

---

# **BACHELORARBEIT**

---

Herr  
**Sebastian Beyer**

**Netzuntersuchung für die  
geplante Notstromversor-  
gungsanlage des Klinikums  
Braunschweig**

Mittweida, 2022

Fakultät Ingenieurwissenschaften

---

# **BACHELORARBEIT**

---

## **Netzuntersuchung für die geplante Notstromversor- gungsanlage des Klinikums Braunschweig**

Autor:

**Herr**

**Sebastian Beyer**

Studiengang:

**Elektrotechnik-Automation**

Seminargruppe:

**EA19wM-B**

Erstprüfer:

**Prof. Dr.-Ing Lutz Rauchfuß**

Zweitprüfer:

**M. Eng. Hans Hoffmeier**

Einreichung:

**Mittweida, 29.08.2022**

Verteidigung/Bewertung:

**Mittweida, 2022**

# **BACHELOR THESIS**

---

## **Grid investigation for the planned emergency power supply system of the Braunschweig Clinic**

author:

**Mr. Sebastian Beyer**

course of studies:

**Electrical Engineering-Automation**

seminar group:

**EA19wM-B**

first examiner:

**Prof. Dr.-Ing Lutz Rauchfuß**

second examiner:

**M. Eng. Hans Hoffmeier**

submission:

**Mittweida, 29.08.2022**

defence/ evaluation:

**Mittweida, 2022**

## **Bibliografische Beschreibung:**

Beyer, Sebastian:

Netzuntersuchung für die geplante Notstromversorgungsanlage des Klinikums Braunschweig. - 2022. - VI, 66, LVI S.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften, Bachelorarbeit, 2022

## **Referat:**

Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit der Stromversorgung des Klinikums Braunschweig. Im genaueren werden die geplante Netzersatzanlage, die aus drei Notstromaggregaten besteht, die Stromversorgung für medizinische Einrichtungen und eine Kurzschlussstromberechnung für die Niederspannungshauptversorgung Sicherheitsversorgung betrachtet. Bei der Stromversorgung liegt der Schwerpunkt auf dem Aufbau der Mittelspannungsringe und der Niederspannungshauptversorgung. Die Niederspannungshauptversorgung wird mit einer Kurzschlussstromberechnung auf ihre Dimensionierung überprüft.

# Inhalt

<b>Inhalt</b> .....	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Motivation</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Zielsetzung</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Grundlagen</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Netzersatzanlage</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Allgemein</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Dieselstromerzeugungsaggregat Typ MD-2610/50</b> .....	<b>4</b>
2.2.1 Netzersatzanlage für Sicherheitszwecke .....	5
2.2.2 Antriebsmotor MTU 16V4000G34F .....	5
2.2.3 Anlasser .....	8
2.2.4 Generator Typ LSA 52.3 L12.....	8
<b>2.3 Kraftstofftanks</b> .....	<b>11</b>
2.3.1 Vorratstank.....	11
2.3.2 Tages- / Servicetank .....	12
<b>2.4 Wartung</b> .....	<b>13</b>
<b>2.5 Besonderheiten der Containerbauweise</b> .....	<b>14</b>
<b>2.6 Dimensionierung der drei NEAs</b> .....	<b>18</b>
<b>2.7 Betriebsarten der NEAs</b> .....	<b>19</b>
<b>3 Stromversorgung des Klinikums Braunschweig</b> .....	<b>22</b>
<b>3.1 Normen und Anforderungen an die Stromversorgung in medizinischen Einrichtungen</b> .....	<b>22</b>
<b>3.2 Aufbau der Ringnetze Allgemeinversorgung und Sicherheitsversorgung</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3 Sicherheitsstromversorgung in der Mittelspannungsebene</b> .....	<b>25</b>
3.3.1 Mittelspannungsschaltanlage .....	25

3.3.2	Schutz- und Schaltgeräte .....	26
3.3.3	Sicherheitsstromversorgung .....	26
3.3.4	Mittelspannungstransformatoren 3x2500kVA .....	28
3.3.5	Vorteile der Mittelspannungsversorgung .....	28
<b>3.4</b>	<b><i>Stromversorgung in der Niederspannungsebene</i></b> .....	<b>29</b>
3.4.1	Aufbau der Niederspannungshauptversorgung Sicherheitsstromversorgung	30
3.4.1.1	Aufbau des zentralen Erdungspunkts .....	31
3.4.1.2	Funktionsweise des ZEP .....	32
3.4.2	Niederspannungstransformatoren 3x1600kVA .....	34
<b>4</b>	<b>Kurzschlussuntersuchung der NSHV SV</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1</b>	<b><i>Kurzschlussströme</i></b> .....	<b>35</b>
4.1.1	Auswirkungen von Kurzschlussströmen auf die elektrische Anlage .....	38
<b>4.2</b>	<b><i>Kurzschlussstromberechnungen</i></b> .....	<b>38</b>
4.2.1	Berechnung des kleinsten Kurzschlussstroms während der SV .....	39
4.2.1.1	Erkenntnis der Berechnung des minimalen Kurzschlussstroms .....	54
4.2.2	Berechnung des maximalen Kurzschlussstroms .....	56
4.2.2.1	Berechnung des Stoßkurzschlussstroms .....	58
4.2.3	Kurzschlussstromvergleich zwischen Handrechnung und Simaris Design 9 .	60
4.2.4	Prüfung der Kurzschlussstromfestigkeit der NSHV SV .....	61
<b>5</b>	<b>Fazit</b> .....	<b>63</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>67</b>
<b>6</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>VII</b>
<b>6.1</b>	<b><i>Anhang 1: Auszüge aus dem Leistungsverzeichnis</i></b> .....	<b>IX</b>
6.1.1	Seite 27 .....	IX
6.1.2	Seite 28 .....	X
6.1.3	Seite 34 .....	XI
6.1.4	Seite 125 .....	XII
6.1.5	Seite 127 .....	XIII
6.1.6	Seite 128 .....	XIV
6.1.7	Seite 129 .....	XV
6.1.8	Seite 131 .....	XVI
6.1.9	Seite 132 .....	XVII
6.1.10	Seite 133f .....	XVIII
6.1.11	Seite 136 .....	XX
6.1.12	Seite 138 .....	XXI
6.1.13	Seite 140 .....	XXII
6.1.14	Seite 144 .....	XXIII
6.1.15	Seite 148f .....	XXIV

---

6.1.16	Seite 157 .....	XXVI
6.1.17	Seite 158 .....	XXVII
6.1.18	Seite 186 .....	XXVIII
<b>6.2</b>	<b>Anhang 2: Projektdokumente .....</b>	<b>XXIX</b>
6.2.1	IB SÜSS Seite 9 .....	XXIX
6.2.2	Generatordatenblatt .....	XXX
6.2.3	Anlagenbeschreibung durch IB SÜSS .....	XXXI
6.2.4	Leistungsbilanz .....	XXXII
6.2.5	Mittelspannungsnetztopologie .....	XXXII
6.2.6	Abstimmung Mittelspannungskonzept .....	XXXIV
6.2.7	NSHV Schema .....	XXXV
6.2.8	ZEP Beschreibung .....	XXXVII
6.2.9	Transformatordatenblatt 2500kVA .....	XXXIX
6.2.10	Transformatordatenblatt 1600kVA .....	XL
6.2.11	Schema des ZEP .....	XLI
6.2.12	Kurzschlussstromberechnung durch IB SÜSS .....	XLIII
6.2.13	Angebot ABZ Seite 4 .....	XLV
6.2.14	Angebot ABZ Leistungsdaten des 16V4000G34F .....	XLVI
6.2.15	Angebot ABZ Verbrauch des 16V4000G34F .....	XLVII
6.2.16	Angebot ABZ Generatordaten .....	XLVIII
6.2.17	Emissionsdatenblatt .....	XLIX
6.2.18	Lageplan der Energiezentrale .....	LI
6.2.19	Grundriss Elektroinstallation .....	LIII
	<b>Selbstständigkeitserklärung .....</b>	<b>LV</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kurzschlussstrom-Zeit-Kennlinie des Generators .....	10
Abbildung 2: Legende zur Kurzschlussstrom-Zeit-Kennlinie.....	10
Abbildung 3: Auszug aus der Anlagenbeschreibung durch die Firma IB SÜSS (Gesetzeslage zur Wasserrückhaltung) .....	13
Abbildung 4: Ausschnitt aus dem Lageplan der Energiezentrale.....	16
Abbildung 6: geforderte Abgasgrenzwerte aus dem LV .....	16
Abbildung 6: Schema MS AV-Ring .....	23
Abbildung 7: Schema MS SV-Ring .....	24
Abbildung 8: Schema MS AV SV-Ring.....	25
Abbildung 9: idealer Aufbau eines TN-Systems mit ZEP.....	33
Abbildung 10: ZEP Schema des Klinikums Braunschweig .....	33
Abbildung 11: Verlauf des Kurzschlussstroms (generatorfern).....	36
Abbildung 12: Verlauf des generatornahen und generatorfernen Kurzschlussstroms.....	37
Abbildung 13: Schema Kurzschlussstromberechnung .....	39
Abbildung 14: Auszug aus dem Generatordatenblatt .....	54
Abbildung 15: Schema Kurzschlussstrom NSHV SV.....	56
Abbildung 16: Faktor k in Abhängigkeit vom Verhältnis R/X.....	59
Abbildung 17: Simaris Design 9 KSS Schema .....	60
Abbildung 18: Auszug aus Leistungsschalterdatenblatt.....	62

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anwendungsgruppe 3E des MTU Motors.....	7
Tabelle 2: Auszug aus dem Emissionsdatenblatt des 16V4000G34F.....	17
Tabelle 3: Leistungsbilanz des Klinikums Braunschweig .....	18
Tabelle 4: Auszug aus dem Leistungsverzeichnis (Sammelschienenendaten) .....	30
Tabelle 5: Spannungsfaktor c.....	40
Tabelle 6: Auszug aus dem Datenblatt für Stromschienen von Siemens.....	50
Tabelle 7: Auszug aus dem Datenblatt für Stromschienen von Siemens.....	50
Tabelle 8: Vergleich einpoliger/zweipoliger KSS.....	55

# Abkürzungsverzeichnis

<b>ABZ</b>	ABZ Aggregate-Bau GmbH & Co. KG
<b>AV</b>	Allgemeinstromversorgung
<b>BS NETZ</b>	Braunschweiger Netz GmbH
<b>EVU</b>	Energieversorgungsunternehmen
<b>GZF</b>	Gleichzeitigkeitsfaktor
<b>HPAS</b>	Hauptpotentialausgleichsschiene
<b>IB SÜSS</b>	SÜSS Beratende Ingenieure GmbH & Co.
<b>KSS</b>	Kurzschlussstrom
<b>LDS</b>	Leitungsdifferenzialschutzgeräte
<b>LV</b>	Leistungsverzeichnis
<b>MEG</b>	medizinische elektrische Geräte
<b>MS</b>	Mittelspannung
<b>Ncbm</b>	Normalkubikmeter
<b>NEA</b>	Netzersatzanlage
<b>NS</b>	Niederspannung
<b>NSHV</b>	Niederspannungshauptversorgung
<b>SV</b>	Sicherheitsstromversorgung
<b>UMZ</b>	unabhängiger Maximalstromzeitschutz
<b>USV</b>	unterbrechungsfreie Stromversorgung
<b>ZEP</b>	zentraler Erdungspunkt

# 1 Einleitung

In der Einleitung soll ein Überblick über die nachstehende Bachelorarbeit gegeben werden. Beginnend mit der Motivation sowie der Zielsetzung. Am Ende des ersten Kapitels werden Grundlagen für das bessere Verständnis erläutert.

## 1.1 Motivation

Die Firma Bauer Elektroanlagen Nord GmbH & Co. KG wurde mit der Errichtung einer Energiezentrale für das Klinikum Braunschweig beauftragt. Bei diesem Projekt handelt es sich mit 1475 vollstationären Betten um eines der größten Krankenhäuser Deutschlands.

Im Rahmen eines „Zwei Standorte“- Konzepts verschiebt das Klinikum seine Leistung von drei auf zwei Standorte. Zu diesem Konzept gehört die Modernisierung der technischen und baulichen Standards, sowie die Errichtung einer neuen Energiezentrale bis 2027. Diese besteht aus einer Allgmeinstromversorgung (AV) und einer Sicherheitsstromversorgung (SV). Auf Letzterer liegt der Fokus der Bachelorarbeit. Die SV versorgt die Gebäudeteile P, Q, G, H, Anbau Nord N1 und den Funktionsbau N. Dabei besteht diese aus:

- drei Netzersatzanlagen (NEA) á 2560kVA in Containerbauweise
- einem 80.000 Liter Vorratstank
- drei Transformatoren á 2500kVA; 20kV/400V
- 15 Felder Niederspannungshauptversorgung Sicherheitsstromversorgung (NSHV SV)

In medizinischen Einrichtungen werden Patienten behandelt, gepflegt und versorgt. Patienten sind alle Personen, die sich in ärztlicher Behandlung befinden, von der lebensnotwendigen Operation bis hin zur Diagnose und Pflege von Kranken und Verletzten. Aufgrund dessen werden an die SV in medizinischen Einrichtungen hohe Anforderungen gestellt. Die SV stellt sicher, dass alle wichtigen Verbraucher im Falle einer Netzstörung mit Strom versorgt werden. Wichtige Verbraucher sind alle Geräte, die zum Schutz von Personen erforderlich sind. Darunter zählen z.B. Beatmungsgeräte und Sicherheitsbeleuchtungen.

## 1.2 Zielsetzung

Im Rahmen der vorliegenden Bachelorarbeit wird eine Netzuntersuchung der NSHV SV des Klinikums Braunschweig durchgeführt. Dazu werden die normativen Anforderungen an die geplante Netzersatzanlage im medizinischen Bereich erläutert. Die Normen werden mit dem Leistungsverzeichnis (LV), welches die Firma Bauer erhalten hat, abgeglichen und geprüft. Des Weiteren werden bereits bestellte Anlagenkomponenten der Energiezentrale

auf die Anforderungen geprüft. Ebenfalls wird die Stromversorgung analysiert. Diese ist als Mittelspannungsring aufgebaut. Es gibt einen internen AV-Ring und einen internen SV-Ring. Der SV-Ring wird im Falle eines Stromausfalls über drei NEAs á 2560kVA und je einem Transformator á 2500kVA gespeist.

Anschließend wird mit Hilfe einer Kurzschlussstromberechnung die Kurzschlussstromfestigkeit der NSHV SV nachgewiesen. Dazu werden die maximalen und minimalen Kurzschlussströme berechnet und mit der Dimensionierung der Schutzeinrichtungen in der NSHV SV verglichen.

### 1.3 Grundlagen

Wie in jedem anderen technischen Bereich gelten für die Errichtung von elektrischen Anlagen in medizinisch genutzten Gebäuden Normen und Richtlinien, an die es sich zu halten gilt, um die Funktion der Anlage gewährleisten zu können. Besonders wichtig ist das Einhalten dieser Normen in medizinischen Einrichtungen, da dort Behandlungen an Patienten stattfinden, die unter anderem lebensnotwendig sein können. Die wichtigsten Normen sind die VDE 0100-710 und die VDE 0100-560. Im Teil 710 der VDE 0100 „Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art - Medizinisch genutzte Bereiche“ sind die Normen für die Errichtung einer sicheren Stromversorgung für medizinisch genutzte Bereiche niedergeschrieben, um die Sicherheit der Patienten und des medizinischen Personals zu gewährleisten<sup>1</sup>. Der Teil 560 enthält die „Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Einrichtungen für Sicherheitszwecke“. Darunter zählt die Netzersatzanlage (NEA).

**Medizinisch genutzte Bereiche** sind in Deutschland Räume oder Raumgruppen in denen die Diagnose, Behandlung, Überwachung und Pflege von Patienten stattfindet<sup>2</sup>. Allgemein gesagt werden Behandlungen am Menschen durchgeführt. Dabei dürfen nur Räume medizinisch genutzt werden, die als diese klassifiziert sind. Ansonsten kann die elektrische Sicherheit nicht gewährleistet werden.

Zu den **medizinischen Einrichtungen** gehören Krankenhäuser, Rehakliniken, Unikliniken und Arztpraxen. Zusätzlich ist zu beachten, dass jedes Gebäude, welches medizinisch genutzte Bereiche enthält automatisch als medizinische Einrichtung gilt. Daher müssen diese Gebäude, wenn die Behandlungen von der elektrischen Sicherheit abhängen, nach den

---

<sup>1</sup> (Beuth.de, 2018)

<sup>2</sup> Vgl. (Uhlig, 2005) S.87

Normen und Anforderungen für medizinische Einrichtungen errichtet werden. Dies betrifft zum Beispiel Wohnhäuser oder Shoppingcenter mit Arztpraxen<sup>3</sup>.

Des Weiteren ist das **Schutzziel** zu beachten, welches bestimmt wie groß das Minimum an Sicherheitsniveau sein muss. Dabei gibt das Schutzziel das Sicherheitsniveau an, lässt aber den Weg zum Erreichen dessen außer Acht<sup>4</sup>.

Schutzziele in medizinischen Einrichtungen können sein:

- Schutz der Patienten vor Auswirkungen von Stromausfällen, schlechter Qualität der Spannung und Frequenz
- Sicherheit der Flucht- und Rettungswege
- Verhinderung von Einwirkungen von Bränden auf elektrische Anlagen
- Vermeidung von Brand durch elektrische Anlagen
- Sicherheit durch Wartung und Instandhaltung
- Sicherheit durch Stand der Technik<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> (Uhlig, 2005) S.83

<sup>4</sup> (SecuPedia, 2011)

<sup>5</sup> Vgl. (Uhlig, 2005) S.101

## 2 Netzersatzanlage

Im Kapitel 2, der Bachelorarbeit, geht es um die drei NEAs des Klinikums Braunschweig. Sie besteht aus drei Dieselmotoren und drei Generatoren, die im folgenden Kapitel auf die Normgerechtigkeit für medizinische Einrichtungen geprüft werden.

