsenergiemenge kann die monatlich verbrauchte Energie nach VDI2067 ermittelt werden (Tabelle 4).

Monate	Anteil X	Wärmemenge pro Monat
Jan	17 %	487900 kWh
Feb	15 %	430500 kWh
Mär	13 %	373100 kWh
Apr	8 %	229600 kWh
Mai	4 %	114800 kWh
Jun	2 %	57400 kWh
Jul	1 %	28700 kWh
Aug	1 %	28700 kWh
Sep	3 %	86100 kWh
Okt	8 %	229600 kWh
Nov	12 %	344400 kWh
Dez	16 %	459200 kWh
Summe	100 %	2870000 kWh

Tabelle 4 Verteilung des monatlichen Energiebedarfs

In der Tabelle 5 ist ersichtlich, dass ab Mai der Wärmebedarf geringer ist. Deshalb werden die letzten Positionen, von 8 bis 12, nicht mit in die BHKW-Auslegung einbezogen.

Nr.	Betriebsstunden[h]	Stunden pro Monat	Leistungsbedarf[KW]	Monat
1	744	744	655,78	Jan
2	1416	672	640,63	Feb
3	2160	744	617,20	Dez
4	2904	744	501,48	Mär
5	3624	720	478,33	Nov
6	4344	720	318,89	Apr
7	5088	744	308,60	Okt
8	5832	744	154,30	Mai
9	6552	720	119,58	Sep
10	7272	720	79,72	Jun
11	8016	744	38,58	Jul
12	8760	744	38,58	Aug

Tabelle 5 monatlicher Leistungsbedarf

Denn das Ziel ist es, bei möglichst langer Betriebszeit hohe Leistungen zu erzielen, um so den größtmöglichen Anteil des Wärmebedarfs mit dem BHKW decken zu können. In Abbildung 22 ist die Jahresdauerlinie des BHKWs aufgetragen. Die Jahresdauerlinie zeigt die Heizlast beim Projekt auf Basis der jeweiligen Nutzungszeit. Mit ihr wird deutlich dargestellt, wie viele Stunden im Jahr eine bestimmte Wärmemenge verbraucht wird. Bei der gewünschten Betriebsstundenanzahl von 5000h ergibt sich eine geforderte thermische Leistung des BHKW von ca. 300kW. Die fehlende Spitzenleistung muss folglich durch die Heizkessel bereitgestellt werden. Gleichzeitig werden 100kW elektrische Leistung erzeugt.

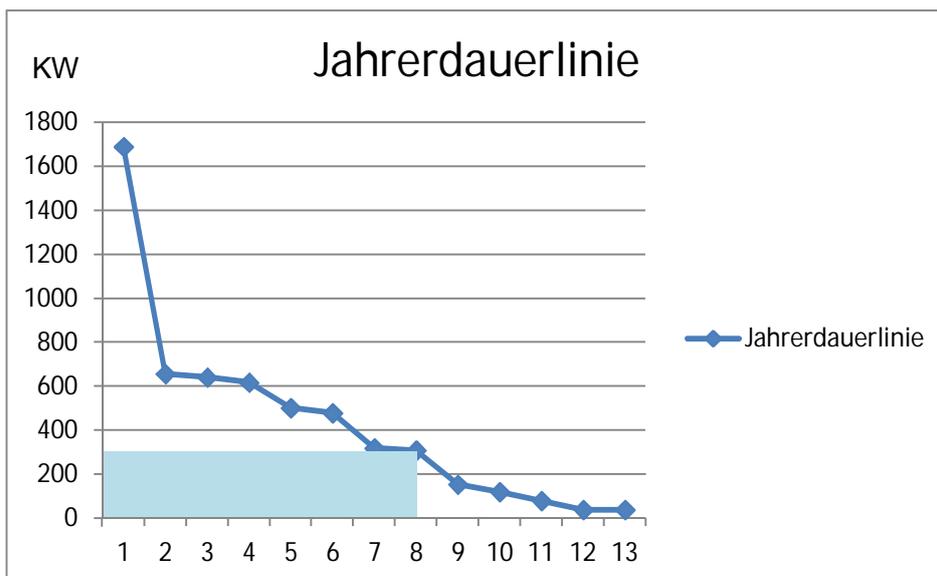


Abbildung 22 Jahrdauerlinien von BHKW 300KW

5.1.2 Wärmepumpe

Der Keller des Projekts ist groß und enthält viele Anlagen wie Heizkessel, Transformatoren, die viel Abwärme erzeugen können. Die Abluftanlage für die Nebenräume ist nicht in das Wärmerückgewinnungssystem einbezogen, deshalb fließt die Abwärme aus den Nebenräumen das ganze Jahr über ständig nach außen. Die Optimierungsmaßnahme ist die zweite Rückgewinnung der Abwärme aus Keller und Abluftanlage durch die Wärmepumpe.

Wärmepumpen nutzen frei zur Verfügung stehende Wärmeenergie aus der Umwelt das heißt dem Erdreich oder der Luft.

Wie bereits im Namen zu erkennen ist, wird die Wärme mittels Arbeitsmedium durch Exergie auf ein höheres Niveau transportiert. Durch die Nutzung der Umweltwärme entfällt ein Teil der benötigten Primärenergie. Aus diesem Grund gibt es zahlreiche Vergünstigungen bei der Nutzung von Wärmepumpen, wie beispielweise günstige Stromtarife für Wärmepumpen oder Investitionszuschüsse für die Errichtung von Wärmepumpen. Durch Kopplung mit BHKW-Strom, Haushaltsstrom oder Erdgas zum Antrieb der Wärmepumpe kann die CO₂ –Emission im Vergleich zum Heizöl erheblich gesenkt werden.

Beispielweise versorgt die Luft-Wasserwärmepumpe LA 60TU der Firma Dimplex Gebäude mit 60kW thermische Leistung und in Kaskadenschaltung kann sie auch noch höhere Leistungsbereiche bedienen:

- Ab 0° C Außentemperatur beträgt die maximale Vorlauftemperatur der Wärmepumpe 65° C.
- Bei Außentemperaturen von -10°C sind laut Dimplex noch Vorlauftemperaturen von über 55°C möglich.[17]

Bei unterschiedlicher Außentemperatur sind die Wirkungsgrade auch unterschiedlich:

Wärmepumpe LA 60TU		
Temperatur	Leistung	COP
A2/W35	50 kW	3,6
A7/W35	60,1 kW	4,1
A-7/W35	39,2 kW	2,9

Tabelle 6 Datenblatt von der Wärmepumpe LA 60TU [17]

Dank der Luft-Wasserwärmepumpen kann die benötigte ca. 500MWh thermische Grundleistung pro Jahr gedeckt werden.

5.2 Fazit des Variantenvergleiches Erzeugung

Mit der Funktionsstrukturanalyse ist ersichtlich, dass das BHKW nicht nur eine Menge Wärme, sondern auch elektrische Energie erzeugen kann. Dadurch kann der erzeugte Strom fast die Hälfte des Bedarfs pro Jahr absichern.

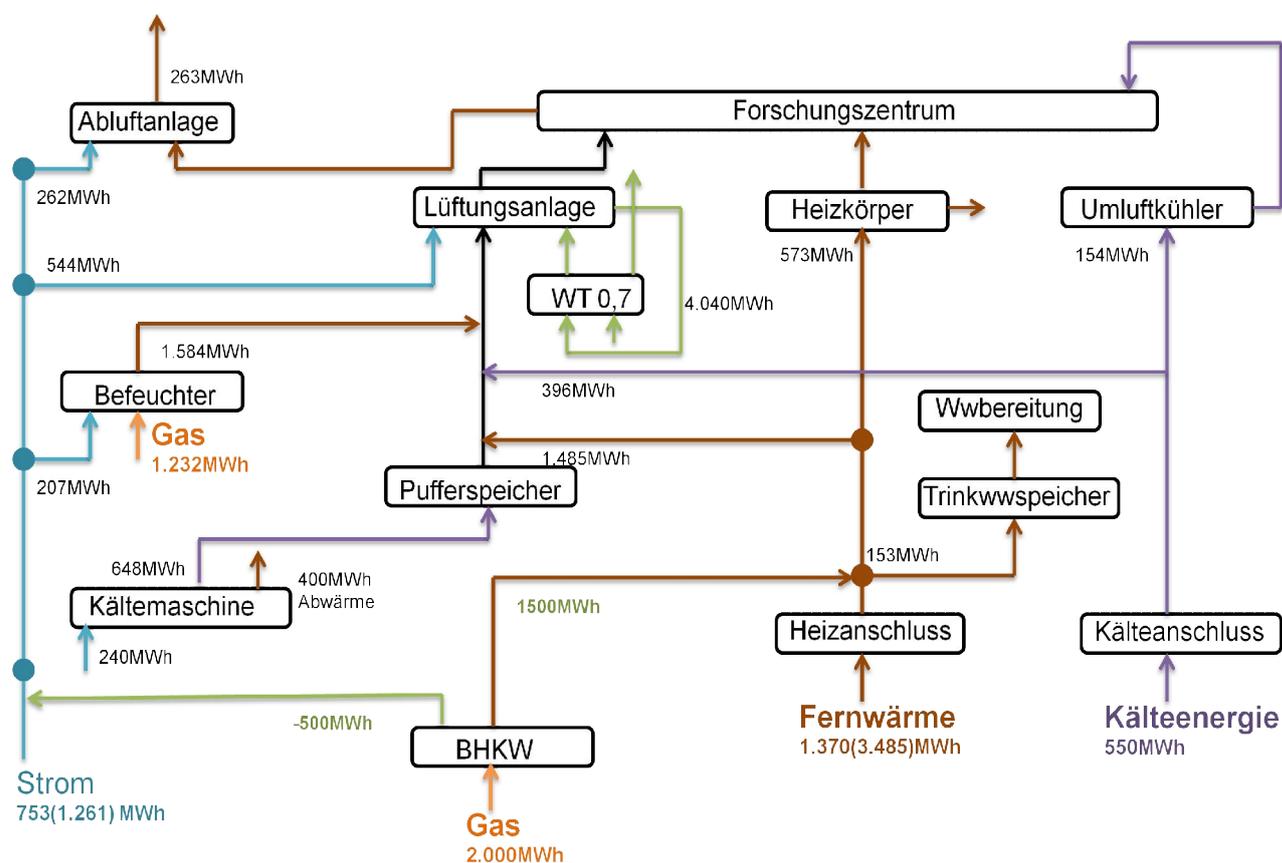


Abbildung 23 Funktionsstrukturanalyse des Projekts mit BHKW

Die Wärmepumpe kann die von der Abluftanlage abfließende Abwärme (263MWh/a) nutzen, um ca. 500MWh Wärmebedarf zu decken. In der Abbildung 24 kann man klar erkennen, dass die Wärmepumpe 260MWh Wärme von der Abluftanlage und 100MWh Abwärme vom Keller zurückgewinnt.

