

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>Danksagung</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>Vorwort</b> .....  | <b>5</b>  |
| <b>1. Einführung</b> .....  | <b>6</b>  |
| 1.1 Angaben zum Gebäudekomplex .....                                    | 6         |
| 1.1.1 Lage und technische Daten des Gebäudekomplexes .....              | 6         |
| 1.1.2 Definition von einem Hochhaus .....                               | 7         |
| 1.2 Baurechtliche Einstufung des Gebäudes.....                          | 8         |
| <b>2. Bestandsaufnahme der Elektrotechnischen Anlagen</b> .....         | <b>9</b>  |
| 2.1 Einspeisung des Gebäudekomplexes .....                              | 9         |
| 2.2 Mittelspannungshauptverteilung (MSHV) .....                         | 10        |
| 2.3 Transformatoren .....   | 11        |
| 2.4 Niederspannungshauptverteilung (NSHV) und Abnehmer .....            | 12        |
| 2.5 Netzersatzanlage (Dieselaggregat) .....                             | 14        |
| <b>3. Einschätzung des elektrischen Leistungsbedarfs</b> .....          | <b>16</b> |
| 3.1 Notwendigkeit der Leistungsbedarfsermittlung .....                  | 16        |
| 3.2 Gleichzeitigkeit und Belastung.....                                 | 17        |
| 3.3 Flächenlast (Flächenbezogene Leistungsgrößen).....                  | 18        |
| 3.4 Messtechnische Erfassung.....                                       | 22        |
| 3.5 Leistungsbedarf des AV- und -SV-Netzes .....                        | 24        |
| <b>4. Netzersatzanlage (NEA) und notstromberechtigten Anlagen</b> ..... | <b>25</b> |
| 4.1 Netzersatzaggregat für Notstromversorgung.....                      | 25        |
| 4.2 Zusammenstellung der technischen Daten.....                         | 26        |
| 4.2.1 Ermittlung der notstromberechtigten Anlagen.....                  | 26        |
| 4.2.2 Anlauf- und Betriebsströme der notstromberechtigten Anlagen.....  | 27        |
| 4.2.3 Berechnung der Generatorleistung.....                             | 28        |
| 4.3 Zusatzeinrichtungen der Netzersatzanlage .....                      | 30        |
| 4.3.1 Kraftstoffversorgung .....  | 30        |
| 4.3.1.1 Hauptkomponenten.....   | 30        |
| 4.3.1.2 Haupttank.....  | 31        |
| 4.3.1.3 Kraftstoffbetriebsbehälter (Servicebehälter).....               | 32        |
| 4.3.1.4 Kraftstoffförderpumpen .....                                    | 33        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 4.3.1.5   | Kraftstoffleitungen .....  | 35        |
| 4.3.2     | Abgasanlage.....   | 37        |
| 4.3.2.1   | Auslegung der Abgasanlage .....                                    | 37        |
| 4.3.2.2   | Mechanische Befestigung .....                                      | 43        |
| 4.3.2.3   | Abgasdaten und Emissionsgrenzwerte .....                           | 45        |
| 4.3.2.4   | Ermittlung der Schornsteinhöhe .....                               | 48        |
| 4.3.3     | Raumbelüftung .....  | 51        |
| 4.3.3.1   | Abzuführende Strahlungswärme.....                                  | 51        |
| 4.3.3.2   | Belüftungssysteme.....   | 52        |
| 4.3.3.3   | Ermittlung der Strahlungswärme .....                               | 54        |
| 4.3.3.3.1 | Ermittlung der Strahlungswärme vom Motor .....                     | 54        |
| 4.3.3.3.2 | Generatorstrahlungswärme.....                                      | 55        |
| 4.3.3.3.3 | Strahlungswärme durch Abgassystem.....                             | 55        |
| 4.3.3.3.4 | Gesamte Strahlungswärme.....                                       | 56        |
| 4.3.3.4   | Ermittlung des Luftbedarfs .....                                   | 57        |
| 4.3.3.5   | Komponenten des Lüftungssystems .....                              | 58        |
| 4.3.4     | Schalldämmung .....  | 60        |
| 4.3.4.1   | Schwingungsdämpfung und Fundamentierung der NEA .....              | 60        |
| 4.3.4.2   | Elastische Lagerung .....  | 61        |
| 4.3.4.3   | Geräuschfragen .....   | 62        |
| 4.3.4.4   | Möglichkeiten der Geräuschminderung .....                          | 65        |
| 4.3.4.5   | Erforderliche Querschnitte der Zu- bzw. Abluftkanäle.....          | 66        |
| 4.4       | Spüllüftungsanlage .....   | 67        |
| 4.4.1     | Aufgabenstellung.....  | 67        |
| 4.4.2     | Zusätzliche Vorgaben .....   | 68        |
| 4.4.3     | Lösungsansatz .....  | 69        |
| 4.4.4     | Funktionsweise von RDA.....  | 71        |
| 4.5       | Druckerhöhungsanlage .....   | 73        |
| <b>5.</b> | <b>Projektierung der Niederspannungshauptverteilung NSHV .....</b> | <b>74</b> |
| 5.1       | Einführung .....   | 74        |
| 5.2       | Kabelquerschnittermittlung .....                                   | 77        |
| 5.2.1     | Allgemeines .....  | 77        |
| 5.2.2     | Vorgehensweise zur Querschnittsermittlung .....                    | 78        |
| 5.2.3     | Bestimmung des Querschnitts nach /N7/ .....                        | 80        |
| 5.3       | Kurzschlussstromberechnung nach /N21/ .....                        | 82        |
| 5.4       | Spannungsfallberechnung .....                                      | 85        |

|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| <b>6. Fazit .....</b>                 | <b>87</b>  |
| <b>Quellenverzeichnis .....</b>       | <b>89</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>    | <b>94</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis .....</b>    | <b>96</b>  |
| <b>Tabellenverzeichnis.....</b>       | <b>97</b>  |
| <b>Formelverzeichnis .....</b>        | <b>98</b>  |
| <b>Eidesstattliche Erklärung.....</b> | <b>100</b> |
| <b>Anhang .....</b>                   | <b>101</b> |

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich mich recht herzlich bei allen bedanken, die mir bei der Erstellung dieser Bachelorarbeit geholfen haben.

Für die Betreuung während der Erstellung der Bachelorarbeit bedanke ich mich auf Seiten der Fa. ibl Braunschweig bei Herrn Dipl.-Ing. (FH) Markus Schell und Burkhard Macke.

Ich möchte mich auch besonders für die engagierte Betreuung meiner Bachelorarbeit bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dieter Häntzsch bedanken.

## Vorwort

Thema dieser Bachelorarbeit ist im Wesentlichen die Untersuchung des vorhandenen und neu zu projektierenden Hauptstromversorgungssystems einschließlich der zugehörigen Notstrom- bzw. Ersatzstrom- oder auch Sicherheitsstromversorgung in einem bestehenden ca. 40 Jahre alten Gebäudekomplex zu dem unter anderem ein Hochhaus gehört.

Hochhäuser gelten in der Regel als sogenannter Sonderbau; an diese werden u. a. auf Grundlage unterschiedlicher Vorschriften und Richtlinien besondere Anforderungen gestellt, die im Rahmen dieser Arbeit noch näher behandelt werden.

Insbesondere die elektrotechnischen Anlagen unterliegen bei Sonderbauten bestimmten Anforderungen, die über das sogenannte „normale Maß“ hinausgehen. Hier seien an erster Stelle die Anforderungen an die Sicherheitsstromversorgung genannt. Die Sicherheitsstromversorgung dient im Gefahrenfall, insbesondere im Brandfall, dem Weiterbetrieb bestimmter Anlagen, die zum Schutz der im Gebäude befindlichen Personen dienen, wie zum Beispiel Feuerwehraufzügen, Druckerhöhungsanlagen und weiterer technischer Anlagen.

In der Regel werden zur Bereitstellung der Sicherheitsstromversorgung Ersatzstromaggregate (Notstromaggregate) verwendet.

Ersatzstromaggregate sind Geräte, bei denen z. B. durch eine Verbrennungsmaschine Generatoren angetrieben werden, die dann zur Stromerzeugung dienen.

Bei der Projektierung von Ersatzstromaggregaten sind daher neben den elektrischen Parametern auch Aspekte wie Lärmentwicklung, Abgasführung sowie Zu- und Abluft zu beachten.

# 1. Einführung

## 1.1 Angaben zum Gebäudekomplex

### 1.1.1 Lage und technische Daten des Gebäudekomplexes

Bei dem Gebäudekomplex handelt es sich um Gebäude, welche im Wesentlichen zu Forschungszwecken dienen und als zentralen Baukörper ein Hochhaus mit einer Gebäudehöhe von ca. 54 m einschließt.

Das Gebäude wurde im Jahr 1971 geplant und in den Jahren 1973/74 errichtet.

Der Gebäudekomplex besteht aus drei Gebäudeteilen. Einem Hochhaus mit einem Untergeschoss, einem Erdgeschoss und 15 Obergeschossen, wobei das 15. Obergeschoss als Technikgeschoss dient, in welchem sich hauptsächlich Lüftungsanlagen und die Aufzugsmaschinenräume befinden.

Die Nebengebäude 1 und 2 dienen als Werkstatt- und Laborgeschosse und sind mit einem Untergeschoss, Erdgeschoss und einem Obergeschoss Gebäude „geringer Höhe“, an die im baurechtlichen Sinne keine besonderen Anforderungen gestellt werden.

Da das Hochhaus eine Gesamthöhe von ca. 54 m aufweist, ist dieser Gebäudeteil auch unter baurechtlichen Gesichtspunkten als Hochhaus anzusehen.

### **1.1.2 Definition von einem Hochhaus**

In Deutschland werden gemäß /R1/ Gebäude überwiegend dann als Hochhaus eingestuft, wenn der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 Meter über der Geländeoberfläche liegt.

Diese Obergrenze beruht darauf, dass mittels Feuerwehdrehleitern Personen nur aus Räumen gerettet werden können, deren Rettungshöhe bei 23 Metern über der Geländeoberfläche liegt.

Für höhere Gebäude, also für Hochhäuser, sind zusätzliche Brandschutzanforderungen einzuhalten, wie z.B. die Installation von Feuerwehraufzügen, Druckerhöhungsanlagen, Spüllüftungsanlagen, abgetrennte Fluchttreppenhäuser.

Die entsprechenden Anforderungen ergeben sich aus der /R5/. In bestimmten Bundesländern gibt es besonderen Anforderungen des Gesetzgebers an den Bau und Betrieb von Hochhäusern.

## **1.2 Baurechtliche Einstufung des Gebäudes**

Bei dem Gebäudekomplex handelt es sich laut /S1/ um einen Sonderbau gemäß § 51 NBauO /R1/ 04.2012, für den besondere Anforderungen gestellt oder Erleichterungen gestattet werden können.

Gemäß § 2 (3) /R1/ 02.2003 handelt es sich um ein Hochhaus.

Für Hochhäuser ist in Niedersachsen keine Verordnung bzw. Richtlinie baurechtlich eingeführt. Es muss daher orientierend auf andere Regelwerke, z. B. Muster-Hoch-Haus-Richtlinie (MHHR) /R5/, zurückgegriffen werden.

## **2. Bestandsaufnahme der Elektrotechnischen Anlagen**

### **2.1 Einspeisung des Gebäudekomplexes**

Die elektrische Versorgung des Gebäudekomplexes erfolgt mittelspannungsseitig aus dem 20 kV – Mittelspannungsnetz (MS-Netz) des örtlichen Verteilnetzbetreibers (VNB).

Gemäß den Angaben des VNB beträgt die Kurzschlussleistung des Mittelspannungsnetzes (MS-Netzes) am Einspeisepunkt des Gebäudes ca. 250 MVA.

## 2.2 Mittelspannungshauptverteilung (MSHV)

Die mittelspannungsseitige Einspeisung erfolgt im Untergeschoss (UG) des Gebäudes 1 über eine luftisolierte Mittelspannungsschaltanlage (MS-Schaltanlage) mit 15 Schaltfeldern, bestehend aus:

| Abgangsfelder | Bezeichnung                                   |
|---------------|---|
| Feld 1        | Ringkabelfeld 1                               |
| Feld 2        | Ringkabelfeld 2                               |
| Feld 3        | Übergabefeld                                  |
| Feld 4        | Hauptzählung                                  |
| Feld 5        | Trafo 1 / NSHV Feld 7 / 630 kVA               |
| Feld 6        | Trafo 2 / NSHV Feld 9 / 630 kVA               |
| Feld 7        | Trafo 3 / NSHV Feld 13 / 630 kVA              |
| Feld 8        | Trafo 4 / Institut A8 / DSV Feld 1 / 630 kVA  |
| Feld 9        | Trafo 5 / Institut A8 / DSV Feld 11 / 400 kVA |
| Feld 10       | Trafo 6 / NSHV(E) Feld 12 / 630 kVA           |
| Feld 11       | Trafo 7 / Reserve                             |
| Feld 12       | Trafo 8 / NSHV(E) Feld 14 / 630 kVA           |
| Feld 13       | Trafo 9 / Institut A9 / DSV Feld 8 / 250 kVA  |
| Feld 14       | Trafo 10 / Reserve                            |
| Feld 15       | Trafo 11/ Reserve                             |

Tabelle 2-1 Übersicht der Abgangsfelder der Mittelspannungshauptverteilung

Der Aufbau der Felder wird aus der Tabelle 2-1 wie folgt beschrieben:

Feld 1 und 2 sind mit Lasttrennschaltern ausgestattet.

Feld 3 hat einen Übergabelasttrennschalter.

Die übrigen Felder mit Trafoabgang sind mit Sicherungslasttrennschaltern vorgesehen.

## 2.3 Transformatoren

Aus der MS-Schaltanlage werden folgende Transformatoren eingespeist:

Trafo 1, 2 und 3: Öl-Transformatoren, 630 kVA, hermetisch geschlossen, Schaltgruppe Dyn5 (Technische Daten siehe Tabelle 2-2).

Die Trafos 6 und 8 dienen der Versorgung besonderer Versuchsnetze, die nicht Gegenstand dieser Arbeit sind. Daher werden diese im Folgenden nicht näher betrachtet.

Die Trafos 4,5,7,9,10 und 11 dienen der Versorgung anderer Institutionen bzw. sind als Reserve vorgesehen. Sie werden ebenfalls nicht betrachtet, da sie nicht Bestandteil der Bachelorarbeit sind.

|                            | Trafo 1 | Trafo 2 | Trafo 3 |
|----------------------------|---------|---------|---------|
| <b>In(HS), [A]</b>         | 18,19   | 18,19   | 18,19   |
| <b>In(NS), [A]</b>         | 909,3   | 909,3   | 909,3   |
| <b>S, [kVA]</b>            | 630     | 630     | 630     |
| <b>U<sub>k</sub>, [%]</b>  | 4,07    | 4,07    | 4,07    |
| <b>I<sub>k</sub>, [kA]</b> | 22      | 22      | 22      |

Tabelle 2-2 Wesentliche technische Daten der Trafos 1 bis 3

## 2.4 Niederspannungshauptverteilung (NSHV) und Abnehmer

Die NSHV für die Allgemeinversorgung (AV-Netz) und für die Sicherheitsversorgung (SV-Netz) ist z. Zt. in einem gemeinsamen elektrischen Betriebsraum im Untergeschoss (UG) des Gebäudes untergebracht.



**Abbildung 2-1** Vorhandenen AV - und SV Felder der NSHV

Die NSHV befindet sich in unmittelbarer räumlicher Nähe zur MSHV und den Trafos. Nach Art der Erdverbindung wird die NSHV mit TN-C-Netzsystem von den entsprechenden Trafos eingespeist.

Die NSHV mit einem Sammelschienensystem (Nennstrom: 1000 A) besteht aus zwei, miteinander über einen motorisch betriebenen Kuppelschalter verbundenen, Netzen: Dem Dieselnetz (DN)- und dem Normalnetz (NN)- Netz. Zu dem DN-Netz gehören 5 Schaltfelder, davon sind die Felder Nr. 1,3 und 4 Abgangsfelder für die Einspeisung von notstromberechtigten Verbrauchern vorgesehen. Das Feld Nr. 2 dient der Generator-Einspeisung und Feld Nr. 5 ist als Netzkupplung vorgesehen.

Das NN-Netz besteht aus weiteren 9 Schaltfeldern. Die Felder Nr. 6,8,10,12 und 14 dienen als Abgangsfelder der Einspeisung von Unterverteilungen zur Allgemeinversorgung in dem gesamten Gebäudekomplex.

Die Felder Nr. 7, 9 und 13 dienen als Einspeisefelder für drei Trafos mit einer Leistung von je 630 kVA. Die Trafos sind z. Zt. permanent eingeschaltet und laufen parallel. Das Feld Nr. 11 dient als Kuppelschalter in der NN-Schiene. Die grobe Darstellung der Abgangsfelder ist im /A1.1/ ersichtlich. Im /A1.2/ sind Stücklisten mit der genauen Anzahl bzw. Bezeichnung der Abnehmer und deren Bestückung aufgeführt.

Jedes Abgangsfeld dient dem Anschluss von max. 6 Abnehmern inkl. Reserve.

Die Zuleitung von den Trafos zur NSHV erfolgt jeweils über vier Parallelkabeln vom Typ NYY 3x120/70 mm<sup>2</sup>, die Zuleitung vom Ersatzstromaggregat erfolgt über zwei Kabeln vom Typ NYCWY je 3x120/70 mm<sup>2</sup>. Die entsprechenden Querschnitte und Kabeltypen sind in dem /A1.2/ expliziter dargestellt.

Jede Etage in dem Gebäudekomplex hat mindestens eine Unterverteilung.

Die Heizung-, Klima-, Sanitäreanlagen und vier Aufzüge werden ebenfalls von der NSHV aus dem NN bzw. DN Netz versorgt.

## 2.5 Netzersatzanlage (Dieselaggregat)

Das Stromerzeugungsaggregat befindet sich in einem elektrischen Betriebsraum im Untergeschoss des Gebäudekomplexes (Abbildung 2-2). Der Generator hat folgende technischen Angaben anhand seines Typenschildes: eine Leistung von 280 kVA, 404 A, Fabrikat BBC (Generator) bzw. MWM (Motor), Baujahr 1972.

Der Generator wird von einem Dieselmotor MWM Typ: TBD 232 V 12 mit einer Leistung von 321 PS (entspricht ca. 236 kW/295 kVA bei einem  $\cos \varphi = 0,8$ ) angetrieben. Der Dieselmotor weist folgende technischen Daten auf:

Anzahl der Zylinder 12, Drehzahl 1500 U/min, Hubraum 17640 ccm, mittlerer effektiver Kolbendruck 10,88 bar.

Als Stromquelle für Sicherheitszwecke für die Spüllüftungsanlage und die Aufzüge muss ein Stromerzeugungsaggregat verwendet werden, welches bestimmte Kriterien erfüllen muss. Insbesondere muss es den Anforderungen der /N3/ in allen Teilen entsprechen (siehe /N17/ 6.13).

Da das Aggregat ca. 22 Jahre vor dem Erscheinen der /N3/ hergestellt wurde, kann nicht ohne erheblichen Aufwand sichergestellt werden, dass das Aggregat o. g. DIN-Norm in allen Teilen entspricht.

Aus diesem Grund und auch unter Berücksichtigung des Alters der Anlage (ca. 40 Jahre) wird ein neues Stromerzeugungsaggregat eingeplant.



**Abbildung 2-2:** Vorhandene Netzersatzanlage (Dieselaggregat)

## **3. Einschätzung des elektrischen Leistungsbedarfs**

### **3.1 Notwendigkeit der Leistungsbedarfsermittlung**

Für eine wirtschaftliche und zuverlässige Planung und für die Bemessung und Dimensionierung der stromführenden Anlagenteile (Transformatoren, Schaltgeräte, Stromschienen, Kabel und Leitungen) einer elektrischen Anlage innerhalb der zulässigen Grenzwerte der Erwärmung und des Spannungsfalls ist u.a. die Ermittlung des Leistungsbedarfs wesentlich.

Bei der Ermittlung des Leistungsbedarfes einer Anlage oder eines Teiles der Anlage dürfen neben der installierten Leistung nach /N10/ der Gleichzeitigkeitsfaktor bzw. der Belastungsfaktor oder flächenbezogene Leistungsbedarfsgrößen berücksichtigt werden.

Die maximal benötigte bzw. zu erwartende Leistung bildet die Grundlage für die Projektierung der elektrotechnischen Anlage.

### **3.2 Gleichzeitigkeit und Belastung**

Der Gleichzeitigkeitsfaktor „g“ berücksichtigt den Betrieb von Abnehmern zur gleichen Zeit.

Nicht alle Verbraucher eines Industriegebäudes, eines Bürogebäudes oder Wohnhauses sind zur gleichen Zeit eingeschaltet. Die aufgenommene elektrische Leistung ist üblicherweise keine zeitlich konstante Größe, sondern sie variiert im Tages- und/oder Wochenverlauf. Industriebetriebe werden von morgens bis zum Nachmittag oder abends einen höheren Leistungsbedarf haben; abends und besonders in der Nacht weniger. Bürogebäude sind weitgehend in der „normalen“ Arbeitszeit besetzt. In Wohngebäuden gibt es morgens eine hohe Belastung und abends muss schon damit gerechnet werden, dass die Waschmaschine, Elektroherd und die Mikrowelle gleichzeitig in Betrieb sind.

Neben dieser Gleichzeitigkeit hat die Auslastung der Betriebsmittel Einfluss auf den Leistungsbedarf; dieser Faktor wird auch als Belastungsfaktor bzw. Bemessungsbelastungsfaktor „b“ bezeichnet. Einem Motor wird nicht immer die volle Nennlast abgefordert, häufig wird dieser auch in Teillast oder auch im Leerlauf betrieben. Oft ist er auch für eine bestimmte Aufgabe überdimensioniert.

Charakteristische Merkmale und Besonderheiten von Abnehmern sind bei der Planung der Elektroenergieversorgung zu beachten.

### 3.3 Flächenlast (Flächenbezogene Leistungsgrößen)

Durch Erfahrungswerte und verschiedene Berechnungsmethoden lässt sich die elektrische Anschlussleistung bestimmen. Diese variieren dann allerdings in der Genauigkeit, im Aufwand der Berechnungen und Detailierungsgrad.

Dabei ist es in den ersten Planungsschritten eines Projektes meist ausreichend, die erforderlichen Anschlusswerte überschlägig durch spezifische Flächenlasten bei einem wahrscheinlichen, mittleren Leistungsfaktor zu bestimmen.

Tabelle 3-1 zeigt auf Erfahrungen basierte Orientierungswerte, die von der Art und Nutzung des Gebäudes abhängen.

Die folgende Berechnungsmethode ist in /R6/ ausführlich beschrieben. In dieser Berechnung wurde die Leistungsbedarfsermittlung vereinfacht und näherungsweise dargestellt und dabei mit dem Faktor 0,8 multipliziert.