### 2.1 Allgemein

Die geplante SV besteht aus drei NEAs, welche das Netz im Falle eines Stromausfalles ersetzen sollen. Am 29.7.2021 waren zwei NEAs geplant [Anhang1: 6.1.1]. Jedoch auf Nachtrag der Firma Bauer ist ein weitere NEA derselben Bauart hinzugekommen. Mit den zwei NEAs war eine Vollversorgung der Gebäude H, P und Q möglich. Bei Ausfall einer NEA ist die SV dieser Gebäude weiterhin gesichert. Da die Energiezentrale weitere Gebäude versorgen soll und die Leistungsbilanz gestiegen ist, wird eine weitere NEA benötigt. Mit dieser kann die Vollversorgung der Gebäude H, P, Q, G sowie Anbau Nord N1 und der Funktionsbau N gesichert werden. Ebenfalls ist die SV dieser Gebäude bei Ausfall einer NEA weiterhin möglich. Die NEAs sind als n+1 Redundanz aufgebaut. Dadurch wird kein Leihaggregat von außerhalb benötigt, welches die stationären NEAs unterstützen würde [Anhang1: 6.1.1]. Bei einer n+1 Redundanz gibt es eine NEA mehr als für die SV notwendig wäre.

### 2.2 Dieselstromerzeugungsaggregat Typ MD-2610/50

Eine NEA besitzt eine Leistung von 2560kVA und besteht aus einem Motor, einem Generator in Containerbauweise und einem externen Transformator. Die Generatoren liefern eine Spannung von 400V. Da die Liegenschaft des Klinikums Braunschweig als Mittelspannungsring aufgebaut ist, werden die 400V auf 20kV transformiert. Die externen Transformatoren besitzen eine Leistung von 2500kVA.

Die Container sind 40“ ISO Container und werden auf der Energiezentrale (Gebäude X) auf dem Dach aufgestellt. Verwendet werden NEAs, die eine Prime Power (PRP) von 2560kVA / 2048kW besitzen. Die Prime Power „*ist die zulässige mittlere Leistungsabgabe während 24h*“<sup>6</sup>. Des Weiteren muss eine Reserve von 10% vorgesehen werden. Dies ist bei den

---

<sup>6</sup> (Rosa, 2007) S.57

NEAs mit einer möglichen Überlast von 10% gewährleistet<sup>7</sup>. Das Leistungsverzeichnis gibt an, dass die NEA eine Stunde lang mit 10% Überlast aller 12h betrieben werden können [Anhang1: 6.1.7]. Dieselmotoren eignen sich besonders gut für den Betrieb als Sicherheitsstromversorgungsquelle. Sie sind langlebig und bieten eine dauerhafte und umfangreiche Versorgung<sup>8</sup>.

### 2.2.1 Netzersatzanlage für Sicherheitszwecke

Bei der Verwendung von NEAs für Sicherheitszwecke ist es besonders wichtig die Normen einzuhalten. In medizinischen Einrichtungen werden Behandlungen an Patienten durchgeführt. Diese reichen von der Diagnose und Betreuung bis hin zu lebenswichtigen Operationen. Für NEAs gelten die DIN 6280-13<sup>9</sup> und die DIN EN 60034-22 (VDE 0530-22:2010-08)<sup>10</sup>. Es ist eine Umschaltzeit von <15s gefordert, bei der die Verbraucher zeitgestaffelt zugeschaltet werden [Anhang1: 6.1.6]. Das Leistungsverzeichnis stützt sich dabei auf die DIN VDE 0100-710. Diese Umschaltzeit muss am letzten Verbraucher spürbar sein. Die Umschaltung auf die SV erfolgt, nachdem die Netzspannung für mehr als 0,5s um mehr als 10% eingebrochen ist<sup>11</sup>. Diese Umschaltzeit kann in Braunschweig bei Synchronisierung von zwei NEAs gewährleistet werden. Ob das gemeinsame Zuschalten von drei NEAs funktioniert, befindet sich zum Zeitpunkt der Bachelorarbeit noch in der Prüfung. Ein Vorteil der drei NEAs ist, falls die Synchronisierung von den drei NEAs nicht möglich sein sollte, können die 15s dennoch eingehalten werden. In diesem Fall wird die dritte NEA nachgeschaltet. Die ersten beiden NEAs gewährleisten die SV nach 15s und das dritte wird anschließend synchronisiert und für die Vollversorgung zugeschaltet [Anhang2: 6.2.1].

### 2.2.2 Antriebsmotor MTU 16V4000G34F

Es gibt 2 Arten von Motoren, wobei nur eine Betriebsart als NEA für Sicherheitszwecke verwendet werden darf. Motoren, die mit Benzin betrieben werden, gibt es als Notstromaggregat, jedoch dürfen diese aufgrund des hohen Brandrisikos<sup>12</sup> und der Explosionsgefahr nicht als NEA für Sicherheitszwecke verwendet werden. Aufgrund dessen wird in

---

<sup>7</sup> (Rosa, 2007) S.57

<sup>8</sup> (Flügel, 2006) S.181

<sup>9</sup> Stromerzeugungsaggregate – Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolbenverbrennungsmotor – Teil 13: Für Sicherheitsstromversorgungszwecke in Krankenhäusern und in baulichen Anlagen für Menschenansammlungen

<sup>10</sup> Drehende elektrische Maschinen – Teil 22: Wechselstromgeneratoren für Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren

<sup>11</sup> (Flügel, 2006) S.179

<sup>12</sup> (Uhlig, 2005) S.233

Braunschweig eine NEA mit Dieselmotor verwendet. Es kommt ein turboaufgeladener 16 Zylinder 4 Taktmotor mit einer Leistung von 2560kVA / 2048kW zum Einsatz. Er wird mit Heizöl betrieben. Heizöl als Kraftstoff ist laut Energiegesetz nur für Dieselmotoren in stationären Notstromaggregaten zugelassen<sup>13</sup>. Dies ist in Braunschweig gewährleistet, da die Container fest auf dem Dach der Energiezentrale verbaut werden. Durch das verwendete Heizöl können Kosten für Kraftstoff gespart werden. Heizöl ist zudem nicht anfällig für Dieselpest. Das kommt der langen Standzeit der NEAs und dem Tankinhalt zugute.

Als Motor ist ein Turbomotor geplant. Bei Turbomotoren wird das Kraftstoff-Luft-Gemisch mit Überdruck in den Brennraum gedrückt. Aufgrund dessen entsteht mehr Leistung nicht über ein vergrößertes Volumen der Zylinder, sondern durch mehr Ladedruck. Dadurch sind kleinere Bauweisen möglich. Ein Nachteil von Turbomotoren ist jedoch die begrenzte Zuschaltleistung. Die Zuschaltleistung ist die Leistung, die mit einem Mal zugeschaltet wird. Diese beträgt bei Turbomotoren nur 60% der Motorbemessungsleistung. Diese Leistung entspricht der Leistung des Motors als Saugmotor, also ohne Leistung des Turboladers. Daher müssen diese Motoren oftmals überdimensioniert werden<sup>14</sup>. Für das Klinikum Braunschweig sind drei NEAs mit einer Gesamtleistung von 7500kVA vorgesehen, bei einer Leistungsbilanz von 7002kVA. Die Überdimensionierung dient als Reserve und als Puffer für Lastspitzen, die durch Großgeräte wie MRT entstehen können.

Die Firma Aggregate-Bau GmbH & Co. KG (ABZ) ist der Lieferant für die NEAs in Containerbauweise. ABZ bietet zwei verschiedene Motoren an. Einmal ein 20 Zylinder 4 Taktmotor, der abgasemissionsoptimiert ist und zum anderen einen 16 Zylinder 4 Taktmotor, der kraftstoffverbrauchsoptimiert ist. Von beiden Motoren werden im LV Abgaswerte von  $\text{NO}_x < 1500 \text{mg/Ncbm}$  (Stickstoffoxide) gefordert [Anhang 1: 6.1.5]. Nach Absprache mit ABZ sind diese Werte nicht einhaltbar. Daher steht die Auswahl zwischen dem 20 Zylindermotor mit einem Abgaswert von  $< 1700 \text{mg/Ncbm}$  und dem 16 Zylindermotor mit einem unbekanntem Abgaswert. Jedoch versichert die Firma ABZ, dass der 16 Zylindermotor die 44. BImSchV<sup>15</sup> einhalten kann ( $\text{Ruß} < 50 \text{mg/Ncbm}$ ) [Anhang 2: 6.2.13]. Die Firma Bauer hat sich für den 16 Zylindermotor entschieden. Er erfüllt alle Anforderungen aus dem LV und entspricht den Normen, sowie den Gesetzen. Die NEA besitzt eine Leistung von 2560kVA, ist 10% überlastfähig, sie erzeugen eine Spannung von 400V mit einem Spannungseinstellbereich von  $\pm 5\%$  [Anhang 2: 6.2.2] und sie werden in 40" ISO Containern geliefert. Es ist gemäß ISO 8528-1 ein Lastfaktor von  $\leq 70\%$  einzuhalten. Der gewählte Motor besitzt einen Lastfaktor von  $\leq 85\%$ . Das heißt der Motor gibt während einer festgelegten Zeit  $\leq 85\%$  seiner Nennleistung ab. Je größer der Lastfaktor ist desto näher kommt der Motor seiner Nennleistung. Ein hoher Leistungsfaktor ist also wünschenswert. Des Weiteren ist der Motor überlastfähig.

---

<sup>13</sup> (Profi-Stromgeneratoren, 2022)

<sup>14</sup> (Rosa, 2007) S.33

<sup>15</sup> 44. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetz

Er kann mit einer Überlast von 10% betrieben werden [Anhang 2: 6.2.14]. Dies ist mehr als in der ISO 8528-1 gefordert ist, entspricht jedoch genau den Anforderungen des LV [Anhang1: 6.1.7]. Die Nettoleistung am Schwungrad beträgt 2170kW, wie es im LV gefordert ist [Anhang1: 6.1.1]. Die max. Betriebsstunden des Motors belaufen sich auf 500h/Jahr. Gefordert sind in der ISO 8528-1 200h/Jahr.

Prime power for stationary emergency (3E)	mtu Power Generation	ISO 8528-1 (ESP)
Last	variabel	variabel
Lastfaktor	≤ 85%	≤ 70%
10% überlastfähig (ICXN)	ja	keine Angabe
Max. Betriebsstunden (pro Jahr)	500 h	200 h
Uptime-konform	Tier I & Tier II	keine Angabe

**Tabelle 1: Anwendungsgruppe 3E des MTU Motors**

Der Motor verbraucht während seines Betriebs neben Kraftstoff auch Schmieröl. Die Menge ist dabei im LV auf 0,5% des Kraftstoffverbrauchs begrenzt [Anhang1: 6.1.7]. Laut Datenblatt des Motors verbraucht er bei 100h Betrieb 0,2% des Kraftstoffverbrauchs [Anhang 2: 6.2.15]. Der Maximale Wert liegt laut Datenblatt bei 0,5% und entspricht damit genau den Forderungen. Zu dem enthält die Ölwanne 300l. Bei einem Verbrauch von 500l/h Kraftstoff ergibt sich ein Schmierölverbrauch von  $0,2\% \cdot 500\text{l/h} = 1\text{l/h}$ . Bei einem Verbrauch von 0,5% sind es  $0,5\% \cdot 500\text{l/h} = 2,5\text{l/h}$ . Das heißt der Motor kann bei diesem Schmierölverbrauch, mit einer Ölwanne von 300l, 120-300 Stunden am Stück laufen ohne Schmieröl nachfüllen zu müssen. Dieser Wert ist sinnvoll, da eine ununterbrochene SV von min. 24h für medizinische Einrichtungen genormt ist und die NEAs in Braunschweig einen Kraftstofftank für min. 53h besitzen.

Die NEAs in Braunschweig werden als Sicherheitsstromquelle verwendet. Das heißt sie werden im Inselbetrieb eingesetzt. Hierfür ist ein P-Glied von max. 4% zu empfehlen<sup>16</sup>. Das heißt bei einer zulässigen Maximaldrehzahl von  $1560\text{ min}^{-1}$  ist die Drehzahl unter Last  $1500\text{ min}^{-1}$  (entspricht 50Hz). Ein kleineres P-Glied und damit eine konstantere Drehzahl ist für den Inselbetrieb von Vorteil. Der geplante Motor kann mit einem P-Glied von 0% bis 4% betrieben werden. Die 0% sind dabei perfekt geeignet für den Inselbetrieb. Eine konstantere Drehzahl sorgt für eine stabilere Spannung am Generatorausgang.

<sup>16</sup> (Rosa, 2007) S.59

### 2.2.3 Anlasser

An die Batterie zum Anlassen der NEAs sind folgende Anforderungen gestellt [Anhang 1: 6.1.10]:

- 50% Kapazitätsreserve
- Nennspannung 24V
- ausreichend für 3-maligen Start für 10s mit 5s Pause bei einer Umgebungstemperatur von 5°C
- Steuerung der NEA darf nicht ausfallen durch den Spannungseinbruch beim Start
- maximaler Spannungsfall von 8% der Nennspannung

Die SV muss nach 15s gewährleistet sein. Daher ist es nötig die Batterien so zu dimensionieren, dass die NEAs mehrmals gestartet werden können. Falls eine NEA nicht beim ersten Mal startet, kann es nachsynchronisiert werden und die SV ist dennoch durch die anderen beiden NEAs gesichert. Ist die Anlasser-Batterie gleichzeitig die Steuerbatterie, ist es wichtig die Batterie so zu dimensionieren, dass sie Spannungseinbrüche beim Start der Motoren aushalten kann. Spannungseinbrüche können durch Anlassen von Motoren entstehen, z.B. beim Start der NEAs. Ein Ausfall der Steuerung ist nicht zulässig. Als Gegenmaßnahme kann die Steuerung und der Start mit zwei voneinander getrennten Batteriesystemen aufgebaut werden. Um den Spannungsfall zu gewährleisten sind dementsprechende Querschnitte zu verwenden<sup>17</sup>. Ein zu großer Spannungsfall kann dazu führen, dass die Motoren nicht gestartet werden. Das hätte eine größere Umschaltzeit als 15s zur Folge. Dies ist für medizinische Einrichtungen nicht zulässig.

### 2.2.4 Generator Typ LSA 52.3 L12

Passend zu der Leistung des Motors wird in Braunschweig ein Generator mit der Leistung von 2560kVA verwendet. Es kommt ein bürstenloser Synchrongenerator gemäß VDE 0530-22<sup>18</sup> zum Einsatz. Bürstenlose Generatoren haben keinen Verschleiß und sind dadurch wartungsarm<sup>19</sup>. Als Sicherheitsstromquelle muss der Generator mit dem BS Netz synchronisierbar sein. BS Netz ist das Netz, von dem das Klinikum gespeist wird. Die Firma Braunschweiger Netz GmbH ist das Energieversorgungsunternehmen (EVU) für das Klinikum. Mit ihr sind sämtliche Absprachen zur SV zu treffen. Die NEA muss beim EVU angemeldet und geprüft werden.

---

<sup>17</sup> (Rosa, 2007) S.108

<sup>18</sup> Drehende elektrische Maschinen – Teil 22: Wechselstromgeneratoren für Stromerzeugungsaggregate mit Hubkolben-Verbrennungsmotoren

<sup>19</sup> (Kollmorgen.com, 2022)

In der Energiezentrale werden, nach Absprache mit ABZ, Standardgeneratoren verwendet. Dadurch entstehen Widersprüche zum LV. Diese sind jedoch zulässig. Der geplante Generator besitzt eine subtransiente Reaktanz von 12,1% (gesättigt) wohingegen eine Reaktanz von 15% im LV gefordert ist [Anhang1: 6.1.8]. Kleinere Reaktanzen sorgen für größere Anfangskurzwechselflussströme ( $I_k''$ ). Zu dem bestimmt die Reaktanz und der Gleichstromwiderstand der Angerwicklungen das Abklingen des Gleichstromgliedes des Kurzschlussstroms (KSS). Der Generator muss einen Dauer-KSS von  $3xI_N$  über 10s halten können [Anhang1: 6.1.8]. Im LV sind Widersprüche zu finden. Auf Seite 128<sup>20</sup> ist von  $3xI_N$  über 4s die Rede und auf Seite 131<sup>21</sup> ist von  $3xI_N$  über 10s die Rede. Auf Nachfrage beim Auftraggeber konnte geklärt werden, dass der Generator den Dauerkurzschlussstrom über 10s halten muss. Anhand der Graphen im Datenblatt des Generators ist zu erkennen, dass der Generator dieser Anforderung entspricht (rote Linie) [Abb.1]. Dieser KSS ist wichtig für die sichere Abschaltung der Schutzeinrichtungen (siehe Kapitel 4.2.1).

---

<sup>20</sup> Anhang1: 6.1.6 LV S.128

<sup>21</sup> Anhang1: 6.1.8 LV S.131

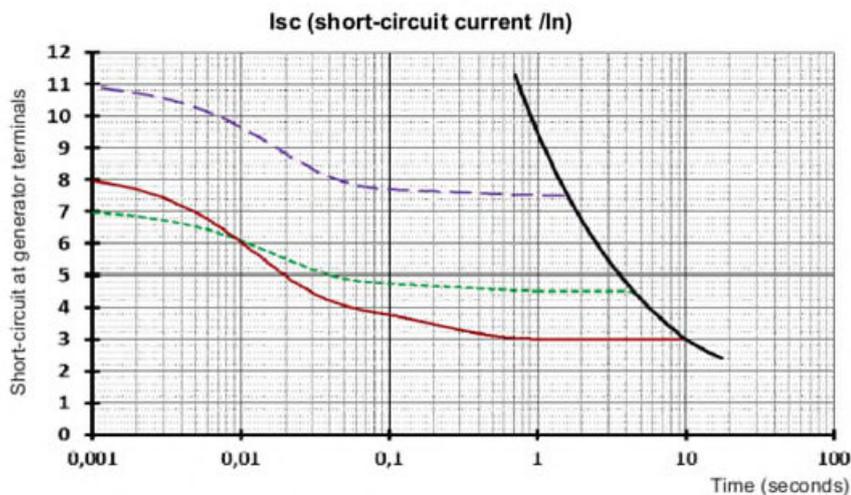


Abbildung 1: Kurzschlussstrom-Zeit-Kennlinie des Generators<sup>22</sup>

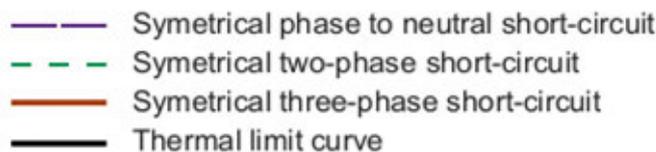


Abbildung 2: Legende zur Kurzschlussstrom-Zeit-Kennlinie

Da die NEA das Netz bei Stromausfall ersetzen soll, muss die Qualität der Spannung und der Frequenz den gleichen Anforderungen entsprechen. Medizinische elektrische Geräte (MEG) vertragen eine Spannungsdifferenz von  $\leq \pm 10\% U_N$  und eine Frequenzabweichung von  $\leq \pm 1\%$  von 50Hz<sup>23</sup>. Das heißt diese Qualität muss der Generator liefern. Der Spannungsfall nach dem Niederspannungsanschluss darf nicht mehr als 4%<sup>24</sup> betragen, bleiben noch 6% Spannungsdifferenz für den Generator. Im LV ist eine Spannungseinstellbereich von  $\pm 5\%$  [Anhang 2: 6.2.2] und eine Genauigkeit von  $\pm 1\%$  [Anhang 2: 6.1.16] gegeben [Anhang 1: 6.1.6]. Damit entsprechen die Forderungen den Normen. Im Minimalfall entsteht eine Spannungsdifferenz von  $-9\% U_N$ . Das heißt die Funktion der MEG ist während der SV gewährleistet.