5.3 Verteilung

5.3.1 Dynamischer hydraulischer Abgleich

In Neubauten oder im renovierten Haus sollten moderne Regelungen und der hydraulische Abgleich eingesetzt werden. Der hydraulische Abgleich ist die Grundlage der Optimierung der Wärmeverteilung eines Heizsystems, damit können ca. 15% Primärenergie eingespart werden.

Ohne hydraulischen Abgleich ist der vom Erzeuger ferne Raum zu kühl und gleichzeitig der nahe zu heiß, wie in Abbildung 26-2 dargestellt. Zur Erfüllung der Heizlast des fernen Raums wird die Vorlauftemperatur des Erzeugers erhöht und die Energie dazu verschwendet. Es führt noch zu störenden Geräuschen im nahen Raum. Deshalb ist es wichtig, dass die Räume durch den hydraulischen Abgleich gleichmäßig mit Wärme versorgt und angenehm warm werden (Abbildung 26-1).

Beim Projekt sind die gesteuerten Thermostate schon vorhanden. Die verbrauchte Wärme jedes Raumes kann durch die Programme simuliert und ermittelt werden. Vor der Nutzung des Objekts sollen die Thermostate richtig eingestellt werden.

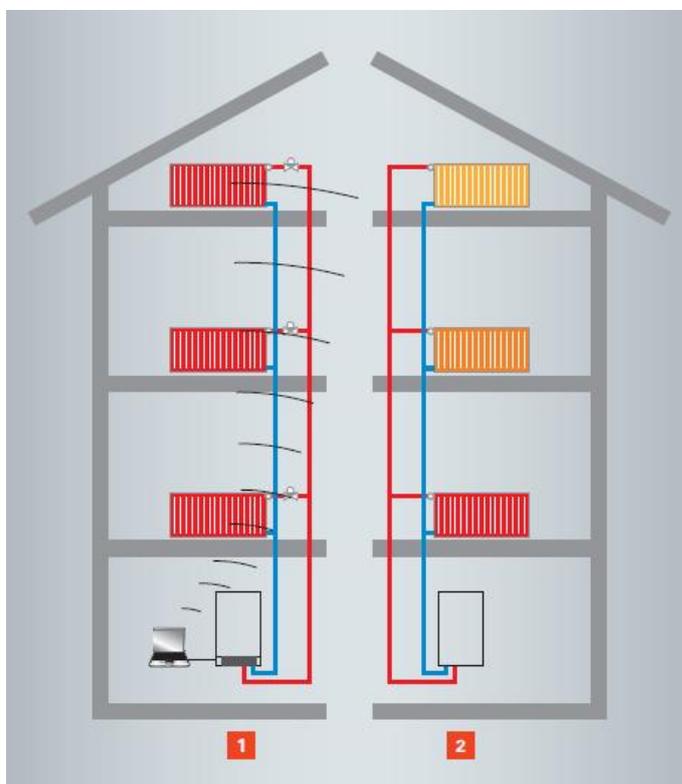


Abbildung 26 Vergleich nach hydraulischem Abgleich(1) zu davor(2) [18]

5.3.2 Wärmerückgewinnung (Kaskadennutzung der Abwärme)

Eine Kältemaschine enthält einen Kreislauf, bei dem Wärme unterhalb der Umgebungstemperatur aufgenommen und bei höherer Temperatur als Abwärme an die Umwelt abgegeben wird. Die Abwärme einer Kältemaschine ist im Heizsystem einzubinden, um diese Energieeffizienz für die Heizwärmeversorgung zu nutzen.

Beim Projekt Leipzig soll die Kältemaschine der Tierhaltung mit 300kW im Sommer ständig laufen, dadurch wird eine Menge Abwärme erzeugt. Mit einem Luft-Wasser-Wärmetauscher kann die Abwärme mit einer durchschnittlichen Temperatur von 45°C in die Speicher geführt werden und versorgt das Vorwärmen von Warmwasserversorgung und Befeuchtung. Die Abbildung 27 zeigt, dass der Speicher zur 3 Temperaturstufe verteilt wird und die Erwärmung des Kältewassers durch die Abwärme erfolgt. Der Heizkessel versorgt nur die hohe Temperaturstufe.

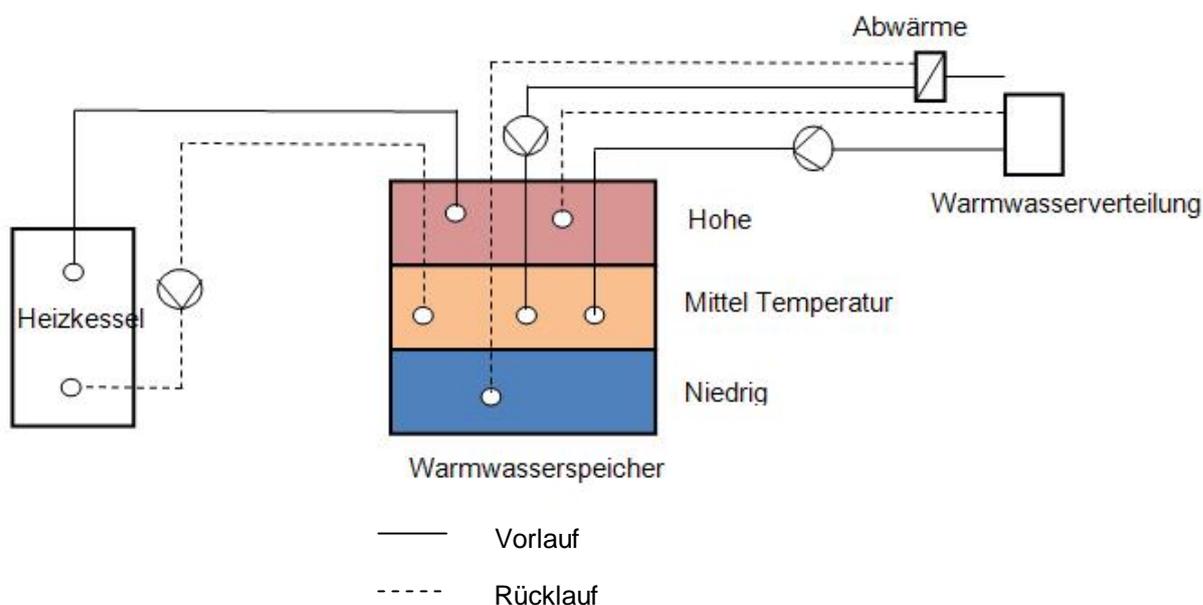


Abbildung 27 Prinzip der Nutzung der Abwärme von Kältemaschine

Anwendung des Projekts

Die Abwärme von Traforaum und elektrischer Kältemaschine wird zur Warmwasserbereitung und Befeuchtung genutzt. Dadurch können die elektrische Energie sowie die thermische Energie für Befeuchter und Warmwassererzeugung eingespart werden. In der Abbildung 28 wird der Energiefluss durch die Nutzung der Abwärme von der Kältemaschine (in Rot gezeigt) optimiert. Im Vergleich zum FS-Modell des Zustandstechniksystems (Abbildung 19) werden durch die Verbesserung 26MWh/a Wärme eingespart.