Man kann bei dem betrachteten Gebäudetyp annehmen, dass das Verhältnis der Bruttogrundfläche (BGF) zur Nettogrundfläche (NGF) gleich 0,8 ist und das der NGF zur Hauptnutzfläche (HNF) auch gleich 0,8 ist.

Nach /R5/ kann das Verhältnis NGF/BGF je nach Wandanteil mit einem Faktor 0,8 bis 0,9 hochgerechnet werden, falls die Werte der in /R5/ entsprechenden Tabellen nicht anwendbar sein sollten.

#### Formel 3.1 Flächenlast

$$P_{\max} = P_s * A \quad (3.1)$$

$P_s$  – flächenbezogener spezifischer Leistungsbedarf in  $W/m^2$

$A$  – Bezugsfläche oder Hauptnutzfläche in  $m^2$

Mittelwert von spezifischem Leistungsbedarf [ $W/m^2$ ] ist laut /R3/ (siehe Tabelle 3-1 Zeile 9) gleich  $65 W/m^2$

Aus Tab. 3-2 errechnet sich eine Bruttogrundfläche von  $24891 m^2$ .

$$\sum BGF \text{ (Bruttogrundfläche)} = 24891 m^2$$

Zur annähernden Bestimmung der Nettogrundfläche wird die Bruttogrundfläche des Gebäudes mit einem Faktor 0,8 multipliziert.

**Formel 3.2 Nettogrundfläche**

$$\text{NGF (Nettogrundfläche)} = \sum BGF * 0,8 \quad (3.2)$$

$$\text{NGF} = 24891 \text{ m}^2 * 0,8 = 19913 \text{ m}^2$$

Zur annähernden Bestimmung der Hauptnutzfläche „A“ wird die Nettogrundfläche des Gebäudes mit dem Faktor 0,8 multipliziert.

**Formel 3.3 Hauptnutzfläche A**

$$A = \text{HNF} = \text{NGF} * 0,8 \quad (3.3)$$

$$A = 19.913 \text{ m}^2 * 0,8 = 15.931 \text{ m}^2$$

$$P_{\max} = A * P_A = 15.931 \text{ m}^2 * 65 \text{ W/m}^2 = 1.035.515 \text{ W}$$

Das Produkt aus Nutzfläche und spezifischem Leistungsbedarf (Mittelwert Tabelle 3-1) ergibt einen zu erwartenden geschätzten Leistungsbedarf von 1 MW für den Gebäudekomplex.

| Gebäude<br>Nr. Nutzungsart |  | spez. Leistungsbedarf in [W/m <sup>2</sup> HNF] |                     |
|----------------------------|--|---|---------------------|
|                            |  | Bereich   | Mittelwert          |
| 01                         | Fachhoch-/ Polizei-/Finanzschulen                              | 15 - 35   | 25                  |
| 02                         | Finanzämter  | 15 - 35   | 25                  |
| 03                         | Geisteswissenschaftliche Institute                             | 25 - 40   | 32                  |
| 04                         | Gerichtsgebäude  | 15 - 35   | 25                  |
| 05                         | Hörsaalgebäude   | 20 - 40   | 30                  |
| 06                         | Justizvollzugsanstalten  | 20 - 40   | 28                  |
| 07                         | Krankenhäuser für die Allgemeinversorgung                      | 40 - 70<br>(1,4 - 1,6 kW/Bett)                  | 55<br>(1,5 kW/Bett) |
| 08                         | Museen, Galerien   | 10 - 40   | 25                  |
| 09                         | Naturwissenschaftliche Institute (Sonderinstitute ausgenommen) | 40 - 100  | <b>65</b>           |
| 10                         | Polizeiautobahnstationen                                       | 10 - 25   | 18                  |
| 11                         | Polizeipräsidien, -direktionen                                 | 20 - 40   | 27                  |
| 12                         | Polizeistationen, Schutzbereiche                               | 20 - 40   | 30                  |
| 13                         | Rechenzentren  | 50 - 70   | 60                  |
| 14                         | Schulen (ohne TH/FH)   | 15 - 30   | 18                  |
| 15                         | Uni-/Spezial-Kliniken  | 50 - 80   | 65                  |
| 16                         | Verwaltungsgeb. mit normaler techn. Ausstattung                | 15 - 35   | 25                  |
| 17                         | Verwaltungsgeb. mit hoher techn. Ausstattung                   | 25 - 45   | 35                  |
| 18                         | Werkstätten, Sonderinstitute                                   | 60 - 120  | 90                  |
| 19                         | Wäschereien  | 60 - 80   | 70                  |
| 20                         | Wohnheime  | 5 - 20  | 12                  |

Tabelle 3-1 Spezifischer Leistungsbedarf in Abhängigkeit der Nutzungsart  
/R3/

Nachfolgend ist die Ermittlung der Brutto-Grundfläche dargestellt.

In der unten abgebildeten Tabelle 3-2 wurden die Außenmaße der Flächen des Gebäudekomplexes zusammengefasst und addiert. Daraus folgt die Summe der BGF des Gebäudekomplexes in Höhe von 24.891 m<sup>2</sup>.

| <b>Gebäude I</b> | <b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b> | <b>Gebäude II</b>              | <b>Fläche [m<sup>2</sup>]</b> |
|------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>KG</b>        | 1392                          | KG                             | 1670                          |
| <b>EG</b>        | 1392                          | EG                             | 1670                          |
| <b>1 OG</b>      | 967                           | OG                             | 1670                          |
| <b>2 OG</b>      | 967                           | <i>Summe</i>                   | <b>5010</b>                   |
| <b>3 OG</b>      | 967                           |                                |                               |
| <b>4 OG</b>      | 967                           |                                |                               |
| <b>5 OG</b>      | 967                           |                                |                               |
| <b>6 OG</b>      | 967                           |                                |                               |
| <b>7 OG</b>      | 967                           | <b>Gebäude III</b>             | Fläche [m <sup>2</sup> ]      |
| <b>8 OG</b>      | 967                           | KG                             | 1296                          |
| <b>9 OG</b>      | 967                           | EG                             | 1296                          |
| <b>10 OG</b>     | 967                           | <i>Summe</i>                   | <b>2592</b>                   |
| <b>11 OG</b>     | 967                           |                                |                               |
| <b>12 OG</b>     | 967                           |                                |                               |
| <b>13 OG</b>     | 967                           |                                |                               |
| <b>14 OG</b>     | 967                           | <b>Gesamtfläche</b>            | <b>24891</b>                  |
| <b>15 OG</b>     | 967                           |                                |                               |
| <b>Summe</b>     | <b>17289</b>                  | <b>BGF=24891 m<sup>2</sup></b> |                               |

Tabelle 3-2 *Ermittelte Bruttogrundfläche des Gebäudekomplexes*

### 3.4 Messtechnische Erfassung

Die unter 3.3 beschriebene Methode dient der näherungsweise Leistungsbefordsermittlung bei Neubauten. Da es sich bei dem zu betrachtenden Gebäude um ein bestehendes Gebäude handelt, kann der Leistungsbedarf messtechnisch erfasst werden.

Die messtechnische Erfassung des Leistungsbedarfs erfolgte in der Zeit vom 11.01.2013 bis zum 18.01.2013 mit dem Messgerät „Fluke 1735 Power Logger“.

Die Messung wurde am Einspeisefeld des Trafo Nr. 1 durchgeführt. Die entsprechende Auswertung liegt in Details im Anhang /A1.3/ bei.

Aus dem /A1.3/ (Abb. Scheinleistung-Total-Maximum) stellt sich der maximale Scheinleistungswert des Trafos Nr.1 in Höhe von ca. 174 kVA dar. Die maximale Wirkleistung beträgt ca. 166 kW,  $\cos \varphi$  ca. 0,95.

Da die drei Trafos permanent parallel laufen, kann man davon ausgehen, dass zur Vereinfachung der Ermittlung der Gesamtwerte der Anlage die gemessenen Werte mit drei multipliziert werden können und die Totalwerte der Leistungen mit drei multipliziert werden müssen um eine Gesamtleistung erzielen zu können. D.h. dass Gesamtscheinleistung der NSHV mindestens ca. 522kVA betragen muss. Gemäß der messtechnischen Ermittlung beträgt die Gesamtscheinleistung des Gebäudes bezogen auf den Zeitraum der Messung ca. 520 kVA.

Außerdem wurde der Strom mittels eines Amperemeters am 18.01.2013 bei jedem Abnehmer in der NSHV gemessen. Die Summe der Ströme ist in der Tabelle 3-3 zu entnehmen.

|                    | Feld1 | Feld3 | Feld4 | Feld6 | Feld8 | Feld10 | Feld12 | Feld14 | Summe        |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------------|
| <b>Phase1 in A</b> | 64,5  | 4,2   | 20,7  | 156,9 | 172,1 | 227    | 168,3  | 55,2   | <b>868,9</b> |
| <b>Phase2 in A</b> | 56,1  | 12,6  | 17,6  | 174,4 | 156,4 | 252,3  | 160,6  | 52,9   | <b>882,9</b> |
| <b>Phase3 in A</b> | 55    | 20,9  | 17,9  | 161,4 | 153,4 | 230,3  | 164,6  | 51,2   | <b>854,7</b> |

Tabelle 3-3 Am 18.01.2013 aufgenommene Ströme

Der Mittelwert der in der Tabelle 3-3 dargestellten Ströme ist gleich 869 A.

Daraus folgt:

$$S = \sqrt{3} * U_N * \underline{I} \qquad 3.4$$

$U_N$  - Nennspannung

$\underline{I}$  – Mittelwert des in der Tabelle 3-3 dargestellten Stromes

$$S = \sqrt{3} * 400 \text{ V} * 869 \text{ A} = 602 \text{ kVA}$$

Aus der Gleichung 3.4 folgt, dass der näherungsweise Momentanwert der Gesamtscheinleistung anhand des gemessenen Stromes gleich 602 kVA ist.

Es ist festzustellen, dass die rechnerisch ermittelten Werte von den gemessenen Werten abweichen. Gründe hierfür können sein, dass die Messungen zu lastschwachen Zeiten durchgeführt wurden oder dass der spezifische Leistungswert (hier. der Mittelwert von  $65 \text{ W /m}^2$ ) zu hoch angenommen wurde.

Elektrische Anlagen müssen so ausgelegt und dimensioniert werden, dass diese auch für vorübergehende Leistungsspitzen geeignet sind und Reserven für spätere Erweiterungen oder Nutzungsänderungen haben.

Unterstellt man, dass bei der Leistungsschreibung eventuelle Spitzenbelastungen nicht erfasst wurden und schätzt diese auf ca. 25 %, so muss die Anlage für eine Leistungsaufnahme von ca. 650 kVA ( $\approx 520 \text{ kVA} * 1,25$ ) ausgelegt werden. Wird ferner eine Leistungsreserve von ca. 30 % berücksichtigt, muss die Anlage für eine Gesamt-Leistungsaufnahme von ca. 850 kVA ( $\approx 550 \text{ kVA} * 1,3$ ) dimensioniert werden.

### **3.5 Leistungsbedarf des AV- und -SV-Netzes**

Der Gesamtleistungsbedarf des Gebäudes setzt sich zusammen aus dem Leistungsbedarf der Verbraucher, die der Allgemeinversorgung dienen und dem Leistungsbedarf der Verbraucher, die auch bei Netzausfall weiterbetrieben werden müssen.

Zu den sicherheitsstromberechtigten Verbrauchern gehören:

- Spüllüftungsanlage
- Druckerhöhungsanlage
- Personenaufzüge
- Feuerwehraufzug

Da im Gefahrenfall auch mit dem vollständigen Ausfall des öffentlichen Versorgungsnetzes zu rechnen ist, müssen die o. g. Verbraucher aus einer Sicherheitsstromquelle (hier: Ersatzstromaggregat oder Netzersatzanlage (NEA)) gleichzeitig versorgt werden können.

Da es möglich ist, dass nach einem Netzausfall alle vorhandenen sicherheitsstromberechtigten Anlagen gleichzeitig anlaufen, müssen zur Dimensionierung der Netzersatzanlage (NEA) alle Anlaufströme dieser Anlagen berücksichtigt werden.

Weitere sicherheitsstromberechtigten Verbraucher, wie Brandmeldeanlage, Sicherheitsbeleuchtungsanlage, RWA – Anlage usw.) sind batteriegepufferte Anlagen, daher sind für diese Anlagen in diesem Zusammenhang keine Anlaufströme zu berücksichtigen.

## **4. Netzersatzanlage (NEA) und notstromberechtigten Anlagen**

### **4.1 Netzersatzaggregat für Notstromversorgung**

Für größere stationäre Anlagen haben Dieselmotoren bei Ersatzstromaggregaten meistens eine entscheidende Bedeutung. Der Einsatz von Benzin-Otto-Motoren hat heute kaum noch Bedeutung, weil sie seit einiger Zeit nicht mehr zulässig sind.

Aufgrund der Explosionsgefahr ist die Lagerung des Kraftstoffes in größeren Mengen sehr problematisch.

Eine rotierende NEA umfasst im Wesentlichen folgende Anlagenteile:

1. Netzersatzaggregat mit:
  - a. -Antriebsmotor
  - b. -Stromerzeuger Generator
  - c. -Schwungmasse (bei Hubkolbenmotoren)
  - d. Starter - Batterieanlage
2. Kraftstoffanlage
3. Zu- und Abluftkanäle
4. Abgasanlage mit Schalldämpfern
5. Lüfter zur Be- und Entlüftung des Raumes
6. Schaltanlage mit:
  - a. -Steuerung
  - b. -Motor- und Generatorüberwachung und Schutz
  - c. -Energie- und Steuerleitungen
  - d. -Schalt- und Schutzgeräte
7. Betriebserdung

Bei den Betriebsarten von NEAs unterscheidet man zwischen:

1. Dauerbetrieb
2. Zeitlich begrenzendem Dauerbetrieb
3. Reiner Notstrom- bzw. Netzersatzbetrieb

## **4.2 Zusammenstellung der technischen Daten**

### **4.2.1 Ermittlung der notstromberechtigten Anlagen**

Gemäß /S1/ müssen folgende Anlagen von dem Notstromerzeugungsaggregat versorgt werden:

- 1 Spüllüftungsanlage
- 1 Druckerhöhungsanlage
- 3 Personenaufzüge
- 1 Lastenaufzug/Feuerwehraufzug

Nach /N2/ (gemäß /N3/) muss ein Notstromerzeugungsaggregat für den Anwendungsbereich 2: (Bauliche Anlagen für Menschenansammlungen) eingeplant werden. Aggregate für diesen Anwendungsbereich müssen 100 % der Gesamtleistung aller notwendigen Sicherheitseinrichtungen innerhalb von 15 s liefern.

Um diesen Netzersatzbetrieb zu realisieren, müssen die Verbraucher und die Funktion in der Projektierung eindeutig geklärt werden. Die verfügbare Leistung nach 15 Sekunden entspricht der ersten Leistungsstufe gemäß Abbildung 4-1.

Gemäß /N4/ muss ein Aggregat der Ausführungsklasse G2 vorgesehen werden: „Die Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten entsprechen weitgehend dem der öffentlichen Versorgung“.

#### 4.2.2 Anlauf- und Betriebsströme der notstromberechtigten Anlagen

Folgende Anlauf- und Betriebsströme sind in der Tabelle 4-1 bzw. Tabelle 4-2 zu erwarten:

|                             | Anlaufstrom [A] | Quelle          |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Spüllüftungsanlage</b>   | 85              | Angabe Fa. PHW  |
| <b>Druckerhöhungsanlage</b> | 80              | Angabe Fa. WILO |
| <b>Personenaufzüge</b>      | 62              | Bei FU-Betrieb  |
| <b>Feuerwehraufzug</b>      | 75              | Bei FU-Betrieb  |
| <b>Summe Anlaufströme</b>   | <b>302</b>      |                 |

Tabelle 4-1 *Summe der Anlaufströme der notstromberechtigten Anlagen*

|                             | Betriebsstrom [A] | Quelle          |
|-----------------------------|-------------------|-----------------|
| <b>Spüllüftungsanlage</b>   | 15                | Angabe Fa. PHW  |
| <b>Druckerhöhungsanlage</b> | 53                | Angabe Fa. WILO |
| <b>Personenaufzüge</b>      | 30                | Bei FU-Betrieb  |
| <b>Feuerwehraufzug</b>      | 38                | Bei FU-Betrieb  |
| <b>Summe Betriebsströme</b> | <b>136</b>        |                 |

Tabelle 4-2 *Summe und Übersicht der Betriebsströme*

Unter der Annahme, dass nur ein Personenaufzug während des Anlaufs in Betrieb geht und die beiden anderen nacheinander zeitverzögert hinzugeschaltet werden, ergibt sich ein Anlaufstrom von 302 A.

Da die Wirkung des Turboladers vom Abgasvolumenstrom abhängig ist, kann auf einen leerlaufenden aufgeladenen Motor nur diejenige Leistung aufgeschaltet werden, die er ohne Turbolader hat (Saugmotorleistung). Werden größere Leistungen zugeschaltet, kann der Motor bis zum Stillstand abgebremst werden. Man spricht dann vom sogenannten "Turboloch".

### 4.2.3 Berechnung der Generatorleistung

Im folgendem wird die erforderliche Generatorleistung unter Berücksichtigung des mittleren effektiven Kolbendrucks berechnet.

Da moderne Stromerzeugungsaggregate mit Dieselmotoren mit Turbolader mit höherem Kolbendruck ausgestattet sind, beträgt die Leistungszuschaltung üblicherweise nur ca. 40 % in der 1. Leistungsstufe.

Wenn die betrieblich notwendige Leistung in einer Stufe zugeschaltet werden muss, muss der aufgeladene Motor überdimensioniert werden und zwar um den Faktor, den der Turbolader zur Leistungssteigerung beiträgt.

Der Generator wird von einem Dieselmotor MTU (Typ: 10V1600G20F mit einer Aggregatleistung von 448 kW bei einem  $\cos \varphi = 0,8$ ) angetrieben. Die Nennleistung des Generators beträgt 500 kVA.

Der mittlere effektive Kolbendruck des Motors beträgt laut Angabe des Herstellers (Volvo) 20,5 bar.

Gemäß /N11/ Abbildung 4-1 und den Angaben des Herstellers kann die Maschine in der 1. Leistungsstufe ca. 39 % Ihrer Nennleistung übernehmen.

*Erforderliche Nennleistung des neuen Aggregates*

$$S = \frac{\sqrt{3} * U_N * I_A}{39\%} \quad 4.1$$

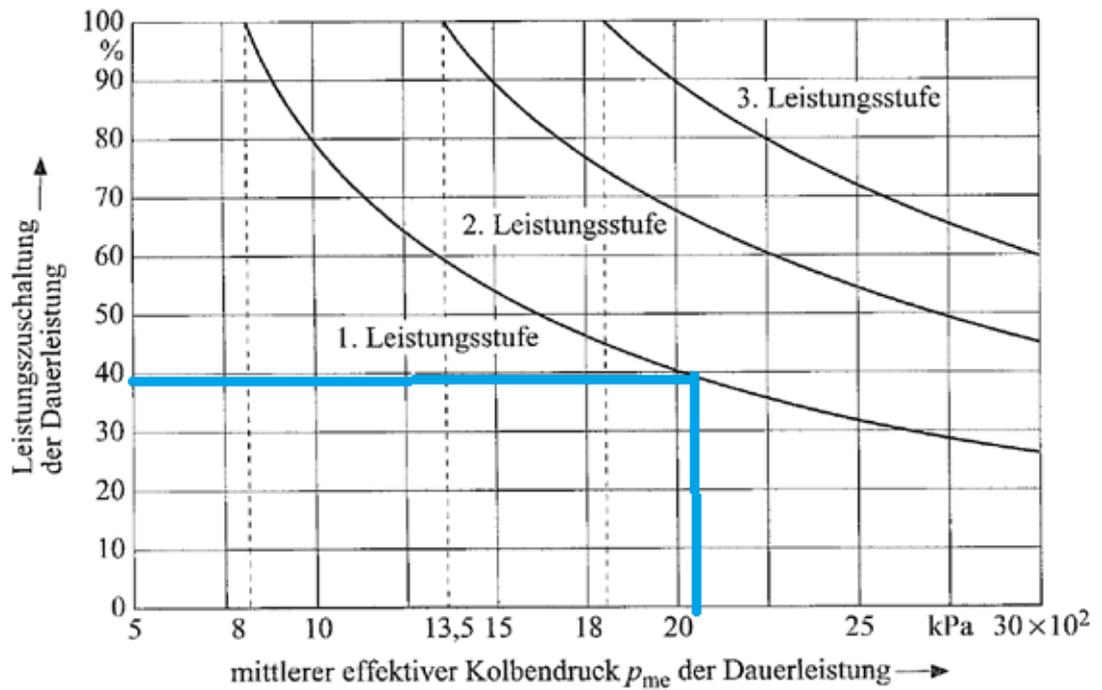
$I_A$  – Anlaufstrom der notstromberechtigten Anlagen in [A], siehe Tabelle 4-1

$U_N$  – Nennspannung in [V]

$$S = \frac{\sqrt{3} * 400V * 302A}{0,39} = 537kVA$$

Daraus resultierend muss die elektrische Notstromleistung des neuen Aggregates mindestens ca. 550 kVA betragen.

Nachfolgendes Diagramm in der Abbildung 4-1 gibt Richtwerte für Leistungsstufen in Prozent der Dauerleistung an in Abhängigkeit von Kolbendruck und Dauerleistung (gültig für Viertaktmotoren).



**Abbildung 4-1** Zusammenhang zwischen Kolbendruck und Leistung /N11/.

Die Prozentangaben beziehen sich hier auf die Verbraucherleistung.

Nicht mit der Aggregatleistung zu verwechseln.

Das neue Stromerzeugungsaggregat wird im UG des Gebäudes montiert.

Das vorhandene Aggregat wird demontiert und fachgerecht entsorgt.

Im Raum befinden sich Lüftungskanäle, welche gemäß /R4/ feuerbeständig abgeschottet werden. Der Raum wird mit einer Schallschutzauskleidung versehen. Ferner wird die vorhandene T30-Tür gegen eine T90-Tür ersetzt.

Für die Bauzeit der Demontage und Neumontage des Stromerzeugungsaggregates (Zeitraum von ca. 2 Wochen) wird eine fahrbare NEA 550 kVA zur Sicherstellung der Sicherheitsstromversorgung eingeplant.