<sup>22</sup> Auszug aus dem Generatordatenblatt (ganze Seite im Anhang 1)

<sup>23</sup> (VDE.com, 2004)

<sup>24</sup> (Uhlig, 2005) S.223

## 2.3 Kraftstofftanks

### 2.3.1 Vorratstank

Zu Beginn des Projekts, als das LV erstellt wurde, wurde der Vorratstank auf 80.000 Liter dimensioniert. Dieser wird neben den NEAs auf dem Dach der Energiezentrale errichtet. Der Tank reicht mit zwei NEAs für eine SV von 72 Stunden. Durch den Nachtrag der dritten NEA verringert sich die Betriebszeit der SV. Die 80.000 Liter sind für die Dauerlast der NEAs bemessen. Der Verbrauch einer NEA liegt bei 500l/h [Anhang 1: 6.1.2]. Damit ergibt sich folgende Rechnung für das Tankvolumen (zwei NEAs):

$$500 \frac{l}{h} * 2 * 72h = 72.000 l \quad (1)$$

Der nächstgrößere Standardtank besitzt ein Volumen von 80.000 Litern [Anhang1: 6.1.2].

Da sich die Anzahl der NEAs von zwei auf drei erhöht hat, sinkt die Zeit, die die NEAs mit gleichem Tankvolumen versorgt werden können. Für die Berechnung der Laufzeit wird ein Tankvolumen von 80.000 Litern verwendet, da dieses Tankvolumen bestätigt ist.

$$\frac{80.000l}{3*500\frac{l}{h}} \sim 53h \quad (2)$$

In der DIN VDE 0100-710 ist ein SV von min. 24 Stunden gefordert. Dieser Forderung kommt die SV des Klinikums Braunschweig mit einem 80.000 Liter Tank nach. Gründe für die Überdimensionierung des Tanks kann der Wunsch des Auftraggebers sein. In Deutschland können Stromausfälle großflächig und für länger als 24h auftreten. Aufgrund dessen ist die Nachversorgung mit neuem Kraftstoff nicht gesichert und ein überdimensionierter Tank kompensiert dies. Im Falle eines Stromausfalls kann es sein, dass die Kraftstoffversorgungsunternehmen nicht ausreichend über eine SV verfügen. Das erschwert die Nachlieferung von Treibstoff.

### 2.3.2 Tages- / Servicetank

Zusätzlich zu dem Vorrattank wird ein Tages- bzw. Servicetank benötigt. Dieser ist im Container verbaut und besitzt ein Volumen von 1000 Liter [Anhang1: 6.1.4]. Jeder Motor einer NEA wird durch einen Tagestank versorgt. Der Auslass des Tanks muss sich 0,5m<sup>25</sup> über der Einspritzung des Motors befinden. Damit herrscht genug Gefälle, um den Motor mit Kraftstoff ohne eine elektrische Pumpe versorgen zu können. Mit dem Tagestank kann der Motor gestartet und der Betrieb aufrechterhalten werden bis die elektrische Pumpe, die am Vorrattank verbaut ist, mit Strom versorgt wird. Des Weiteren dient der Tagestank der Versorgung während der monatlichen Funktionsprüfung. Der Tagestank enthält Kraftstoff für zwei Stunden Volllastbetrieb.

Damit der Tagestank auch bei Stromausfall oder bei Versagen der elektrischen Pumpe versorgt werden kann, ist es vorgeschrieben eine zusätzliche Handpumpe zu verbauen [Anhang 1: 6.1.14]<sup>26</sup>. Im LV ist diese als Handflügelpumpe auszuführen.

Da sich in den Tanks brennbare und wassergefährdende Stoffe befinden muss der Vorrattank als doppelwandiger Tank mit Leckageüberwachungseinrichtungen ausgeführt werden. Damit wird der Tank den Regelungen vom Wasserhaushaltsgesetz in Kombination mit der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen gerecht [Abb.3]. Dadurch ist keine Löschwasserrückhaltung notwendig.

---

<sup>25</sup> (Flügel, 2006) S.198

<sup>26</sup> (Uhlig, 2005) S.244

*„Löschwasserrückhaltung  
Entsprechend den Regelungen von § 62 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) in  
Verbindung mit  
der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen  
(AwSV) kann  
die Rückhaltung von verunreinigtem Löschwasser erforderlich werden. Die dafür  
zu fordernde Sicherheit muss der jeweiligen Wassergefährdungsklasse adäquat  
sein.  
Dieselkraftstoff ist brennbar und gilt als wassergefährdend. Dieselkraftstoff ist in  
die Wassergefährdungsklasse 2 (WGK 2) eingestuft.  
Nach den Regelungen der LöRüRL wird bei einer Lagermenge von 100.000 l  
Dieselkraftstoff der WGK 2 eine Löschwasserrückhaltung von wenigsten  
s 100 m³ erforderlich. Auf die  
Löschwasserrückhaltung kann verzichtet werden, wenn doppelwandige Behälter  
aus Stahl mit einem Volumen bis 100 m³ eingebaut werden, welche mit einem  
zugelassenen Leckanzeigergerät ausgerüstet sind; vgl. 7.2.1 LöRüRL.“*

**Abbildung 3: Auszug aus der Anlagenbeschreibung durch die Firma IB SÜSS (Gesetzeslage zur Wasserrückhaltung)**

## 2.4 Wartung

Dieselmotoren sind ursprünglich für Fahrzeuge entwickelt wurden. Fahrzeuge besitzen geringe Standzeiten. NEAs hingegen werden über längere Zeiträume nicht verwendet. Daher ist eine regelmäßige Wartung wichtig<sup>27</sup>. Durch die Standzeiten können Schäden an den NEAs entstehen, die später den SV behindern und somit Menschenleben kosten können.

Der Probelauf findet in monatlichen Intervallen statt. Bei ihm sollen die NEAs mit min. 50% Nennlast für max. 60 Minuten belastet werden<sup>28</sup>. Das ist in der DIN VDE 0100-718 und DIN 6280-13 für NEA vorgeschrieben<sup>29</sup>. Die NEAs werden mit 50% Nennlast belastet, damit sie auf Betriebstemperatur kommen. Es wird ein echter Betrieb simuliert. Dadurch entsteht eine saubere Verbrennung und die Abgasanlage wird entrußt. Der monatliche Probetrieb brennt die Abgasanlage frei. Verstopfte Abgasanlagen sorgen für größeren Gegendruck und damit für weniger Leistung. Liefern die NEAs weniger Leistung kann die SV nicht ausreichend versorgt werden und es kann zu Schäden an Menschen kommen<sup>30</sup>.

Laut einer Anlagenbeschreibung der Firma IB SÜSS erfolgt dieser Probetrieb mit einer Leistungsübernahme der NEA von 3,75MW. Dies entspricht bei zwei NEAs einer Leistung von 75%. Die dritte NEA ist als Redundanz aufgebaut und wird daher bei dieser Betrachtung außer Acht gelassen [Anhang 2: 6.2.3]. Damit ist die Forderung nach 50% der

---

<sup>27</sup> (Rosa, 2007) S.217

<sup>28</sup> (Rosa, 2007) S.217

<sup>29</sup> (ifs-bw.de, 2022) S.17

<sup>30</sup> Fachgespräch Lars Bennefeld, Firma ENGIE Deutschland GmbH

Nennleistung erfüllt. Für den Probetrieb reichen die Tagestanks aus. Während des Betriebs wird ca. 950 Liter Kraftstoff verbraucht. Durch den Probetrieb werden 11.400 Liter/Jahr verbraucht. Es wird davon ausgegangen, dass diese Menge einmal jährlich wieder nachgefüllt wird [Vgl. Anhang 2: 6.2.3]. Das jährliche Auffüllen des Vorrattanks ist nicht nötig, da 69.600 Liter Treibstoff weiterhin eine 24-stündige SV zulassen<sup>31</sup>. Jedoch ist es im Falle eines Stromausfalls vorteilhaft die volle Kapazität des Tanks zur Verfügung zu haben. Damit kann der SV rund 53h aufrecht gehalten werden.

Um der VDE 0100-710 gerecht zu werden, ist es von Nöten min. 25.000 Liter im Tank auf Lager zu haben. Diese Menge muss im Falle eines Kraftstoffmangels auf einmal nachgefüllt werden. Mit 25.000 Litern kann die SV für mindestens 24h aufrechtgehalten werden. Sämtliches Nachtanken über die 25.000 Liter hinaus kann sukzessiv stattfinden [Vgl. IBSÜSS Anlagenbeschreibung].

## 2.5 Besonderheiten der Containerbauweise

Im Klinikum Braunschweig werden drei NEAs, in Containerbauweise, für die SV auf dem Dach der Energiezentrale errichtet. Container bieten den Vorteil, dass sie betriebsbereit geliefert<sup>32</sup> und nur noch an die Transformatoren für die Mittelspannung angeschlossen werden müssen. Die Einbringung der NEAs erfolgt aufgrund des Gewichts, von mehr als 34t, mit Hilfe eines Mobilkrans.

NEAs in begehbare Containerbauweise zählen zu den elektrischen Betriebsräumen, daher gilt für sie die EltBauVO<sup>33</sup>. Das heißt u. a., dass die Container nur von Elektrofachkräften oder elektrotechnisch unterwiesenem Personal betreten werden dürfen. Zudem sind die Zugänge mit abschließbaren Türen zu versehen, die von Innen ein Panikschloss besitzen [Anhang1: 6.1.15].

Die NEAs werden im Freien, auf dem Dach der Energiezentrale errichtet. Daher sind sie besonderen Umgebungseinflüssen ausgesetzt. Für die Risikobeurteilung kann die Tabelle A.1 der DIN EN ISO 8528-13 verwendet werden<sup>34</sup>. Anschließend werden die Gefahren und Anforderungen genannt und erläutert, wie diese in Braunschweig erfüllt werden.

---

<sup>31</sup> VDE 0100-710

<sup>32</sup> (dev.de, 2022)

<sup>33</sup> Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen

<sup>34</sup> (Rosa, 2007) S.87

Der **Lärmschutz**<sup>35</sup> muss eingehalten werden. Da die NEAs außerhalb vom Gebäude und Krankenhäuser oftmals in der Nähe von Wohngebäuden stehen<sup>36</sup>, gilt besondere Obacht beim Lärmschutz. Laut LV soll der Schallschutz so gebaut werden, dass in einer Entfernung von 5m 60dB nicht überschritten werden. Nur während eines Kurzzeitbetriebs von maximal einer Stunde liegt die Lärmschutzgrenze 15dB höher [Anhang1: 6.1.4]. Diese Werte sind laut NEA-lieferant ABZ nicht realisierbar. Es sind 70dB in 10m Entfernung möglich. Der Freifeldschalldruckpegel in 1m Entfernung erreicht einen Wert von 105dB. Aufgrund dessen werden die Container mit schallabsorbierendem Material ausgekleidet. Für die Zu- und Abluft werden Jalousien mit Schalldämpfern verbaut. Zur zusätzlichen Vermeidung von Körperschall werden alle Lagerungen elastisch ausgeführt [Anhang1: 6.1.4].

Zu beachten sind die örtlichen Begebenheiten und die Einschätzung des Umweltamtes, wenn es um die Abführung der **Abgase** geht. Es ist darauf zu achten, dass keine Menschen durch die Abgase gefährdet werden. Dazu ist es gängig das Abgasrohr 1,5m über das höchste Gebäude in 25m Radius zu errichten<sup>37</sup>. In Braunschweig werden die Anforderungen durch ein Abgasrohr, das 3m aus dem Container herausragt eingehalten. Diese Lösung wurde mit den Behörden abgestimmt und ist damit freigegeben. Auf dem Lageplan ist zu erkennen, dass die 25m in alle Richtungen, in denen sich Menschen befinden, eingehalten sind. Das Parkhaus, welches sich unter 25m an der Energiezentrale befindet, ist ausgeschlossen, da sich dort kaum Menschen befinden bzw. die Abgase der NEA dort eine untergeordnete Rolle spielen.

---

<sup>35</sup> (Rosa, 2007) S.118

<sup>36</sup> (Flügel, 2006) S.199

<sup>37</sup> (Flügel, 2006) S.199

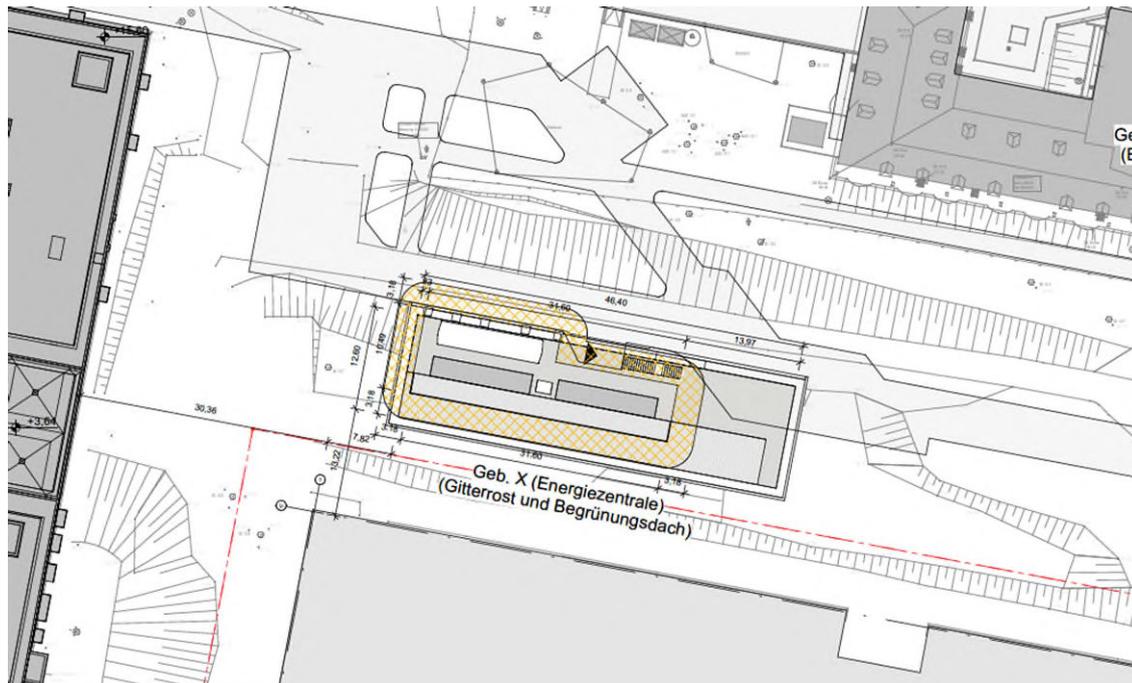


Abbildung 4: Ausschnitt aus dem Lageplan der Energiezentrale<sup>38</sup>

**Abgas-Immisionsanforderung 5% O2**  
NO<sub>x</sub> < 1.500 mg/Ncbm  
CO < 300 mg/Ncbm  
HC < 120 mg/Ncbm  
Staub/Ruß < 50 mg/Ncbm

Abbildung 5: geforderte Abgasgrenzwerte aus dem LV

Nicht nur der Abgasaustritt, sondern auch die Abgasgrenzwerte sind einzuhalten. Wie bereits beschrieben ist der Wert von NO<sub>x</sub> < 1.500 mg/Ncbm aufgrund der Größe der NEA (2560kVA) laut ABZ nicht realistisch. Dahingegen kann der Rußwert mit dem kraftstoffoptimierten Motor eingehalten werden.

<sup>38</sup> Anhang 2: 6.2.18

Leistung	kW	2169	1627	1084	542	217
NOx-Emiss. (5% O2)	mg/m3N	2317	3254	3473	2363	2555
CO2-Emiss.(5% O2)	mg/m3N	225402	225215	225213	225129	220915
CO-Emiss.(5% O2)	mg/m3N	266.4	187.5	121.9	265.1	755.4
HC1-Emiss. (5% O2)	mg/m3N	19.6	22.1	33.1	58.5	160.4
SO2-Emiss. (5% O2)	mg/m3N	157.8	157.6	157.5	157.5	154.8
PT.-Emiss.(Mess)(5% O2)	mg/m3N	17.8	16.7	13.7	26.8	17.7

**Tabelle 2: Auszug aus dem Emissionsdatenblatt des 16V4000G34F<sup>39</sup>**

Die Anforderung liegt bei <50mg/Ncbm. Die Werte in dem Emissionsdatenblatt liegen bei <26,8mg/Ncbm (PT.-Emiss. (Mess)(5%O2)). Ebenfalls sind die Abgaswerte HC-Emiss. und CO-Emiss. eingehalten. Die Abgaswerte werden nur bei geringer Last von 217kW nicht eingehalten. Da die NEAs kaum bis gar nicht bei dieser geringen Leistung arbeiten ist diese Überschreitung der Abgaswerte zulässig. Aufgrund des Abgleichs der Emissionswerte und der im LV geforderten Werte kann der Motor für die NEAs für das Klinikum Braunschweig verwendet werden.