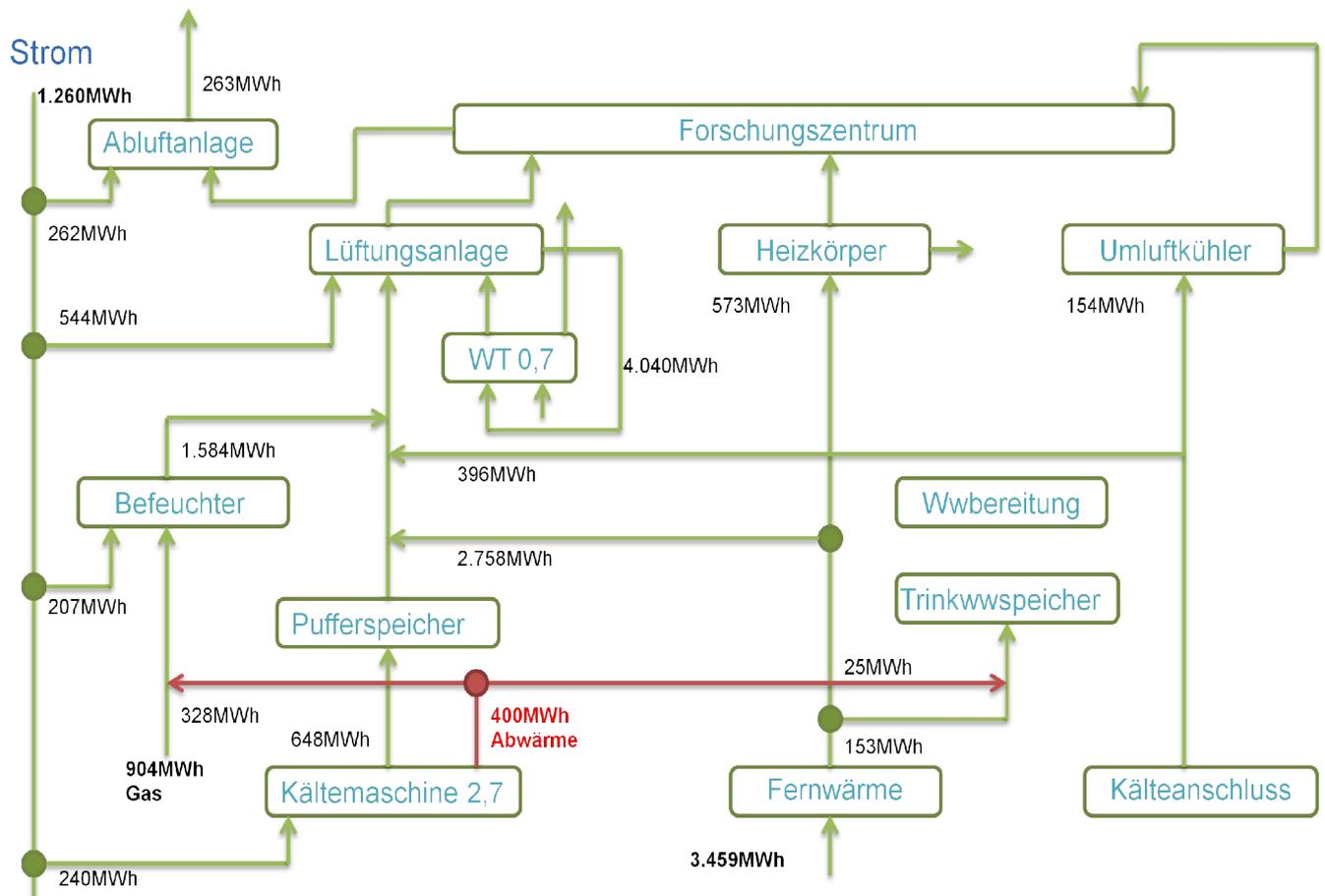


Abbildung 28 FS-Modell von der Verbesserung mit Abwärmenutzung

Die Tabelle zeigt die durch Abwärmenutzung eingesparte Energie im Vergleich zu der Zustandstechnik. Dank der Abwärmenutzung kann der Nutzer ca. 17.000€/a Kosten für Gas und Fernwärme einsparen (Tabelle 7).

	Zustand	mit Abwärmenutzung	Einsparen
Wärme (MWh/a)	3.485	3.459	26
Gas (MWh/a)	1.232	904	328
Energiepreis (€/a)	847.670	558.472	17.687

Tabelle 7 Vergleich der Zustandsenergienutzung zur Verbesserung der Energienutzung

5.3.3 Feuchtrückgewinnung

Zurzeit wählt man häufig Plattenwärmerückgewinnung, um die Wärme ohne Schmutzmittel rückzugewinnen, aber die Plattenwärmetauscher filtern auch den Feuchtanteil. Bei Mischlufttauschern kann die Feuchte der Abluft rückgewonnen werden, aber auch die Schmutzmittel in der Luft. Für die Tierhaltung darf eine solche Situation nicht eintreten, deshalb ist die Feuchtrückgewinnung gut angepasst. Die Feuchtrückgewinnung kann mit einem Enthalpieplattentaucher nicht nur die Wärme, sondern auch die enthaltene Feuchtigkeit von der Abluft rückgewinnen.

Die Membran des Enthalpieplattentauchers enthält einen hohen Anteil Salz und saugt den Wasserdampf wie ein Schwamm auf. Ähnlich dem Wassertransport in Pflanzen wandern die Wassermoleküle durch Osmose in flüssiger Form durch die Membran von der Abluft- zur Zuluftseite. Auf der Außenluftseite verdampft das Wasser an der Membranoberfläche und wird vom trockeneren Zuluftstrom aufgenommen. Der grösste Teil des Salzes ist chemisch an das Membranmaterial gebunden. Es wird sich im Wasser nicht lösen und nicht wegspülen lassen. [19]

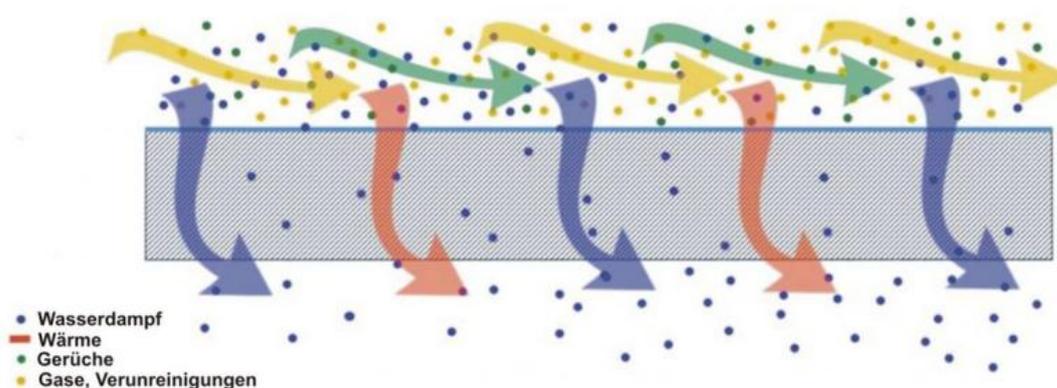


Abbildung 29 Physik des Feuchtigkeits- und Wärmetransports durch die Feuchte-Wärmetauscher-Membran [20]

TZWL-Mann Müller berichtet "In Enthalpietauschern entsteht Verdampfungswärme und diese ist ein großer Gewinn. Die meisten Geräte mit Feuchtrückgewinnung weisen Wärmerückgewinnungsgrade von über 100 Prozent aus." Das TZWL ist ein europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte. Die Fähigkeit der Anlagen für die Feuchterückgewinnung wird nach PHI (Passivhaus Institut) geprüft.

Der Wert $\eta_{WRG,t,eff}$ steht für den effektiven trockenen Wärmebereitstellungsgrad, der häufig für Standardwärmetauscher ermittelt wird.

Feuchtverhältnis η_X ist von Abluft- und Außenluftfeuchte abhängig:

$$\eta_X = \frac{(x_{AB} - x_{FO})}{(x_{AB} - x_{AU})}$$

Der korrigierte Wärmebereitstellungsgrad für Feuchtwärmetauscher $\eta_{WRG,eff}$ wird nach PHI ermittelt und in Abhängigkeit von Zertifikaten der Geräten:

$$\eta_{WRG,eff} = \eta_{WRG,t,eff} + 0,08 * \eta_X$$

Bezogen auf die sensible Wärme in der Abluft steht der enthalpische Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{WRG,Enthalpie}$ zur Verfügung. In der folgenden Tabelle

sind der Wärmebereitstellungsgrad des novus 300 Standard- und Enthalpie Wärmetauschers dargestellt.

Effizienzkriterium	Standardwärmetauscher	Enthalpietauscher
$\eta_{WRG,t,eff}$	93%	79,2%
η_X	-	70%
$\eta_{WRG,eff}$	-	84,7%
$\eta_{WRG,Enthalpie}$	93,4%	116%

Tabelle 8 Beispiel des Wärmebereitstellungsgrads von novus 300(ohne und mit Feuchtetauscher)

5.4 Fazit Varianten der Verteilung

Hydraulischer Abgleich

- 15% Primärenergie für Heizung einsparen
(ca. 86MWh/a Wärme einsparen)
- Preisverhältnis gut:
(gesteuerte Thermostate schon vorhanden)

Kaskadennutzung der Abwärme

- die Nutzung der Abwärme im Sommer für die Grundlast der Warmwasserbereitung
(ca. 300MWh/a Wärme einsparen)
- Preisverhältnis gut:
(Trinkwasserspeicher schon vorhanden nur fehlt Wärmetauscher)
- Verbrauch wird im Sommer relativ niedrig sein

Feuchtrückgewinnung

- den Energiebedarf für die Befeuchtung stark reduzieren
(ca. 400MWh/a Gas einsparen)
- neue Technologie
- die Anlage ist relativ teuer
(ca. 1,25facher Preis der Standardanlage)