### 4.3 Zusatzeinrichtungen der Netzersatzanlage

#### 4.3.1 Kraftstoffversorgung

##### 4.3.1.1 Hauptkomponenten

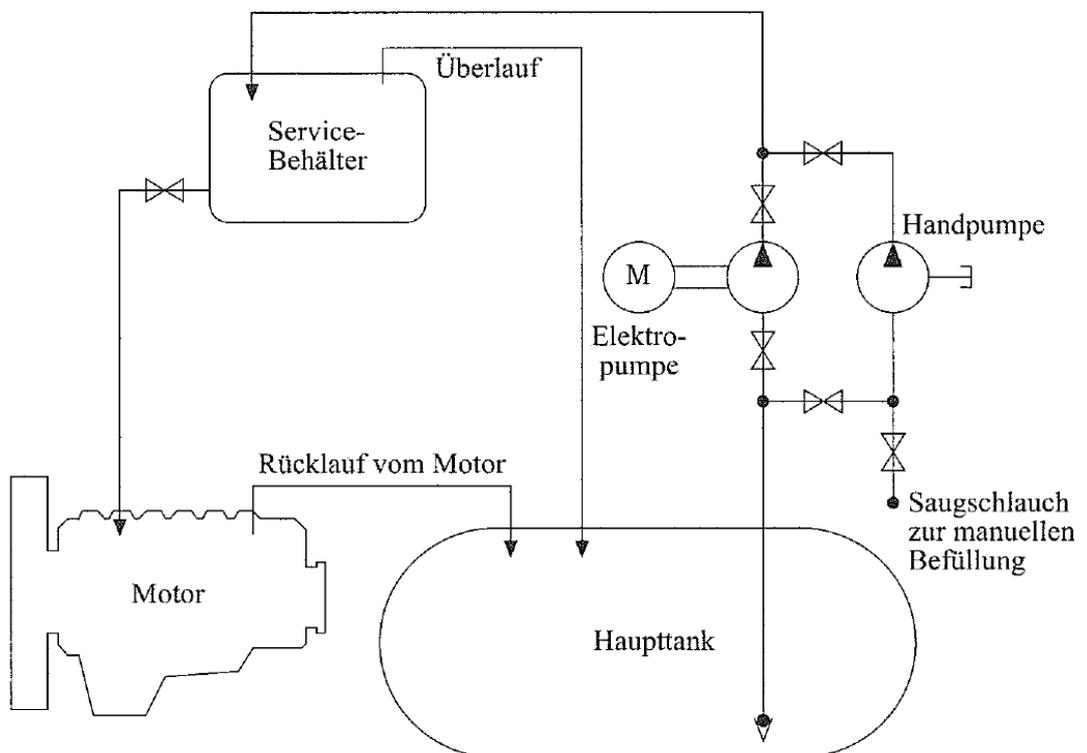
Zur Versorgung des Aggregates wird Dieselkraftstoff oder Heizöl eingesetzt.

Für die Kraftstoffversorgung von Stromerzeugungsaggregaten für Sicherheitsstromversorgung dürfen gemäß /N3/ nur Diesel- oder Gas-Otto-Motoren verwendet werden.

Das Kraftstoffsystem einer NEA besteht i.d.R. aus folgenden Komponenten:

- Haupttank
- Kraftstoffbehälter (Servicebehälter)
- Kraftstoffförderpumpen
- Kraftstoffleitungen

Die nachfolgende Abbildung 4-2 zeigt prinzipiell eine übliche Tankanlage:



**Abbildung 4-2** Kraftstoffversorgungssystem eines Dieselaggregats /L1/

## 4.3.1.2 Haupttank

Gemäß /R10/ wird auf die Zulassung der Tankanlage nach /R14/ hingewiesen. Ohne die Zulassung wird die NEA nicht in Betrieb genommen.

Nach /N2/ ist die Kapazität der Tankanlage beim Anwendungsbereich 2 für einen mindestens 8-stündigen Betrieb bei Nennleistung der NEA unter Berücksichtigung der Probeläufe auszulegen.

Bei der NEA Anlagen muss für mindestens einen Probelauf zusätzlicher Kraftstoff vorhanden sein, damit wird die Einsatzfähigkeit der Anlage nicht gefährdet. Es wird daher empfohlen, den Kraftstoffvorrat zu überdimensionieren.

Es ist aber grundsätzlich zulässig, das Volumen des Servicebehälters mit in Gesamtmenge des Kraftstoffvorrates einzurechnen.

Tankkapazität

Das benötigte Tankvolumen ist abhängig vom Kraftstoffverbrauch, von der Motorleistung und der gewünschten Betriebszeit. Eine angemessene Reservenmenge ist dabei zusätzlich zu berücksichtigen.

Da die Überdimensionierung des benötigten Tankvolumens empfohlen wird, geht man von einem 12-stündigen statt 8-stündigen Betrieb aus. Das benötigte Tankvolumen lässt sich wie folgt grob abschätzen:

$$V = \frac{P_M * t * b_e}{830} \quad 4.2$$

V – benötigtes Tankvolumen in Liter

$P_M$  - Motorleistung in kW

t - gewünschte Betriebszeit in Stunden

$b_e$  – spezifischer Kraftstoffverbrauch in g/kWh

$$V = \frac{448 \text{ kW} * 12 \text{ h} * 201 \frac{\text{g}}{\text{kWh}}}{830 \frac{\text{g}}{\text{l}}} = 1302 \text{ l}$$

Da die monatlichen Probeläufe zusätzlich zu berücksichtigen sind, legt man einen einstündigen Probelauf monatlich fest und rechnet dabei mit 12 Monaten Betrieb. Resultierend muss das benötigte Tankvolumen insgesamt mit ca. 3000l ausgelegt werden.

#### 4.3.1.3 Kraftstoffbetriebsbehälter (Servicebehälter)

Bei stationären Anlagen wird empfohlen, einen so genannten Servicebehälter einzusetzen. Der Servicebehälter sollte möglichst im Aufstellungsraum des Aggregats untergebracht werden.

Nach DIN /N2/ und /N3/ muss der Servicebehälter einen Mindestinhalt für zwei Betriebsstunden bei Nennleistung haben

Gemäß /N3/ Absatz 7.3 ist der Kraftstoffbetriebsbehälter (Servicebehälter) so hoch zu installieren, dass sich seine Unterkante mindestens 0,5 m über dem Niveau der Einspritzpumpe des Hubkolben-Verbrennungsmotors befindet. Somit wird freier Zulauf des Kraftstoffes gewährleistet.

Gemäß /R10/ sind doppelwandige Servicebehälter nicht zulässig, da die Kraftstoffentnahme nur über Domdeckel erfolgen kann und somit zum Abriss des Kraftstoffflusses führen kann.

Deshalb sind Servicebehälter nur einwandig mit Auffangwanne und Auslauf unten auszuführen.

Wenn der Kraftstoffbetriebsbehälter für die notwendige Bevorratung nicht ausreichen sollte, sind so zusätzliche Vorratsbehälter zu installieren.

#### 4.3.1.4 Kraftstoffförderpumpen

Nach Vorgaben der /R7/ ist eine automatische Nachfühleinrichtung für die Nachfühlung des Servicebehälters vorzusehen.

In einer NEA Anlage sind i.d.R. folgende Kraftstoffpumpen erforderlich:

- die Kraftstoffpumpe am Motor
- die Förderpumpe vom Haupttank in den Servicebehälter
- eine Handpumpe zur Notbefüllung des Servicebehälters

Da die Kraftstoffpumpe am Motor vorgegeben ist, wird nicht weiter darauf eingegangen.

Die Förderpumpe muss den Kraftstoff des Motors bei unter Nennlast laufendem Motor fördern können und dazu den Servicebehälter wieder auffüllen können. Ebenso sollte die Förderleistung etwa den 1,3 –fachen Wert des Kraftstoffverbrauchs des Motors betragen.

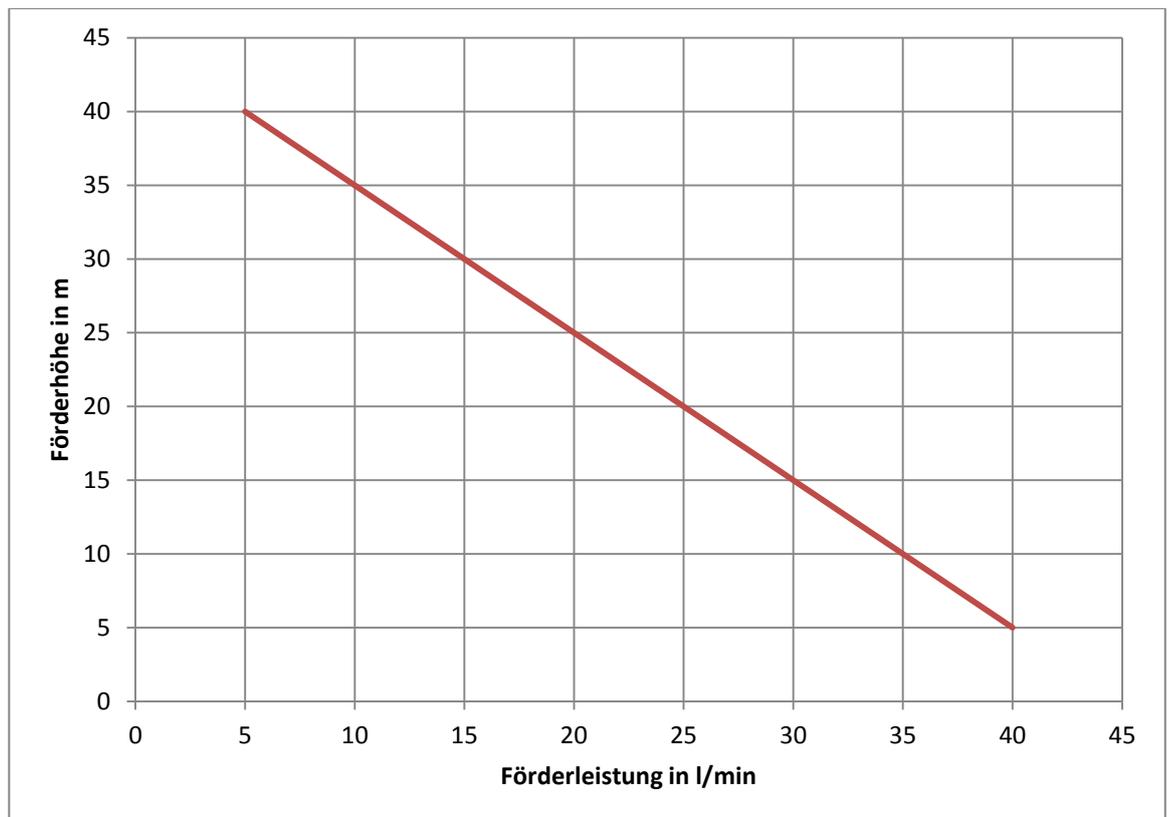
Für die Notbefüllung bzw. Anfahrbefüllung ist eine Handpumpe erforderlich.

Kurze Erläuterung: Das ausgelegte Dieselaggregat weist einen Kraftstoffbedarf von maximal ca. 124 l/h auf. Die Förderpumpe muss ein Fördervolumen von mindestens 9 l/min oder 540 l/h aufweisen.

Selbstverständlich muss auch die Förder-bzw. Ansaughöhe bei der Auswahl der Pumpe berücksichtigt werden. Die Pumpenangaben decken meistens den ganzen Bereich ab, z.B. Förderleistung von 0 l/min bis 45 l/min und Förderhöhe 45 m bis 0 m (Abbildung 4-3)

Dazwischen kann mit hinreichender Genauigkeit interpoliert werden.

Die Förderhöhe des Aggregates beträgt ca. 3m und somit kann den Verbrauch bis zu 42 l/min abgedeckt werden.



**Abbildung 4-3** Allgemeine Pumpenkennlinie

#### 4.3.1.5 Kraftstoffleitungen

Das gesamte Kraftstoffsystem ist ein in sich geschlossener Kreis. Unter normalen Betriebsbedingungen kann kein Kraftstoff in die Umgebung austreten. Die Kraftstoffleitungen verbinden die Tankanlage untereinander und mit dem Dieselmotor.

Vom Servicebehälter zum Motor sollten die Kraftstoffleitungen nicht zu dünn dimensioniert werden. Für Motoren ab 400 kW Leistung sollte der Leitungsdurchmesser mindestens 12mm und bis 400 kW mindesten 10mm betragen. Für die Rücklaufleitungen gelten dieselben Werte.

Bei der Verlegung der Kraftstoffleitungen muss darauf geachtet werden, dass keine Scheuer- Knickstellen vorhanden sind und die entsprechenden Leitungen ohne mechanische Spannung befestigt werden. Die Leitungen sind am Motor selbst schwingungsentkoppelt anzuschließen. Fehlerhaft verlegte Kraftstoffleitungen können durch Knickstellen leicht undicht werden und damit eine erhebliche Brandgefahr neben den Funktionsbeeinträchtigung durch auslaufenden Brennkraftstoff verursachen.

Es wird dringend empfohlen, keine Absperrrichtungen in die Rücklaufleitungen einzuordnen, da der Druck in der Leitung den Förderdruck der Einspritzpumpe erreichen kann. Das können mehrere hundert Bar sein!

Man muss gleich feststellen, wohin der Kraftstoff zurückgefördert wird. Es stehen entweder Haupttank oder Servicebehälter zur Verfügung. Am einfachsten wird der Servicebehälter ausgewählt, da die Leitungswege kürzer sind und die Verrohrung in dem Aggregatraum ausgeführt werden kann, ohne aufwendige Wanddurchführungen mit brandschutztechnischen Anforderungen herstellen zu müssen. An dieser Stelle muss man aber auch vorsichtig sein, da sich der Kraftstoff in dem Servicebehälter bei Motoren mit hohen Rückförraten erwärmen kann. Das hat folgende negativen Auswirkungen: geringere Dichte durch Erwärmung des Treibstoffs, Leistungsverlust des Motors und Abstellen des Aggregats durch Frequenzabweichung.

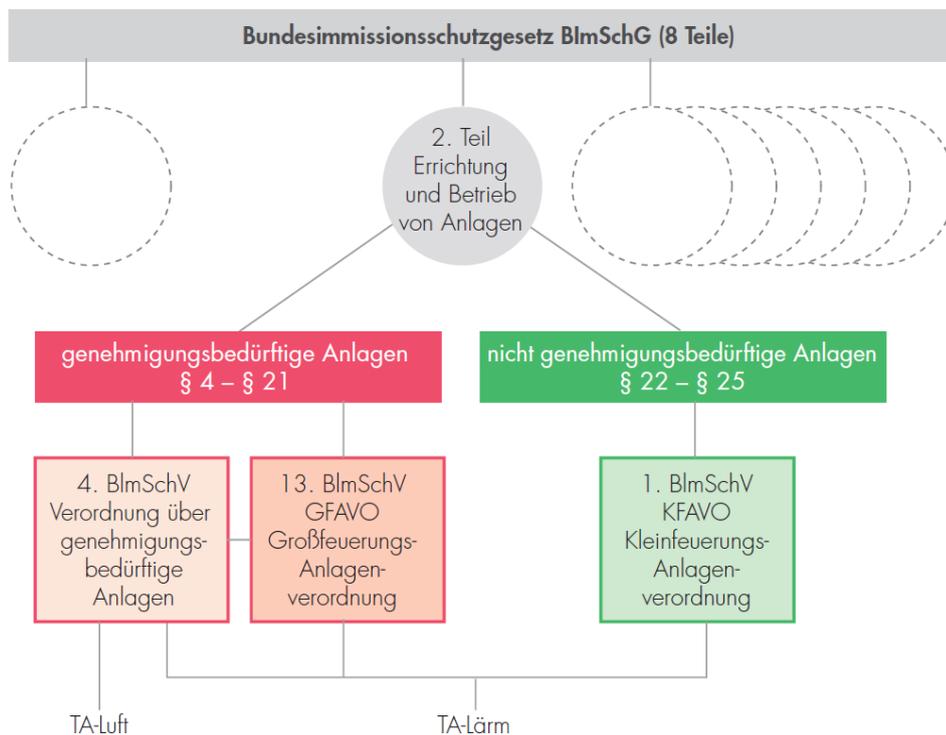
Bei Kraftstofftemperaturen über 50 °C sinkt sich die Schmierfähigkeit ab, wobei an den Bauteilen zunehmender Verschleiß zu erwarten ist.

Sollte der Temperaturanstieg des Kraftstoffes erwartet werden, müsste dann ein externer Kraftstoffkühler vorgesehen werden. Der Kraftstoff kann alternativ in den Haupttank zurückgeleitet werden. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der Haupttank die zurückgeleitete Menge (auch bei vollständiger Füllung) aufnehmen kann!

### 4.3.2 Abgasanlage

#### 4.3.2.1 Auslegung der Abgasanlage

Im Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) /R8/ hat der Gesetzgeber 1974 den Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Belastungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche und andere Einflüsse festgelegt. Die Neufassung (2002), Änderungen (2009), sowie die dazu gehörenden Verordnungen und Verwaltungsvorschriften werden in Abbildung 4-4 veranschaulicht. Im zweiten von acht Teilen des Gesetzes geht es um die Errichtung und den Betrieb von Anlagen: Die Paragraphen 4 bis 21 beschreiben die genehmigungsbedürftigen Anlagen und die Folgeparagraphen 22 bis 25 definieren die nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen. Im § 22 für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen werden jedoch allgemeine Anforderungen an Anlagenbetreiber dargestellt: So sind alle technisch möglichen Maßnahmen zu ergreifen, die Luftverunreinigungen durch Schadstoffausstoß verhindern oder auf ein Minimum beschränken.



**Abbildung 4-4** Zuordnung im Rahmen des /R8/ für Feuerungsanlagen /I7/

Gemäß /R8/ und der Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) /R9/ muss beachtet werden, ob die Abgasanlage genehmigungsfrei oder genehmigungspflichtig ausgelegt wird. Hier gibt es maximal zulässige, vorgeschriebene Werte.

Die Ersatzstromversorgungsanlagen, die nur dem Noteinsatz dienen, sind einerseits genehmigungsfrei. Andererseits können von Umweltämtern oder der Baugenehmigungsbehörde weitgehend verschärfte Abgasemissionswerte gefordert werden, wenn sie als aktueller Stand der Technik angesehen werden. Besonders gilt dies für den Einsatz von Katalysatoren und Rußpartikelfiltern.

Gemäß /R10/ darf die Einsatzbereitschaft der NEA Anlage durch alle Abgasnachbehandlungsanlagen nicht beeinträchtigt werden.

Für die NEA Anlagen bis ca. 500 kVA kann die /R11/ angewendet werden. Bei Aggregaten größerer Leistung ist der Standort von dem Abgasaustritt vorher mit der Genehmigungsbehörde zu klären.

Das wesentliche Kriterium für die Auslegung des Abgassystems ist der Abgasgegendruck bzw. Gesamtdruckverlust. Laut /R10/ ist der Abgasgegendruck der Antriebsmaschine bei Dimensionierung des Abgasrohres zu berücksichtigen.

Die thermische Beanspruchung des Motors und das Lastannahmeverhalten des ganzen Aggregates wird durch den Abgasgegendruck beeinflusst. Der zulässige Abgasgegendruck hängt vom Motor ab. Bei den Turbomotoren liegt der Wert bei ca. 50 hPa (50 mbar) und bei den Saugmotoren ca. 100 hPa (100 mbar). Es wird jeweils bei Nennlast gemessen.

Folgende Nachteile bzw. Auswirkungen hat zu hoher Abgasgegendruck:

thermische Beanspruchung der Zylinderköpfe, Ventile und Turbolader durch unzulässig hohe Abgastemperatur; Motorleistungsreduzierung und stark zunehmende Rauchentwicklung.

Aus diesem Grunde ist der Druckverlust des Abgassystems sorgfältig zu dimensionieren. Es wird also empfohlen, 25% Reserve der maximal zulässigen Werte einzuhalten.

Folgende Faktoren wirken sich auf den Druckverlust einer Abgasanlage aus:

- Rohrlänge
- Nennweite der Rohrleitung
- Abgasmassenstrom des Motors
- Druckverlust durch sonstige Bauteile wie Wärmetauscher, Abgasreinigungsanlagen und Schalldämpfer
- Anzahl der Krümmer

Unter Umständen kann der Druckverlust eines 90° -Krümmers bis zu viermal so hoch sein wie der eines 1 m langen geraden Rohrstücks.

Den gesamten Druckverlust eines Abgassystems kann man wie folgt berechnen:

*Gesamter Druckverlust einer Abgasanlage*

$$\Delta p_{ges} = \Delta p_R \times l + \Delta p_K \times n + \Delta p_D + \Delta p_S \quad 4.3$$

|                  |   |
|------------------|---|
| $\Delta p_{ges}$ | Gesamtdruckverlust  |
| $\Delta p_R$     | Druckverlust der Rohrleitung                              |
| $\Delta p_K$     | Druckverlust der Krümmer                                  |
| $\Delta p_D$     | Druckverlust der Schalldämpfers                           |
| $\Delta p_S$     | Druckverlust der sonstigen Bauteilen (z.B. Kompensatoren) |
| $l$              | Rohrlänge   |
| $n$              | Anzahl der Krümmer  |

Auf jeden Fall ist zu berücksichtigen, dass der Druckverlust einer Rohrleitung von dem Abgasmassenstrom abhängig ist. Dies bedeutet, dass für eine Rohrleitung derselben Nennweite unterschiedliche Werte in obige Formel einzufügen sind.

Bei den Schalldämpfern kann annäherungsweise mit 5hPa gerechnet werden oder die Werte sind bei dem Hersteller zu erfragen.