Die NEAs werden auf dem Dach der Energiezentrale errichtet. Dadurch sind sie anfällig für die **Umgebungstemperatur**. Die NEAs sind für einen Betrieb zwischen +40°C und +5°C ausgelegt. Die Umgebungstemperatur bezieht sich auf die Temperatur in den Containern. Die Außenlufttemperatur darf bei +32°C bis -18°C liegen [Anhang1: 6.1.7]. Um die Umgebungstemperatur einhalten zu können, werden die Container im Winter beheizt. Sobald die Motoren starten und den Betrieb aufnehmen wird die Heizung automatisch abgeschaltet. Die NEAs erzeugen dann ihre eigene Wärme zum Erhalt der Umgebungstemperatur. Für den Sommer und gegen die steigende Wärme bei Betrieb der NEAs erfolgt die Kühlung über Radiatorkühler, die auf dem Dach der Container verbaut werden. Diese Container sorgen für eine Umgebungstemperatur von maximal 40°C [Anhang1: 6.1.9]. Die Auslegung der Kühlung auf 40°C ist auf die Umgebungstemperatur, die die NEAs im Betrieb bevorzugen, abgestimmt.

Damit der Motor mit Kraftstoff-Luft-Gemisch versorgt werden kann, muss der Container ausreichend **belüftet** werden. Die Belüftung erfolgt über Ventilatoren am Motor. Die Zuluft gelangt über elektrische Jalousien in den Raum. Die Belüftung dient nicht nur als Verbrennungsluft, sondern auch zur Regulierung der Umgebungstemperatur von max. 40°C [Anhang1: 6.1.4].

Jede NEA muss **getrennt von der Allgemeinversorgung** aufgebaut sein. Das heißt, wenn das Netz zusammenbricht, dürfen die NEAs davon nicht betroffen bzw. beeinflusst werden. Dafür sind die 24V Anlasser-Batterien im Container der NEAs eingebaut. Die Anlasser sowie der Betrieb müssen trotz Stromausfall funktionsfähig sein. Außerdem dürfen sich die

<sup>39</sup> Anhang 2: 6.2.17 Emissionsdatenblatt

NEAs gegenseitig nicht gefährden. Daher sind sie z.B. räumlich voneinander getrennt aufgebaut. Im Brandfall brennt nur die betroffene Anlage ab und nicht alle NEAs. Wenn eine NEA ausfällt, müssen die anderen weiterhin funktionsfähig bleiben. Dies erfolgt durch getrennten Aufbau in einzelnen Containern. Zusätzlich ist jeder NEA ein Trafo zugeordnet, wodurch der Ausfall einer NEA kein Ausfall anderer NEA nach sich zieht.

## 2.6 Dimensionierung der drei NEAs

Als das Leistungsverzeichnis für das Klinikum Braunschweig erstellt wurde, bestand die Aufgabe der Energiezentrale aus der AV und SV der Gebäude H, P und Q. Anhand dieser Gebäude wurde eine Leistungsbilanz erstellt. Mit dem Nachtrag der dritten NEA entstand eine neue Leistungsbilanz, mit den Gebäuden H, P, Q, G, das Regiegebäude, Anbau Nord N1 und Funktionsbau N [Anhang 2: 6.2.4].

cos phi	0,95	NEA Leistung aktuell	5.000 kVA
		NEA Leistung mit Zusatz NEA	7.500 kVA

Gebäude	AV Leistung	SV Leistung	Gesamtleistung	Gesamtleistung für Vollversorgung
Geb. H	1.088 kVA	1.427 kVA	2.515 kVA	2.515 kVA
Geb. P&Q	716 kVA	305 kVA	1.021 kVA	1.021 kVA
Geb. G	1.451 kVA	1.470 kVA	2.921 kVA	2.921 kVA
Regiegebäude	400 kVA	0 kVA	400 kVA	0 kVA
Anbau Nord N1	260 kVA	550 kVA	810 kVA	550 kVA
Funktionsbau N	600 kVA	485 kVA	1.085 kVA	485 kVA
<b>Summe</b>	<b>3.612 kVA</b>	<b>3.390 kVA</b>	<b>7.002 kVA</b>	<b>5.994 kVA</b>

Gesamtgleichzeitigkeitsfaktor	GGZF	0,8
-------------------------------	------	-----

**Tabelle 3: Leistungsbilanz des Klinikums Braunschweig<sup>40</sup>**

Das heißt die Dimensionierung und die Auswahl der NEA ist mit der Anschlussleistung (max. Leistung) und dem Gleichzeitigkeitsfaktor verbunden. Die NEAs werden dementsprechend nach der zu versorgenden Leistung dimensioniert. In der Leistungsbilanz [Tab.3] wirkt die Zeile „Summe“ der Leistungen geringer als die eigentliche mathematische Summe. Als Beispiel die Spalte „Gesamtleistung“:

<sup>40</sup> Anhang 2: 6.2.4

$$(2515 + 1021 + 2921 + 400 + 810 + 1085)kVA = 8752kVA \neq 7002kVA$$

(3)

Diese Differenz entsteht durch den Gleichzeitigkeitsfaktor (GZF). Der GZF gibt an, zu wie viel Prozent die maximale Anschlussleistung gleichzeitig genutzt wird. Bildlich gesprochen, es brennt nicht im gesamten Klinikum gleichzeitig das Licht (nicht wissenschaftlich). Ein GZF von 0,8 bedeutet 80% der Anschlussleistung, also 80% der Verbraucher werden gleichzeitig betrieben. Der GZF wird anhand von Erfahrungswerten abgeschätzt<sup>41</sup> und reduziert die Leistung die gleichzeitig beansprucht wird. In der Leistungsbilanz [Tab.3] ergeben sich somit die Werte der Zeile „Summe“.

$$4515kVA * 0,8 = 3612kVA$$

(4)

$$4237 * 0,8 = 3389,6kVA \sim 3390kVA$$

(5)

$$8752kVA * 0,8 = 7001,6kVA \sim 7002kVA$$

(6)

$$7492kVA * 0,8 = 5993,6 \sim 5994kVA$$

(7)

Der Tank wird nach Auswahl des Motors und dessen Verbrauch dimensioniert. Dabei ist zu beachten, dass der Vorrattank in medizinischen Einrichtungen für min. 24h Betrieb ausgelegt sein muss. Vorzuziehen ist eine erhöhte Betriebszeit, wie im Klinikum Braunschweig mit ca. 53 Stunden bei Dauervolllastbetrieb der drei NEAs.

## 2.7 Betriebsarten der NEAs

Es gibt im Wesentlichen zwei Betriebsarten. Zum einen den **Netzparallelbetrieb**, bei dem das Netz und eine weitere Stromquelle (z.B. eine NEA) synchronisiert sind und gleichzeitig die elektrische Anlage speisen<sup>42</sup>. Beim Netzparallelbetrieb ist „*die Technische Richtlinie „Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ des BEDW und die Vorgaben des*

---

<sup>41</sup> (Flügel, 2006) S.63 Tabelle 4-2

<sup>42</sup> (Rosa, 2007) S.60

*Netzbetreibers*<sup>43</sup> zu beachten. Die Last kann dabei komplett oder zum Teil von der NEA übernommen werden. Im monatlichen Probetrieb übernehmen die NEAs 3,75 MW von 5MW (Leistung zweier NEAs).

Der Netzparallelbetrieb darf nur zugeschaltet werden, wenn die NEA und das Netz auf die gleichen Parameter synchronisiert sind.

Parameter:

- Spannungsdifferenz  $\Delta U \leq \pm 10 \% U_N$
- Frequenzdifferenz  $\Delta f \leq \pm 0,5 \text{ Hz}$
- Phasenwinkeldifferenz  $\Delta \phi \leq \pm 10^\circ$ <sup>44</sup>

Der Generator der geplanten NEA hat einen Spannungseinstellbereich von  $\pm 5\%$  [Anhang 1: 6.1.6]. Damit ist er für die Spannungsdifferenz von max. 10% zulässig.

Nach der Netzzurückkehr nach einem Stromausfall, dürfen die NEAs frühestens nach einer Minute abgeschaltet werden [Anhang 1: 6.1.11]<sup>45</sup>. Die Versorgung erfolgt dann wieder über das BS Netz. Dieser Puffer von einer Minute soll unnötiges Um-/Abschalten der NEA vermeiden. Sollte das Netz innerhalb dieser Minute wieder zusammenbrechen müssen die NEAs nicht erneut hochgefahren werden. Diese bleiben während der Minute in Betrieb. Es kommt damit zu keiner Unterbrechung aufgrund von Netzschwankungen. Bei der Rückschaltung auf Netzbetrieb entsteht ein Kurzzeitparallelbetrieb oder auch Überlappungssynchronisierung genannt. Dieser Betriebszustand darf nicht länger als 0,1s anhalten<sup>46</sup>. Sollte das Netz während des Abstellvorgangs erneut ausfallen muss die NEA unverzüglich neu gestartet werden [Anhang 1: 6.1.11]. Damit können die 15s maximale Unterbrechungszeit am Endverbraucher gewährleistet werden. Würde sich die NEA erst komplett abschalten, könnten die 15s nicht eingehalten werden. Dies wäre eine Verfehlung des Schutzziels.

Die zweite Betriebsart ist der **Inselbetrieb**. Wenn das Stromnetz vom EVU zusammenbricht bzw. es zu einem Stromausfall kommt, kann die SV von zwei NEAs gespeist werden<sup>47</sup>. Als Netzzusammenbruch zählt eine Spannungsabweichung von mehr als 10% für mehr als 0,5s. Tritt dieser Fall ein, werden die NEAs bis zu 3-mal gestartet. Die Unterbrechungszeit sollte dabei <15s sein. Anschließend laufen die NEAs parallel und speisen die SV. Im LV ist die Rede von „*separat voneinander im Inselbetrieb bei Stromausfall*“ [Anhang1: 6.1.11].

---

<sup>43</sup> TAB Mittelspannung 2008 S.12

<sup>44</sup> (VDE.com, 2004) S. 11

<sup>45</sup> (VDE.com, 2004)

<sup>46</sup> (Rosa, 2007) S.71

<sup>47</sup> (Rosa, 2007) S.58

Da die NEAs parallel die SV speisen, kann hier von einem Parallelbetrieb der NEAs gesprochen werden. Das steht im Widerspruch zum LV. Des Weiteren müssen min. zwei NEAs, beim Start während der SV, gemeinsam gestartet und synchronisiert werden. Nachträglich wird die dritte NEA nachsynchronisiert. Daher ist es ein Parallelbetrieb und kein separater Betrieb.

Damit die NEAs sicher Anlaufen können werden die Störmeldungen und die NEAs permanent überwacht. Das ist sowohl als Anforderung vorgeschrieben<sup>48</sup> als auch im LV gefordert [Anhang 1: 6.1.12]. Zusätzlich erfolgt die Aufstellung des Steuerfeldes innerhalb der NSHV SV [Anhang 1: 6.1.13]. Damit kann kein Unbefugter oder Dritter (der nicht im Interesse des Krankenhauses handeln könnte) die Zentralsteuerung übernehmen. Dies kommt dem Kriterium für SV in medizinischen Einrichtungen nach <sup>49</sup>.

---

<sup>48</sup> (Uhlig, 2005) S.242

<sup>49</sup> Vgl. (Flügel, 2006) S.178 Die Stromquelle muss technisch und administrativ nicht von Fremden abhängig sein.

## 3 Stromversorgung des Klinikums Braunschweig

In diesem Kapitel geht es um die Stromversorgung des Klinikums Braunschweig. Angefangen mit den Normen und Anforderungen für medizinische Einrichtungen. Anschließend werden die Netzformen sowie die Mittel- und Niederspannungsanlage erläutert.

### 3.1 Normen und Anforderungen an die Stromversorgung in medizinischen Einrichtungen

Die Anforderungen an die SV sind in der Krankenhausbauverordnung der Bundesländer niedergeschrieben<sup>50</sup>. Entweder regelt die Bauverordnung selbst den Aufbau der SV und orientiert sich an den einschlägigen Normen der DIN VDE 0100-710 oder sie verweist direkt auf die Norm<sup>51</sup>.

Die Stromversorgung in Krankenhäusern ist gezeittelt. Es gibt die AV und die SV. An die AV sind keine Anforderungen bezüglich der Versorgungssicherheit gestellt<sup>52</sup>. Die SV hingegen ist für die Funktion der Betriebsmittel, die für die Sicherheit von Mensch und Tier wichtig sind, verantwortlich. Sie versorgt ebenfalls Komponenten zum Schutz vor Umweltschäden. Für beide Versorgungen gelten die Betriebsgrenzen gemäß DIN EN 50160:

- Spannungsdifferenz darf max. 10% von  $U_N$  betragen
- Frequenzdifferenz darf max. 1% von 50 Hz betragen

### 3.2 Aufbau der Ringnetze Allgemeinversorgung und Sicherheitsversorgung

Die medizinische Stromversorgung des Klinikums Braunschweig besteht aus einem Mittelspannungsnetz und einem Niederspannungsnetz. Die Mittelspannung (MS) ist als Ringnetz aufgebaut. In einem Ringnetz sind die elektrischen Anlagen immer von zwei Seiten gespeist. Das sorgt für eine höhere Versorgungssicherheit. Anhand der Netztopologie ist zu erkennen [Anhang 2: 6.2.5], dass die Stromversorgung aus mehreren Ringen besteht. Es gibt den AV-Ring und den SV-Ring. Zusätzlich besitzt die MS zwei Einspeisungen aus

---

<sup>50</sup> (bundesbaurecht.de, 2022)

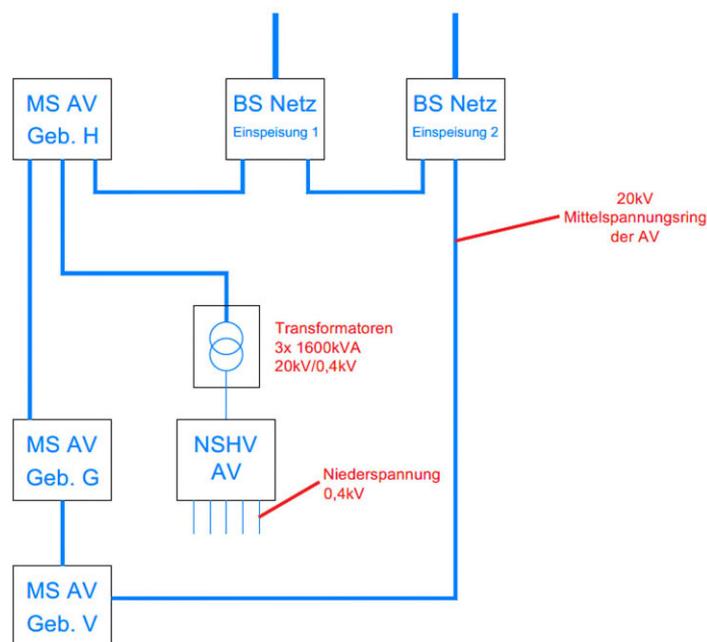
<sup>51</sup> (Flügel, 2006) S.172f.

<sup>52</sup> (Rosa, 2007) S.18

dem BS Netz. Es entsteht eine Redundanz, falls eine Einspeisung ausfallen sollte. Die Einspeisungen sind in zwei voneinander getrennten Räumen aufgebaut. Beide Räume sind über Kabel und Kuppelschalter verbunden. Dadurch kann z.B. im Brandfall die eine Einspeisung von der anderen mit übernommen werden. Das sorgt für mehr Ausfallsicherheit.

Der MS AV-Ring besteht aus:

- Gebäude H
- Einspeisung BS1
- Einspeisung BS2
- Gebäude G
- Gebäude V



**Abbildung 6: Schema MS AV-Ring**

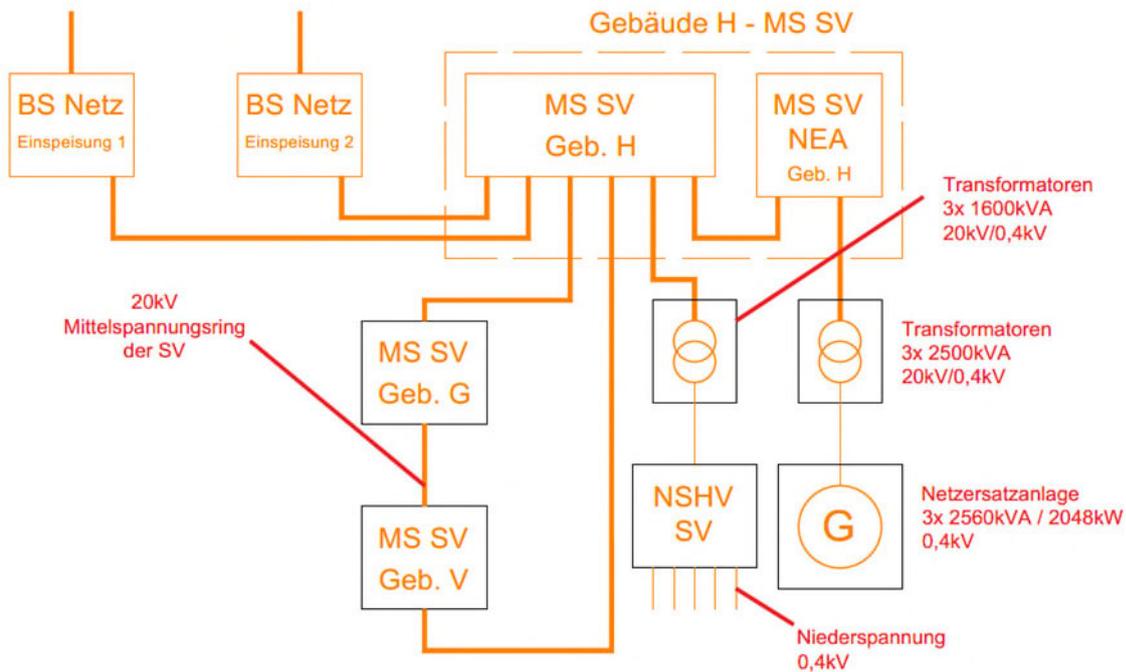
Alle Komponenten (Gebäude) sind miteinander verbunden und doppelt gespeist. Die Einspeisung erfolgt über BS1 & 2. Beide Einspeisungen sind miteinander über Lasttrennschalter gekoppelt. Das Gebäude H ist über Leitungsdifferenzialschutzgeräte (LDS) mit der Einspeisung BS1 verbunden<sup>53</sup>. Anschließend ist Gebäude G mit Gebäude H über LDS und Gebäude V mit Gebäude G und der Einspeisung BS2 verbunden. Dadurch entsteht ein durchgängiger Ring.