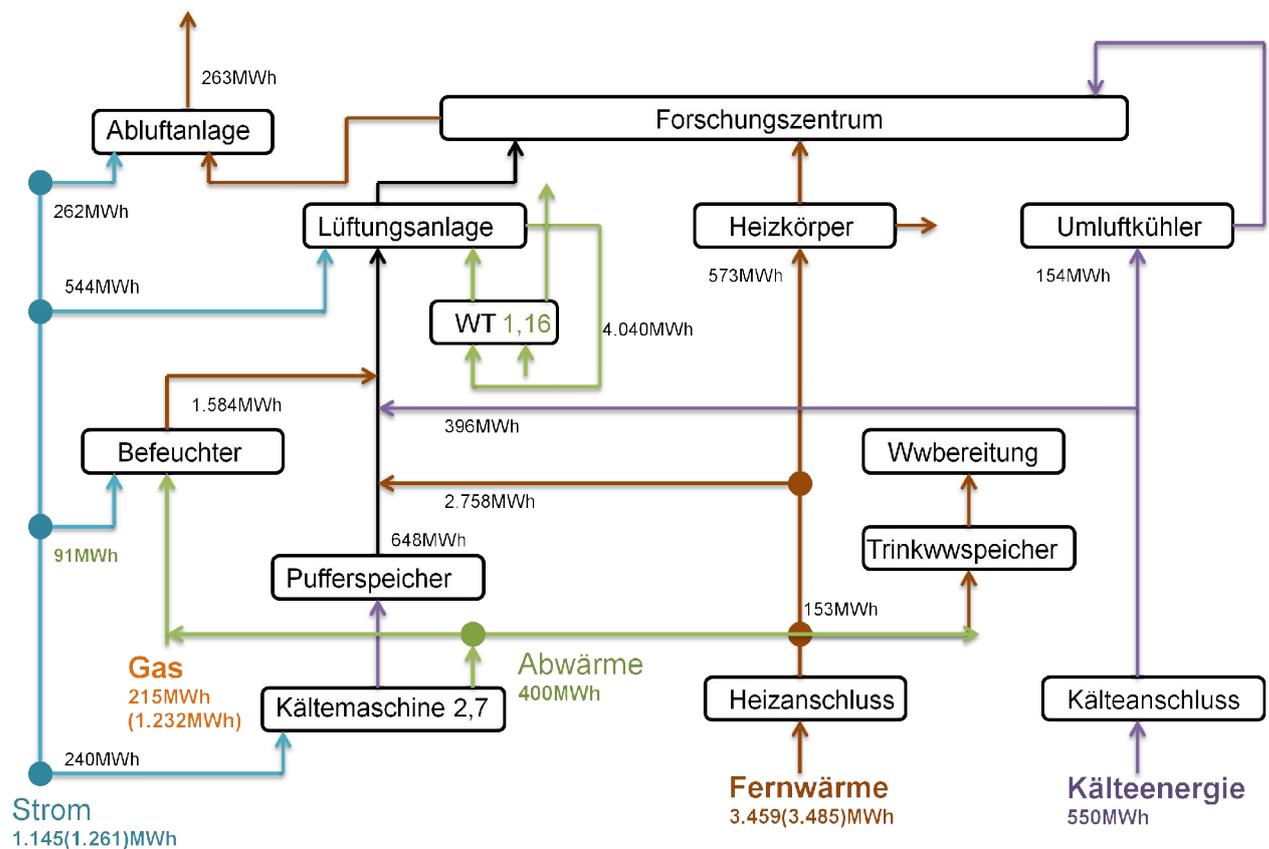


Abbildung 30 Funktionsstruktur der Verteilungsmaßnahme

Im Vergleich zum Energieverbrauch beim gegenwärtigen Techniksystem werden im Verbesserungsfall ca. 1000MWh Gas, 30MWh Wärme, 100MWh Strom pro Jahr eingespart und dadurch um die Energiekosten um 90.000€ reduziert.

5.5 Steuerung und Regelung

5.5.1 Zeitschaltprogramm

Das Zeitschaltprogramm ist für die Verringerung des Energieverbrauchs geeignet. Mit dem können die Betriebszeiten von Geräten und System minimiert werden. Zur Optimierung der Energienutzung kann das Zeitschaltprogramm in vielfältigen Anwendungen eingesetzt werden.

Für die Bürogebäude wird die ganze Woche in die Gruppen Arbeitstage und Ferienzeit eingeteilt. Mit dem Zeitschaltprogramm wird die Einschaltzeit der Anlage für die unterschiedlichen Gruppen geeignet eingestellt. Die Sommer-/ Winterzeitumwandlung wird auch mit dem Programm innerhalb von vernetzten Reglern gewährleistet.

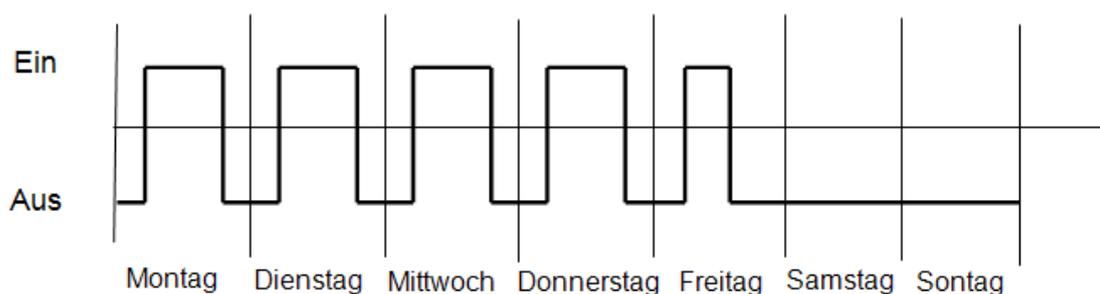


Abbildung 31 Beispiel für ein Wochenprogramm

Nach EN15232 ist das die GA-Effizienzklasse des Beispiels Klasse C. Der Unterschied im Vergleich zur Klasse D, A, B wird durch die folgenden Bilder erklärt.

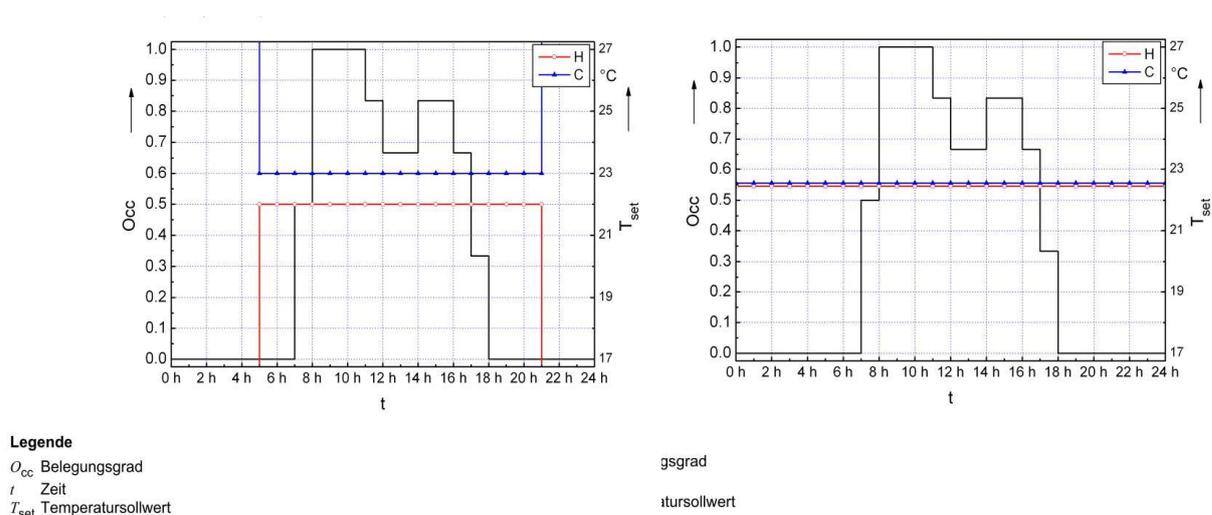


Abbildung 32 Nutzerprofil und Betriebszeiten für die GA-Effizienzklasse C und D [21]

In der Abbildung 31 wird ein beispielhaftes Nutzerprofil eines Bürogebäudes für die GA-Effizienzklassen C (links) und D (rechts) gezeigt. Die Temperatursollwertdifferenz bei der GA-Effizienzklasse C zwischen Kühlung und Heizung liegt bei 1K. Die RLT-Anlage wird 2 Stunden vor der Belegung eingeschaltet und 3 Stunden nach der Belegung ausgeschaltet.

Dagegen kann man auf der rechten Seite der Abbildung erkennen, dass kein Unterschied zwischen $T_{Sollwert}$ für Sommer und Winter liegt. Bei der Klasse D wird die RLT-Anlage ständig betrieben. In der Klasse D wird die Energie nicht so effizient genutzt wie in der Klasse C.

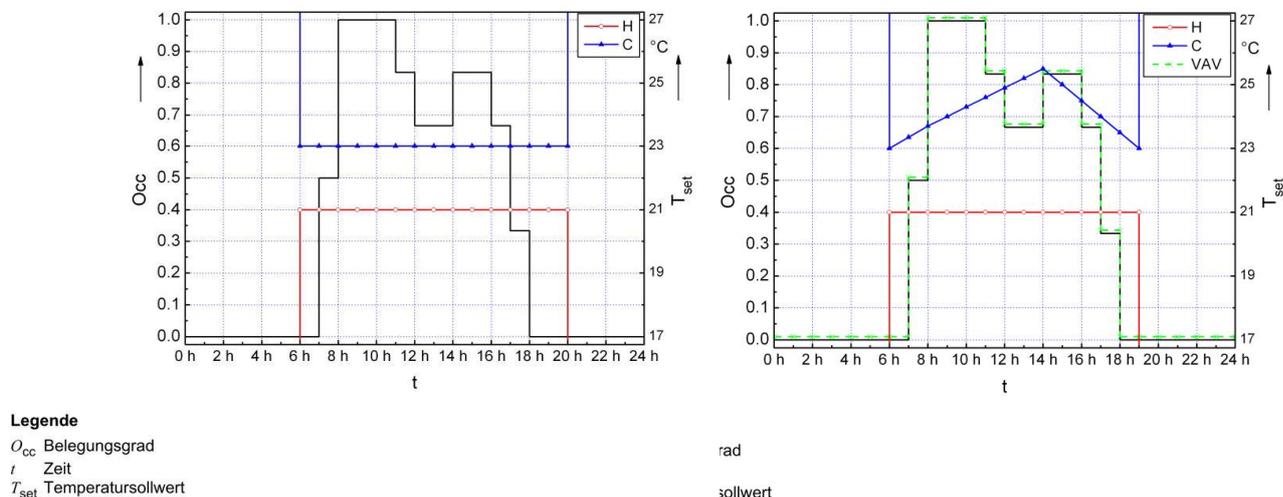


Abbildung 33 Nutzerprofil und Betriebszeiten für die GA-Effizienzklassen B und A [21]

Im Vergleich zur Klasse C wird in der Klasse B (Abbildung 32 links) die Arbeitszeit optimiert. Der Temperatursollwert für den Winter ist auch geringer als der der Klasse C. Dadurch wird mehr Energie eingespart.