Folgende Tabellen fassen einige Werte vom Gegendruck verschiedener Rohrgrößen in Abhängigkeit vom Abgasmassenstrom zusammen:

| Abgas-<br>massenstrom<br>kg/h | Durchmesser / mm |      |      |      |      |
|-------------------------------|------------------|------|------|------|------|
|                               | 120              | 140  | 160  | 180  | 200  |
| <b>1000</b>                   | 2,00             | 0,90 | 0,40 | 0,20 | 0,10 |
| <b>1100</b>                   | 2,50             | 1,10 | 0,50 | 0,30 | 0,20 |
| <b>1200</b>                   | 2,90             | 1,30 | 0,60 | 0,30 | 0,20 |
| <b>1300</b>                   | 3,40             | 1,50 | 0,70 | 0,40 | 0,20 |
| <b>1400</b>                   | 4,00             | 1,80 | 0,90 | 0,50 | 0,30 |
| <b>1500</b>                   | 4,60             | 2,00 | 1,00 | 0,50 | 0,30 |
| <b>1600</b>                   | 5,20             | 2,30 | 1,10 | 0,60 | 0,30 |
| <b>1700</b>                   | 5,90             | 2,60 | 1,30 | 0,70 | 0,40 |
| <b>1800</b>                   | 6,60             | 2,90 | 1,40 | 0,80 | 0,40 |
| <b>1900</b>                   | 7,30             | 3,20 | 1,60 | 0,80 | 0,50 |
| <b>2000</b>                   | 8,10             | 3,60 | 1,80 | 0,90 | 0,50 |
| <b>2100</b>                   | 9,00             | 3,90 | 1,90 | 1,00 | 0,60 |
| <b>2200</b>                   | 9,80             | 4,30 | 2,10 | 1,10 | 0,70 |
| <b>2300</b>                   | 10,70            | 4,70 | 2,30 | 1,20 | 0,70 |
| <b>2400</b>                   | 11,70            | 5,20 | 2,50 | 1,40 | 0,80 |
| <b>2500</b>                   | 12,70            | 5,60 | 2,80 | 1,50 | 0,80 |
| <b>2600</b>                   | 13,70            | 6,00 | 3,00 | 1,60 | 0,90 |
| <b>2700</b>                   | 14,80            | 6,50 | 3,20 | 1,70 | 1,00 |
| <b>2800</b>                   | 15,90            | 7,00 | 3,50 | 1,80 | 1,10 |
| <b>2900</b>                   | 17,00            | 7,50 | 3,70 | 2,00 | 1,10 |
| <b>3000</b>                   | 18,30            | 8,00 | 4,00 | 2,10 | 1,20 |

Tabelle 4-3 Gegendruck in hPa pro 1 m Rohrleitung

Diese Tabelle zeigt enorme Unterschiede bei dem Gegendruck in Abhängigkeit von der Menge des Abgasmassenstromes. Eine Rohrleitung mit dem Durchmesser von 120 mm hat bei einem Abgasmassenstrom von 1000 kg/h einen Druckverlust von 2 hPa/m, bei einem Abgasmassenstrom schon vom 3000 kg/h aber einen Druckverlust von 18,3 hPa/m!

| Abgas-<br>massenstrom<br>kg/h | Durchmesser / mm |       |      |      |      |
|-------------------------------|------------------|-------|------|------|------|
|                               | 120              | 140   | 160  | 180  | 200  |
| <b>1000</b>                   | 3,40             | 1,80  | 1,10 | 0,70 | 0,40 |
| <b>1100</b>                   | 4,10             | 2,20  | 1,30 | 0,80 | 0,50 |
| <b>1200</b>                   | 4,90             | 2,60  | 1,50 | 1,00 | 0,60 |
| <b>1300</b>                   | 5,70             | 3,10  | 1,80 | 1,10 | 0,70 |
| <b>1400</b>                   | 6,60             | 3,60  | 2,10 | 1,30 | 0,90 |
| <b>1500</b>                   | 7,60             | 4,10  | 2,40 | 1,50 | 1,00 |
| <b>1600</b>                   | 8,70             | 4,70  | 2,70 | 1,70 | 1,10 |
| <b>1700</b>                   | 9,80             | 5,30  | 3,10 | 1,90 | 1,30 |
| <b>1800</b>                   | 11,00            | 5,90  | 3,40 | 2,20 | 1,40 |
| <b>1900</b>                   | 12,30            | 6,60  | 3,90 | 2,40 | 1,60 |
| <b>2000</b>                   | 13,60            | 7,30  | 4,30 | 2,70 | 1,80 |
| <b>2100</b>                   | 15,00            | 8,10  | 4,70 | 3,00 | 1,90 |
| <b>2200</b>                   | 16,40            | 8,90  | 5,20 | 3,20 | 2,10 |
| <b>2300</b>                   | 18,00            | 9,70  | 5,70 | 3,60 | 2,30 |
| <b>2400</b>                   | 19,60            | 10,70 | 6,10 | 3,90 | 2,50 |
| <b>2500</b>                   | 21,20            | 11,50 | 6,70 | 4,10 | 2,80 |
| <b>2600</b>                   | 23,00            | 12,40 | 7,30 | 4,60 | 3,00 |

Tabelle 4-4 Gegendruck in hPa pro 90° Krümmer ( $R/d=1,5$ )

Da das ausgewählte Dieselaggregat einen relativ großen Abgasmassenstrom hat, ist der Rohrdurchmesser größer zu dimensionieren. Man legt das Abgasleitungsrohr mit einem Durchmesser von 300 mm aus. Die nachfolgenden Werte beziehen sich auf den entsprechenden Rohrdurchmesser.

Das ausgewählte Abgassystem weist folgende Werte auf:

Druckverlust der Rohrleitung  $\Delta p_R = 0,055$  hPa, Rohrlänge  $l = 45$  m, Druckverlust der Krümmer  $\Delta p_K = 1,3$  hPa, Druckverlust der Schalldämpfers  $\Delta p_D = 2 * 5$  hPa, Anzahl der Krümmer  $n = 7$  St., Druckverlust der Kompensatoren  $\Delta p_S = 2 * 4$  hPa.

Der gesamte Druckverlust  $\Delta p_{ges}$  lässt sich wie folgt berechnen:

$$\Delta p_{ges} = 0,055 \text{ hPa} * 45 \text{ m} + 1,3 \text{ hPa} * 7 \text{ St.} + 2 * 5 \text{ hPa} + 2 * 4 \text{ hPa}$$

$$\Delta p_{ges} = 30 \text{ hPa}$$

Da die 25% der maximal zulässigen Werte von Reserve bei Dimensionierung empfohlen werden, rechnet man sie wie folgt mit.

$$\Delta p_{\text{ges}} = 30 \text{ hPa} + 25\% = 37,5 \text{ hPa}$$

Der Gegendruck in Höhe von 37,5 hPa liegt deutlich niedriger als der maximal zulässige Wert in Höhe von 50 hPa (bei Aggregaten mit Turbomotoren).

Das heißt, dass der ausgelegte Abgasrohrdurchmesser richtig dimensioniert wurde und allen Anforderungen entspricht.

#### 4.3.2.2 Mechanische Befestigung

Desweiteren ist die mechanische Befestigung ein wesentliches Kriterium bei der Dimensionierung eines Abgassystems. Einerseits müssen Gebäude, Abgasanlage und Motor voneinander schwingungsentkoppelt sein, da die Körperschallübertragung und den mechanischen Spannungen vorzubeugen ist. Andererseits ist ein durch Erwärmung entstandener Ausgleich der Längenausdehnung zu gewährleisten. Diesbezüglich werden an jeweils geeigneter Stelle Fest- und Lospunkte wie auch die Kompensatoren (Abbildung 4-5) installiert. Die Kompensatoren leiten nur Längskräfte ein. Dies ist bei der Montage zu beachten, da sie gegen seitlichen Versatz empfindlich sind und dadurch leicht beschädigt werden können. Die Kompensatoren werden wegen Längenausdehnung von Stahl durch Erwärmung ausgelegt. Diese Notwendigkeit besteht, da sich der Stahl bei der Erwärmung um ca. 1,23 mm je Meter Länge und 100 K Temperaturerhöhung ausdehnt. Ein Rohr von 5 m Länge würde sich bei einer Abgastemperatur von rund 550 ° C am Austrittspunkt des Motors um ca. 34 mm ausdehnen.

In jedem starren Rohrabschnitt ist nur ein Festpunkt einzuordnen. Sonst werden die Längskräfte in die Befestigung eingeleitet.

Den aufgeladenen Turbolader ist von jeglichen mechanischen Spannungen freizuhalten. Damit wird die Lebensdauer eines Dieselmotors deutlich verlängert. Dafür wird ein Kompensator direkt am Turbolader angebracht und ein Festpunkt vor dem Kompensator gesetzt. In den Kompensator werden folglich nur die Schwingungskräfte und Längskräfte eingeleitet.

Als oberer Abschluss eines Abgassystems ist eine s.g. Deflektorhaube (Abbildung 4-5) vorzusehen. Somit wird das Eindringen der Niederschläge in die Abgasleitung ausgeschlossen.

Die Abbildung 4-5 zeigt beispielsweise eine Abgasführung mit der Anordnung von Los- Festpunkten, Kompensatoren etc.

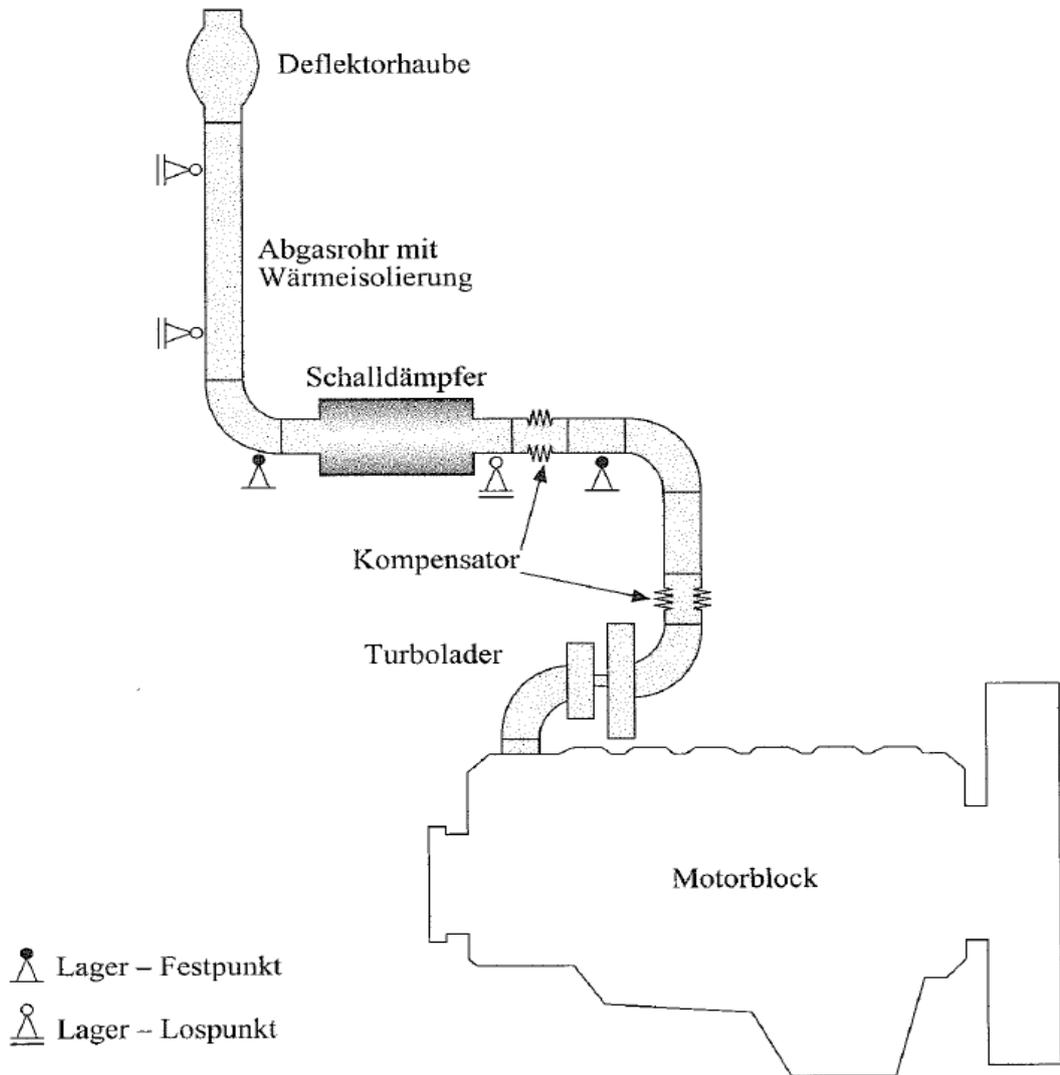


Abbildung 4-5 Abgasführung eines Diesellaggregates /L1/

#### 4.3.2.3 Abgasdaten und Emissionsgrenzwerte

Zum Schutz der Bevölkerung vor schädlichen Belastungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche und andere Einflüsse hat der Gesetzgeber 1974 das /R8/ erlassen, das 2002 neugefasst und zuletzt 2009 geändert wurde. Die Struktur des Gesetzes mit seinen dazugehörigen Verordnungen und Verwaltungsvorschriften ist in Abbildung 4-4 dargestellt. Von den insgesamt acht Teilen des Gesetzes befasst sich der zweite Teil mit der Errichtung und dem Betrieb von Anlagen. Dieser zweite Gesetzesteil behandelt in § 4 bis § 21 die genehmigungsbedürftigen Anlagen und in den Folgeparagrafen § 22 bis § 25 die nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen.

Im /R8/ sind allerdings in § 22 für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen allgemeine Anforderungen an Anlagenbetreiber zugrunde gelegt. Danach sind alle Maßnahmen zu ergreifen, die nach dem Stand der Technik möglich sind, um Luftverunreinigungen durch Schadstoffausstoß zu vermeiden oder auf ein Mindestmaß zu begrenzen.

|                                 | Einheit           | Dieselaggregat |
|---------------------------------|-------------------|----------------|
| <b>Brennstoff</b>               |                   | Heizöl         |
| <b>Feuerwärmeleistung</b>       | kW                | 1070           |
| <b>Betriebssauerstoffgehalt</b> | %                 | 3              |
| <b>Bezugssauerstoffgehalt</b>   | %                 | 3              |
| <b>Abgasvolumenstrom</b>        | m <sup>3</sup> /h | 5800           |
| <b>Abgastemperatur</b>          | °C                | 540            |
| <b>Betriebsstunden pro Jahr</b> | h/a               | max. 300       |

Tabelle 4-5 *Herstellerbezogenen Abgasdaten der Emissionsquelle*

Die o.g. Tabelle 4-5 beinhaltet die wichtigsten herstellerbezogenen Abgasdaten des ausgelegten Aggregates. Die Feuerwärmeleistung des Aggregates lässt sich wie folgt berechnen:

$$Q_B = m_B * H_U \quad 4.4$$

$Q_B$  – Feuerungswärmeleistung des Aggregates in GJ/h bzw. in kW

$m_B$  – zugeführte Brennstoffmenge in kg/h

$H_U$  – Heizwert des Brennstoffes in MJ/kg

Die zugeführte Brennstoffmenge lässt sich wie folgt bestimmen:

$$m_B = b_e * P_M \quad 4.5$$

$P_M$  - Motorleistung in kW

$b_e$  – spezifischer Kraftstoffverbrauch in g/kWh

$$m_B = 201 \frac{g}{kWh} * 448 kW = 90 \frac{kg}{h}$$

$$Q_B = 90 \frac{kg}{h} * 42,8 \frac{MJ}{kg} = 3,85 \frac{GJ}{h}$$

$$\text{da } 1 * \frac{GJ}{h} = 1 * 10^6 \frac{kJ}{h} \text{ und } 1 * \frac{kJ}{h} = 1 \frac{kWs}{h}$$

folgt:

$$Q_B = \frac{3,85 * 10^6 \frac{kWs}{h}}{3600 \frac{s}{h}} = 1070 kW$$

- Staub

Zur Begrenzung der staubförmigen Emissionen dieser Anlagen ist unter der Nr. 5.4.1.4 /R9/ ein Emissionswert von 80 mg/m<sup>3</sup> vorgegeben (siehe Tabelle 4-6). Darüber hinaus ist der Einsatz von Rußfiltern anzustreben. Außerdem sind nach Nr. 5.4.1.4 /R9/ im Abgas enthaltene Emissionen durch motorische und andere dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen soweit wie möglich zu begrenzen.

Die staubförmigen Emissionen aus Selbstzündungsmotoren wurden Nr. 5.4.1.4 /R9/ wie folgt konkretisiert:

Neuanlagen sonstige Motoren:

⇒ Einzelaggregat mit einer Feuerwärmeleistung (FWL) über 1000 kW

Einzelfallprüfung; Zielwert 80 mg/m<sup>3</sup> durch motorische Maßnahmen; der Einsatz von Rußfiltern ist anzustreben.

Für Feuerungsanlagen mit flüssigen Brennstoffen gelten nach der /R9/ Nr. 5.4.1.4 die in der Tabelle 4-6 genannten Grenzwerte. Die Konzentrationen sind bezogen auf trockenes Abgas im Normzustand mit 3% Sauerstoffgehalt.

| Schadgas            | Einheit           | geforderter Grenzwert |
|---------------------|-------------------|-----------------------|
| Stickoxide, als NOx | g/m <sup>3</sup>  | 1                     |
| Kohlenmonoxid       | g/m <sup>3</sup>  | keine Betrachtung     |
| Staub               | mg/m <sup>3</sup> | 80                    |

Tabelle 4-6 *Emissionsgrenzwerte für Feuerungsanlagen gemäß Nr. 5.4.1.4 /R9/*

- Stickstoffoxide

Zur Begrenzung der Stickstoffoxidemissionen von genehmigungsbedürftigen Dieselmotoranlagen sowie gasbetriebenen Zündstrahlmotoren ist unter Nr. 5.4.1.4 /R9/ folgendes ausgeführt:

⇒ Feuerungswärmeleistung unter 3 MW 1,0 g/m<sup>3</sup>

Die Möglichkeiten, die Emissionen durch motorische oder andere dem Stand der Technik entsprechende Maßnahmen weiter zu vermindern, sind auszuschöpfen.

Da die geplante NEA genehmigungsfrei ist, lässt sich ein höherer Wert vernachlässigen.

- Kohlenmonoxid

Nach Nr. 5.4.1.4 /R9/ finden die Emissionswerte für Kohlenmonoxid keine Anwendung bei Verbrennungsmotoranlagen, die ausschließlich dem Notantrieb dienen oder bis zu 300 Stunden je Jahr zur Abdeckung der Spitzenlast z.B. bei der Stromerzeugung betrieben werden. Daneben sind aber die Möglichkeiten der Emissionsminderung durch motorische Maßnahmen auszuschöpfen.

#### 4.3.2.4 Ermittlung der Schornsteinhöhe

Die Ermittlung der Schornsteinhöhen für die NEA Anlage erfolgt nach der /R9/ und nach /R11/.

Die /R9/ enthält zur Vorsorge in Abschnitt 5.4.1.4 Anforderungen für die Ableitung von Abgasen. Allgemein gilt nach /R9/ Nr. 5.5.1, dass Abgase so abzuleiten sind, dass ein ungestörter Abtransport mit der freien Luftströmung ermöglicht wird. Auf der Grundlage von Anlagedaten wird nach /R11/ die gebäudebedingte Schornsteinhöhe ermittelt.

Das Verfahren gilt für die Bestimmung der Schornsteinhöhe bei Feuerungsanlagen mit:

- Heizöl EL < 4 GJ/h (1112 kW) Feuerungswärmeleistung

Der lichte Querschnitt der Schornsteine ist nach /N20/ zu bestimmen. Es soll unter Beachtung dieser Norm der kleinstmögliche Querschnitt ausgeführt werden.

Schornsteine sollen wegen der günstigeren Abströmbedingungen an der Mündung mit rohrförmigen Aufsätzen ausgerüstet werden.

Der lichte Querschnitt der Aufsätze soll sich vom lichten Querschnitt des dazugehörigen Schornsteins nicht oder nur unwesentlich unterscheiden.

Die Höhe des Aufsatzes soll mindestens dem hydraulischen Durchmesser  $D_h$  in m des Schornsteins entsprechen.

Der hydraulische Durchmesser  $D_h$  lässt sich wie folgt berechnen:

$$D_h = \frac{4 \cdot F}{U} \quad 4.6$$

$D_h$  - der hydraulische Durchmesser der Schornsteinquerschnittsfläche in m

$F$  - lichte Querschnitt des Schornsteins in  $m^2$

$U$  - innere Schornsteinumfang in m

$$\text{da } F = \pi \cdot r^2;$$

$$U = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$r = 0,15 \text{ m}$$

folgt:  $D_h = 2 \cdot r = 0,3 \text{ m}$

Der Schornstein ist bei einem abgestuften Flachdach am höchsten Gebäudeteil hochzuführen. Der Mindestabstand der Schornsteinmündung von der Dachfläche ist dabei mindestens  $8 \times D_h$  einzuhalten.

Umgebungsbedingte Anforderungen an die Schornsteinhöhe werden nur erhoben, wenn im Einwirkungsbereich der Quelle Gebäude vorhanden sind.

Einwirkungsbereich einer Quelle:

- Der Einwirkungsbereich einer Quelle siehe Abbildung 4-6 ist als Kreis um den Mittelpunkt der Mündungsfläche anzunehmen.
- Der Kreisradius beträgt mindestens 10 m und höchstens 50 m.
- Zwischen den beiden Grenzen (0 GJ/h, 10m) und (4 GJ/h, 50 m) wird er durch lineare Interpolation ermittelt.

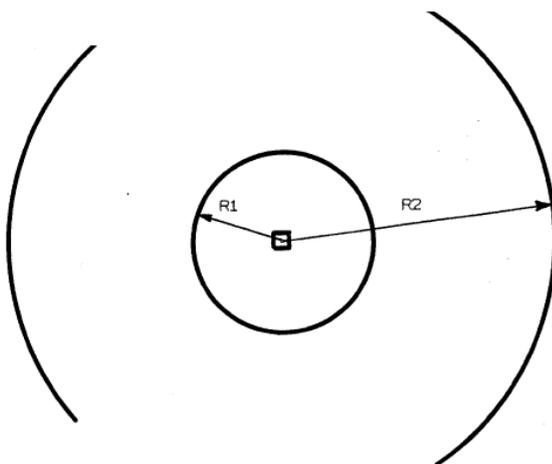
Für FWL zwischen 0 GJ/h und 4 GJ/h (also 0 und 1112 kW) gilt:

Einwirkungsbereich einer Quelle:

$$R = 10m + \frac{40m * \text{vorhandene FWL}}{\text{Obergrenze FWL (4 } \frac{GJ}{h} \text{ bzw. 1112 kW)}} \quad 4.7$$

Vorhandene FWL ist der Formel 4.4 bzw. Tabelle 4-5 zu entnehmen.

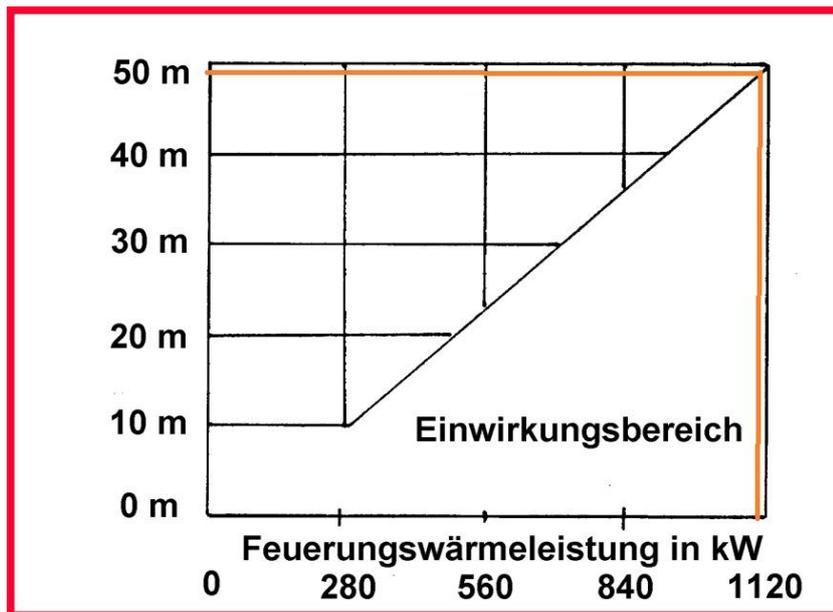
$$R = 10 m + \frac{40 m * 1070 kW}{1112 kW} = 48,5 m$$



**Abbildung 4-6** Prinzipielle Darstellung eines Einwirkungsbereiches einer Quelle

Der Einwirkungsbereich ist der Abstand zwischen dem Mittelpunkt der Mündungsfläche des Schornsteins (Quelle) zum höchsten zu schützenden Raum der zum ständigen Aufenthalt von Menschen bestimmt ist.