Der MS SV-Ring besteht aus:

- Einspeisung BS1

<sup>53</sup> (Bauer Elektroanlagen GmbH & Co. KG, 2022)

- Einspeisung BS2
- Gebäude H
- Gebäude G
- Gebäude V
- (NEA)<sup>54</sup>



**Abbildung 7: Schema MS SV-Ring**

SVs sind immer getrennt von der AV aufzubauen, damit bei Ausfall der AV die SV weiterhin funktionsfähig bleibt. Der MS SV-Ring wird durch die Einspeisefelder BS1 & 2 sowie während der SV durch die NEAs gespeist. Das Gebäude H besitzt Verbindungspunkte zu BS1 & 2. Beide Verbindungen sind mit LDS abgesichert. Das Gebäude G ist einseitig mit Gebäude H und einseitig mit Gebäude V verbunden. Die Verbindungen sind ebenfalls mit LDS abgesichert. Um den Ring zu schließen ist Gebäude V mit Gebäude H verbunden<sup>55</sup>.

An das Gebäude H ist AV als auch SV seitig die NSHV angeschlossen. Dies erfolgt über einen gerichteten unabhängigen Maximalstromzeitschutz (UMZ-Schutz).

<sup>54</sup> Die NEA gehört nicht zum Mittelspannungsring, jedoch zur SV.

<sup>55</sup> (Bauer Elektroanlagen GmbH & Co. KG, 2022)

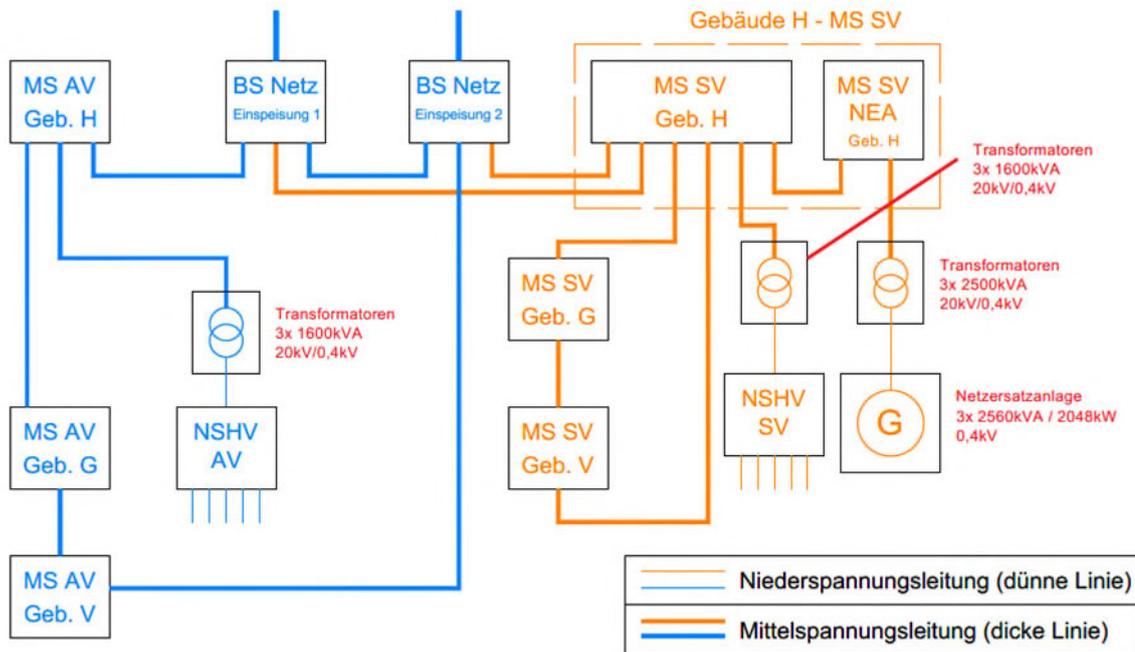


Abbildung 8: Schema MS AV SV-Ring

### 3.3 Sicherheitsstromversorgung in der Mittelspannungsebene

Im Folgenden soll es um die SV in der MS als auch in der Niederspannung (NS) gehen. Die NEAs liefern eine Spannung von 400V. Jeder NEA ist ein Blocktransformator (2500kVA) zugeordnet. Diese Trafos wandeln die 400V in 20kV um. Die NEA und damit auch die Transformatoren sind n+1 redundant aufgebaut. Das erzeugt eine Vollversorgung mit drei NEAs oder eine zuverlässige SV mit zwei NEAs und der Dritten als Reserve. Damit speisen die NEAs auf die SV-Schiene der MS SV NEA. Im Normalbetrieb wird die SV-Schiene über zwei Zuleitungen aus der AV gespeist. Bei Stromausfall wird die SV-Schiene über die NEA gespeist und die AV wird über Umkehr der Kupplung von der SV versorgt. Dabei ist die AV als Strang angeschlossen. Dies erleichtert das Abschalten, falls die AV die Versorgungssicherheit der SV, durch zu viel Last, gefährdet. Die Versorgungssicherheit der AV ist nicht von Nöten.

#### 3.3.1 Mittelspannungsschaltanlage

Die Mittelspannungsschaltanlage ist eine gasisolierte Mittelspannungsanlage gemäß IEC 62271-200. Sie wird fabrikfertig geliefert. Genau wie die Schutzeinrichtungen ist die MS-Anlage wartungsfrei auszuführen. Gemäß LV ist die Anlage nach den Vorschriften des EVU auszuführen.

Die Anlage besteht aus acht Feldern. Darunter sind drei Abgangsfelder für die NSHV SV. Die Abgänge speisen die 1600kVA Gießharztransformatoren. Jeder der drei Transformatoren erhält ein Feld. Es gibt zwei Kupplungsfelder zu der Einspeisung BS 1 & 2. Für den Aufbau des SV-Rings gibt es zwei Abgänge. Wäre es nur ein Abgang für die Mittelspannung der Gebäude G und V, so wäre es kein Ringnetz, sondern ein Strangnetz. Die doppelte Versorgung ergibt den Ring. Das achte Feld ist die Kupplung der SV mit der Einspeisung der NEA.

Die Belüftung der Anlagen über stochersichere Wetterschutzgitter. Über diese Lüftung kann die Umgebungstemperatur von 35°C gehalten werden.

Die NEA speist separat von der SV auf eine NEA-Schiene. Diese hat fünf Zu-/ Abgänge. Es sind drei Felder für die NEA-Einspeisung vorgesehen, ein Feld als Kupplung zur SV und eine Reserve. Jeder Blocktransformator speist einzeln auf die NEA-Schiene.

Alle Räume, in denen elektrische Anlagen verbaut sind, besitzen eine Potentialausgleichschiene für den Potentialausgleich aller elektrisch leitfähigen Teile. Darunter zählen z.B. Türen, Schaltschränke oder der in allen Räumen verbaute Doppelboden.

### 3.3.2 Schutz- und Schaltgeräte

In der MS SV NEA, sind alle Anschlüsse, bis auf die Kupplung zur MS SV, mit einem Leistungsschalter (630A) und einem Trennschalter (630A) versehen. Von der Schiene aus gesehen wird erst der Leistungsschalter und dann der Trennschalter verbaut. Das Kupplungsfeld ist mit einem Lasttrennschalter (630A) versehen. Der Lasttrennschalter ist nach IEC 62271-1 wartungsfrei auszuführen. Alle Schalter besitzen den gleichen Bemessungsstrom wie die Sammelschiene der MS SV NEA.

Kuppelfelder werden als Differenzialschutz vorbereitet. Als Differenzialschutz können die Schutzeinrichtungen in beide Richtungen genutzt werden. Dies ist wichtig, da die gesamte MS entweder vom BS Netz oder von der NEA gespeist werden kann. Im Netzbetrieb speist die AV die SV. Während der SV speist die NSHV SV die NSHV AV. Aufgrund dieser Betriebsarten müssen die Kuppelfelder in beide Richtungen funktionieren<sup>56</sup>. Der Differenzialschutz vergleicht die abfließenden und zulaufenden Ströme. Gibt es eine Differenz dieser Schaltet der Differenzschutz z.B. mit Hilfe eines Leistungsschalters die Leitung ab.

### 3.3.3 Sicherheitsstromversorgung

Die SV stellt sich ein, sobald die Netzeinspeisung ausfällt oder die Spannung unter 90%  $U_N$  für 0,5s fällt. Dieser muss innerhalb von 15s erreicht werden. Der Betriebszustand wird

---

<sup>56</sup> (Wikipedia.org, Netzschutz, 2022)

durch die NEA erreicht. Dabei werden min. zwei NEAs hochfahren. Für das Hochfahren der NEAs gibt es zwei Varianten<sup>57</sup>. Entweder läuft die schnellere NEA an, speist auf die SV-Schiene und wird sukzessiv mit Last beansprucht. Daraufhin wird die zweite (langsamere) NEA auf die erste synchronisiert und zugeschaltet. Diese Variante nennt sich Zuschaltsynchronisation, weil die NEAs nach dem Synchronisieren mit Last beansprucht werden. Die zweite Variante ist die Anlaufsynchrosation. Bei ihr werden die NEAs gemeinsam gestartet. Die langsamere NEA wird auf die schnellere synchronisiert und sie werden gleichzeitig zugeschaltet und belastet. Die erste zieht die zweite NEA also mit.

Nach dem Hochfahren laufen die NEAs parallel und sorgen innerhalb von 15s für die SV. In Braunschweig sind drei NEAs verbaut. Das parallele Anlaufen wird noch geprüft. Zum aktuellen Zeitpunkt sorgen zwei NEAs für die SV innerhalb der Umschaltzeit und die dritte NEA wird nachsynchronisiert. Gemeinsam sorgen die NEAs für eine Vollversorgung der Gebäude H, G, P, Q, Funktionsbau Nord N und Anbau Nord N1.

Die NSHV AV ist als Strang an die NSHV SV angeschlossen. Beim Start der NEAs wird als erstes die AV entkoppelt. Erst nachdem die SV sicher versorgt ist, wird die AV zugeschaltet. Das verhindert unnötiges zuschalten der AV und damit verbundene Lastschwankungen.

Kommt das Netz wieder zurück wird als erstes die AV von der SV abgekoppelt. Dadurch entsteht eine Lastunterbrechung der AV. Anschließend wird die AV vom EVU versorgt, während die SV weiterhin von der NEA versorgt wird. Nach frühestens einer Minute Beruhigungszeit darf die NEA abgeschaltet werden [Anhang 1: 6.1.11]<sup>58</sup>. Dazu wird sie mit dem Netz synchronisiert. Daraufhin wird die SV mit der AV verbunden und es findet eine Lastübergabe von der NEA hin zum Netz statt. Es findet keine Lastunterbrechung statt. Am Ende des Vorgangs werden die NEAs abgeschaltet.

In der SV darf die Vollversorgung keine Einschränkung für die SV hervorrufen. Die SV muss zu jeder Zeit gegeben sein. Um dieser Forderung nach zu kommen, muss die Leistungsbilanz bekannt sein. Die aktuelle Leistungsbilanz ist überdimensioniert. Die tatsächliche Leistungsbilanz wird geringer sein als die angenommene, da Verbraucher der bestehenden Gebäude teils unbekannt sind und die Neubauten mit einer Unschärfe geplant werden<sup>59</sup>. Zur Sicherheit können Gebäudeteile bei der Vollversorgung außer Acht gelassen werden oder ein Lastmanagement verwendet werden, welches Verbraucher abschaltet, sobald ein

---

<sup>57</sup> Fachgespräch Lars Bennefeld, Firma ENGIE Deutschland GmbH

<sup>58</sup> (VDE.com, 2004)

<sup>59</sup> Vgl. Anhang 2: 6.2.6

Schwellenwert überschritten ist. Dieser wird so eingestellt, dass die AV rechtzeitig abgeschaltet werden kann, bevor es zur Beeinflussung der SV kommt <sup>60</sup>.

### 3.3.4 Mittelspannungstransformatoren 3x2500kVA

Die Mittelspannung im SV Betrieb wird von den drei NEAs und den zugehörigen drei Blocktransformatoren gespeist. Jeder Transformator besitzt eine Leistung von 2500kVA. Sie wandeln die vom Generator erzeugten 400V in 20kV um. Die Transformatoren sind als Dyn5 Schaltgruppe geschaltet. Oberspannungsseitig in Dreieckschaltung und Unterspannungsseitig als Sternschaltung. Die Kurzschlussspannung beträgt 6%. Das macht die Transformatoren spannungshart. Laständerungen haben nur geringe Auswirkungen auf die Spannung. Das sorgt für eine hohe Qualität der Spannung.

Der Schalldruckpegel von 55dB und der Schalleistungspegel von 70dB liegen beide unter den Anforderungen an die Geräuschemissionen der NEA. Das heißt die Transformatoren sind zulässig bezüglich der Geräuschemission.

### 3.3.5 Vorteile der Mittelspannungsversorgung

Die Liegenschaft im Klinikum Braunschweig ist über einen Mittelspannungsring- /netz versorgt. Eingesetzt wird MS immer dann, wenn große Leistungen benötigt werden. Ein großer Vorteil dieser sind die geringen Übertragungsverluste. Es werden Aluminiumkabel verwendet. Diese sind günstiger als Kupferkabel. Dadurch wird eine größere Wirtschaftlichkeit erzielt. Desto höher die Spannung ist, desto geringer ist der Strom bei gleichbleibender Leistung. Ein Mittelspannungskabel vom Typ NA2XS2Y (240mm<sup>2</sup>) hat eine Strombelastbarkeit von 496A (in Luft)<sup>61</sup>. Dieses Kabel ist für eine Spannung von 20kV ausgelegt. Im Vergleich dazu hat ein Niederspannungskabel vom Typ NAYY-J (240mm<sup>2</sup>) eine Strombelastbarkeit von 338A (in Luft)<sup>62</sup>. Mittelspannungskabel übertragen also deutlich mehr Spannung als Strom. Daher können weite Strecken, wie es im Klinikum der Fall ist, mit geringen Übertragungsverlusten zurückgelegt werden. Zudem reicht der geringere Leitwert von Aluminiumkabeln, mit 34m/Ωmm<sup>2</sup>, für die Ströme aus. Die Energiezentrale kann daher in der Mitte der Liegenschaft liegen und muss nicht auf die einzelnen Gebäude verteilt werden. Des Weiteren kann durch die MS die Querschnitte der Leiter geringer gewählt werden. Kleinere Ströme implizieren kleinere Leiterquerschnitte und somit geringere Kosten und geringeren Montageaufwand.

---

<sup>60</sup> Vgl. Anhang 2: 6.2.6

<sup>61</sup> (faberkabel.de, Mittelspannungskabel, 2022)

<sup>62</sup> (faberkabel.de, Niederspannungskabel, 2022)

### 3.4 Stromversorgung in der Niederspannungsebene

Die NSHV AV sowie SV werden in der Energiezentrale im UG errichtet. Die AV wird von der SV räumlich getrennt. Dadurch ist die SV im Falle eines Brandes der AV weiterhin betriebsfähig.

Beide Stromversorgungen werden von der MS aus über je drei Transformatoren gespeist. Jeder Transformator erbringt eine Leistung von 1600kVA. Die AV und SV sind über Kabel, die im Doppelboden verlaufen, miteinander verbunden.

Die SV kann über zwei voneinander getrennte Leitungen gespeist werden. Zum einen über die Transformatoren aus der MS SV. Zum anderen ist die NSHV SV mit der NSHV AV über eine Kupplung verbunden. Fällt die Einspeisung aus der MS SV aus, kann die Kupplung geschlossen werden und die NSHV SV wird weiterhin versorgt. Andersherum besteht die Möglichkeit der Kopplung der NSHV AV und der NSHV SV während der SV. Ist die NSHV AV mit der NSHV SV gekoppelt spricht man von einer Vollversorgung des Klinikums. Die drei NEAs können den gesamten Betrieb des Klinikums weiter betreiben. Dann speist die NEA zuerst die SV und dann die AV. Aufgrund dessen kann die AV leicht abgeschaltet werden, sollte eine NEA ausfallen oder der AV-Betrieb würde den SV-Betrieb beeinträchtigen. Eine Beeinträchtigung der SV durch die AV ist nicht zulässig<sup>63</sup>.

Die Schaltschränke der NSHV SV sind U-förmig im Raum angeordnet und bieten daher guten Zugang zu allen Schränken. Diese sind über Sammelstromschienen miteinander verbunden. Die Energieversorgung der SV erfolgt über die Sammelschienen. Die Sammelschienen sind aus Blankkupfer und werden 5-polig ausgeführt [Anhang 1: 6.1.16]. Die PE-Schiene wird vorne im Schaltschrank angebracht und die Phasenschienen hinten. Das sorgt für eine gute Zugänglichkeit der PE-Schiene und geringeres Berührungsrisiko gegenüber den Phasenschienen. Die Sammelstromschienen sind für einen Dauernennstrom von 5000A bemessen und halten Stoßkurzschlussströme in Höhe von 220kA aus. Die Bemessungskurzzeitstromfestigkeit beträgt 100kA. Diese technischen Daten werden mit der Kurzschlussstromberechnung überprüft.