Die Klasse A verbessert die Energieeffizienz durch nach Bedarf veränderte Luftströme. Verschiedene Anlagen brauchen nach Bedarf ein geeignetes Zeitschaltprogramm. Zum Beispiel die Lüftungsanlage, die ein integriertes Gerät ist, enthält Erhitzer, Kühler und Befeuchtungsanlage. Die Betriebszeiten von verschiedenen Teilen der Lüftungsanlage sollen nach Bedarf auch unterschiedlich kontrolliert werden. Damit die Befeuchtungsanlage nicht ständig bei der Lüftungsanlage läuft.

Anwendung des Projekts

Im Kapitel 4 wurde bereits erwähnt, dass es die folgenden energieindifferenten Probleme gibt. Die Abluftanlagen werden mit Strom, dessen Preis immer steigern wird, ständig betrieben. Die Lüftungsanlage mit 50% Leistung läuft auch in der Ferienzeit. Die Reduzierung der Betriebszeit kann Strom sowie Wärme vom dazugehörigen Erhitzer und Kühler einsparen. Dazu wird das Zeitschaltprogramm für die GA-

Effizienzklasse D durch das der Klasse B ersetzt. Die Abbildung 33 zeigt den durch das Zeitschaltprogramm reduzierten Energieverbrauch (in grün):

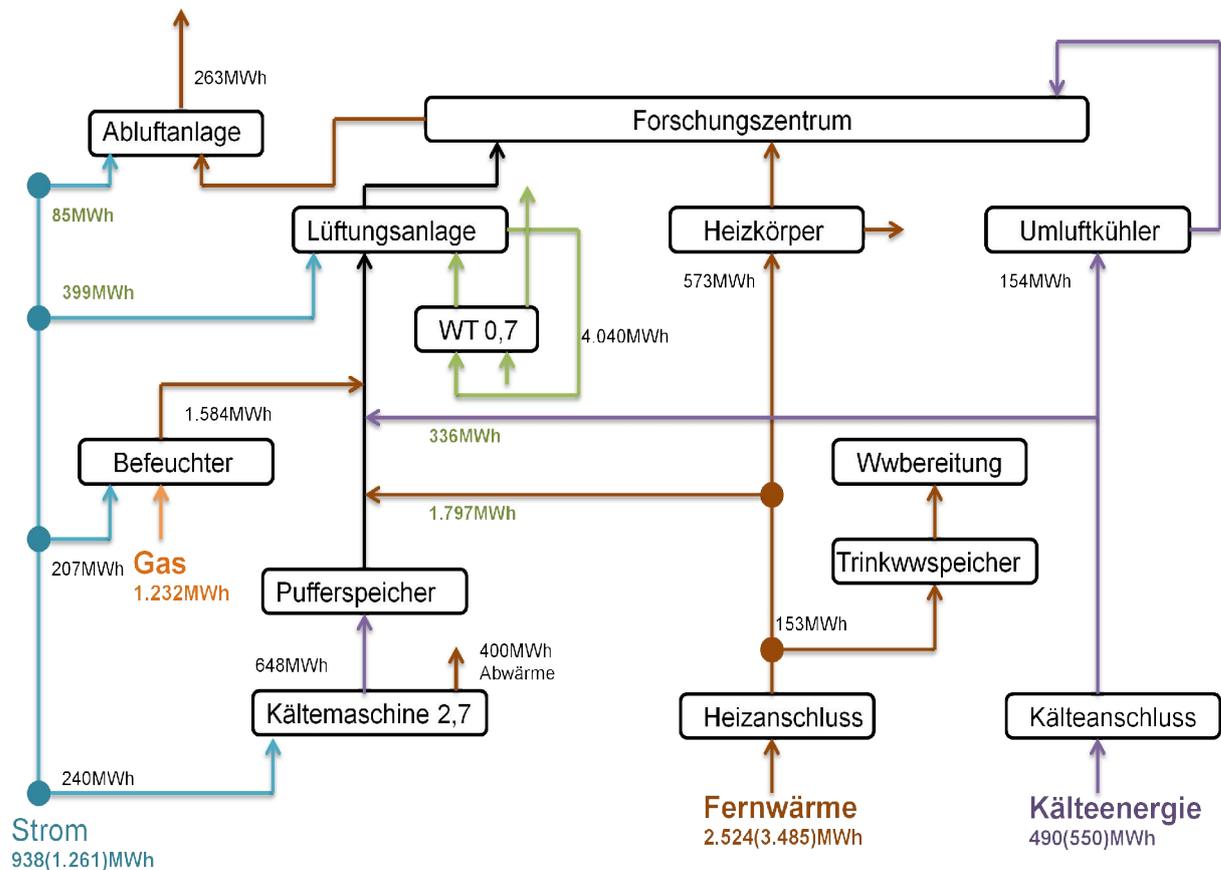


Abbildung 34 Funktionsstruktur-Modell von der Verbesserung mit Zeitschaltprogramm

	Zustand	Mit Zeitschaltprogramm	Einsparen
Strom (MWh/a)	1.260	938	322
Wärme (MWh/a)	3.485	2.524	961
Kalte (Kwh/a)	550	490	60
Preis (€/a)	847.000	602.000	245.000

Tabelle 9 Vergleich der Energienutzung zwischen Zustand und Verbesserung

Im Vergleich zum Energieverbrauch beim gegenwärtigen Techniksystem werden im Verbesserungsfall ca. 960MWh Wärme, 400MWh Strom pro Jahr eingespart und dadurch um die Energiekosten um 245.000€ reduziert. Bei weiterer Steigerung des Strompreises werden noch mehr Energiekosten eingespart.

5.5.2 Dezentrale Steuerungen und Regelungen

In den Laborräumen und den Räumen der Tierhaltung des Projekts wird mit Einzelraumregelung für Heizung und Kühler die dezentrale Steuerung versorgt. Die Lüftungsanlage einschließlich der Befeuchter, Erhitzer und Kühler wird gemeinsam kontrolliert. Normalerweise braucht die Tierhaltung nur im Sonderfalle den Befeuchter und nicht gleichzeitig in allen Räumen. Deshalb sollen die Befeuchtungsanlage separat geregelt und kontrolliert werden, statt ständig mit der Lüftungsanlage gemeinsam zu laufen.

In der Abbildung 34 sieht man das verbesserte Schirmbild für Einzelraumregelung der Tierhaltung. Der Befeuchter wird auch durch die Ermittlung der Messgröße für die geeignete Situation der Räume geregelt. Damit kann der Befeuchter nach Bedarf laufen. Durch die Einzelraumregelung des Befeuchters könnten jährlich ca. 300MWh Gasenergie eingespart werden.

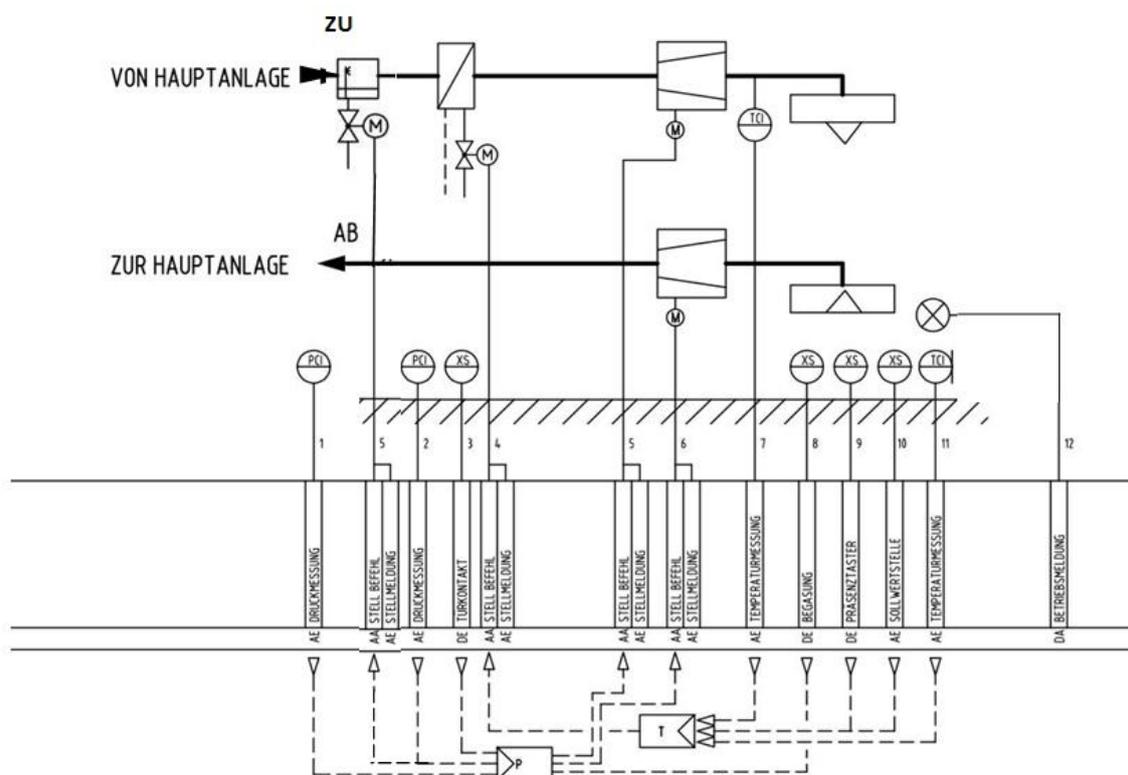


Abbildung 35 Schirmbild für Einzelraumregelung der Tierhaltung

In der Abbildung 35 ist ein dezentrales Befeuchtungssystem der Firma DRAABE als Beispiel dargestellt. Das Steuerungssystem überwacht die Luftbefeuchtungsanlage und kontrolliert alle Befeuchtungszonen. Die Messgeräte bieten die Raumtemperatur und Feuchte an, damit sie der Nutzer in Abhängigkeit von den Raumanforderungen einstellen kann. Der Nachteil liegt darin, dass der dezentrale Befeuchte eine noch relativ neue und teure Technologie ist.