Ob ein Raum im Einwirkungsbereich einer Quelle liegt, ist aus nachfolgendem Diagramm Abbildung 4-7 zu entnehmen. Die Entfernung ist in Abhängigkeit zur Leistung der Feuerstätte zu ermitteln.



**Abbildung 4-7** Einwirkungsbereich in Abhängigkeit zu FWL

Der Abstand „R“ zwischen dem Mittelpunkt der Mündungsfläche der Quelle zum höchsten zu schützenden Raum für den ständigen Aufenthalt von Menschen ist gleich 48,5 m. Da sich das nebenstehende Hochhaus in dem Einwirkungsbereich der Abgasquelle befindet, ist eine Sondergenehmigung für die Abgasführung zu beantragen.

### **4.3.3 Raumbelüftung**

#### 4.3.3.1 Abzuführende Strahlungswärme

Die abzuführende Wärmemenge beläuft sich je nach Motortyp i.d.R. auf ca. 5% der mit dem Kraftstoff zugeführten Wärmeleistung.

Wenn sich Abgasschalldämpfer oder längere Abgasrohrleitungen im Betriebsraum befinden, muss auf die Wärmeabgabe dieser Bauteile zusätzlich geachtet werden. Um die abzuführende Strahlungswärme in Grenzen halten zu können, müssen diese Bauteile mit einer feuerfesten Isolierung vorgesehen werden.

##### a) Motoren mit angeflanschten Lüfter

Die abgestrahlte Wärme vom Motor wird durch den vom Lüfter erzeugten Luftstrom bei Motoren mit angeflanschem Lüfter und Radiatorkühlung abgeführt. Motoren mit Drucklüfter haben dabei eine erhöhte Lufteintrittstemperatur in den Kühler. Die erhöhte Lufteintrittstemperatur muss bei der Auslegung der Kühlanlage berücksichtigt werden.

Bei der neu geplanten NEA wird der angeflanschte Lüfter dem Motoraggregat eingesetzt. Und so wird die Anlage ausgeschrieben und zugestellt. Die dafür geforderte Luftbedarfsermittlung ist dem Abschnitt 4.3.3.3 zu entnehmen.

##### b) Motoren mit externer Kühleinrichtung

Bei Motoren mit externer Kühleinrichtung ist die anfallende Strahlungswärme durch eine Zwangsbelüftung des Betriebsraums abzuführen. Die Belüftung kann wie es unten im Abschnitt 4.3.3.2 beschrieben wird, sowohl durch Druck- als auch durch Saugventilatoren gewährleistet werden.

Bei der Wegführung der Abluft ist darauf zu achten, dass die Zuluft aus der Umgebung nicht beeinträchtigt wird. Die Eintrittsöffnung der Frischluft ist möglichst weit von der Austrittsöffnung der Abluft anzuordnen. Damit wird ein Luftkurzschluss vermieden.

#### 4.3.3.2 Belüftungssysteme

Durch Strahlung und Konvektion von den installierten Generatoren, Motoren, Anbaugeräten und Rohrleitungssystemen erwärmt sich der elektrische Betriebsraum (Aggregatraum).

Die entstehende Wärme muss über ein Lüftungssystem abgeführt werden. Somit wird die unzulässig hohe Temperatur für die Anlage vermieden.

Ebenso müssen die laut Aggregatdatenblatt vorgeschriebenen Mindestansauglufttemperaturen für den Betrieb der NEA eingehalten werden.

Bei Betriebsräumen mit Motoren kann man die externen Belüftungs- und Kühlsysteme in drei Arten unterscheiden:

##### Drückendes System (wird empfohlen)

Durch einen Ventilator wird die Luft mit Umgebungstemperatur angesaugt. Die Luft wird durch den Betriebsraum gedrückt und über Abluftöffnungen ins Freie geführt.

In dem Betriebsraum entsteht somit ein Überdruck. Dieses System wird besonders in Umgebungen mit hoher Staubbelastung z.B. Wüstenregionen empfohlen.

Durch den Überdruck im Betriebsraum wird das Eindringen des Staubes wegen Undichtigkeit der Türen oder Fenster vermieden.

Die eingesetzten Belüftungsanlagen müssen mit entsprechenden Filtern zur Staubabscheidung ausgerüstet werden.

##### Saugendes System (wird nicht empfohlen)

Über ein Zuluftsystem wie z.B. Jalousie, Filter, Wetterschutzgitter oder Schalldämmkulisse wird die Luft aus der Umgebung dem Betriebsraum zugeführt. Der Betriebsraum wird belüftet und durchgeströmt. Die Umgebungsluft wird durch einen Ventilator abgesaugt und ins Freie weitergeleitet. In dem Betriebsraum entsteht Unterdruck. Auf der Ansaugseite des Belüftungssystems muss der einzustellende Unterdruck deutlich unter 1mbar liegen.

Das Aggregat wird wie ein großer Staubsauger betrieben. Das Eindringen von der ungefilterten Sekundärluft wird durch Undichtigkeiten in den Be-

triebsraumwänden bzw. Fenstern nicht vermieden. Das führt auf Dauer zu einer erhöhten Verschmutzung des Betriebsraumes.

#### Kombiniertes System (wird empfohlen)

Durch einen Zuluftventilator wird die Luft für die Betriebsraumbelüftung eingeblasen und auf der Abluftseite durch einen weiteren Ventilator wieder abgesaugt. Durch eine geeignete Abstimmung des Zu- bzw. Abluftsystems lässt sich der Luftdruck im Betriebsraum etwa dem Umgebungsdruck anpassen. Dieses System ist anzuwenden, wenn erhebliche Druckverluste sowohl auf der Zuluftseite als auch auf der Abluftseite zu erwarten sind. Das ist besonders da der Fall, wo die Luft für die Betriebsraumbelüftung über weite Strecken angeblasen und wieder abgeblasen werden muss.

Durch folgende Komponenten wie z.B. Filter, Schalldämmkulissen, Jalousien und Wetterschutzgitter entsteht ein hoher Druckverlust.

Die Abgasleitungen und Schalldämpfer innerhalb des Betriebsraumes müssen gut isoliert werden, um die im Betriebsraum entstehende Strahlungswärme und somit erforderliche Luftmenge möglichst gering zu halten. Innerhalb von Gebäuden ist die Isolierung von Abgassystemen generell anzuwenden.

Meistens wird die Verbrennungsluft aus dem Betriebsraum angesaugt. Bei der Auslegung ist darauf zu achten, diese zusätzliche Luftmenge der Zuluftventilatoren zu berücksichtigen.

### 4.3.3.3 Ermittlung der Strahlungswärme

#### 4.3.3.3.1 Ermittlung der Strahlungswärme vom Motor

Der für die Auslegung eines Belüftungssystems zu ermittelnde Luftbedarf lässt sich folgendermaßen aufteilen:

##### Verbrennungsluftbedarf des Motors

Die Verbrennungsluft, die der Motor aus dem Maschinenraum ansaugt, muss über das Belüftungssystem zugeleitet werden. Dies muss bei der Auslegung einkalkuliert werden. Man muss sicherstellen, dass die Temperatur der angesaugten Luft dabei nicht höher oder niedriger ist als der Wert, der zur Ermittlung der Ortsleistung festgelegt wurde.

##### Kühlluftbedarf des Motors und der Komponenten

Strahlungswärme von Motor, Generator oder anderen wärmeabstrahlender Komponenten muss über das Belüftungssystem des Betriebsraumes abgeleitet werden.

Zur Ermittlung des Luftbedarfs sind zunächst die Strahlungswärmen von Motor und Generator zu ermitteln.

##### Strahlungswärme des Motors

Die Strahlungswärme des Motors  $Q_M$  wird meistens den Datenblättern entnommen.

$Q_M$  [kW] Strahlungswärme des Motors

$Q_M = 21$  [kW], aus dem Datenblatt des Herstellers entnommen.

#### 4.3.3.3.2 Generatorstrahlungswärme

Die Strahlungswärme des Generators  $Q_G$  entspricht 5% der Generatornennleistung oder nimmt man an, dass der Leistungsverlust des Generators in Wärme umgesetzt wird. Die zwei o.g. Berechnungsvarianten sind gleichgültig. Die Strahlungswärme eines Generators kann durch folgende Beziehung ermittelt werden:

$$Q_G = S_G * \cos(\varphi) * (1 - \eta_G) \quad 4.8$$

$Q_G$  [kW] Strahlungswärme des Generators

$\eta_G$  [%] Wirkungsgrad des Generators

$\eta_G = 0,95\%$ , dem Datenblatt entnommen

$S_G$  [k VA] Generatorscheinleistung

$S_G = 550\text{kVA}$ , dem Datenblatt entnommen

$\cos(\varphi)$  Wirkleistungsfaktor

$\cos(\varphi) = 0,8$  dem Datenblatt entnommen

$$Q_G = S_G * \cos(\varphi) * (1 - \eta_G)$$

$$Q_G = 550 \text{ kVA} * 0,8 * (1 - 0,95) = 22 \text{ kW}$$

#### 4.3.3.3.3 Strahlungswärme durch Abgassystem

Die Strahlungswärme der Abgasrohrleitungen  $Q_{\text{Abgas}}$  lässt sich wie folgt ermitteln.

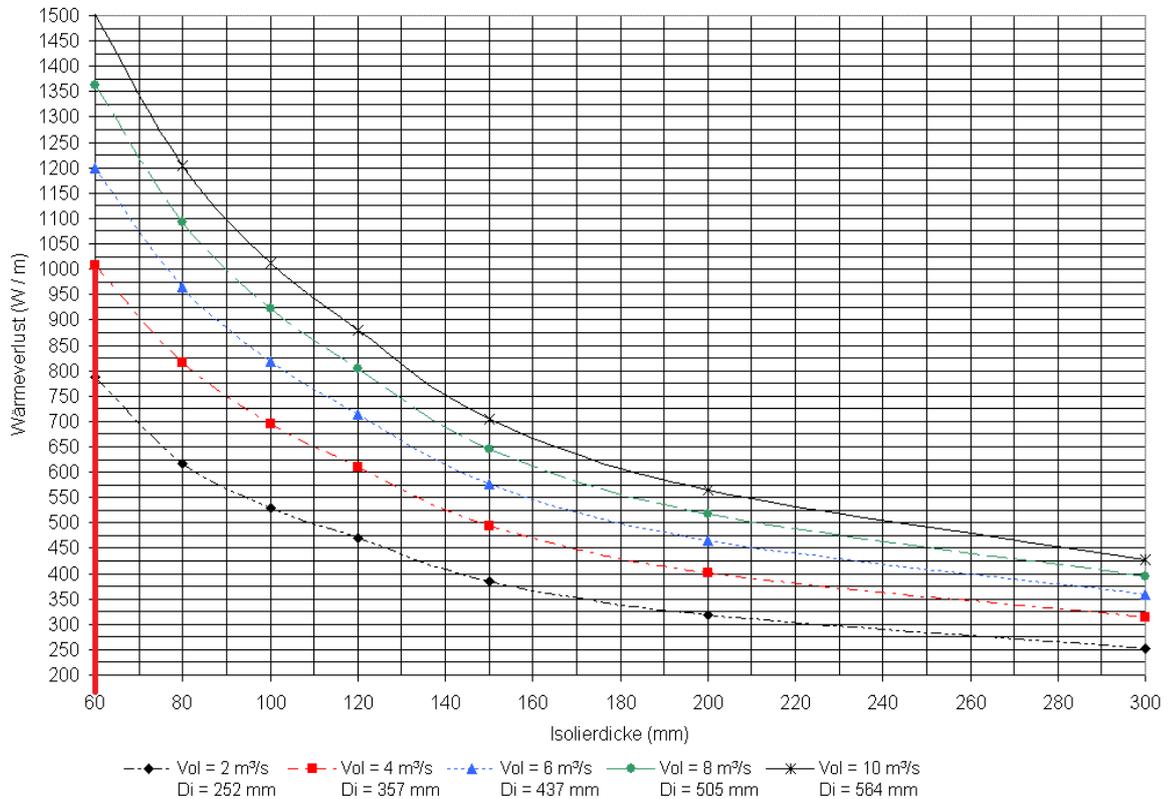
$$Q_{\text{Abgas}} = L * q_R \quad 4.9$$

$Q_{\text{Abgas}}$  [kW] Strahlungswärme durch Abgassystem

$q_R$  [W/m] Wärmestrom, bezogen auf 1 m Rohrleitung (mit Rohrdurchmesser von 300 mm) und Isolierung 60 mm.

L [m] Länge des Abgasrohres im Betriebsraum

$$Q_{\text{Abgas}} = 7 \text{ m} * 1000 \text{ W/m} = 7 \text{ kW}$$



**Abbildung 4-8** Wärmeverlust einer isolierten Abgasleitung //10/

Bei diesem Diagramm in der obigen Abbildung 4-8 geht man von ungünstigsten Bedingungen für ein Abgasrohr mit einem Durchmesser i.H. von 300mm und üblicher Isoliertdicke i.H. von 60mm aus.

#### 4.3.3.4 Gesamte Strahlungswärme

Die gesamte Strahlungswärme  $Q$  ergibt sich aus der Addition von den vorgenannten Strahlungsanteilen zu:

$$Q = Q_{\text{Mot}} + Q_{\text{G}} + Q_{\text{Abgas}} \quad 4.10$$

$$Q = (21 + 22 + 7) \text{ kW} = 50 \text{ kW}$$

## 4.3.3.4 Ermittlung des Luftbedarfs

Danach ergibt sich der erforderliche Luftbedarf als Funktion der gesamten Strahlungswärme, der zulässigen Temperaturerhöhung der Luft im Betriebsraum, Dichte der Luft und der spez. Wärmekapazität der Luft:

$$V = \left( \frac{Q}{c_{pL} * \rho_L * \Delta T} + V_{Mot} \right) * 3600 \quad 4.11$$

$V_{Mot}$  [ $m^3/s$ ] Verbrennungsluftmenge des Motors

$V_{Mot} = 0,5 m^3/s$  dem Datenblatt entnommen

$\Delta T$  [K] zulässige Temperaturerhöhung

$\Delta T = 5$  K, da die maximal zulässige Umgebungstemperatur für einen Generator i.d.R. i.H. von  $40^\circ C$  liegt, nimmt man die maximal zulässige Temperaturerhöhung i.H. von 5 K an. Man geht aber gleich davon aus, dass es draußen ab und zu  $ca. 30^\circ C$  ist.

$c_{pL}$  [kJ/kgK] spez. Wärmekapazität der Luft (1,005 kJ/kgK)

$\rho_L$  [kg/ $m^3$ ] Dichte der Luft (z.B.  $1,15 kg/m^3$  bei 1002mbar und  $30^\circ C$ )

$$V = \left( \frac{50 \text{ kW}}{1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} * 1,15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 5 \text{ K}} + 0,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * 3600 = 32950 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

#### 4.3.3.5 Komponenten des Lüftungssystems

Die Hauptkomponenten eines Betriebsraumlüftungssystems bestehen wie folgt aus Filtern, Wetterschutzgittern, Jalousien Schalldämmkulissen, Luftkanälen und Ventilatoren.

##### Filter

Der Einbau von Filtern ist generell im Lüftungssystem notwendig. Besonders gilt das für Industrieanlagen, in deren Umgebung die Luft stark verunreinigt ist, wie z.B. Zementwerke, Kohlegruben, Hüttenbetriebe, Deponien u.Ä. Hier muss je nach Spezifikation der Verunreinigung die entsprechende Filterungsart gewählt werden. Schwere Partikel können durch Trägheitsfilter herausgefiltert werden, während etwa für leichte Fasern auch übliche Gewebefilter ausreichend sind.

Nach /N19/ sind Filter der Filterklasse G3 und G4 geeignet. Bei besonderen Anforderungen ist eine entsprechend höhere Filterklasse zu wählen. Eine wirksame Filterüberwachung muss vorgesehen werden.

##### Wetterschutzgitter

Zu- und abluftseitig werden Wetterschutzgitter an der Außenwand des Maschinengebäudes eingebaut. Dadurch wird das Eintreten von Schnee und Regen in das Belüftungssystem verhindert. In das Wetterschutzgitter muss ein Vogelschutzgitter integriert werden, um das Eindringen von Kleintieren in die Anlage zu verhindern.

##### Jalousien

Die Verbindung des Betriebsraumes zur Umgebung wird mit Jalousien über das Lüftungssystem bei Stillstand der Anlage abgesperrt. Eine Raumunterkühlung wird dadurch im Winter vermieden. Die Jalousien werden von der Schaltanlage angesteuert und durch elektrische Antriebe betätigt. Durch gezielte Ansteuerung von Jalousien werden bestimmte Bereiche der Anlage in großen Anlagen mit Kühlluft erreicht. Eine Regelung der Betriebsraumtemperatur ist in den Winterzeiten über die Steuerung von Jalousien realisierbar.

##### Schalldämmkulissen

Wenn die Anlagen in Wohngebieten oder Gebieten mit festgelegten Lärmgrenzen installiert werden sollen, sind möglicherweise Schalldämmmaßnahmen

men in größerem Umfang nötig. In diesen Fällen müssen auf der Zu- und Abluftseite Schalldämmkulissen vorgesehen werden. Der hier entstehende Luftstrom, das notwendige Schalldämmmaß und die vorhandene Kanalöffnung liefern dabei die wichtigsten Berechnungsdaten. Danach soll dann die Dicke der Kulissen, sowie deren Tiefe und Abstand zueinander festgelegt werden.

Die Auslegung der Schalldämmkulissen ist von Fachfirmen vorzunehmen und mit entsprechender Sorgfalt zu betreiben. Die späteren Nachbesserungen sind bei Nichterreichen der geforderten Werte mit großem Kostenaufwand verbunden.

### Ventilatoren

Die Ventilatoren sind meist als Axialgebläse ausgeführt. Sehr selten werden sie als Radialgebläse ausgelegt. Die Ventilatoren sind nach der erforderlichen Luftmenge und Druckdifferenz zu dimensionieren. Die durchgeschleuste Luftmenge kann für Regelung der Betriebsraumtemperatur durch den Einsatz von Ventilatoren mit variabler Drehzahl oder durch das Zu- und Abschalten einzelner Ventilatoren angepasst werden.

Bei Verwendung einzelner Ventilatoren ist darauf zu achten, dass stehende Ventilatoren, besonders Axialmaschinen, durch den Differenzdruck rückwärts angetrieben werden können. Dies kann bei großen Ventilatoren zu Problemen führen. Bei der Dimensionierung der Ventilatoren ist die Druckreserve im Hinblick auf die im Lüftungssystem eingebauten Komponenten wie z.B. Schalldämmkulissen, Jalousien, Wetterschutzgitter, usw. richtig zu wählen. Damit wird die Auslegungsluftmenge tatsächlich erreicht.

### Luftkanäle

Wenn eine Notstromanlage, je nach Ausführung der Anlage oder der Lage des Betriebsraumes innerhalb eines größeren Gebäudes, z.B. im Keller installiert werden soll, muss die Luft für die Betriebsraumbelüftung über größere Strecken herangeführt werden. Dabei werden Luftkanäle eingeführt. Bei der Auslegung der Ventilatoren ist auf die Druckverluste in diesen Kanälen zu achten. Kondenswasserbildung ist durch Isolierung von außen liegenden Luftkanälen zu vermeiden.

#### **4.3.4 Schalldämmung**

##### 4.3.4.1 Schwingungsdämpfung und Fundamentierung der NEA

Gemäß /R10/ Punkt 2.4.6 ist die Schalldämmung nach dem /R8/ und der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) /R12/ auszulegen.

Massenkräfte und Massenmomente können bei Aggregaten mit Kolbenmotoren nicht in allen Fällen vollständig eliminiert werden. Durch elastische Lagerungen kann die Übertragung der dadurch erzeugten Schwingungen und Geräusche auf das Fundament wesentlich reduziert werden. Deshalb ist eine elastische Aggregatlagerung bei der Aufstellung von Aggregaten immer zwischen Grundrahmen und Fundamentblock vorzusehen.

Die Fundamentgründung muss mit besonderer Sorgfalt vorgenommen werden. Für sie wird eine Bodenuntersuchung durch einen Fachmann empfohlen. Die dadurch entstandenen / entstehenden Kosten sind deutlich geringer, als für später notwendige Maßnahmen, wenn z.B. Schwingungsübertragungen auf die Nachbarschaft auftreten.

In der Nähe und unter dem Fundamentblock dürfen keine Grundwasseradern liegen, da diese Erschütterungen sehr weit übertragen werden können. Auch bei einem hohen Grundwasserstand könnten Schwingungen leichter als bei trockenem Boden weitergeleitet werden. Es hängt von den örtlichen Gegebenheiten ab, ob der Fundamentblock dann auf eine Sohlplatte oder einen Pfahlrost gesetzt werden kann.

Die Baufirma, bzw. der Architekt trägt dabei die Verantwortung für die Ausführung des Fundamentes. Die Tragfähigkeit des Bodens muss von diesen beurteilt werden und die Festigkeit des Fundamentblockes durch Angabe der erforderlichen Betonmischung und Eisenarmierung entsprechend den örtlichen Verhältnissen festgelegt werden.

Daten über die Fundamentbelastung durch das Aggregat sowie die Eigenfrequenzen werden zur Berechnung der elastischen Lagerung dem Bauherrn zur Verfügung gestellt.

Die Berührung mit Grundmauern des Gebäudes oder dem Fußboden muss von dem ausgeführten Fundamentblock ausgeschlossen werden. Der Zwi-

schenraum zwischen Boden und Fundamentblock muss mit einem flexiblen Material gefüllt werden. Die Fundamentoberfläche ist zur Aufnahme der elastischen Lager Elemente waagrecht und ohne Glattstrich auszuführen. Der Grad der Ebenheit bei der Fundamentoberfläche darf nur einem Spielraum von max.  $\pm 2$  mm haben. Das Aufsetzen des Aggregates ist auf Fliesen bzw. Estrich u. ä. nicht zulässig.

#### 4.3.4.2 Elastische Lagerung

Spezielle Stahlfederlager Elemente werden benutzt, um Schwingung und Körperschall des Aggregates gegenüber dem Fundament weitgehend zu isolieren. Mit diesen Stahlfederlager Elementen soll eine Reduzierung der dynamischen Kraftereinleitung in das Fundament erreicht werden. In bestehenden Gebäuden hat die Isolierung tiefer Frequenzen große Bedeutung. Dies wird auch mit einer weichen Stahlfederlagerung erreicht. Die Körperschallisolierung wird durch das Reflektieren an der Fußplatte des Lagers realisiert. Sie erfolgt durch die Trennung mittels Stahl / Gummiplatte.

Die elastische Lagerung ist für jeden Anwendungsfall nachzurechnen. Die Eigenschwingungszahl der elastischen Lagerung muss hoch genug unter der Betriebsdrehzahl des Aggregates sein. Isoliergrade werden mit den verwendeten Stahlfederlager Elementen von ca. 88 - 94 % erreicht.