---

<sup>63</sup> (Flügel, 2006) S.178 Kriterien für Stromquellen

<b>Sammelschienenendaten</b>		
Dauernennstrom	5.000	A
Bemessungskurzzeitstromfestigkeit	100	kA
Bemessungsstoßstromfestigkeit	220	kA

Tabelle 4: Auszug aus dem Leistungsverzeichnis (Sammelschienenendaten)<sup>64</sup>

### 3.4.1 Aufbau der Niederspannungshauptversorgung Sicherheitsstromversorgung

Die NSHV SV wird aus 10 Feldern bestehen. Darunter sind drei Transformatoren-Einspeisefelder, ein Feld für den zentralen Erdungspunkt (ZEP), zwei Felder für die GHV SV, ein Feld für die Gebäude P und Q, ein Feld für die Abgänge der NSHV, ein Feld für die Kuppelung AV und SV und eine Längskupplung [Anhang 2: 6.2.7].

Die Transformatoren speisen über Leistungsschalter (2500A) auf die Stromschienen. Diese sind als Leistungstrennschalter aufgebaut und wartungsfrei auszuführen.

Der Abgang für die GHV SV 2 wird mit einem Leistungsschalter (2000A) abgesichert.

Der Abgang der GHV SV 1 mit einem Leistungsschalter (1600A).

Die Abgänge im Abgangsfeld werden mit Lasttrennschaltern versehen. In diese werden NH-Sicherungen eingebaut. Sie begrenzen den Strom für die angeschlossenen Leitungen und lösen im Kurzschlussfall aus. Der Stoßkurzschlussstrom wird durch die Sicherungen, durch Schmelzen der Kontakte abgeschaltet.

Der Abgang für die Gebäude P und Q ist mit einem Leistungsschalter (800A) abgesichert.

Die Leistungsschalter schalten den Dauerkurzschluss ab und sind bemessen mit Bemessungskurzzeitstromfestigkeit von 100kA. Alle Leistungsschalter sowie Lasttrennschalter sind 3-polig ausgeführt.

Die Leistungsschalter sind Umschalteinrichtungen entsprechend der DIN VDE 0100-710. Sie besitzen einstellbare Ansprechzeiten sowie Rückschaltzeiten. Während der Vollversorgung ist die NSHV AV über die Kupplung mit der NSHV SV gespeist. Kommt es zu einer NetZRückkehr wird die AV nach frühestens einer Minute von der SV getrennt. Für diese Rückschaltung ist eine Rückschaltzeit von mehr als 60s erforderlich. Die in der NSHV SV

---

<sup>64</sup> Anhang1: 6.1.16

verbauten Umschalteneinrichtungen besitzen eine Rückschaltzeit von bis zu 250s. Sie sind damit zulässig [Anhang1: 6.1.17 LV S.186].

#### **3.4.1.1 Aufbau des zentralen Erdungspunkts**

Die Erdung der NSHV, NEA, der Transformatoren und der Mittelspannung findet über Potentialausgleichsschienen statt. Jeder elektrische Raum ist mit einer Schiene ausgestattet. Diese ist mit der Erdungsanlage der Energiezentrale verbunden [Anhang 2: 6.2.11].

Die NSHV AV und SV ist als TN-System aufgebaut [Anhang 1: 6.1.3]. Dieses System soll im Netzbetrieb als auch in der SV gelten. Für die Realisierung dieser Anforderung gibt es zwei Varianten, die zur Verfügung stehen. Beide Ausführungen enthalten einen ZEP. Dieser ist die einzige Verbindung einer elektrischen Anlage zwischen dem N- bzw. PEN-Leiter und dem PE-Leiter.

**Variante 1:** Es wird ein zentraler Erdungspunkt in der NSHV AV errichtet [Anhang 2: 6.2.8]. Damit die NSHV SV auch geerdet ist, wird eine Kabelverbindung zwischen der NSHV SV und der NSHV AV hergestellt. Diese Verbindung ist eine E90 Kabelverbindung. E90 heißt, ein Funktionserhalt von mindestens 90min im Brandfall. Der ZEP ist anschließend mit der Hauptpotentialausgleichsschiene (HPAS) und damit mit der Erdungsanlage der Energiezentrale verbunden. Die Koppelschalter zwischen NSHV AV und NSHV SV sind 3-polig ausgeführt. Die Sternpunkte der Transformatoren werden „herausgezogen“ über einen PEN hin zum ZEP geerdet. Der PEN-Leiter ist vollständig isoliert auszuführen.

**Variante 2:** Es werden zwei ZEP, einer in der AV und einer in der SV, errichtet. Dies ist im ersten Moment nicht zulässig. Gemäß VDE 0100-100:2009 ist bei Mehrfacheinspeisung nur ein Erdungspunkt zulässig. Da die NSHV AV und NSHV SV mit einem Kuppelschalter miteinander verbunden sind und dieser im Normalbetrieb offen ist, entstehen zwei voneinander getrennte ZEP. Damit hat die SV einen ZEP und die AV einen ZEP. Die Anforderung an eine Erdverbindung ist damit erfüllt. Des Weiteren ist der Kuppelschalter 4-polig auszuführen, damit eine 100% Trennung der beiden Anlagen entsteht.

In der SV, wenn der Kuppelschalter geschlossen wäre, würde es dann zwei ZEP geben. Dieser Betrieb ist dennoch zulässig, da die NSHV AV und die NSHV SV sehr nah aneinander errichtet werden und für die Verbindungskabel große Querschnitte verwendet werden. Dadurch entsteht ein sehr geringer Potentialunterschied, welcher zulässig ist.

Wie in Variante 1 ist der ZEP mit dem HPAS und somit mit der Erdungsanlage verbunden. Die Transformatoren sind im Sternpunkt über einen PEN, der zum ZEP führt geerdet.

Nach dem ZEP sind N- und PE-Leiter getrennt. Sie werden getrennt in die Unterverteilungen bis zum Endverbraucher geführt.

### **3.4.1.2 Funktionsweise des ZEP**

Der ZEP ist eine Brücke zwischen PE- und N-Leiter. ZEP werden bei Mehrfacheinspeisungen durch Transformatoren für den Aufbau eines TN-Netzes verwendet. Er verhindert vagabundierende Ströme und sorgt für die elektromagnetische Sicherheit von elektrischen Anlagen<sup>65 66</sup>. Vagabundierende Ströme sind Ströme die nicht über die Phasen 1-3 oder den N-Leiter fließen. Sie verursachen Korrosion und elektromagnetische Störungen.

Mit Hilfe des ZEP werden Sternpunkte von Transformatoren geerdet. Die vagabundierenden Ströme können nicht zum Transformator zurückfließen. Der ZEP verhindert Schäden durch diese Ströme.

---

<sup>65</sup> (bwp-gmbh.de, 2022)

<sup>66</sup> (elektro.net, ZEP und PE richtig Planen, 2022)

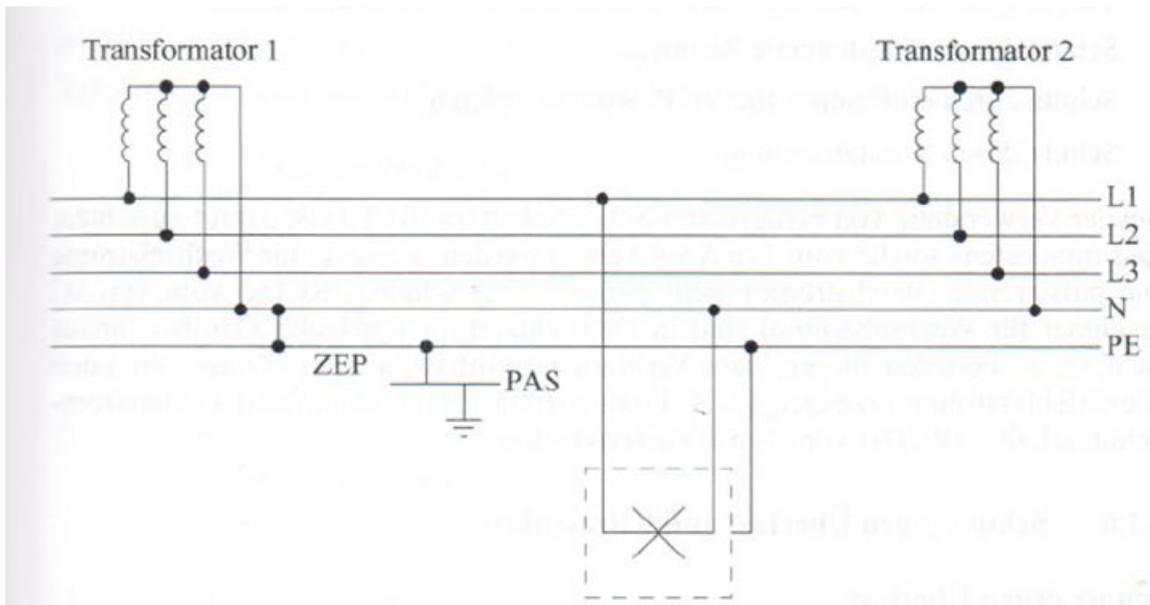


Abbildung 9: idealer Aufbau eines TN-Systems mit ZEP<sup>67</sup>

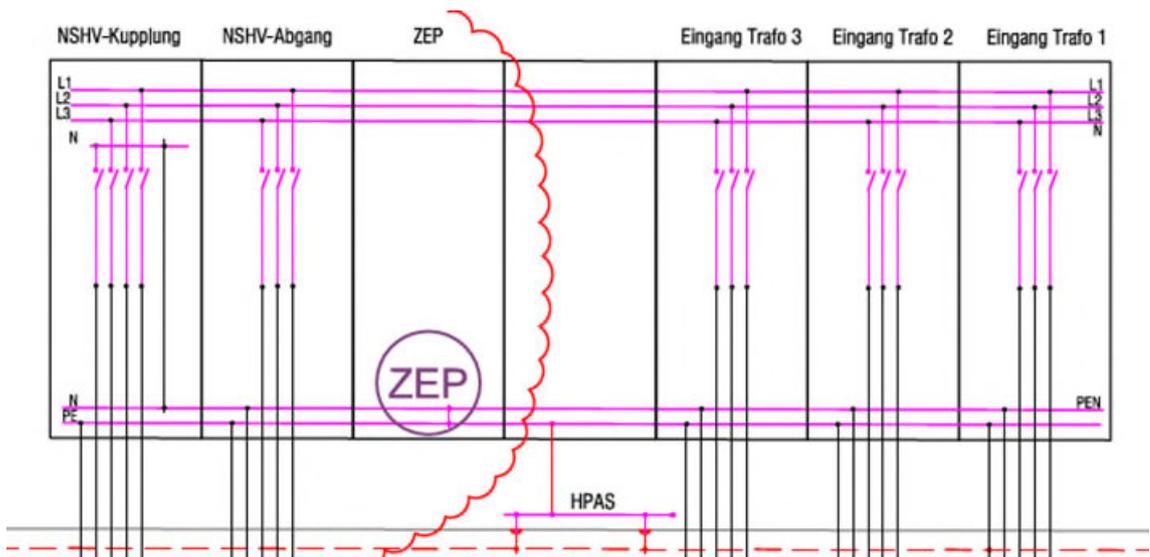


Abbildung 10: ZEP Schema des Klinikums Braunschweig<sup>68</sup>

Die Abbildung 9 zeigt einen idealen Aufbau eines TN-Systems mit ZEP. Vergleicht man diese Abbildung mit dem Aufbau in Braunschweig, ist auffällig, dass beide TN-Systeme nahezu gleich aufgebaut sind. Die Transformatoren speisen auf die Phasen und der Sternpunkt wird als PEN-Leiter auf dem N-Leiter der NSHV angeschlossen. In beiden Abbildungen gibt es eine Verbindung zwischen N-Leiter und PE-Leiter, die mit ZEP markiert ist. Dieser ZEP

<sup>67</sup> (Rosa, 2007) S.23

<sup>68</sup> Anhang 2: 6.2.11

ist in beiden Fällen über einen HPAS und anschließend über das Erdungssystem, in der Energiezentrale ein Fundamenterder, geerdet.

Aufgrund des nahezu idealen Aufbaus des ZEP in Variante 2 ist diese zu bevorzugen. Die Kuppelschalter, die für eine doppelte Verbindung zwischen PE-Leiter und N-Leiter sorgen würde, ist nur im Ausnahmefall geschlossen. Die NSHV SV muss auch während der SV, ohne Vollversorgung, geerdet sein. Das spricht für die Variante 2. Des Weiteren ist der Potentialunterschied zwischen der NSHV AV und der NSHV SV gering. Dadurch ist eine Kopplung der NSHV AV und NSHV SV zulässig trotz doppelter Verbindung von PE- und N-Leiter. Ein bedeutender Nachteil der Variante 2 ist die nicht brandschutzsichere Ausführung.

### 3.4.2 Niederspannungstransformatoren 3x1600kVA

Im Netzbetrieb wird die SV über die Einspeisung aus dem Netz versorgt. Durch die doppelte Verbindung der MS SV ist eine hohe Sicherheit der Versorgung gewährleistet. Die NSHV ist an die MS als Strang angeschlossen. Sie besitzt keine zwei Versorgungswege aus der Mittelspannung. Sie wird als zweite Zuleitung über eine mögliche Kupplung mit der NSHV AV versorgt. Die NSHV ist über drei Transformatoren mit der MS verbunden. Jeder Transformator besitzt eine Leistung von 1600kVA. Die Transformatoren wandeln die 20kV Mittelspannung in 400V Niederspannung um. Die Schaltgruppe dieser ist Dyn5. Das heißt die Oberspannung ist in Dreieckschaltung und die Unterspannung in Sternschaltung geschaltet. Es gibt einen herausgeführten Sternpunkt und die Phasenverschiebung ist  $150^{\circ}$ <sup>69</sup>. Die Bemessungskurzschlussspannung beträgt 8%. Diese Wahl wurde getroffen, um den KSS in der NSHV zu begrenzen<sup>70 71</sup>. Ein weiterer Vorteil ist, die Spannungshärte. Bei Lastschwankungen entstehen nur geringe Spannungsänderungen. Dies ist eine Grundvoraussetzung für Stromnetze in medizinischen Einrichtungen, da die MEG sensibel für Spannungsabweichungen sind.

Des Weiteren halten die Transformatoren die Grenzwerte für den Schallschutz ein. Der Schallpegel beträgt 67dB. Der von ABZ angesetzte Wert von 70dB der NEAs ist damit nicht überschritten. Zumal die 70dB in 10m Entfernung gelten.

---

<sup>69</sup> (Wikipedia.org, Dreiphasenwechselstrom-Transformator, 2022)

<sup>70</sup> (Wikipedia.org, Kurzschlussspannung, 2017)

<sup>71</sup> (sick-fm.de, 2022)

## 4 Kurzschlussuntersuchung der NSHV SV

In Kapitel 4 erfolgt die Kurzschlussstromberechnung für die NSHV SV. Es werden die Kurzschlussstromtypen erläutert und deren Auswirkungen dargelegt. Anschließend werden der minimale und der maximale Kurzschlussstrom berechnet und die Dimensionen des Kurzschlussstroms mit der der NSHV SV verglichen.

### 4.1 Kurzschlussströme

Der Kurzschlussstrom ist der größte Strom, welcher in einer Anlage auftreten kann<sup>72</sup>. Er entsteht durch eine gewollte oder ungewollte Verbindung mit geringem Widerstand. Der Widerstand muss geringer sein als der des Stromkreises. Bei der Kurzschlussstromberechnung gemäß DIN EN 60909-0 VDE 0102 wird dabei von einer metallischen Verbindung ausgegangen<sup>73</sup>. Durch den geringen Widerstand entsteht ein Ausgleichsvorgang – der Kurzschlussstrom fließt. Die Größe des Kurzschlussstroms wird durch die Stromquelle bestimmt.

Es gibt verschiedene Kurzschlussströme. Jeder von ihnen hat in der Kurzschlussstromberechnung eine andere Bedeutung.

Der **maximale KSS** ist häufig der dreipolige KSS. Er wird auch Anfangs-Kurzschlusswechselstrom  $I''_{kmax}$  bzw.  $I''_{k3}$  genannt. Dieser entsteht, wenn drei Phasen miteinander kurzgeschlossen werden. Aufgrund dieses Stroms werden die Anlagenkomponenten wie Leistungsschalter, Sammelschienen, Gehäuse und Sicherungen dimensioniert. Der maximale KSS erzeugt die größten mechanischen und thermischen Beanspruchungen in der Anlage<sup>74</sup>.

Der minimale bzw. **kleinste KSS** ist meistens der einpolige Kurzschluss ( $I''_{k1}$  oder  $I''_{kmin}$ ). Er sorgt bei thermischen Schutzeinrichtungen wie z.B. Schmelzsicherungen für lange Abschaltzeiten. Das sorgt für thermische Belastungen der Kabel und Leitungen. Daher ist es besonders wichtig, dass die Schutzeinrichtungen bei dem kleinsten Kurzschlussstrom sicher auslösen. Die vorgeschaltete Sicherung muss innerhalb von 0,2 bis 5s abschalten<sup>75</sup>.

---

<sup>72</sup> Vgl. (Flügel, 2006) S.159

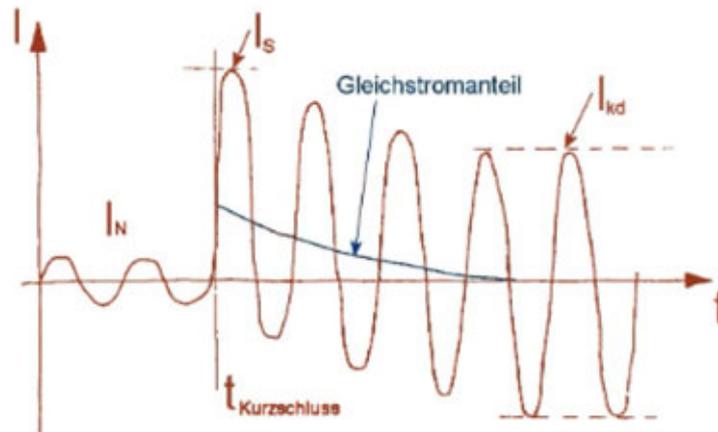
<sup>73</sup> (Balzer, Nelles, & Tuttas, 2001) S.191

<sup>74</sup> (Balzer, Nelles, & Tuttas, 2001) S.192

<sup>75</sup> (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.68

Dabei muss die Sicherung so gewählt werden, dass der Abschaltstrom  $I_a \leq$  dem kleinsten Kurzschlussstrom ( $I''_{k1}$ ) ist<sup>76</sup>. Zusammenfassend ist der kleinste KSS „zur Beurteilung der Auslösesicherheit von Kurzschlusseinrichtungen“<sup>77</sup> nötig.