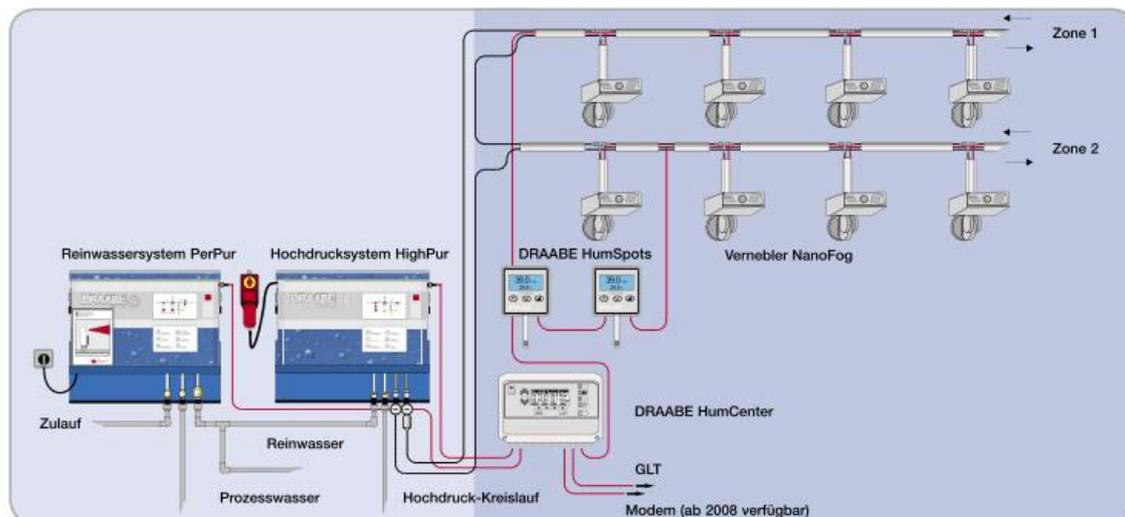


Abbildung 36 Prinzip Schema der dezentralen Befeuchte [24]

5.5.3 Notwendige Feldgeräte für Messen und Stellen

Wie in Kapitel 2.2.3 schon vorgestellt, ist die Raumbehaglichkeit von Temperatur, Feuchte usw. abhängig. Um dieses Ziel zu erreichen werden entsprechenden Messgeräte und Stellgeräte verwendet.

Temperaturfühler

Für die Messung der Temperatur werden Temperaturfühler verwendet. Bei der Raumtemperatur wird für den jeweiligen Messbereich in °C (Grad Celsius) ein Einheitssignal (0-10V, 0 oder 4-20 mV) ausgegeben.

Feuchtefühler

Die Feuchtefühler werden für die absolute und relative Feuchte verwendet. Die Einheit für absolute Feuchte ist g/m^3 oder g/kg . Bei der relativen Feuchte ist der Messbereich 0-100%. [23]

Druckmessung

Druckfühler messen den Druck an einer Messstelle. Der Differenzdruckfühler wird häufig für die Messung des Über- oder Unterdrucks verwendet. Er misst den Druck an zwei Messstellen (beispielsweise: je einmal im Raum und im Flur) und vergleicht den Differenzdruck dazwischen. Als Unterdruck bezeichnet man den Raumdruck, der den Druck an der Erdoberfläche unterschreitet. In den Laboren soll Unterdruck bestehen, für die Räume der Tierhaltung ist aber Überdruck geeignet.

Zeitschaltprogramm BPS

Das Zeitschaltprogramm der VISONIK BPS (Building Process Station) von Siemens steuert den Sollwert der Anlagen in Abhängigkeit von Zeit, Wochentag, Datum. Im Programm kann man nicht nur für die Wochentage sondern auch für die Sonn- und Feiertage, Arbeitszeit einstellen. Der LCM-Wert steht für lokale Betriebsbefehle und weitere Werte für die Parameter (wie minimale Temperatur). Die Abbildung zeigt das Beispiel, dass die Anlagen von Montag bis Freitag innerhalb normaler Arbeitszeit (Mo.-Fr.: 8:00 bis 20:00, Sa: 8:00 bis 16:00) betrieben werden.

Nr	Tage	Startzeit..Stopzeit		Parameter			
			LCM1	PAR1	PAR2	PAR2	PAR4
1	MO..FR	!08:00..20:00	!1	!.	!.	!.	!.
2	SA	!08:00..16:00	!3	!.	!.	!.	!.

Abbildung 37 Zeitprogramm BPS von Siemens [22]

5.6 Normenmaßnahme

Energieziel Vorberechnung

Während der Leistungsphase 1 Grundlagenermittlung (HOAI) sollen der Auftraggeber und der Objektplaner oder die Objektplanerin die Aufgabenstellung der Technischen Ausrüstung im Einvernehmen diskutieren. Ich schlage vor, dass das Energieeffizienzziel als ein Schwerpunkt in der Aufgabenstellung auftritt. Beispielsweise sollen die Gebäude nach EnEV als Energieeffizienzhaus 55 oder Passivhaus erstellt werden. Durch die Anforderung soll sich der Planer die Energiesparmaßnahme überlegen, damit die Energie eingespart und eine langzeitige Wirtschaftlichkeit erreicht wird.

Energieeffizienz als Leistungsverzeichnis

Zur Erfüllung der Vorabsprachen soll in der Funktionsbeschreibung die Energieeffizienz für jedes Gerät auch als ein Schwerpunkt erstellt werden und zusätzliche Energieberechnungen hinzugefügt werden.

Bewertung der effizienten Energienutzung

Die Honorierung der Planer wird nach HOAI mit Leistungsphase ermittelt. Die Honorarzone, die von „alter“ Technik erteilt (HOAI §72) wurde, spielt auch eine große Rolle für die Bewertung der Leistung. Beispielsweise ist in der Honorarzone 3 keine neue Technik wie Wärmerückgewinnungsanlage, neue Energiequellanlage (Photovoltaik, Erdwärme) enthalten. Dadurch wird vielleicht das komplexe neue Techniksystem mit hoher Energieeffizienz vom Planer vermieden. Die Untersuchung zur Anlagenoptimierung hinsichtlich Energieverbrauch und Schadstoffemission ist nur als besondere Leistung enthalten. Normalerweise wird die nicht zur Grundleistung gehörende Untersuchung nicht deutlich in der Planung beschrieben.

Nach meiner Meinung soll die Energieeffizienz auch einen Bewertungspunkt darstellen. Dadurch kann die Bewertung mit moderner Technik greifen und die Energiesparmaßnahme praktisch durchgeführt werden.

Noch ein Nachteil besteht darin, dass die Kosten nicht einfach nach „virtuellen“ Faktoren wie Zählen der Sensoren geschätzt (nach VDI 3814) werden können. Die Funktion für die effiziente Energienutzung durch Software ist nicht der Schwerpunkt für die Abschätzung der Kosten.

Energieengineer (Energie-Effizienz-Experte) einsetzen

Mit der Bewertung der effizienten Energienutzung kann ein geeignetes Energiemanagement erstellt werden. Dazu bietet es sich ein Energieengineer oder eine Energieengineerin an. Er/Sie soll entweder die Planung sowie die Ausführung besorgen und überwachen, um die effiziente Energienutzung der Gebäude zu gewährleisten und zu verantworten. Sinnvoll wäre ein unabhängiger Auditor, der die Systeme nach einer Checkliste aus der DIN EN 15232 überprüft. Der VDMA AMG und die eu.bac sind dabei, hierfür ein Management- und Zertifizierungssystem einzurichten.

Die Aufgabe des Energieengineer:

- Planung für Energieerzeugungssystem mit der günstigen Maßnahme
- Zusammenarbeit mit anderen Fachingenieuren für die Energieeffizienznutzung
- Optimierung der Planung und Berechnung des Energieflusses
- Interpretierung des Energieeffizienzprinzips
- Überwachung der Ausführung der Energieeffizienznutzungssysteme
- Gewährleistung des Aktivierens und der richtigen Einstellung der Anlage

6. Zusammenfassung

6.1 Vorstellung eines integrativen Gesamtansatzes aus oben vorgestellten Einzellösungen

Mit den dargestellten Maßnahmen des Beispiels Forschungszentrums (Kapitel 5) können die Anforderungen der Behaglichkeit (Kapitel 2.2), der Energieeffizienz Richtlinien erfüllt (Kapitel 2.3) und die Probleme des Projekts im Bereich Energieeffizienz (Kapitel 4) gelöst werden:

Das Management der Laufzeit der Lüftungsanlage und Abluft besorgt ein Zeitschaltprogramm, damit die Anlagen nur während der Arbeitszeit betrieben werden.

Zur Nutzung der Abwärme von Abluftanlage, Klimaanlage und Traforaum wird eine Wärmepumpe und ein Pufferspeicher eingesetzt und damit ca. 30% Energie zur Warmwasserbereitung und Befeuchte eingespart.

Zur Reduzierung des Energieverbrauchs des Befeuchters wird die Feuchterückgewinnung versorgt.