Ein elastisch gelagertes Doppelfundament steht für besonders hohe Anforderungen zur Verfügung. Die verwendeten Federelemente sollen bei den Aggregaten über einen gewissen Bereich in der Höhe verstellbar sein. Sie sind richtig einzustellen, d.h. dass die Last auf jedem Element gleich groß sein muss. Auf Dauer werden falsch eingestellte Federelemente zerstört und dadurch wird die angestrebte Schwingungsisolierung nicht erzielt. Unebenheiten des Fundamentes können von den Federelementen nur bedingt ausgeglichen werden. Der Aggregate-Grundrahmen kann bei der ungleichmäßigen Belastung durch falsch eingestellte Federelemente oder zu große Unebenheit des Fundamentes deformiert werden. Die Ausrichtung zwischen Generator und Motor ist nicht mehr optimal. Die Folge kann eine unkalkulierbare Zerstörung von Bauteilen sein.

#### 4.3.4.3 Geräuschfragen

Es sei hier kurz auf die Lösungsmöglichkeiten und Zusammenhänge von Geräuschproblemen hingewiesen, weil die akustischen Anforderungen an die Aufstellung von Aggregaten mit Verbrennungsmotoren durch Gesetze und Verordnungen ständig wachsen.

Geräuschquellen sind i.d.R. das Ansaug-, Abgas-, Verbrennungsgeräusch des Motors und mechanische Motorgeräusche. Die Ventilatoren, Pumpen und weitere Hilfsantriebe geben ebenfalls ihr Beitrag zur Geräuschentwicklung. Geräusche können auch durch zu hohe Luftgeschwindigkeiten verursacht werden.

Da die Maßnahmen zur Geräuschminderung an der Geräuschquelle selbst nur schwer durchführbar sind, zielen deshalb die meisten Maßnahmen darauf hin, die Geräuschübertragungen aus dem Aggregatraum zu reduzieren.

##### Akustische Abhängigkeiten

Geräusche bestehen aus Druckwellen verschiedener Frequenzen. Jede Geräuschmessung ist folglich eine frequenzabhängige Druckmessung. Geräusche niedriger Frequenzen werden von Menschen leichter ertragen als Geräusche höherer Frequenz. Durch das menschliche Gehör sind Schallwellen über 16.000 - 20.000 Hertz dagegen im Allgemeinen nicht mehr erkennbar.

Objektive Messverfahren wurden aus der Notwendigkeit entwickelt, weil die Lautstärke von Schallereignissen an verschiedenen Orten verglichen werden müssen. Die Auswertung erfolgt nach bestimmten Frequenzkurven, wie sie in der /N5/ und /N6/ beschrieben sind. Dabei geht es hier um Bewertungskurven A, B, C und D (Abbildung 4-9 u. Tabelle 4-7). Die Bewertungskurven bilden den Frequenzgang des Ohres für schmalbandige Geräusche etwas vereinfachter nach. Die Kurve A im Bereich weniger lauter, die Kurven B und C in den Bereichen lauter und sehr lauter Geräusche. Für Flugzeuggeräusche gilt Bewertungskurve D.

| Frequenz | Bewertungskurve |         |         |         |
|----------|-----------------|---------|---------|---------|
|          | A<br>dB         | B<br>dB | C<br>dB | D<br>dB |
| 31,5     | -39,4           | -17,1   | -3,0    | -16,5   |
| 63       | -26,2           | -9,3    | -0,8    | -11,0   |
| 125      | -16,1           | -4,2    | -0,2    | -6,0    |
| 250      | -8,6            | -1,3    | 0,0     | -2,0    |
| 500      | -3,2            | -0,3    | 0,0     | 0,0     |
| 1000     | 0,0             | 0,0     | 0,0     | 0,0     |
| 2000     | 1,2             | -0,1    | -0,2    | 8,0     |
| 4000     | 1,0             | -0,7    | -0,8    | 11,0    |
| 8000     | -1,1            | -2,9    | -3,0    | 6,0     |

Tabelle 4-7 Geräuschentwicklung /16/

Motorengeräusche werden üblicherweise in dB(A) bewertet.

Ein Messwert bei 125 Hz wird z. B. um 16,1 dB leiser empfunden, als ein gleicher Messwert bei 1000 Hz siehe Tabelle 4-7 und Abbildung 4-9.

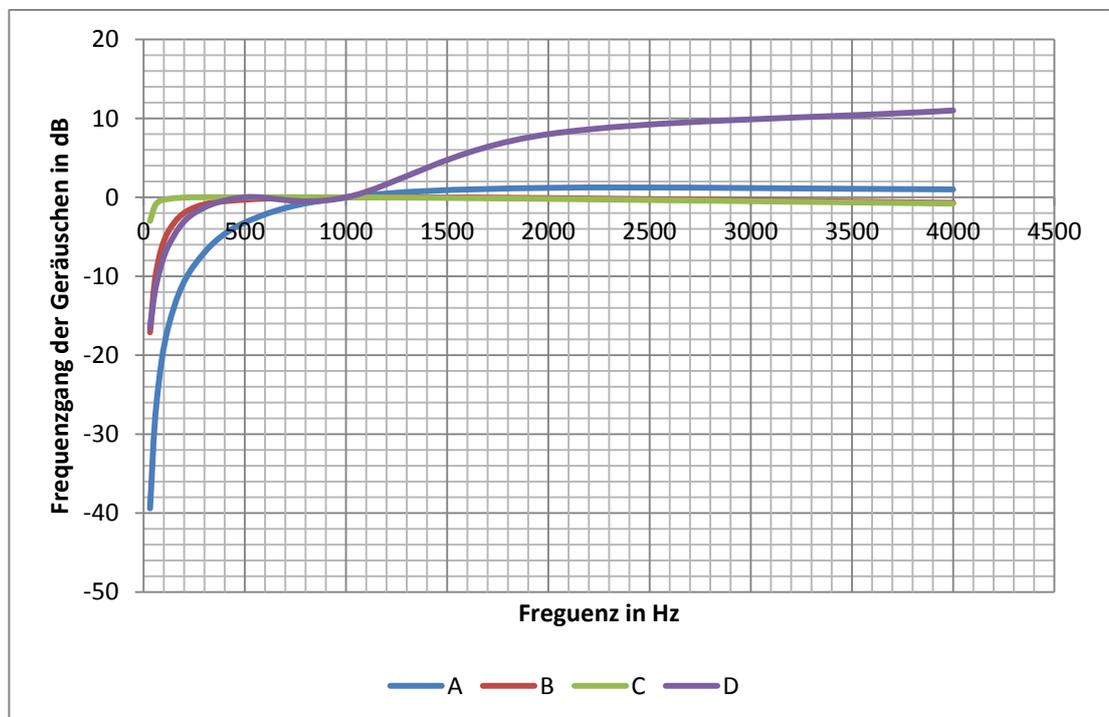


Abbildung 4-9 Bewertungskurvenverlauf der Ausbreitungsdämpfung

Die Geräuschstärke hängt vom Aufstellungsort und vom Messabstand ab. Bei größerem Messabstand von der Geräuschquelle nimmt der Schalldruckpegel ab und bei kleinem Abstand wird der Schalldruckpegel größer. Man nennt diese Abnahme des Pegels auch Ausbreitungsdämpfung.

Für punktförmige Quellen gilt:

$$L_{(r_2)} = L_{(r_1)} - 10 \log\left(\frac{r_2}{r_1}\right)^2 \quad 4.12$$

$$L_{(r_1)} = \text{Schalldruckpegel 1} \quad r_1 = \text{Abstand 1}$$

$$L_{(r_2)} = \text{Schalldruckpegel 2} \quad r_2 = \text{Abstand 2}$$

Man nimmt an, dass  $r_1 = 1 \text{ m}$ ,  $r_2 = 20 \text{ m}$  und  $L_{(r_1)} = 104,9 \text{ dB}$  (nach Angaben des Herstellers). Daraus folgt:

$$L_{(r_2)} = 104,9 - 10 \log\left(\frac{20}{1}\right)^2 = 88 \text{ dB}$$

Bei einem Abstand von 20 m nimmt der Schalldruckpegel um ca. 17 dB ab.

Wenn ein Aggregat im geschlossenen Raum aufgestellt wird, nimmt das Geräusch gegenüber dem Freien infolge behinderter Schallausbreitung zu. In kleinen Räumen ohne Akustikmaterial verteilt sich das Geräusch fast überall gleich. Große Räume mit schallweichen Wänden sind dagegen akustisch vorteilhaft. Von Fliesen oder ähnlichem Baumaterial ist also abzuraten.

Die schaltschutztechnischen Vorgaben der TA-Lärm /R12/ beziehen sich auf die Schallimmissionen des nächst gelegenen zu öffnenden Fensters. Für NEA Anlagen gilt ein Beurteilungspegel, der um 12 dB(A) höher liegen darf als der vorgegebene Wert. Als Grenzwert für NEA gilt Tageswert und nicht der Nachtwert.

Die folgenden Immissionswerte für NEA Anlagen sind nach Absatz 6.3 der /R12/ einzuhalten:

- In Gebäuden: tagsüber – 35 dB(A)
- Außerhalb von Gebäuden (Mischgebiet): tagsüber – 60 dB(A)

#### 4.3.4.4 Möglichkeiten der Geräuschkinderung

Die von innen kommenden Aggregatsgeräusche werden bei üblichen Wandstärken von 24 cm oder 36 cm von bereits um 40 bis 50 dB gedämpft. Für die Zu- und Abluftkanäle müssen allerdings 2 bis 3 m lange Schalldämmstrecken mit einer Dämpfung von etwa 40 dB vorgesehen werden. Die Luftgeschwindigkeit in der Schalldämmstrecke ist unter Beachtung der Kühlluftmenge druckseitig von ca. 8 m/s und saugseitig von ca. 6 m/s nicht zu überschreiten.

Wenn Akustikmaterialien wie Schalldämmplatten in den Aggregatsraum eingebracht werden, so muss eine Lärmpegelabsenkung von ca. 3 dB, bei größerem Aufwand von ca. 10 dB erreicht werden. Auf die Beherrschung des Abgasgeräusches ist gesondert heranzugehen. Geräuschabsenkungen bis ca. 60 dB können hier mit entsprechenden Schalldämpfern auch erreicht werden.

Da die schalltechnischen Fragen sehr stark von den örtlichen Verhältnissen abhängig sind, können sie nur gesondert herausgebracht werden. Firmen für Oktavanalysen können hier bei dem Problem der Motor- und Abgasgeräusche unterstützen.

Die Ausführung von Schalldämmmaßnahmen erfolgt üblicherweise in Zusammenarbeit mit Spezialfirmen.

Maßnahmen können z. B. sein /16/:

- Abgasschalldämmung durch Reflexionsdämpfer, Absorptionsdämpfer, aktive Schalldämpfung
- Körperschallisolierende Aufstellung des Aggregates
- Anordnung von Absorptionskulissen für die Zu- und Abluftöffnungen des Aggregatraumes
- Schalldämmende Kapselung des Aggregates
- Schallisolierung des Aggregatraumes und Einbau eines schwimmenden Bodens (durch Spezialfirmen).

## 4.3.4.5 Erforderliche Querschnitte der Zu- bzw. Abluftkanäle

Für die Auslegung des Kanalquerschnitts eines Kulissenschalldämpfers sind folgende Parameter bestimmend: Luftmenge, Kulissenspalt, Druckverlust und Luftgeschwindigkeit.

Luftmenge: Für die Ableitung der Abstrahlungswärme ist die oben, in dem Abschnitt 4.3.3.4 mit der Formel (4.11) ermittelte Luftmenge erforderlich.

Kulissenspalt: Die Breite des Kulissenspalts bestimmt die Schalldämmung. Ein kleiner Spalt ergibt eine hohe Schalldämmung. Erfahrungsgemäß sollte der Spalt nicht kleiner als 50 mm gewählt werden.

Druckverlust: Der im Kulissenschalldämpfer verursachte Druckverlust ist durch den angeflanschten Ventilator auszugleichen. Bei einem hohen Druckverlust sind leistungsstarke Ventilatoren zu installieren. Der Schalldämpfer ist auf einen Druckverlust von ca. 50 - 100Pa auszulegen.

Luftgeschwindigkeit: Die Luftgeschwindigkeit in den Kulissen sollte bei ca. 9 - 10 m/s liegen. Bei höheren Luftgeschwindigkeiten kann es zum Abtragen der Mineralwolle des Schalldämpfers kommen.

Der erforderliche Kanalquerschnitt für einen Kulissenschalldämpfer lässt sich wie folgt ermitteln:

$$A = \frac{V * (b_{Kul} + X_{Sp})}{X_{Sp} * v_{Sp}} \quad 4.13$$

A - Kanalquerschnitt in m<sup>2</sup>

V - Luftvolumen in m<sup>3</sup>/s (V = 32950 m<sup>3</sup>/h entspricht 9,16 m<sup>3</sup>/s)

b<sub>Kul</sub> - Kulissenbreite in mm

v<sub>Sp</sub> - Luftgeschwindigkeit im Kulissenspalt in m/s

x<sub>Sp</sub> - Spaltbreite zwischen den Kulissen in mm

$$A = \frac{9,16 \frac{m^3}{s} * (0,2 m + 0,05 m)}{0,05 m * 10 \frac{m}{s}} = 4,6 m^2$$

Bei 10 m/s Luftgeschwindigkeit und 200 mm Kulissenbreite ist der erforderliche Querschnitt gleich 4,6 m<sup>2</sup>.

## 4.4 Spüllüftungsanlage

### 4.4.1 Aufgabenstellung

Im /S1/ wird im Punkt 7.3 Rauchableitung und speziell im Punkt 7.3.1.1 „Innen liegender Treppenraum“ Nachfolgendes gefordert:

„...Für den innen liegenden Treppenraum sowie für die vorgelagerten Schleusen/Vorräume ist in Anlehnung an Ziffer 37.4241 / VVBauO NRW / eine **Spüllüftungsanlage** zu planen, die einen Raucheintritt in diese Bereiche wirksam unterbindet. Der hierfür erforderliche Luftvolumenstrom sowie die Größe und Steuerung der Abluftöffnungen sind im Rahmen der weiteren Planung noch festzulegen. Voraussichtlich wird der Volumenstrom im Bereich von 10.000 bis 20.000 m<sup>3</sup>/h liegen.

Die Spüllüftungsanlage muss über die Brandmeldeanlage und über automatische Brandmelder der Kenngröße „Rauch“, die vor den Schleusenzugängen in der Nutzungseinheit angeordnet werden, aktiviert werden können und zusätzlich manuelle Auslöser an den Treppenraumzugängen erhalten....“

Die /R15/ Absatz(4) besagt,...“dass innen liegende notwendige Treppenräume zulässig sind, wenn ihre Benutzung durch Raucheintritt nicht gefährdet werden können.“

Da die Spüllüftungsanlage nach /S1/ bzw. /R15/ gefordert und geplant wird, möchte man an der Stelle ihre Grundfunktion erwähnen.

#### 4.4.2 Zusätzliche Vorgaben

In folgender Abbildung 4-10 wird Auszug zu den zusätzlichen Vorgaben aus Musterhochhaus-Richtlinie (MHHR) dargestellt:

##### 6.2 Druckbelüftungsanlagen

- 6.2.1 <sup>1</sup>Der Eintritt von Rauch in innenliegende Sicherheitstreppe nräume und deren Vorräume sowie in Feuerwehraufzugsschächte und deren Vorräume muss jeweils durch Anlagen zur Erzeugung von Überdruck verhindert werden. <sup>2</sup>Ist nur ein innenliegender Sicherheitstreppe nräum vorhanden, müssen bei Ausfall der für die Aufrechterhaltung des Überdrucks erforderlichen Geräte betriebsbereite Ersatzgeräte deren Funktion übernehmen.
- 6.2.2 <sup>1</sup>Druckbelüftungsanlagen müssen so bemessen und beschaffen sein, dass die Luft auch bei geöffneten Türen zu dem vom Brand betroffenen Geschoss auch unter ungünstigen klimatischen Bedingungen entgegen der Fluchrichtung strömt. <sup>2</sup>Die Abströmungsgeschwindigkeit der Luft durch die geöffnete Tür des Sicherheitstreppe nräum zum Vorraum und von der Tür des Vorräum zum notwendigen Flur muss mindestens 2,0 m/s betragen. <sup>3</sup>Die Abströmungsgeschwindigkeit der Luft durch die geöffnete Tür des Vorräum eines Feuerwehraufzugs zum notwendigen Flur muss mindestens 0,75 m/s betragen.
- 6.2.3 <sup>1</sup>Druckbelüftungsanlagen müssen durch die Brandmeldeanlage automatisch ausgelöst werden. <sup>2</sup>Sie müssen den erforderlichen Überdruck umgehend nach Auslösung aufbauen.
- 6.2.4 Die maximale Türöffnungskraft an den Türen der innenliegenden Sicherheitstreppe nräume und deren Vorräumen sowie an den Türen der Vorräume der Feuerwehraufzugsschächte darf, gemessen am Türgriff, höchstens 100 N betragen.

**Abbildung 4-10:** Auszug aus MHHR /R5/

### 4.4.3 Lösungsansatz

Das Hochhaus verfügt über zwei voneinander unabhängige, vertikale Rettungswege. Der 1. Rettungsweg führt über ein außen liegendes und der 2. über ein innen liegendes Treppenhaus. Speziell bei innen liegenden Rettungswegen ergeben sich mit zunehmender Gebäudehöhe höhere Anforderungen an die Rauchfreihaltung und damit höhere Anforderungen an die Ausführung von Spüllüftungsanlagen bzw. Rauchschutz-Druckanlagen (RDA).

Nach /N8/ bzw. /N9/ sind allgemein drei Anlagentypen einsetzbar:

- Rauch-Wärme-Abzug (RWA) bzw. Natürlicher-Rauch-Abzug (NRA)
- Maschineller-Rauch-Abzug (MRA)
- Rauch-Druck-Anlagen /Überdruckanlage (RDA)

Das Hochhaus hat eine Gebäudehöhe von  $\leq 60\text{m}$ . Um die Rauchausbreitung im Brandfall im Gebäude unterbinden zu können, ist nur eine von drei Maßnahmen mit unterschiedlichen Wirkprinzipien einsetzbar.

Bei dem RWA geht es um die Abführung des Rauches und der darin gebundenen Wärme aus dem Gebäude nach dem Kamineffekt. (Wirkprinzipien „Thermischer Auftrieb“ oder Natürlicher-Rauch-Abzug). Für dieses Projekt ist eine RWA ungeeignet, da Brandgase und Rauch ins Treppenhaus bzw. in den notwendigen Fluchtweg gelangen können.

Wenn ein natürlicher Rauch- Brandgasabzug nicht möglich ist oder gezielte Entrauchung durchgeführt werden muss, dann werden Brandgasventilatoren mit einer maschinellen Entrauchung eingesetzt. Dabei wird eine konstante Luftmenge gewährleistet. MRA funktioniert mit Unterdruck durch Entrauchungsventilatoren an der obersten Stelle des Raumes z.B. auf dem Dach. (Wirkprinzip „Unterdruck durch Zwangslüftung“). Auch bei der MRA könnten Brandgase und Rauch vom Ventilator im obersten Stock ins Treppenhaus gedrückt werden. Außerdem würde bei einem 14-stöckigen Gebäude die Kapazität des Ventilators nicht ausreichen.

Bei dem RDA handelt es sich um das Prinzip „Rauchfreihaltung“ vorwiegend durch maschinelle Maßnahmen, das das Eindringen von Rauch in zu schützende Bereiche verhindern soll (Wirkprinzip „Überdruck durch Luftzuführung“). Die Brandgase werden über eine RWA-Klappe an oberste Stelle, z.B. Nottreppenhaus, nach außen geblasen.

Bei der RDA entsteht ein Überdruck im Treppenhaus, der ein Eindringen von Rauchgasen ins Treppenhaus verhindern würde. Die Funktionalität ist nach /N8/ bzw. /N9/ erfüllt.

Hier kann die Rauchschutz-Druckanlage eingeordnet werden. Deshalb wird eine Rauchschutz Druckanlage (RDA) für das innen liegende Treppenhaus vorgesehen.

#### **4.4.4 Funktionsweise von RDA**

Mit Rauchschutz-Druckanlagen wird die Rauchfreihaltung von Flucht- und Rettungswegen effektiv realisiert, was einerseits zu einer schnellen Evakuierung der Personen aus dem Gebäude und andererseits zu einem schnellen Löschzugriff durch das Rettungspersonal führt.

Die RDA wird über Rauchmelder und der dazugehörigen Brandmeldeanlage (BMA) automatisch oder durch Druckknopfmelder manuell aktiviert. D.h. dass die Entrauchungsklappe (RWA-Klappe) im Dachgeschoss entweder von BMA oder manuell angesteuert werden kann.

Nach dem Öffnen der Entrauchungsklappe im Dachgeschoss wird der Ventilator im Erdgeschoss in Betrieb genommen. Dabei wird durch das Einblasen frischer Außenluft der eventuell in den Treppenraum eingedrungene Brandrauch verdünnt und abgeführt.

Der Ventilator baut einen positiven Druck von ca. 15-50 Pa (0,15-0,5 mbar) im Treppenraum auf. Er wird mittels Drucksensoren und der Entrauchungsklappe gesteuert. Der geregelte Überdruck und der Frischluftvolumenstrom verhindern das Eindringen von Brandrauch in den Rettungsweg und somit ist die Rauchfreiheit gewährleistet.