Der **Stoßkurzschlussstrom** ( $i_p$ ) auch Impulskurzschlussstrom genannt ist der größtmögliche Augenblickswert des Kurzschlussstroms. Er ist die erste Halbwelle des Anfangskurzschlusswechselstroms. Er sorgt für die größte mechanische bzw. dynamische Beanspruchung der Anlage<sup>78</sup>.



$I_s \rightarrow$  Stoßkurzschlussstrom

$I_{kd} \rightarrow$  Dauerkurzschlussstrom

Abbildung 11: Verlauf des Kurzschlussstroms (generatorfern)<sup>79</sup>

Ein **generatornaher Kurzschlussstrom** liegt dann vor, wenn der Kurzschluss von mindestens einem Generator mit mehr als dem zweifachen Bemessungsstroms gespeist wird<sup>80</sup>. Ob es sich um einen generatorfernen oder generatornahen KSS handelt verändert die Betrachtung des KSS. Generatornahe Kurzschlüsse sind induktiv. Sie sorgen für Rückwirkungen im Generator. Dadurch entsteht eine Verminderung des Erregerfeldes, welches einen

<sup>76</sup> (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.68

<sup>77</sup> (Kny, elektropraktiker.de, 2009) S.53

<sup>78</sup> (Balzer, Nelles, & Tuttas, 2001) S.20

<sup>79</sup> (reimerhass.pmbrandt.de, 2022)

<sup>80</sup> Vgl. (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.76

geringeren Kurzschluss hervorruff<sup>81</sup>. Bei generatorfernen Kurzschlüssen ist  $I''_k = I_k$ . Der Effektivwert des Dauerkurzschlusswechselstrom ist genauso groß wie der Effektivwert des Anfangskurzschlusswechselstroms.

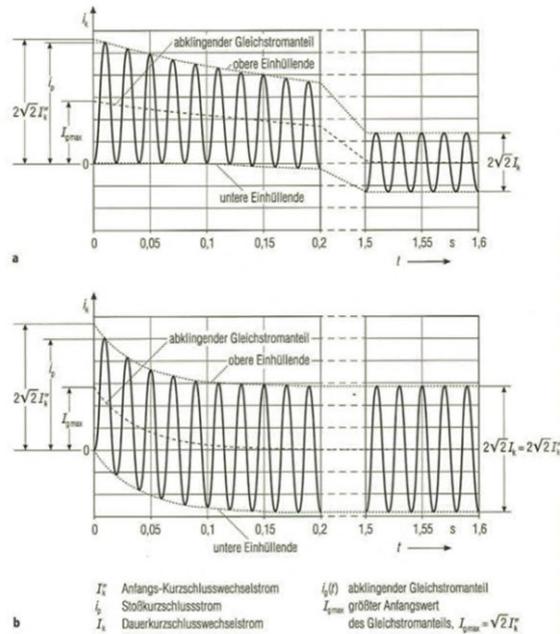


Bild 7.1: Zeitlicher Verlauf des Kurzschlussstromes [2]  
 a) Generatormaher Kurzschluss b) Generatorferner Kurzschluss

**Abbildung 12: Verlauf des generatormahen und generatorfernen Kurzschlussstroms<sup>82</sup>**

Mit Gleichung (8) kann geprüft werden, ob es sich um einen generatormahen oder generatorfernen KSS handelt. Sobald die Gleichung erfüllt ist, wird aus einem generatormahem KSS ein generatorferner Kurzschluss.

$$R_L \geq \frac{U^2}{S_{rG}} * \sqrt{0,25 - (x''_d)} \tag{8}$$

<sup>81</sup> Vgl. (Schaegner, 2022)

<sup>82</sup> (Kasikci, Kurzschlussstromberechnung, 2015)

### 4.1.1 Auswirkungen von Kurzschlussströmen auf die elektrische Anlage

Die Auswirkungen bei nicht ausreichender Bemessung der elektrischen Anlage und deren Betriebsmittel kann zur kompletten Zerstörung der Anlage führen<sup>83</sup>. Dabei sorgt die thermische Beanspruchung für erhöhte Leitertemperaturen. Dadurch können Schäden an Leitungen und der Isolation entstehen. Die Erwärmung kann bis zum Leiterbrand führen. Des Weiteren dehnen sich Stromschienen aus, was zur Strapazierung der Schraubverbindungen und Schaltschränken führt. Aufgrund dessen verringert sich der Kontaktdruck von Abgängen der Stromschienen, wodurch weitere Schäden entstehen können<sup>84</sup>. Im schlimmsten Falle kann es zum Kabelbrand kommen.

Es gilt nicht nur Schäden an der Anlage zu verhindern, sondern hat der Personenschutz die höchste Priorität. Schutzeinrichtungen müssen so eingestellt werden, dass sie den KSS definitiv abschalten damit keine Personen zu Schaden kommen.

Abseits von Schäden an der Anlage können aus den mechanischen und thermischen Auswirkungen auch Schäden an Personen hervorgehen. So können Metallspritzer oder die Druckwelle beim Zerstören der Anlage zu Schäden am Menschen führen<sup>85</sup>. Bei Ausfall der SV in medizinischen Einrichtungen können Patienten zu Schaden kommen, die sich in lebensbedrohlichen Zuständen befinden. Diesen Auswirkungen muss durch Schutzeinrichtungen entgegengewirkt werden.

## 4.2 Kurzschlussstromberechnungen

Die Stromversorgung der NSHV im Klinikum Braunschweig erfolgt über zwei Wege, zum einen im Netzbetrieb, zum anderen über die NEAs. Die Berechnung der Kurzschlussströme erfolgt bei maximaler Leistung und bei minimaler Leistung. Das heißt der größte KSS wird durch die Transformatoren, die die 20kV in 400V Transformieren begrenzt<sup>86</sup>. Dadurch ist der maximale KSS durch die Transformatoren definiert. Desto größer die Kurzschlussspannung  $u_k$  ist, desto kleiner ist der KSS. Die NEAs sowie die Netzeinspeisung speisen über die MS SV und über drei 1600kVA Transformatoren die NSHV SV.

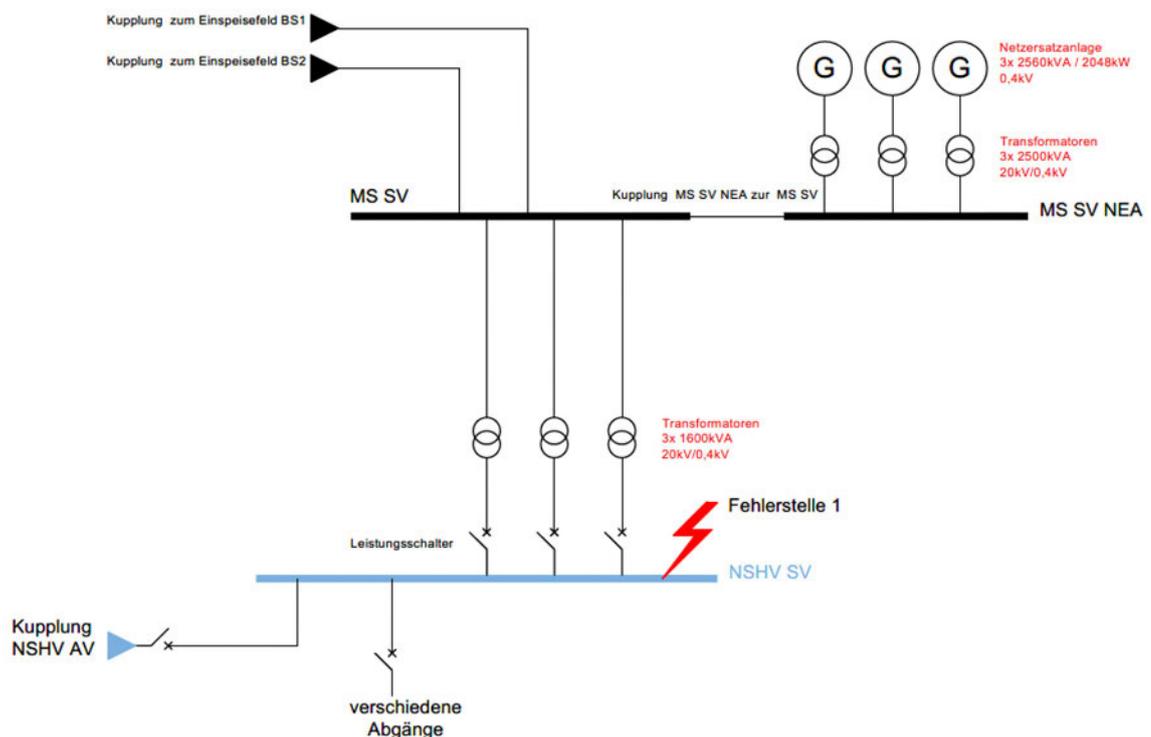
---

<sup>83</sup> Vgl. (Balzer, Nelles , & Tuttas , 2001) S.257

<sup>84</sup> (Balzer, Nelles , & Tuttas , 2001) S.264

<sup>85</sup> Vgl. (Wikipedia.org, Elektrischer Kurzschluss, 2022)

<sup>86</sup> Fachgespräch Ehrhard Staud Firma Bauer Elektroanlagen GmbH & Co. KG



**Abbildung 13: Schema Kurzschlussstromberechnung**

Die Fehlerstelle 1 in Abbildung 13 stellt den Kurzschluss in der NSHV SV dar. Die Kurzschlussstromberechnung dient der Berechnung der dort vorliegenden Kurzschlussströme. Anhand der Berechnung dieser können die Überstromschutzeinrichtungen in der NSHV SV eingestellt und dimensioniert werden. Alle verbauten Komponenten müssen Kurzschlussfest sein. Kurzschlussfest ist eine elektrische Anlage dann, wenn sie den Auswirkungen eines Kurzschlusses standhalten kann. Es gibt mechanische und thermische Auswirkungen von KSS auf die Anlage. Die mechanische Beanspruchung entsteht durch den größten KSS bzw. den Stoßkurzschlussstrom. Die thermische Beanspruchung entsteht durch den kleinsten bzw. minimalen KSS.

Alle Gleichungen entstammen dem Buch (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018). Davon ausgeschlossen sind alle Formeln, bei denen die Quelle explizit angegeben wird.

#### 4.2.1 Berechnung des kleinsten Kurzschlussstroms während der SV

Der kleinste Kurzschlussstrom entsteht bei der geringsten Einspeiseleistung. Normalerweise muss der kleinste KSS im Netzbetrieb und im Generatorbetrieb ermittelt werden. Durch den Vergleich der beiden Werte kann der tatsächliche kleinste KSS bestimmt werden. Im Falle des Klinikums Braunschweig ist der Generatorbetrieb die SV. Das heißt es werden nicht alle Verbraucher mit Energie versorgt. Daher ist auszugehen, dass die Leistung und damit der KSS während der SV geringer sein wird als während der Speisung durch

das Netz. Aufgrund dessen muss der kleinste KSS nur bei Speisung durch eine NEA berechnet werden.

Für den kleinsten KSS gilt die Gleichung:

$$I''_{kmin} = \frac{c_{min} * U_n}{\sqrt{3} * Z_{kS}} \tag{9}$$

$c_{min}$  Spannungsfaktor  $c = 0,9$  für  $U_n < 1000V$ <sup>87</sup>

$U_n$  Netzspannung

$Z_{kS}$  Schleifenimpedanz

Der Faktor  $c$  ist der DIN VDE 0102 zu entnehmen. Für den kleinsten KSS wird  $c_{min}$  und für den maximalen KSS  $c_{max}$  verwendet.

Nennspannung	Faktor $c$	
	max	min
Niederspannung ( $\leq 1$ kV)		
• Netze mit einer Spannungstoleranz von + 6 %	1,05	0,95
• Netze mit einer Spannungstoleranz von + 10 %	1,10	0,95
MS/HS-Spannungen $1$ kV $< U_n \leq 380$ kV	1,10	1,00

Tabelle 2.3 Spannungsfaktor  $c$  nach DIN VDE 0102

Tabelle 5: Spannungsfaktor  $c$ <sup>88</sup>

Die Schleifenimpedanz ist die Summe aller Impedanzen von der Fehlerstelle bis zur Stromquelle. Im Fall des kleinsten KSS sind die Impedanzen aller Komponenten von der NSHV SV bis hin zum Generator zu addieren. Das gilt analog für die Reaktanz  $X_k$  und den Widerstand  $R_k$  (siehe Gleichung 24 und 25).

$$Z_{kS} = \sum Z_i \tag{10}$$

<sup>87</sup> (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.69

<sup>88</sup> (Balzer, Nelles , & Tuttas , 2001) S.197

$$Z_{kS} = \sqrt{(R_T + R_L + R_{PE} + R_{PEN})^2 + (X_T + X_L + X_{PE} + X_{PEN})^2} \quad (11)$$

$R_T$  Widerstand Transformatoren

$R_L$  Widerstand Leitungen

$R_{PE}$  Widerstand PE-Leiter

$R_{PEN}$  Widerstand PEN-Leiter

$X_T$ ;  $X_L$ ;  $X_{PE}$ ;  $X_{PEN}$  sind analog zu den Widerständen die Blindwiderstände.

Werden Generatoren verwendet, müssen dessen Widerstände bzw. die Impedanz ermittelt werden.

Die Widerstände für die Leitungen, unabhängig von PE, PEN oder Phasenleitung werden mit folgender Gleichung berechnet:

$$R_L = [1 + 0,004K^{-1} * (\vartheta_{end} - \vartheta_{20})] * R_{L20} \quad (12)$$

$$R_L = [1 + 0,004K^{-1} * (\vartheta_{end} - \vartheta_{20})] * \frac{l_S}{\kappa * S} \quad (13)^{89}$$

$\vartheta_{end}$  maximal zulässige Leitertemperatur

$\vartheta_{20}$  20°C

$l_S$  Schleifenlänge

$\kappa$  spezifische elektrische Leitfähigkeit

$S$  Leiterquerschnitt

Der Faktor vor dem Leiterwiderstand ( $R_{L20}$ ) bei 20°C steht für die Leitererwärmung. Dabei ist bei der Berechnung des kleinsten KSS von der größten Erwärmung auszugehen. Die größte Erwärmung ist die maximal zulässige Leitertemperatur. Größere Erwärmung sorgt für größere Impedanzen. Desto größer die Impedanz ist desto geringer ist der KSS.

---

<sup>89</sup> (elektro.net, Rechnerische Ermittlung des Schleifenwiderstands, 2010)

Die Blindwiderstände der Leitungen werden wie folgt berechnet:

$$X_L = l * x'_L \tag{14}$$

l      Leiterlänge in m

x'\_L    0,08 mΩ/m für vieradrige Leitungen und 0,12mΩ/m für Stromschienen

Erst wird die Impedanz der Transformatoren berechnet. Daraus können anschließend die Werte für die Widerstände mit den Gleichungen (20)(22) bestimmt werden.

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \tag{15}$$

u<sub>kr</sub>    Kurzschlussspannung in %

U<sub>rT</sub><sup>2</sup>    Nennspannung der Unterspannungsseite

S<sub>rT</sub>    Nennleistung des Transformators

Für die Berechnung des kleinsten KSS ist davon auszugehen, dass nur ein Transformator die NSHV SV speist. Da die Transformatoren parallel geschaltet sind würde sich bei mehr als einem Transformator der KSS erhöhen.

**Minimaler Kurzschlussstrom**

Geg. Generatorwerte:

S <sub>rG</sub> = 2560kVA		
x <sup>"</sup> <sub>d</sub> = 12,1%	x <sub>2</sub> = 12,3%	x <sub>0</sub> = 2,7%
R <sub>g</sub> ~ 0,15* X <sup>"</sup> <sub>d</sub>		
I <sub>n</sub> = 3695A	U <sub>n</sub> = 400V	
I <sub>k1</sub> = 40.304kA	I <sub>k2</sub> = 25.800A	I <sub>k3</sub> = 29.482A

Gesucht: I<sub>kmin</sub>

Der einpolige KSS ist meist der kleinste Kurzschlussstrom. Aufgrund dessen folgt nachstehende Berechnung mit dem einpoligen KSS.

Es werden alle Impedanzen benötigt.

**Generatorimpedanz:**

$$X_{G1} \sim Z_{G1} = \frac{U_n}{\sqrt{3} * I''_{k1}} \quad (16)$$

$$I''_{k1} = \frac{c * \sqrt{3} * U_n}{\sqrt{(3 * R_g)^2 + (X''_d + X_2 + X_0)^2}} \quad (17)$$

$$X''_d = \frac{x''_d}{100\%} * \frac{U_n^2}{S_{rG}} \quad (18)$$

$X''_d$  subtransiente Reaktanz

$U_n$  Nennspannung des Generators

$S_{rG}$  Generatorleistung

$$X''_d = \frac{12,1\%}{100\%} * \frac{400V}{2560kVA} = 7,56m\Omega$$

$$X_2 = \frac{12,3\%}{100\%} * \frac{400V}{2560kVA} = 7,69m\Omega$$

$X_2$  Gegensystemreaktanz

$$X_0 = \frac{2,7\%}{100\%} * \frac{400V}{2560kVA} = 1,69m\Omega$$

$X_0$  Nullreaktanz

$$R_g = 0,15 * X''_d = 0,15 * 7,56m\Omega = 1,13m\Omega \quad (19)$$

$R_g$  Generatorwiderstand

Die berechneten Reaktanzen und Widerstände werden anschließend in Gleichung (17) eingesetzt.

$$I''_{k1} = \frac{0,95 * \sqrt{3} * 400V}{\sqrt{(3 * 1,13m\Omega)^2 + (7,56m\Omega + 7,69m\Omega + 1,69m\Omega)^2}} = 38,1kA$$

Der Wert von  $c = 0,95$  wird nach DIN VDE 0102 bestimmt<sup>90</sup>.