Das BHKW wird hier nicht eingesetzt, weil die Wirtschaftlichkeit der Wärmepumpe besser ist. Zusätzlich erreicht die Wärmepumpe länger Betriebszeiten wegen der Nutzung der Abwärme in Sommer. Die dezentrale Feuchteerzeugung wird durch Feuchterückgewinnung ersetzt, damit die Kapitalkosten für den dezentrale Befeuchter und die dazu benötigten Kanäle eingespart werden können.

Nach Beendung des Bauens soll der Energieengineer den hydraulische Abgleich für die Heizung durchführen und das Energieeffizienznutzung-Handbuch für Nutzer (Kapitel 3) schaffen.

Die veränderten Erzeuger-, Verteilungs- und Steuersysteme werden integriert und durch Funktionsstrukturanalyse (Kapitel 3) die Energienutzung geprüft. Die Abbildung 37 zeigt die Änderung des Energieflusses und der Energiemenge in rot.

Beim integrativen Gesamtansatz aus oben vorgestellten Lösungen ergeben sich:

- 955MWh elektrischer Energiebezug
- 2.077MWh Wärmebezug, Fernwärme
- 542MWh Feuchte, Gas
- 490MWh Kälte, Kälteanschluss

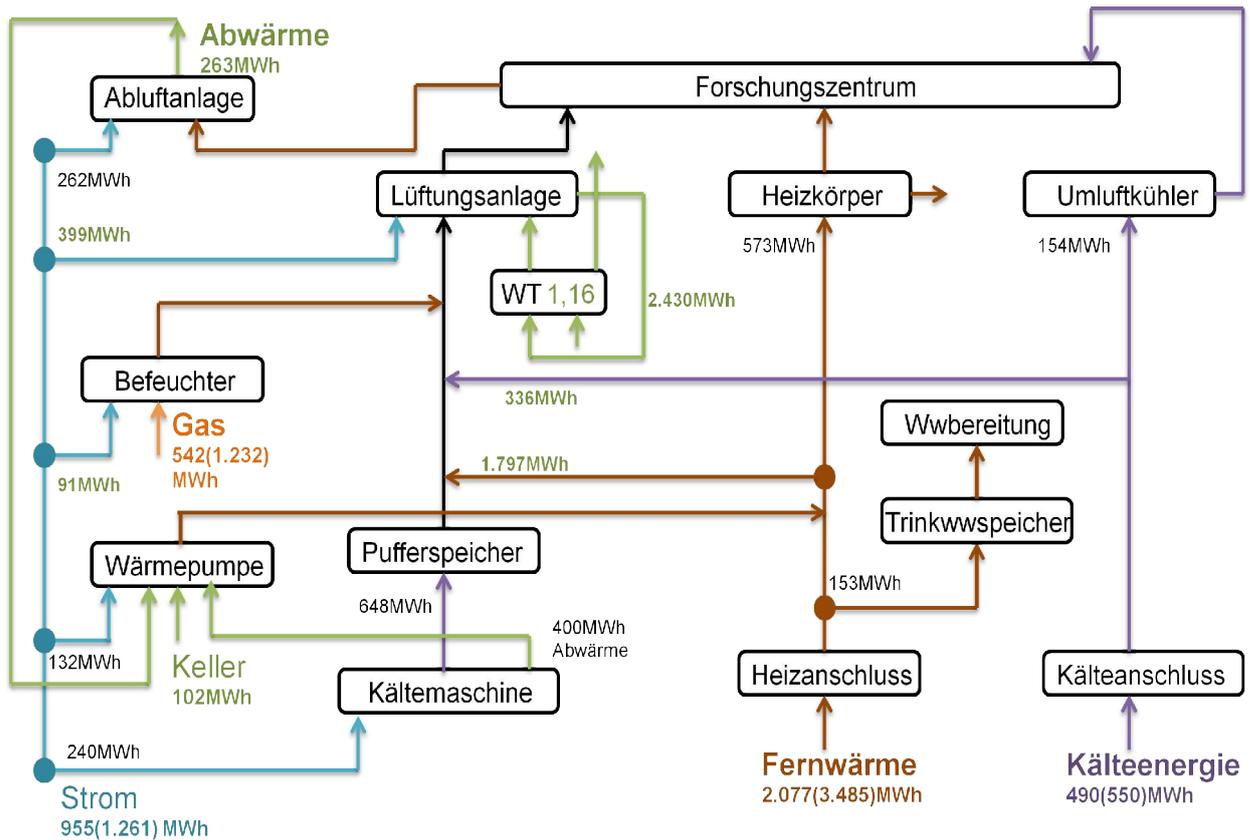


Abbildung 38 Funktionsstruktur-Modell des verbesserten integrierten Systems

6.2 Fazit Vergleich Istzustand- und integrativer Lösungsansatz

6.2.1 Tabellarische Bewertung der Kundenwünsche für beide Planungsansätze

Zum Vergleich den beiden Planungsansätzen wird der jährliche Energieverbrauch durch die Energieflussanalyse ermittelt und durch die Primärenergie-Faktoren bewertet. Die CO₂-Emission der beiden Techniksysteme wird durch die CO₂-Emission-Faktoren ermittelt. In der Tabelle 10 werden die Energieeinsparung, Reduktion der CO₂-Emission und Kapitalkosten des verbesserten Systems im Vergleich zum alten System zusammengefasst. Es ist klar zu erkennen, dass das verbesserte System 35% Primärenergie und dadurch jährlich 495t CO₂- Emission einsparen kann. Die Kapitalkosten für das verbesserte System sind relativ niedrig. Die Amortisationszeit beträgt 5 Jahre.

	Energieeinsparung	Reduktion der CO ₂ -Emission	Kapitalkosten(€)	Amortisationszeit(a)
verbessertes System	35%	495t/a	80.305	5

Tabelle 10 Energienutzung und Wirtschaftlichkeit der verbesserten Planung im Vergleich zum alten System

Gleichzeitig kann das verbesserte System nicht nur die Anforderungen der Nutzer (Kapitel 2.2) erfüllen, sondern auch eine hohe effiziente Gebäudeautomation erreichen und die erneuerbaren Energien nutzen. Damit wird fast ein Drittel der Primärenergie eingespart.

	Zustandssystem	verbessertes System
Komfortanforderung	Ja	Ja
Feuchte Anforderung	Ja	Ja
G.A.	Ja, Effizienzklasse C	Ja, Effizienzklasse B
erneuerbare Energie	Nein	Ja, 30%
Energieverbrauch	1	fast 2/3

Tabelle 11 Vergleich der Erfüllung der Kundenwünsche zwischen beide Planungsansätzen

6.2.2 Handlungsleitfaden in x – Punkten für eine integrative Planung

1. Konzepterstellung in der Vorplanung

Das Energiemanagement soll am Anfang der Planung einsetzen. Das grundsätzliche Energieeffizienznutzungskonzept sollen der Bauherr, Architekt, Fachplaner und das Energiemanagement zusammen bearbeiten, um optimale energieeffiziente Maßnahme des integrativen Systems zu finden.

2. Richtiger Kommunikationsschritt

Eine gute Planung soll viele Aspekte bedenken, die der einzelne Fachplaner selbst nicht schaffen kann. Der Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Fachbereichen ist so kompliziert, dass die Kommunikation der Fachplaner eine große Rolle spielt. (Kapitel 3.4)

3.Überwachung der Erledigung der Energieeffizienzmaßnahme

Ein Detail des TGA-Systems entscheidet über die Energieeffizienznutzung. Der falsch eingestellte Temperaturfühler trägt zu kalten Füßen bei. Es ist wichtig, dass das Energiemanagement die Planung und Ausführung des Baues überwacht.

Die folgenden Details soll der Planer berücksichtigen:

- Die Zusammenarbeit der Erzeuger wie die Vorlauf- und Rücklauftemperatur für die Kaskadenwärmenutzung.
- Die Heizung und Kühlung sollen nicht gleichzeitig laufen.
- Die Heiz- und Kühllast soll ermittelt und analysiert werden, damit die richtige Anlage ausgewählt werden kann.
- Die Abluftanlage für die Nebenräume soll auch kontrolliert werden.
- Vor der Nutzung soll ein hydraulischer Vergleich durchgeführt werden.
- Die Pumpe ist richtig einzustellen.
- Die Abwärme des Serviceraumes soll nicht ganzjährig entsorgt werden.
- Das Zeitschaltprogramm soll für die Anlage genutzt und richtig nach den Anforderungen eingestellt werden.

- Die Befeuchtungseinrichtung soll nicht grundsätzlich mit der Lüftungsanlage in Betrieb sein.
- Bei Abnahme der Funktion soll das Energiemanagement überprüfen, ob die Funktionen für das Energiesparen erfüllt sind.
- Alle Funktionen sollen nach Fertigstellung des Baus eingeschaltet werden.
- Richtige Einstellung der Software

4. Die Beschreibung für Energieeffizienz

Für die Bauherren, Planer und Nutzer ist die Beschreibung der Energieeffizienznutzung notwendig, um das komplizierte Prinzip und die Beobachtungen zu kennen. Die Beschreibung soll mehr ins Detail gehen. Beispielweise die Öffnung der Fenster ist nicht notwendig wenn die Lüftungsanlage läuft. Die Methode zur Einstellung des Zeitprogramms soll auch im Energieeffizienzhandbuch beschrieben werden.