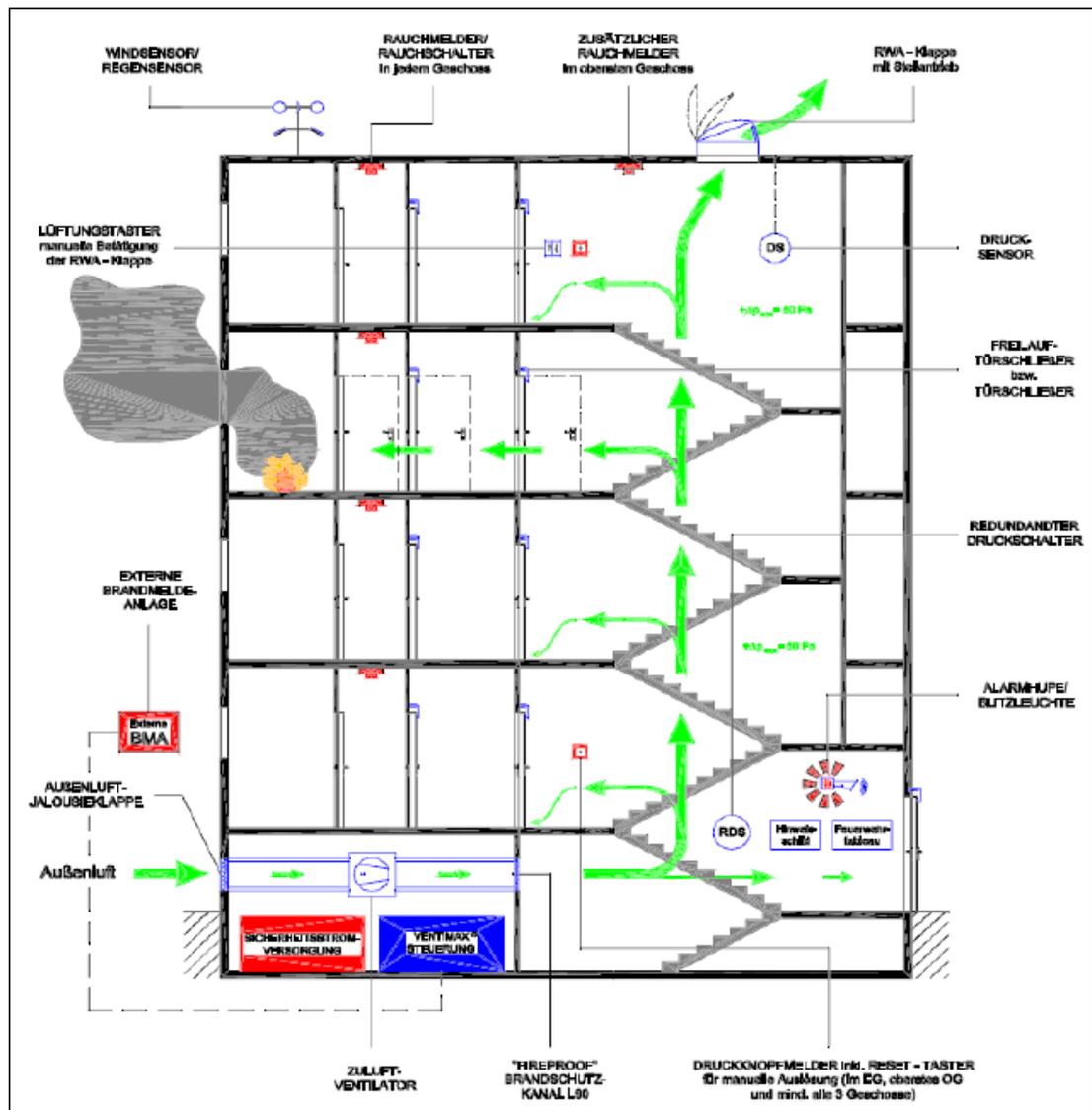


Abbildung 4-11: Prinzipieller Aufbau der RDA bzw. Spüllüftungsanlage /S1/

Im Gegensatz zum Rauch und Wärmeabzug wird bei Rauchschutz-Druckanlagen durch den Überdruck und die eingebrachte Frischluft die Rauchfreiheit garantiert. In der Abbildung 4-11 sind die Komponenten der RDA ersichtlich.

## 4.5 Druckerhöhungsanlage

Gemäß /S1/ ist eine Wasserdruckerhöhungsanlage für Feuerlöschzwecke erforderlich.

Entsprechend /R5/ sind nasse Steigleitungen über Wasserdruckerhöhungsanlagen zu betreiben, wenn der Druck an der ungünstigsten Entnahmestelle bei einem Wasserdurchfluss von 100 l/min geringer als 3 bar ist.

Die Wasserdruckerhöhungsanlage muss an allen Entnahmestellen in dem Gebäude bei einem Wasserdurchfluss von 100 l/min einen Wasserdruck von mindestens 3 bar und höchstens 8 bar gewährleisten.

Die Druckerhöhungsanlage besteht aus 2 vertikalen Edelstahl-Hochdruck-Kreiselpumpen in Trockenläuferausführung.

Die technischen Eckdaten der Druckerhöhungsanlagen lassen sich wie folgt beschreiben:

- Netzanschluss 3~400 V, 50 Hz
- Nennstrom 2x26,5 A
- Anlaufstrom 80 A
- Leistung 2x15 kW
- $\cos(\varphi) = 0,9$
- Medientemperatur max. 50 °C
- Betriebsdruck 12,6 bar
- Zulaufdruck < 1 bar
- Schutzart Bediengerät IP 54

Da die Druckerhöhungsanlage bereits in dem Gebäudekomplex existiert und heutigem Stand entspricht, wird diese hier nicht mehr weiterbeschrieben.

## 5. Projektierung der Niederspannungshauptverteilung NSHV

### 5.1 Einführung

Da die Niederspannungshauptverteilung sowohl der Einspeisung der Allgemeinverbraucher, als auch der Versorgung der sicherheitsstromberechtigten Verbraucher dient, sind die Vorgaben der LAR (Leitungsanlagenrichtlinie) zu beachten.

Gemäß /R13/ (LAR Pkt. 5.2.2) müssen Verteiler für Leitungsanlagen mit Funktionserhalt in eigenen für andere Zwecke nicht genutzten Räumen untergebracht sein. Es soll gemäß /R13/ eine neue Niederspannungshauptverteilung für das AV-Netz und eine für das SV-Netz errichtet werden.

Die Niederspannungshauptverteilungen werden jeweils in separaten elektrischen Betriebsräumen untergebracht. Dazu muss der vorhandene Niederspannungshauptverteilungsraum brandschutztechnisch in zwei Räume aufgeteilt werden. Hierzu werden F90 - Trennwände eingebaut und eine T90 Tür als Zugang vorgesehen.

Nach /N7/ werden Baustoffe (Tabelle 5-1) mit folgenden Feuerwiderstandsklassen klassifiziert:

| <b>Feuerwiderstandsklasse<br/>Kurzbezeichnung</b> | <b>Funktionserhalt<br/>≥</b> | <b>Bauaufsichtliche<br/>Anforderungen</b> |
|---|------------------------------|---|
| <b>F30</b>  | 30 Minuten                   | feuerhemmend                              |
| <b>F90</b>  | 90 Minuten                   | feuerbeständig                            |

Tabelle 5-1 *Übliche Feuerwiderstandsklassen nach /N7/*

Folgende Kennbuchstaben, welche für die Kurzbezeichnung verwendet werden:

F: Wände, Decken, Gebäudestützen und -unterzüge, Treppen

T: Feuerschutzabschlüsse (Türen, Tore und Klappen)

E: Elektroinstallationskanal oder Installationsleitungen mit zugelassenem Normtragsystem z.B. Elektroleitung auf Kabelpritsche (Brandbeanspruchung von außen nach innen, mit zwingendem Funktionserhalt)

Im Raum befinden sich Lüftungskanäle, welche gemäß /R4/ feuerbeständig abgeschottet werden müssen.

Die eingesetzte NSHV in dem Untergeschoss muss gemäß der /N12/ (VDE 0660-600-1/-2) entwickelt, gefertigt und geprüft sein. Die Bauart- und Stücknachweise sind erforderlich. In dem Hochhaus wird die Niederspannungsschaltanlage z.B. SIVACON von Siemens Abbildung 5-1 eingeplant und eingebaut. Sie ist nach der /N12/ bauartseitig geprüft und entspricht der Norm. Der Bauartnachweis erfolgt durch eine Prüfung. Die Niederspannungsschaltanlage ist der am häufigsten bediente Teil der Energieversorgung im Gebäude. Deswegen muss für besondere Versorgungssicherheit und Schutz des Bedienungspersonals Sorgfalt gelegt werden. Maximale Personensicherheit wird durch den Nachweis der Prüfung unter Störlichtbogenbedingungen nach /N13/ (VDE 0660-500-2) gewährleistet. Störlichtbogen bzw. Personenschäden werden durch aktive Schutzmaßnahmen wie hochwertige Isolierungen von spannungsführenden Teilen (z. B. Sammelschienen), einheitliche und einfache Bedienung, integrierter Bedienfehlerschutz und ordentliche Anlagendimensionierung vermieden. Die Anlage- und Personensicherheit wird im Wesentlichen durch passive Schutzmaßnahmen verbessert. Passive Maßnahmen könnten wie folgt aussehen: Lichtbogenbarrieren oder ein Störlichtbogenerfassungssystem, störlichtbogensichere Verschluss- und Scharniersysteme, sichere Bedienung von Leistungsschaltern oder Einschüben bei geschlossener Tür und Rückschlagklappen hinter frontseitigen Lüftungsöffnungen.

Durch eine von solchen passiven Maßnahmen entsteht kein Lichtbogen, der auch detektiert bzw. gelöscht werden muss. Daraus folgt, dass keine teure Einrichtung eingeplant werden muss, um die Schaltanlage nach jedem Auslösen regelmäßig zu prüfen bzw. zu warten.



**Abbildung 5-1** Niederspannungsschaltanlage SIVACON von Siemens /11/

Bei der Aufstellung von Niederspannungsschaltanlagen ist auf Mindestabständen zwischen Anlage und Hindernissen zu achten.

Mindestabstände von Wartung- Bediengängen sind nach /N14/ zu planen.

## 5.2 Kabelquerschnittermittlung

### 5.2.1 Allgemeines

Es ist unbestritten, dass der Widerstand des Kabels bei Flammeinwirkung zunimmt. Nach der Prüfnorm /N7/ Teil 12 Anhang A heißt es: „Für Kabelanlagen mit integriertem Funktionserhalt sind annäherungsweise als Leitertemperaturen zum Zeitpunkt des Funktionsverlustes die Brandraumtemperaturen anzusetzen, wenn kein besonderer Nachweis erfolgt.“ Dies würde bedeuten, dass bei 30 Minuten Branddauer die Leitertemperatur auf ca. 830°C, bei 90 Minuten Branddauer sogar über 1000°C steigen würde. Durch Messungen der Fa. Datwyler und vieler anderer Firmen wurde nachgewiesen, dass sich die Werte doch erheblich anders darstellen. Die Erhöhung der Temperatur wurde durch Thermoelemente an verschiedenen Kabeln direkt am Leiter während zweier Prüfungen gemessen. Die Widerstandserhöhung wurde ebenso über einen Zeitraum von 100 Minuten infolge Temperaturänderung am Leiter mit Hilfe einer Präzisionsmessbrücke festgestellt. Im Prüfraum befand sich 50% der Kabellänge. Dieser Teil wurde also direkt Temperaturen nach der Einheits-Temperaturzeitkurve (ETK) ausgesetzt. Die andere Hälfte des Kabels blieb außerhalb des Prüfraumes bei einer Umgebungstemperatur von ca. 17°C. Nach 30 Minuten wurde bei der ersten Hälfte aber nur eine Leitertemperatur von ca. 420°C und nach 90 Minuten eine Leitertemperatur von ca. 870°C gemessen. Mit den so ermittelten Werten konnten Tabellen erstellt werden, die dem Elektroplaner und Installateur eine Entscheidung über den tatsächlich erforderlichen Querschnitt erleichtern. Damit stellt man sicher, dass notwendige Sicherheitseinrichtungen über den geforderten Zeitraum funktionstüchtig sind.

Das Verhältnis „V“ gibt das Verhältnis von „kalter“ zu „heißer“ Kabellänge an. Dabei stellt die erste Zahl den nicht vom Feuer erfassten Teil des Kabels dar. Man wählt die größte Kabellänge eines Brandabschnittes aus. Der einzusetzende Querschnitt hängt wegen der Einteilung eines Gebäudes in verschiedene „Brandabschnitte“ von dem Verhältnis „kalter“ zu „heißer“ Kabellänge ab. Diese ist der Tabelle 5-2 zu entnehmen.

## 5.2.2 Vorgehensweise zur Querschnittsermittlung

| V            | F (E30)     | F(E90)     |
|--------------|-------------|------------|
| 90/10        | 1,16        | 1,34       |
| 80/20        | 1,32        | 1,63       |
| 70/30        | 1,48        | 2,01       |
| 60/40        | 1,63        | 2,34       |
| <b>55/45</b> | <b>1,71</b> | <b>2,5</b> |
| 50/50        | 1,79        | 2,67       |
| 40/60        | 1,95        | 3,01       |
| 30/70        | 2,1         | 3,34       |
| 20/80        | 2,26        | 3,68       |
| 10/90        | 2,42        | 4,01       |
| 0/100        | 2,57        | 4,34       |

Tabelle 5-2 *Tabelle zur Querschnittsermittlung*

Erläuterung zur Tabelle 5-2:

Bei den Brandabschnitten geht man in diesem Fall von Räumlichkeiten aus, die an allen Seiten eine entsprechende Feuerwiderstandsdauer von 30 bzw. 90 Minuten aufweisen. Ein F90-Brandabschnitt kann mehrere F30-Abschnitte enthalten.

Im folgenden Beispiel wird eine Querschnittsermittlung dargestellt: Für den Feuerwehraufzug soll ein Kabel über eine Gesamtlänge von 120 m verlegt werden. Das Kabel soll dabei durch zwei große Brandabschnitte gehen. Da, wo sich der Brand ausbreiten kann, ist die Kabellänge 53 m. Das ergibt ein Verhältnis „V“ von „kalter“ zu „heißer“ der Kabellänge von 55/45 (Tabelle 5-2). Man geht hier auch davon aus, dass der Brand in einem Brandabschnitt ausbricht und das Feuer nicht auf die anderen Brandabschnitte übergreift. Der Faktor „F“ gibt den entsprechenden Faktor an, der entweder für 30 oder auch 90 Minuten den geforderten Funktionserhalt gewährleistet. Mit dem Faktor muss der ermittelte theoretische Querschnitt multipliziert werden, wobei dann der nächsthöhere tatsächliche Leiterquerschnitt aus den ermittelten Querschnitten auszuwählen ist.

Feuerwehraufzug und seine Zuleitung mit Funktionserhalt:

$U_N = 400 \text{ V}$ ; Kabellänge  $l = 120 \text{ m}$ ;  $P = 12,5 \text{ kW}$

$\Delta U = 12 \text{ V}$  (entspricht 3% Spannungsfall)

$\cos \varphi = 0,85$

$\varrho = 58$  (elektrische Leitfähigkeit für Kupfer bei  $20^\circ\text{C}$ )

$\varrho = 56$  (elektrische Leitfähigkeit für Kupfer bei  $30^\circ\text{C}$ )

$I_A$  (Anlaufstrom) =  $I_b$  (Belastungsstrom) =  $75\text{A}$ , da von dem ungünstigsten Fall auszugehen ist.

$A_{\text{theor}}$  = Theoretischer Leiterquerschnitt [ $\text{mm}^2$ ]

Normale Betriebsbedingungen:

Bei der Querschnittsermittlung ist zunächst der theoretische Querschnitt des Kabels zu ermitteln und dann ist der nächstmöglichen tatsächlichen Querschnitt auszuwählen.

Zunächst wird der Querschnitt für normale Betriebsbedingungen bestimmt. Normale Bedingungen sind  $20^\circ\text{C}$  Umgebungstemperatur und eine maximale Leitertemperatur von  $90^\circ\text{C}$ .

Gemäß /R16/ muss die Dauer des Funktionserhaltens der Leitungsanlagen mindestens 90 Minuten bei Feuerwehraufzügen, Druckerhöhungsanlagen und bei Spüllüftungsanlagen betragen.

**5.2.3 Bestimmung des Querschnitts nach /N7/**

Querschnittsermittlung unter normalen Betriebsbedingungen:

$$A_{theor} = \frac{\sqrt{3} * l * I_b * \cos\varphi}{\alpha * \Delta U} \quad 5.1$$

$$A_{theor} = \frac{\sqrt{3} * 120 \text{ m} * 75 \text{ A} * 0,85}{58 \frac{\text{m}}{\Omega * \text{mm}^2} * 12 \text{ V}} = 19,04 \text{ mm}^2$$

Dies ergibt somit einen theoretischen Querschnitt von  $A_{theor} = 19 \text{ mm}^2$ .

Einzusetzen wäre ein verfügbarer Querschnitt von  $A = 25 \text{ mm}^2$ .

Querschnittsermittlung der Feuerwehraufzugszuleitung nach /R16/:

$$A_{(E90)} = A_{theor} * F_{(E90)} \quad 5.2$$

$$A_{(E90)} = 19,04 \text{ mm}^2 * 2,5 = 47,6 \text{ mm}^2$$

Einzusetzen wäre ein verfügbarer Querschnitt von  $A = 50 \text{ mm}^2$

Gemäß /R16/ muss die Dauer des Funktionserhaltens der Leitungsanlagen mindestens 30 Minuten bei Personenaufzügen mit Brandfallsteuerung betragen. Daraus folgt:

Querschnittsermittlung der Personenaufzugszuleitung nach /R16/:

$$A_{(E30)} = A_{theor} * F_{(E30)} \quad 5.3$$

$$A_{(E30)} = 19,04 \text{ mm}^2 * 1,71 = 32,56 \text{ mm}^2$$

Einzusetzen wäre ein verfügbarer Querschnitt von  $A = 35 \text{ mm}^2$  für einen Personenaufzug mit einer Brandfallsteuerung.

Bei Personenaufzügen nimmt man an, dass der Belastungsstrom gleich groß ist wie bei dem Feuerwehraufzug. Die Anlagen werden fast gleiche Parameter aufweisen und der Unterschied ist zu vernachlässigen. Die Kabellängen sind ebenfalls gleich groß.

### 5.3 Kurzschlussstromberechnung nach /N21/

Kurzschlüsse entstehen in elektrischen Anlagen meistens durch Fehler. Im Energieversorgungsnetz werden Kurzschlüsse verursacht, weil die Betriebsmittel stärksten Beanspruchungen ausgesetzt sind. Man achte hier sowohl auf mechanische als auch auf thermische Beanspruchungen. Da die Kurzschlussströme sehr schnell ansteigen, müssen sie dementsprechend schnell abgeschaltet werden. Sonst kann eine schädliche Erwärmung für die Leiterisolierung auftreten oder Anlagenteile infolge der durch die Kurzschlussströme verursachten Kräfte zerstört werden. Anlagen und Betriebsmittel der elektrischen Energieversorgung müssen deshalb sowohl für die im Kurzschlussfall auftretenden elektrischen als auch für die mechanischen Beanspruchungen ausreichend ausgelegt werden.

Mechanische Beanspruchung: Kraftwirkung des elektrischen Stromes z.B. auf Isolatoren oder Sammelschienen.

Thermische Beanspruchung: Wärmeentwicklung in Resistanzen z.B. der Transformatorwicklung. Dazu sind die Kostenaspekte bzgl. Investition, Betrieb und Wartung zu berücksichtigen. Das Grundproblem liegt darin, dass die Verhältnisse beim Kurzschlusseintritt grundsätzlich nicht vorhersehbar sind und die Anzahl denkbarer Fehler bzw. Szenarien nicht begrenzt ist.

Da bei Niederspannungsanlagen die elektrischen Betriebsmittel eine erforderliche Kurzschlussfestigkeit besitzen müssen, ist es unbedingt erforderlich, schon bei der Auslegung einer elektrischen Anlage die Ergebnisse der Kurzschlussstromberechnung als Grundlage für die Auswahl der elektrischen Betriebsmittel gelten lassen.

Bei der Auslegung einer elektrischen Anlage unterscheidet man im Grunde zwischen zwei Kurzschlüssen:

- dem größten Kurzschlussstrom, der sowohl für Kurzschlussfestigkeit von Betriebsmitteln (z.B. Sicherungen und Schaltgeräte) als auch für die thermische und dynamische Festigkeit der Betriebsmittel (z.B. Stromwandler) entscheidend ist.
- dem kleinsten einpoligen Kurzschlussstrom, der für die Ansprechsicherheit der ÜSE bei der Schutzmaßnahme durch automatische Abschaltung der Stromversorgung im TN-S-System und für die Betrachtung der zulässigen Ausschaltzeit bei Kurzschluss von Bedeutung ist.

Der größte Kurzschlussstrom  $I_{k3}''$  lässt sich wie folgt berechnen:

$$I_{k3}'' = \frac{c_{max} * U_n}{\sqrt{3} * Z_k} \quad 5.4$$

$I_{k3}''$  – dreipoliger Kurzschlussstrom (Anfangs-Kurzschlusswechselstrom in [A])

$c_{max}$  - Spannungsfaktor in [/]

$U_n$  - Nennspannung, die Spannung zwischen den Außenleitern auf der Niederspannungsseite des Trafos in [V]

$Z_k$  - Kurzschlussimpedanz im Mitsystem an der Kurzschlussstelle in [ $\Omega$ ]

Der kleinste einpolige Kurzschlussstrom  $I_{k1min}''$  lässt sich wie folgt berechnen:

$$I_{k1min}'' = \frac{\sqrt{3} * c_{min} * U_n}{\underline{Z}_{(1)} + \underline{Z}_{(2)} + \underline{Z}_{(0)}} \quad 5.5$$

$I_{k1min}''$  - kleinster einpoliger Kurzschlussstrom in [A]

$\underline{Z}_{(1)}$  - Kurzschlussmitimpedanzen elektrischer Betriebsmittel in [ $\Omega$ ]

$\underline{Z}_{(2)}$  - Kurzschlussgegenimpedanzen elektrischer Betriebsmittel in [ $\Omega$ ]

$\underline{Z}_{(0)}$  - Kurzschlussnullimpedanzen elektrischer Betriebsmittel in [ $\Omega$ ]

$U_n$  - Nennspannung, die Spannung zwischen den Außenleitern auf der Niederspannungsseite des Trafos in [V]

$c_{min}$  - Spannungsfaktor in [/]

Heutzutage stehen zur Kurzschlussstromberechnung viele Softwarelösungen sowohl kommerzieller als auch nicht kommerzieller Art zur Verfügung. Zusätzlich gibt es PC-basierte Programme, die die Berechnung von transienten Ausgleichsvorgängen vor, während und nach Eintritt eines Kurzschlusses ermöglichen.

Eines dieser Programme ist das „SIMARIS design“ Programm. Im Rahmen der Bachelorarbeit werden die Kurzschlussstromberechnungen mit Hilfe dieses Programms errechnet.

Alle entsprechenden Angaben bezüglich der Kurzschlussströme sind dem /A2.4/ Ansicht „Kurzschlussbelastung“ zu entnehmen.

Der größte dreipolige Kurzschlussstrom  $I_{k3}''$  tritt auf der Sammelschiene der NSHV auf und ist gleich 66 kA (siehe /A2.4/ Kurzschlussbelastung).

Der kleinste einpolige Kurzschlussstrom  $I_{k1min}''$  tritt an der von der NSHV am weitesten entfernten Stelle (eine Steckdose im 14OG) auf und ist gleich 172 A (siehe /A2.4/ Ansicht „Kurzschlussbelastung“).

## 5.4 Spannungsfallberechnung

Bei der Projektierung und Planung einer elektrischen Anlage gehören die Kabel und Leitungen zu den wichtigsten Teilen der Anlage. Sie müssen sowohl bei den mechanischen, als auch thermischen Beanspruchungen bestehen und die angeschlossenen Leistungen verlustarm weitergeben können. Die elektrischen Netze werden dementsprechend sorgfältig dimensioniert.

Heutige Geräte und Anlagen sind auf die Nennspannung abgestimmt, die nur in festgesetzten Grenzen schwanken darf, weil sonst eine normale Leistungsübergabe nicht gewährleistet ist und die elektrischen Geräte beschädigt werden könnten.

In diesem Kapitel werden die maximale Leitungslänge und der Spannungsfall nach entsprechenden Vorschriften und Normen ganz kurz angesprochen, da die reine Berechnung mit Hilfe von einem Programm „SIMARIS design“ komplett berechnet wird.

### Spannungsänderung

Kabel und Leitungen ermöglichen den Transport und die Verteilung der elektrischen Energie. Beim Durchfließen des Stromes durch ein Kabel oder eine Leitung entsteht Wärme. Die Wärme bezeichnet man als Verlustenergie bzw. Verlustwärme. Die entstandene Verlustwärme muss von der Leitung abgeführt werden, sonst kann die Leitung zerstört werden. Der Spannungsfall mit Leiterwiderständen wird bei maximal zulässiger Betriebstemperatur berechnet. Die maximal zulässige Temperatur liegt für PVC-Isolierung bei 70°C. Somit bleibt man bei der Dimensionierung auf der sicheren Seite.

In der Praxis rechnet man mit 50°C, da die Verlegearten unterschiedlich sind und meistens keine einheitliche Betriebstemperatur für die gesamte Kabellänge bekannt ist.

Der zulässige Spannungsfall vor der Messeinrichtung ist in den technischen Anschlussbedingungen (TAB) des VNBs zu entnehmen. Gemäß /N18/ Teil 1 darf der Spannungsfall in der elektrischen Anlage hinter der Messeinrichtung 3% nicht überschreiten. Für die Berechnung des Spannungsfalls muss der

Bemessungsstrom der vorgeschalteten Überstromschutzeinrichtung (ÜSE) zugrunde gelegt werden.

Gemäß /N16/ Teil 520 darf der Spannungsfall zwischen Verteilungsnetz und einer Steckdose 4% nicht überschreiten.

Die neue Anlage wurde gemäß /N16/ und /N18/ ausgelegt. Der Spannungsabfall an einer Steckdose (siehe /A2.4/ Ansicht „Lastfluss/Lastverteilung“) überschreitet den maximal zulässigen Wert nicht. Die exakten Werte sind im /A2.4/ zu entnehmen.

## 6. Fazit

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Projektierung einer Netzersatzanlage und des Hauptstromversorgungssystems in einem bestehenden Gebäudekomplex zu beschreiben, insbesondere unter der Berücksichtigung des Anlaufverhaltens der notstromberechtigten Anlagen.

Zunächst wurde die Bestandsaufnahme der gesamten elektrischen Anlage durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die bestehenden NEA und NSHV heutigen Normen nicht mehr entsprechen und komplett ersetzt werden müssen.

Bei der Auslegung der NEA ging es in erster Linie um das Anlaufverhalten der notstromberechtigten Anlagen. Das heißt, dass beim Stromausfall, also im Notfall, das Hochfahren der NEA in jedem Fall gesichert sein muss. Dabei wurden auch die jetzt notwendigen Zusatzkomponenten insbesondere die Abgasanlage der neu ausgelegten NEA dargestellt.

Bei der Berechnung des bestehenden Hauptstromversorgungssystems stellte sich heraus, dass die Anlage z. Zt. teilweise fehlerhaft dimensioniert ist. Folgende Meldungen wurden bei Berechnung der bestehenden Anlage festgestellt:

| Bezeichnung             | Meldung  |
|-------------------------|--|
| Kälteanlage Hochhaus DG | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_z = 223A < I_2/1,45 = 275,862A$   |
| 22 Kompensation A       | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_{bs} = 290,746A > I_z = 259A$   |
| 22 Kompensation A       | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_R = 250A < I_{bs} = 290,746A$   |
| 22 Kompensation A       | Belastungsstrom = 290,746A ist größer als die zulässige Belastung des oberen Schalters = 230A  |
| 22 Kompensation A       | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_z = 259A < I_2/1,45 = 275,862A$   |
| UV 8.1 NN               | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_z = 259A < I_2/1,45 = 275,862A$   |
| 28 Kompensation A       | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_{bs} = 290,746A > I_z = 259A$   |
| 28 Kompensation A       | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_R = 250A < I_{bs} = 290,746A$   |
| 28 Kompensation A       | Belastungsstrom = 290,746A ist größer als die zulässige Belastung des oberen Schalters = 230A  |
| 28 Kompensation A       | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_z = 259A < I_2/1,45 = 275,862A$   |
| UV 11.1 NN              | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_z = 184A < I_2/1,45 = 220,69A$  |
| UV 7.1 NN               | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_z = 184A < I_2/1,45 = 220,69A$  |
| Heizung Hochhaus UG     | Überlastschutz nicht erfüllt. $I_z = 259A < I_2/1,45 = 275,862A$   |
| Kälteanlage Hochhaus DG | Max. Abschaltzeit von 0,4s für Schutz gegen elektr. Schlag gemäß IEC 60364-4-41 überschritten. Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich erforderlich. |

**Tabelle 6-1** *Meldungen der bestehenden Anlage*

Im Wesentlichen handelt es sich bei den Fehlern um zu gering dimensionierte Kabel- und Leitungsquerschnitte bzw. um fehlerhafte Zuordnung von Überstromschutzeinrichtungen (zu großer Sicherungsnennstrom).

Die in der Tabelle 6-1 genannte Meldungen wurden bei der Neudimensionierung der Schaltanlagen bzw. der Leitungsnetze komplett behoben.

Auf Grund brandschutztechnischer Anforderungen müssen sich die Hauptverteiler der Allgemeinversorgung und der Sicherheitsstromversorgung in verschiedenen Räumen befinden und so unter Berücksichtigung der brandschutztechnischen Bedingungen getrennt untergebracht werden.

Die Leistungsbedarfsermittlung hat gezeigt, dass zwei Transformatoren zur Versorgung des Gebäudes ausreichen. Aus wirtschaftlicher Sicht kann man in Betracht ziehen, je einen der drei bestehenden Trafos wechselweise abzuschalten. Damit würde man die Leerlaufverluste eines Trafos sparen.

Nach der elektrotechnischen Sanierung wird der Gebäudekomplex über eine zukunftssichere und den anerkannten Regeln der Technik entsprechende Elektroanlage verfügen.

## Quellenverzeichnis

### Literatur:

- /L1/** Dipl.-Ing. (FH) Andreas Rosa  
Projektierung von Ersatzstromaggregaten  
VDE Verlag GmbH, Berlin und Offenbach 2007
- /L2/** Dipl.-Ing. Karl-Heinz Kny  
Schutz bei Kurzschluss in elektrischen Anlagen  
2 überarbeitete u. bearbeitete Auflage  
Huss Verlag 2010
- /L3/** Prof. Dr.-Ing. Ismail Kasikci  
Projektierung von Niederspannungsanlagen Betriebsmittel, Vorschriften, Praxisbeispiele  
3., völlig neu bearbeitete Auflage  
Hüthig & Pflaum Verlag 2010
- /L4/** Gunter Pistora  
Berechnung von Kurzschlussströmen und Spannungsfällen  
VDE Verlag GmbH, Berlin und Offenbach 2009-09

### DIN-Normen:

- /N1/** DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100)
- /N2/** DIN VDE 0100-718 (VDE 0100-718)
- /N3/** DIN 6280-13 1994-12
- /N4/** DIN ISO 8528
- /N5/** DIN EN 61672-1
- /N6/** DIN EN 61672-2
- /N7/** DIN 4102
- /N8/** DIN 18232
- /N9/** DIN EN 12101

- /N10/** DIN VDE 0100-300
- /N11/** DIN 6280-08 1983-02
- /N12/** IEC 61439-1/-2
- /N13/** IEC/TR 61641
- /N14/** DIN VDE 0100-729
- /N15/** DIN VDE 0298-4
- /N16/** DIN VDE 0100-520
- /N17/** DIN VDE 0100-560 (VDE 0100-560)
- /N18/** DIN 18015 Teil 1
- /N19/** DIN EN 779
- /N20/** DIN 4705
- /N21/** DIN EN 60909-0 (VDE 0102)

**Richtlinien:**

- /R1/** Niedersächsische Bauordnung (NBauO)
- /R2/** TÜV Süddeutschland (Besonderheiten beim Einsatz von Stromerzeugungsaggregaten) 1999.
- /R3/** AMEV (Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltung)
- /R4/** EltBauVO (Verordnung für den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen)
- /R5/** MHHR (Musterhochhausrichtlinie)
- /R6/** VDI 3807
- /R7/** AMEV Hinweise für Planung und Bau von Elektroanlagen in öffentlichen Gebäuden (Elt. - Anlagen 2007)
- /R8/** Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG) 2009
- /R9/** Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA-Luft) 2002

- /R10/** AMEV (Hinweis zur Ausführung von Ersatzstromversorgungsanlagen in öffentlichen Gebäuden / Ersatzstrom 2006)
- /R11/** VDI 3781 Blatt 4
- /R12/** Verwaltungsvorschrift als Teil des BImSchG zur Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) 1998
- /R13/** Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen (LAR 2007)
- /R14/** Wasserhaushaltsgesetz des Bundes (WHG) § 19 I
- /R15/** Bauordnung für das Land Nordrhein-Westfalen Landesbauordnung (BauO NRW §37)
- /R16/** Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie (MLAR) 2005-11

**Internetseiten:**

- /I1/ Siemens AG** (online) Aufrufdatum: 21.01.13, 15.48 Uhr  
URL:[http://www.automation.siemens.com/mcms/totally-integrated-power/de/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Elektrische\\_Energieverteilung\\_fuer\\_Hochhaeuser.pdf](http://www.automation.siemens.com/mcms/totally-integrated-power/de/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Elektrische_Energieverteilung_fuer_Hochhaeuser.pdf)
- /I2/ Siemens AG** (online) Aufrufdatum: 21.01.13, 15.48 Uhr  
URL:<http://www.automation.siemens.com/mcms/totally-integrated-power/de/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Planungsgrundlagen.pdf>
- /I3/ Siemens AG** (online) Aufrufdatum: 21.01.13, 15.48 Uhr  
URL: <http://www.automation.siemens.com/mcms/totally-integrated-power/de/download-center/tabcardseiten/Documents/Planungshandbuecher/Entwurfsplanung.pdf>
- /I4/ Otto-und Dieselmotoren-1.3.5** (online) Aufrufdatum: 21.01.13, 15.48 Uhr  
URL:<http://de.scribd.com/doc/50099147/16/Mittlerer-Kolbendruck-Motorleistung>
- /I5/ Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe** (online) Aufrufdatum: 21.01.13, 15.48 Uhr  
URL:[http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Leitfaden\\_Notstrom.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/BBK/DE/Publikationen/PublikationenKritis/Leitfaden_Notstrom.pdf?__blob=publicationFile)
- /I6/ MWM GmbH** (online) Aufrufdatum: 21.01.13, 16.43 Uhr  
URL:[http://www.mwm.net/uploads/tx\\_mwmdownloads/Aufbau-von-Energieanlagen\\_0299-9407\\_2012-06\\_de\\_MWM.pdf](http://www.mwm.net/uploads/tx_mwmdownloads/Aufbau-von-Energieanlagen_0299-9407_2012-06_de_MWM.pdf)

- /I7/ asue.de** BHKW-Grundlagen (online) Aufrufdatum 21.01.13, 16.47 Uhr  
URL:<http://asue.de/themen/blockheizkraftwerke/broschueren/bhkw-grundlagen-2010.html>
- /I8/ datwyler.com** Handbuch Funktionserhalt (online) Aufrufdatum 30.01.13  
URL:[http://cabling.datwyler.com/cms/userfiles/download/handbuch\\_funktionserhalt\\_2012\\_at.pdf](http://cabling.datwyler.com/cms/userfiles/download/handbuch_funktionserhalt_2012_at.pdf)
- /I9/ ateam-ffm.de** Aufrufdatum 05.02.2013, 14.49 Uhr  
URL:<http://ateam-ffm.de/chapters/fachtagungen/2004/02-Diesel-Notstromanlagen.pdf>
- /I10/ schweizer-fn.de** Aufrufdatum 14.02.2013, 17.30 Uhr  
[http://www.schweizer-fn.de/abgas/isolierung/abgasisolierung.php#dia\\_waermeverlust](http://www.schweizer-fn.de/abgas/isolierung/abgasisolierung.php#dia_waermeverlust)

**Sonstige:**

- /S1/** Materialprüfanstalt für das Bauwesen – MPA Braunschweig  
Brandschutzkonzept vom 06.12.2007

## Abkürzungsverzeichnis

|                 |   |
|-----------------|---|
| VNB             | Verteilnetzbetreibers   |
| MSHV            | Mittelspannungshauptverteilung                                    |
| NBauO           | Niedersächsische Bauordnung                                       |
| MHHR            | Musterhochhaus-Richtlinie   |
| MS-Netz         | Mittelspannungsnetz   |
| MS-Schaltanlage | Mittelspannungsschaltanlage                                       |
| AV-Netz         | Allgemeinversorgungsnetz  |
| SV-Netz         | Sicherheitsversorgungsnetz  |
| DN-Netz         | Dieselnetz  |
| NN-Netz         | Normalnetz  |
| NSHV            | Niederspannungshauptverteilung                                    |
| FU-Betrieb      | Frequenzumrichter - Betrieb                                       |
| EltBauVO        | Verordnung für den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen |
| USV-Netz        | Unterbrechungsfreie Stromversorgung                               |
| VVBauO NRW      | Verwaltungsvorschrift zur Landesbauordnung                        |
| WHG             | Wasserhaushaltgesetz des Bundes                                   |
| TA-Luft         | Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft                     |
| BImSchG         | Bundes-Immissionsschutzgesetz                                     |
| TA-Lärm         | Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm                        |
| BMA             | Brandmeldeanlage  |
| RDA             | Rauchschutz Druckanlage (Spüllüftungsanlage)                      |
| RWA             | Rauch-Wärme-Abzug   |
| NRA             | Natürlicher-Rauch-Abzug   |
| MRA             | Maschineller-Rauch-Abzug  |
| ETK             | Einheits-Temperaturzeitkurve                                      |

|     |                                  |
|-----|----------------------------------|
| TAB | Technischen Anschlussbedingungen |
| ÜSE | Überstromschutz-Einrichtung      |

## **Abbildungsverzeichnis**

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 2-1 Vorhandenen AV - und SV Felder der NSHV .....                            | 12 |
| Abbildung 2-2: Vorhandene Netzersatzanlage (Dieselaggregat).....                       | 15 |
| Abbildung 4-1 Zusammenhang zwischen Kolbendruck und Leistung<br>/N11/ .....            | 29 |
| Abbildung 4-2 Kraftstoffversorgungssystem eines Dieselaggregats /L1/.....              | 30 |
| Abbildung 4-3 Allgemeine Pumpenkennlinie .....   | 34 |
| Abbildung 4-4 Zuordnung im Rahmen des /R8/ für Feuerungsanlagen /I7/..                 | 37 |
| Abbildung 4-5 Abgasführung eines Dieselaggregates /L1/.....                            | 44 |
| Abbildung 4-6 Prinzipielle Darstellung eines Einwirkungsbereiches einer<br>Quelle..... | 49 |
| Abbildung 4-7 Einwirkungsbereich in Abhängigkeit zu FWL.....                           | 50 |
| Abbildung 4-8 Wärmeverlust einer isolierten Abgasleitung /I10/.....                    | 56 |
| Abbildung 4-9 Bewertungskurvenverlauf der Ausbreitungsdämpfung .....                   | 63 |
| Abbildung 4-10: Auszug aus MHHR /R5/.....  | 68 |
| Abbildung 4-11: Prinzipieller Aufbau der RDA bzw. Spüllüftungsanlage<br>/S1/.....      | 72 |
| Abbildung 5-1 Niederspannungsschaltanlage SIVACON von Siemens /I1/..                   | 76 |

## Tabellenverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Tabelle 2-1 <i>Übersicht der Abgangsfelder der<br/>Mittelspannungshauptverteilung</i> .....    | 10 |
| Tabelle 2-2 <i>Wesentliche technische Daten der Trafos 1 bis 3</i> .....                       | 11 |
| Tabelle 3-1 <i>Spezifischer Leistungsbedarf in Abhängigkeit der<br/>Nutzungsart /R3/</i> ..... | 20 |
| Tabelle 3-2 <i>Ermittelte Bruttogrundfläche des Gebäudekomplexes</i> .....                     | 21 |
| Tabelle 3-3 <i>Am 18.01.2013 aufgenommene Ströme</i> .....                                     | 22 |
| Tabelle 4-1 <i>Summe der Anlaufströme der notstromberechtigten Anlagen ...</i>                 | 27 |
| Tabelle 4-2 <i>Summe und Übersicht der Betriebsströme</i> .....                                | 27 |
| Tabelle 4-3 <i>Gegendruck in hPa pro 1 m Rohrleitung</i> .....                                 | 40 |
| Tabelle 4-4 <i>Gegendruck in hPa pro 90° Krümmer (R/d=1,5)</i> .....                           | 41 |
| Tabelle 4-5 <i>Herstellerbezogenen Abgasdaten der Emissionsquelle</i> .....                    | 45 |
| Tabelle 4-6 <i>Emissionsgrenzwerte für Feuerungsanlagen gemäß Nr.<br/>5.4.1.4 /R9/</i> .....   | 47 |
| Tabelle 4-7 <i>Geräuschentwicklung /I6/</i> .....  | 63 |
| Tabelle 5-1 <i>Übliche Feuerwiderstandsklassen nach /N7/</i> .....                             | 74 |
| Tabelle 5-2 <i>Tabelle zur Querschnittsermittlung</i> .....                                    | 78 |
| Tabelle 6-1 <i>Meldungen der bestehenden Anlage</i> .....                                      | 88 |

## Formelverzeichnis

|                    |  |  |
|--------------------|--|--|
| $I_n$ (MS)         | [A]  | Nennstrom (Mittelspannungsseite)             |
| $I_n$ (NS)         | [A]  | Nennstrom (Niederspannungsseite)             |
| S                  | [kVA]                                      | Scheinleistung                               |
| $U_K$              | [%]  | Kurzschlussspannung                          |
| $I_K$              | [kA]                                       | Kurzschlussstrom                             |
| g                  | [ ]  | Gleichzeitigkeitsfaktor                      |
| b                  | [ ]  | Belastungsfaktor                             |
| Pmax               | [W]  | Maximaler Leistungsbedarf                    |
| Ps                 | [W/m <sup>2</sup> ]                        | Flächenbezogener spezifische Leistungsbedarf |
| A                  | [m <sup>2</sup> ]                          | Hauptnutzungsfläche oder HNF                 |
| BGF                | [m <sup>2</sup> ]                          | Bruttogesamtfläche                           |
| NGF                | [m <sup>2</sup> ]                          | Nettogesamtfläche                            |
| $I_A$              | [A]  | Anlaufstrom der notberechtigten Anlagen      |
| $U_N$              | [V]  | Nennspannung                                 |
| $L_{(r1)}$         | [dB]                                       | Schalldruckpegel 1                           |
| r1                 | m  | Abstand 1                                    |
| $L_{(r2)}$         | [dB]                                       | Schalldruckpegel 2                           |
| r2                 | m  | Abstand 2                                    |
| $\Delta U$         | [V]  | Spannungsfall                                |
| $A_{\text{theor}}$ | [mm <sup>2</sup> ]                         | Theoretischer Leiterquerschnitt              |
| $\epsilon$         | $\left[\frac{m}{\Omega \cdot mm^2}\right]$ | elektrische Leitfähigkeit                    |
| $V_{\text{Mot}}$   | [m <sup>3</sup> /s]                        | Verbrennungsluftmenge des Motors             |
| $\Delta T$         | [K]  | zulässige Temperaturerhöhung                 |
| $c_{pL}$           | [kJ/kgK]                                   | spez. Wärmekapazität der Luft                |

Formelverzeichnis

---

|                       |                      |  |
|-----------------------|----------------------|--|
| $\rho_L$              | [kg/m <sup>3</sup> ] | Dichte der Luft  |
| $Q_{\text{Abgas}}$    | [kW]                 | Strahlungswärme durch Abgassystem  |
| $q_R$                 | [W/m]                | Wärmestrom bezogen auf 1m Rohr   |
| $\cos(\varphi)$       | [%]                  | Wirkleistungsfaktor  |
| $S_G$                 | [k VA]               | Generatorscheinleistung  |
| $\eta_G$              | [%]                  | Wirkungsgrad des Generators  |
| $Q_G$                 | [kW]                 | Strahlungswärme des Generators   |
| $Q_M$                 | [kW]                 | Strahlungswärme des Motors   |
| $b_e$                 | [g/kWh]              | spezifischer Kraftstoffverbrauch   |
| $I''_{k1min}$         | [A]                  | kleinster einpoliger Kurzschlussstrom  |
| $\underline{Z}_{(1)}$ | [Ω]                  | Kurzschlussmitimpedanzen elektrischer Betriebsmittel   |
| $\underline{Z}_{(2)}$ | [Ω]                  | Kurzschlussgegenimpedanzen elektrischer Betriebsmittel                                       |
| $\underline{Z}_{(0)}$ | [Ω]                  | Kurzschlussnullimpedanzen elektrischer Betriebsmittel  |
| $U_n$                 | [V]                  | Nennspannung, die Spannung zwischen den Außenleitern auf der Niederspannungsseite des Trafos |
| $c_{min}$             | [/]                  | Spannungsfaktor  |
| $Z_k$                 | [Ω]                  | Kurzschlussimpedanz im Mitsystem an der Kurzschlussstelle                                    |
| $c_{max}$             | [/]                  | Spannungsfaktor  |
| $I''_{k3}$            | [A]                  | dreipoliger Kurzschlussstrom (Anfangs-Kurzschlusswechselstrom in)                            |

## **Eidesstattliche Erklärung**

„Ich versichere, dass ich die vorstehende Arbeit selbständig angefertigt und mich fremder Hilfe nicht bedient habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß veröffentlichtem oder nicht veröffentlichtem Schrifttum entnommen sind, habe ich als solche kenntlich gemacht.“

---

## **Anhang**

### Bestand

/A1.1/ Übersichtsschaltplan der Einspeisung des Gebäudekomplexes (1 – 1 Blätter, Format A4)

/A1.2/ Übersichtsschaltplan NSHV DN und NN (1 - 6 Blätter, Format A4)

/A1.3/ Messtechnische Erfassung (1 - 16 Blätter, Format A4)

/A1.4/ Übersichtsplan Bestand NSHV / NN-DN (1 – 1 Blätter, Format A1)

/A1.5/ Übersichtsplan Berechnungen Bestand (1 - 4 Blätter, Format A1)

### Neue Anlage

/A2.1/ Übersichtsschaltplan der Einspeisung des Gebäudekomplexes (1 – 1 Blätter, Format A4)

/A2.2/ Übersichtsschaltplan NSHV SV und AV (1 - 5 Blätter, Format A4)

/A2.3/ Übersichtsplan Sanierung NSHV / NEA (1 – 1 Blätter, Format A1)

/A2.4/ Übersichtsplan Berechnungen Neuanlage (1 - 4 Blätter, Format A1)