7. Begriffs- und Abkürzungsverzeichnis

Begriff	Beschreibung
TGA	Gebäudeausrüstung
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
EEWärmeG	<u>Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz</u>
VOB	<u>Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen</u>
GA	Gebäudeautomation
CAD	<u>Computer-aided design</u>
EnEV	Energieeinsparverordnung
EE	Erneuerbare Energie
MIK-Wert	Maximale Immission Konzentration
MAK-Wert	Maximale Arbeitsplatzkonzentration
FS	Funktionsstruktur
ISP	Informationsschwerpunkt
RLT	Raumluftechnik
BHKW	Blockheizkraftwerke, die gleichzeitig Wärme und Strom erzeugen kann.
BPS	Building Process Station von Siemens
Energiemanagement	Die Planung und der Betrieb für energietechnische Erzeugung und Verbrauchseinhalten, um Klimaschutz und Kostensenkung zu erreichen.
Energieeffizienzhandbuch	Das Handbuch für Gebäudenutzer, um effizient Energie zu nutzen.
Isenthalp	eine Zustandsänderung, bei der die Enthalpie konstant bleibt
Exergie	Energie = Exergie + Anergie Mechanische Arbeit, die in Anergie umgewandelt werden kann und nicht rückgängig.
Digistorien	Ein Absaugsystem im Labor Ein Art-Schrank mit Glastür und Absaugung. In dem alle Anschlüsse für Labor-Arbeiten liegen.
Heizlast	Die notwendige Wärmezufuhr zum Aufrechterhalt einer bestimmten Raumtemperatur.

Luftvolumenstrom	Luftvolumen, das sich innerhalb einer <u>Zeiteinheit</u> durch einen <u>Querschnitt</u> bewegt.
Bussystem	Gesamtheit von Datenleitungen zur Datenübertragung
PHI	Passivhaus Institut
TZWL	europäisches Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte

8. Bilder- und Tabellenverzeichnis

Bilderverzeichnis

1.	<u>Gehirn für Gebäudetechniksystem-Gebäudeautomation.....</u>	<u>7</u>
2.	<u>Funktionsebene der Gebäudeautomation [2]</u>	<u>8</u>
3.	<u>Verlauf der GA-Planung und notwendige Richtlinien.....</u>	<u>10</u>
4.	<u>Behaglichkeitstrapez der Zusammenhang von Raumtemperatur und relative Luftfeuchtigkeit [3].....</u>	<u>11</u>
5.	<u>Beispiel Zustandsveränderung zum Komfortbereich im h, x-Diagramm</u>	<u>12</u>
6.	<u>CO₂-Konzentration in Abhängigkeit vom Luftvolumenstrom [3]</u>	<u>14</u>
7.	<u>Maßnahme für Verbesserung und eingesparte Energie im Programm IQ-Gebäude.....</u>	<u>20</u>
8.	<u>Prinzip der Funktionsstrukturanalyse</u>	<u>22</u>
9.	<u>Funktionsstruktur – Grundmodell [8]</u>	<u>23</u>
10.	<u>FS-Modell Beispiel am Projekt: Uniklinik, Leipzig, Forschungszentrum Gebäudeautomation 2.BA.....</u>	<u>24</u>
11.	<u>Projektphasen, die in Zukunft effizienter umgesetzt werden sollen [9]</u>	<u>25</u>
12.	<u>derzeitiger Verlauf der Planung.....</u>	<u>27</u>
13.	<u>Optimaler Verlauf der Planung für energieeffiziente Gebäude</u>	<u>27</u>
14.	<u>Bauabschnittseinteilung am Projekt Leipzig [10]</u>	<u>29</u>
15.	<u>Gebäudeaussicht [11].....</u>	<u>30</u>
16.	<u>Verteilung der Räume auf Ebene 3 nach Raumfunktion.....</u>	<u>31</u>
17.	<u>Digistorien in Chemielaboren [14].....</u>	<u>33</u>
18.	<u>Gebäudeautomation-Struktur von Projekt Leipzig[16]</u>	<u>38</u>
19.	<u>FS-Modell des Leipzig-Projekts</u>	<u>39</u>
20.	<u>FS-Modell der Büroräume.....</u>	<u>40</u>
21.	<u>FS-Modell der Labore</u>	<u>42</u>
22.	<u>Jahrdauerlinien von BHKW 300KW</u>	<u>48</u>
23.	<u>Funktionsstrukturanalyse des Projekts mit BHKW</u>	<u>50</u>
24.	<u>Funktionsstrukturanalyse des Forschungszentrums mit Wärmepumpe.....</u>	<u>51</u>
25.	<u>Wirtschaftlichkeits-Vergleich zwischen BHKW und Wärmepumpe</u>	<u>51</u>
26.	<u>Vergleich nach hydraulischem Abgleich(1) zu davor(2) [18].....</u>	<u>52</u>
27.	<u>Prinzip der Nutzung der Abwärme von Kältemaschine.....</u>	<u>53</u>
28.	<u>FS-Modell von der Verbesserung mit Abwärmennutzung</u>	<u>54</u>

29.	<u>Physik des Feuchtigkeitstransports durch die Feuchte-Wärmetauscher-Membran [20]</u>	<u>56</u>
30.	<u>Funktionsstruktur der Verteilungsmaßname.....</u>	<u>59</u>
31.	<u>Beispiel für ein Wochenprogramm</u>	<u>60</u>
32.	<u>Nutzerprofil und Betriebszeiten für die GA-Effizienzklasse C und D [21].....</u>	<u>61</u>
33.	<u>Nutzerprofil und Betriebszeiten für die GA-Effizienzklassen B und A [21]</u>	<u>62</u>
34.	<u>Funktionsstruktur-Modell von der Verbesserung mit Zeitschaltprogramm</u>	<u>63</u>
35.	<u>Schirmbild für Einzelraumreglung der Tierhaltung.....</u>	<u>64</u>
36.	<u>Prinzip Schema der dezentralen Befeuchte [24]</u>	<u>65</u>
37.	<u>Zeitprogramm BPS von Siemens [22]</u>	<u>66</u>
38.	<u>Funktionsstruktur-Modell des verbesserten integrierten Systems</u>	<u>70</u>

Tabellenverzeichnisse

1.	<u>Aktivitätsstufe des Menschen [3].....</u>	<u>13</u>
2.	<u>Nutzung erneuerbarer Energie nach WWärmG 2011 [5].....</u>	<u>17</u>
3.	<u>Definition der Energieeffizienzklassen nach EN15232 [6]</u>	<u>19</u>
4.	<u>Verteilung des monatlichen Energiebedarfs.....</u>	<u>46</u>
5.	<u>monatlicher Leistungsbedarf</u>	<u>47</u>
6.	<u>Datenblatt von der Wärmepumpe LA 60TU [17].....</u>	<u>49</u>
7.	<u>Vergleich der Zustandsenergienutzung zur Verbesserung der Energienutzung .</u>	<u>55</u>
8.	<u>Beispiel des Wärmebereitstellungsgrads von novus 300(ohne und mit Feuchtetauscher).....</u>	<u>57</u>
9.	<u>Vergleich der Energienutzung zwischen Zustand und Verbesserung.....</u>	<u>63</u>
10.	<u>Vergleich der Energienutzung und Wirtschaftlichkeit zwischen beide Planungsansätzen</u>	<u>71</u>
11.	<u>Vergleich der Erfüllung der Kundenwünsche zwischen beide Planungsansätzen</u>	<u>71</u>

9. Literaturverzeichnisse

- [1] VDI 3814 Bl.3 Part 3, S.5
- [2] Abbildung 2. VDI Wissensforum
- [3] Abbildung 4.,6. Tabelle1.,2. EN 15251
- [4] <http://de.wikipedia.org>
- [5] Dipl.-Ing. UT. Freie Architektin. *EEWärmeG 2011+EnEv: Kurz-Info und Praxis-Dialog*. Institut für Energie-Effiziente Architektur mit Internet-Medien Melita Tuschinski, 2012
- [6] Tabelle 3. EN 15232,2007
- [7] Herbert Haser. *Energieeffizienz in die Praxis umsetzen 2012*. cci Dialog GmbH, 2012
- [8] Abbildung 9. Herbert Müller. *Methodisches Entwerfen integrierter Energiesysteme*, 2006
- [9] Abbildung 11. Univ.-Prof. Dr. -Ing. Josef Zimmermann/Dipl. -Ing. Mathias Hamann. *Vergleich bauvertraglicher Regelungsmechanismen im Hinblick auf eine optimierte Abwicklung und zur Senkung von Konfliktpotential am Beispiel von VOB, NEC und FIDIC*, 2012
- [10] Abbildung 14. *Leistungsverzeichnis des Projekts Leipzig Forschungszentrum*
- [11] Abbildung 15. *Google Map*
- [12] *Arbeitsstättenverordnung § 6 Temperatur*
- [13] *RLT-Anlagenbau 2011 Hinweise zur Planung und Ausführung von Raumluftechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude, Geschäftsstelle des AMEV im Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Berlin, 2011*
- [14] Abbildung 17. *Laborlufttechnik in Planung, Ausführung und Betrieb(DIN 1946)*, Waldner Firmengruppe, 2007
- [15] *Arbeitsstättenverordnung § 34 Umkleideräume*
- [16] Abbildung 18. Gebäudeautomationsplanung des Projekts: Leipzig Forschungszentrum

- [17] Tabelle 6. <http://www.baulinks.de/webplugin/2010/0464.php4>
- [18] Abbildung 26. http://www.viessmann.de/de/ein_zweifamilienhaus/produkte/gas-brennwertkessel/Hydraulischer_Abgleich.html
- [19] <http://www.luftwechsel.ch/index.php/luftqualitaet/articles/feuchtezurueckgewinnen.html>
- [20] Abbildung 29. Paul wärmerückgewinnung GmbH. *Informationen Feuchte-Wärmetauscher.2012*
- [21] Abbildung 30.,31. EN 15232, S.51, 2007
- [22] Abbildung 36. Siemens Building Technologies AG. *Zeitschaltprogramm BPS Funktionsblatt*
- [23] Jörg Balow. *Systeme der Gebäudeautomation*. cci Dialog GmbH,2012
- [24] Abbildung 35. DRAABE Industrietechnik GmbH. *Das Luftbefeuchtungssystem NanoFog*