Anschließend wird die **einpolige Generatorersatzimpedanz** mit Gleichung (16) berechnet.

$$X_{G1} \sim Z_{G1} = \frac{400V}{\sqrt{3} * 38,1kA} = 6,06m\Omega$$

Bei der Berechnung der Impedanzen, Reaktanzen und Widerstände ist es sinnvoll dies chronologisch von der Spannungsquelle bis zur Fehlerstelle zu machen. Nach dem Generator folgt der Transformator, der die 400V in 20kV Mittelspannung transformiert.

Transformatorwerte [Anhang 2: 6.2.9]:

$$S_{rT} = 2500kVA \quad \left| \quad U_{rT} = 400V \quad \right| \quad u_{kr} = 6\%$$

**Transformatorimpedanz  $Z_{TMS}$  mit Gleichung (15):**

<sup>90</sup> (Balzer, Nelles, & Tuttas, 2001) S.197

$$Z_{TMS} = \frac{6\%}{100\%} * \frac{(400V)^2}{2500kVA} = 3,84m\Omega$$

$$u_{Rr} = \frac{P_{krT}}{S_{rT}} * 100\% = \frac{19kW}{2500kVA} * 100\% = 0,76\% \quad (20)$$

$u_{Rr}$  ohmscher Spannungsfall in %

$P_{krT}$  Kurzschlussverluste des Transformators in kW [Anhang 2: 6.2.9]

$$R_{TMS} = \frac{u_{Rr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rTMS}} = \frac{0,76\%}{100\%} * \frac{(400V)^2}{2500kVA} = 0,49m\Omega \quad (21)$$

$$X_{TMS} = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{(3,84m\Omega)^2 - (0,49m\Omega)^2} = 3,8m\Omega \quad (22)$$

### Leitung vom Mittelspannungstransformator zur MS SV NEA:

Leitungswerte:

NA2XS(FL)2Y	3x120/50	l= 35m
$\kappa = 34 \frac{m}{\Omega mm^2}$ (Aluminium)	$\kappa = 54 \frac{m}{\Omega mm^2}$ (Kupfer)	spezifischen elektrischen Leitfähigkeiten <sup>91</sup>

Bei diesem Kabel handelt es sich um ein Mittelspannungskabel. Der Phasenleiter besteht aus Aluminium und der PE-Leiter aus Kupfer. Die Kabeltypen sind dem Mittelspannungsschema entnommen [Anhang 2: 6.2.5]. Dadurch werden zwei spezifische elektrische Leitfähigkeiten benötigt. Die Zahlenkombination 3x120/50 gibt an, dass es sich um drei Kabel handelt (jede Phase ein Kabel). Die Phasen besitzen einen Querschnitt von 120mm<sup>2</sup> und der PE-Leiter einen Querschnitt von 50mm<sup>2</sup>. Die Länge des Leiters wurde mit Hilfe von

<sup>91</sup> (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.62

Grundrissen der Energiezentrale abgeschätzt. Dabei wurde darauf geachtet, dass der Fehler zu einer Verringerung des KSS führt. Ist der KSS real größer, Schalten die Schutzeinrichtung ihn definitiv ab. Wäre der berechnete KSS größer als der reale KSS, schalten die Schutzeinrichtungen den KSS nicht ab und es kommt zu Schäden an Personen und der elektrischen Anlage.

Die maximale zulässige Leitertemperatur beträgt  $90^{\circ}\text{C}$ <sup>92</sup>. Anhand der Gleichung (13) ergibt sich folgende Berechnung für den Leitungswiderstand:

$$R_L = 1,28 * \frac{l}{\kappa \cdot S} \quad (23)$$

$\kappa$  spezifische elektrische Leitfähigkeit

$l$  Länge des Leiters

$S$  Querschnitt des Leiters

$$R_{L120} = 1,28 * \frac{35m}{34 \frac{m}{\Omega mm^2} * 120mm^2} = 10,98m\Omega$$

$$R_{PEN50} = 1,28 * \frac{35m}{54 \frac{m}{\Omega mm^2} * 50mm^2} = 16,59m\Omega$$

Die nächste Leitung ist die Kupplung der MS SV NEA mit der MS SV.

Leistungsdaten:

NA2XS2Y (Aluminium Phase und Kupfer PE)	$l = 7m$
3x240/25	

<sup>92</sup> (faberkabel.de, Mittelspannungskabel, 2022)

Die Länge des Leiters wurde anhand von Grundrissen geschätzt [Anhang 2: 6.2.19]. Die maximal zulässige Leitertemperatur liegt bei 90°C<sup>93</sup>.

$$R_{L240} = 1,28 * \frac{7m}{34 \frac{m}{\Omega mm^2} * 240mm^2} = 1,1m\Omega$$

$$R_{PEN25} = 1,28 * \frac{7m}{54 \frac{m}{\Omega mm^2} * 25mm^2} = 6,64m\Omega$$

Anschließend wird die Leitung MS SV zu den Transformatoren, die die 20kV Mittelspannung in 400V Niederspannung transformieren, berechnet.

Leistungsdaten:

NA2XS2Y (Aluminium Phase / Kupfer PE)	l = 30m
3x95/25	

Die Länge l ist aus der Kurzschlussstromberechnung der Firma IB SÜSS<sup>94</sup> entnommen wurden. Die Transformatoren sind räumlich getrennt voneinander aufgebaut. Dadurch entstehen unterschiedliche Leiterlängen. Für die Berechnung des kleinsten KSS ist die längste Leiterlänge anzunehmen, damit der Widerstand und am Ende die Impedanz am größten ist.

$$R_{L95} = 1,28 * \frac{30m}{34 \frac{m}{\Omega mm^2} * 95mm^2} = 11,89m\Omega$$

<sup>93</sup> (faberkabel.de, Mittelspannungskabel, 2022)

<sup>94</sup> Anhang 2: 6.2.12

$$R_{PEN25} = 1,28 * \frac{30m}{54 \frac{m}{\Omega mm^2} * 25mm^2} = 28,44m\Omega$$

### Transformatorimpedanz $Z_{TNS}$ :

Transformatordaten [Anhang 2: 6.2.10]:

$S_{rT} = 1600kVA$	$U_{rT} = 400V$
$u_{kr} = 8\%$	

$$Z_{TNS} = \frac{8\%}{100\%} * \frac{(400V)^2}{1600kVA} = 8m\Omega$$

Anschließend wird mit Gleichung (20), (21) und (22) der Widerstand und der Blindwiderstand berechnet.

$$u_{Rr} = \frac{P_{krT}}{S_{rT}} * 100\% = \frac{13kW}{1600kVA} * 100\% = 0,81\%$$

$P_{krT}$  aus Anhang 2: 6.2.10

$$R_{TNS} = \frac{u_{Rr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rTNS}} = \frac{0,81\%}{100\%} * \frac{(400V)^2}{1600kVA} = 0,81m\Omega$$

$$X_{TMS} = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{(8m\Omega)^2 - (0,81m\Omega)^2} = 7,96m\Omega$$

Die letzte Verbindung von der NEA bis zur Fehlerstelle in der NSHV SV sind die Stromschienen, die von den Transformatoren in die NSHV SV führen.

**Widerstände der Stromschiene:**

Stromschiendaten:

Die Daten für die Stromschiene wird aus der Netzberechnung von IB SÜSS entnommen. Ergänzend wurde das Datenblatt von Siemens für Stromschienen hinzugezogen.

Schienentyp: LDC8623 (Kupferschienen)	L = 15m
180x180mm <sup>2</sup>	

Die Länge wurde der Kurzschlussstromberechnung [Anhang 2: 6.2.12] entnommen. Dabei wurde die längste Länge gewählt.

Der Querschnitt wurde durch das Datenblatt von Siemens ermittelt. In der Kurzschlussstromberechnung von IB SÜSS wird mit LDC8623 Stromschienen gerechnet [Anhang 2: 6.2.12]. Mit der Tabelle 7 können die Eigenschaften ermittelt werden. Diese werden in Tabelle 6 genutzt, um den Querschnitt zu ermitteln.

Leiterkonfiguration	4-polig	5-polig
180 mm x 180 mm	PEN = L	PE = N = L
LDA1.2. bis LDA3.2. LDC2.2. bis LDC3.2. <sup>1)</sup>		
240 mm x 180 mm	PEN = 1/2 L	PE = N = 1/2 L
LDA4.1. bis LDA8.1. LDC6.1. bis LDC8.1. <sup>1)</sup>		
240 mm x 180 mm	PEN = L	PE = 1/2 L, N = L
LDA4.2. bis LDA8.2. LDC6.2. bis LDC8.2. <sup>1)</sup>		

<sup>1)</sup> Beschreibung der Typenschlüssel siehe Kap. 5.3

Tabelle 6: Auszug aus dem Datenblatt für Stromschienen von Siemens<sup>95</sup>

LD		A	N	N	N	N
<b>Leitermaterial</b>						
Aluminium (Al)		A				
Kupfer (Cu)		C				
<b> Bemessungsstrom I<sub>n</sub></b>						
Schutzart IP34		Schutzart IP54		Schutzart IP31 / IP54		
Horizontal hochkant inkl. vertikaler Höhenversätze kleiner 1,3 m		Horizontal hochkant und vertikal		Horizontal flach		
Al	Cu	Al	Cu	Al	Cu	
1.100 A		950 A		900 A		700 A
1.250 A	2.000 A	1.100 A	1.650 A	1.000 A	1.600 A	750 A
1.600 A	2.600 A	1.250 A	2.100 A	1.200 A	2.000 A	1.000 A
2.000 A		1.700 A		1.500 A		1.200 A
2.500 A		2.100 A		1.800 A		1.700 A
3.000 A	3.400 A	2.300 A	2.700 A	2.000 A	2.600 A	1.800 A
3.700 A	4.400 A	2.800 A	3.500 A	2.400 A	3.200 A	2.200 A
4.000 A	5.000 A	3.400 A	4.250 A	2.700 A	3.600 A	2.350 A
						3.000 A
<b>Ausführung</b>						
4-Leiter						4
5-Leiter						6
<b>Leiterkonfiguration für N / PEN</b>						
1/2 L						1
L						2
<b>Schutzart</b>						
IP34 (IP31 bei horizontal flach)						3
IP54						5
Auswahlbeispiel: In einem Projekt wird ein Bemessungsstrom von 2.400 A ermittelt. Als Leitermaterial soll Aluminium verwendet werden. Die Verlegung erfolgt horizontal hochkant ohne Höhenversätze. Vorgeschrieben ist ein 4-poliges System. Der Querschnitt des Schutzleiters soll gleich dem Außenleiterquerschnitt sein. Die benötigte Schutzart ist IP34. Dadurch ergibt sich der Basisschlüssel: LDA5423						

Tabelle 7: Auszug aus dem Datenblatt für Stromschienen von Siemens<sup>96</sup>

$$R_s = 1,56 * \frac{15m}{54 \frac{m}{\Omega mm^2} * 32400mm^2} = 0,01m\Omega$$

$$R_{SPE} = 1,56 * \frac{15m}{54 \frac{m}{\Omega mm^2} * 32400mm^2} = 0,01m\Omega$$

Der Faktor 1,56 ergibt sich aus der maximal zulässigen Leitertemperatur von 160°C<sup>97</sup>.

Werden alle Widerstände addiert ergibt sich folgende Gleichungen:

$$R_k = \sum R_i = R_{L120} + R_{PEN50} + R_{L240} + R_{PEN25} + R_{L95} + R_{PEN25} + R_S + R_{SPE} + R_{TMS} + R_{TNS} \quad (24)$$

$$R_k = (10,98 + 16,59 + 1,1 + 6,64 + 11,89 + 28,44 + 0,01 + 0,01 + 0,49 + 0,81)m\Omega = 76,96m\Omega$$

### Reaktanzen der Leitung 120/50:

Die Reaktanzen werden mit der Gleichung (14) berechnet. Dabei ist zu beachten, dass die richtigen Werte für  $x'_i$  eingesetzt werden. Für vieradrige Leitungen ist  $x'_i = 0,08m\Omega/m$ . Die Längen entsprechen den Längen, die für die Widerstandsberechnung verwendet wurden.

$$X_L = l * x'_L$$

$$X_{PEN120} = X_{L120} = x'_L * l = 0,08 \frac{m\Omega}{m} * 35m = 2,8m\Omega$$

---

<sup>95</sup> (Siemens.com, 2019) S.106

<sup>96</sup> (Siemens.com, 2019) S.108

<sup>97</sup> (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.70

$$X_{L240} = X_{PEN} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} * 7m = 0,56m\Omega$$

$$X_{L95} = X_{PEN} = 0,08 \frac{m\Omega}{m} * 30m = 2,4m\Omega$$

$$X_S = X_{SPE} = 0,12 \frac{m\Omega}{m} * 15m = 1,8m\Omega$$

$$X_k = \sum X_i = X_{G1} + X_{L120} + X_{PEN120} + X_{L240} + X_{PEN240} + X_{L95} + X_{PEN95} + X_S + X_{SPE} + X_{TMS} + X_{TNS} \quad (25)$$

$$X_k = (6,06 + 0,56 + 0,56 + 2,8 + 2,8 + 2,4 + 2,4 + 1,8 + 1,8 + 3,8 + 7,96)m\Omega \\ = 32,94m\Omega$$

Abschließend wird die Summe aller Impedanzen berechnet. Dafür wird Gleichung (11) genutzt.

$$Z_k = \sqrt{(75,66m\Omega)^2 + (32,94m\Omega)^2} = 83,71m\Omega$$

$$I''_{k1} = \frac{0,9 * 400V}{\sqrt{3} * 83,71m\Omega} = 2483A$$

Der einpolige KSS in der NSHV SV beträgt 2483A. Auf diesen Wert müssen die Leistungsschalter eingestellt werden. Der Auslösestrom, der an den Leistungsschaltern eingestellt

werden kann muss kleiner sein als  $I''_{k1}$ . Ist der Auslösestrom kleiner als der kleinste KSS ist eine Abschaltung des Leistungsschalters gewährleistet. Anschließend muss die Kennlinie (Strom-Zeit-Kennlinie  $I^2t$ ) des Schalters an die Dauer des KSS angepasst werden. Die in Braunschweig verwendeten Generatoren können den einpoligen KSS für ca. 1,5s halten. In dieser Zeit müssen die Leistungsschalter den KSS abschalten können. Es ist darauf zu achten, dass die Kennlinien der Leistungsschalter (von der NSHV bis zum Generator) sich nicht schneiden. Es muss im gesamten Netz Selektivität herrschen. Es dürfen nur die Schutzeinrichtungen den KSS abschalten, welche sich Schaltungstechnik am nächsten an der Fehlerstelle befinden. Dabei ist die Stromflussrichtung von der Fehlerquelle bis zur Stromquelle zu beachten. Der KSS muss abgeschaltet werden, bevor er zu Schäden an Personen oder der Anlage führen kann. Die oberste Priorität liegt auf dem Personenschutz durch Abschaltung. Das Schutzziel muss erfüllt sein. Schäden an der Anlage durch den kleinsten KSS sind thermische Schäden durch Erwärmung. Im Generatorbetrieb beträgt die Kurzschlussdauer etwa 2s bis 3s<sup>98</sup>. Die 3s Kurzschlussdauer treffen auf den zweipoligen und den dreipoligen KSS, der generatornah ist zu. Für den generatorfernen einpoligen KSS, der in der NSHV SV auftritt, ist eine Dauer von ca. 1,5s zu erkennen. In dieser Zeit müssen die Schutzeinrichtungen den KSS abschalten [Abb.14].

---

<sup>98</sup> Vgl. (Rosa, 2007) S.154

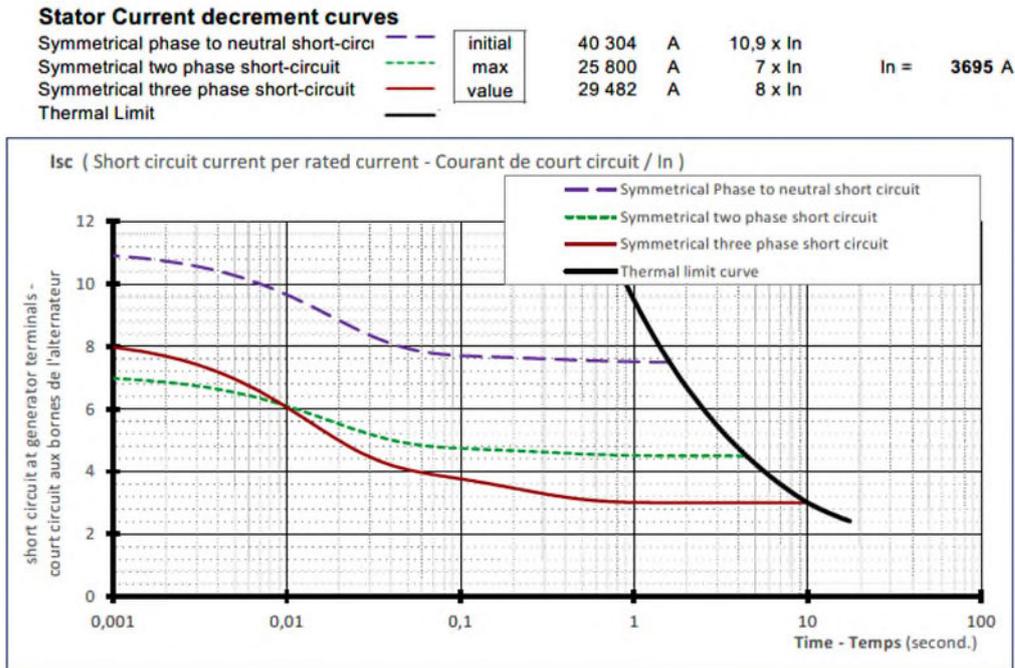


Abbildung 14: Auszug aus dem Generatordatenblatt

**4.2.1.1 Erkenntnis der Berechnung des minimalen Kurzschlussstroms**

Im Generatordatenblatt ist der zweipolige KSS als kleinster KSS angegeben [Abb.14]. Der zweipolige KSS ist mit 25.800A angegeben und der einpolige KSS mit 40.304A. Aufgrund dessen muss die Kurzschlussstromberechnung mit dem zweipoligen KSS durchgeführt werden. Dies wurde händisch durchgeführt. Ebenfalls wurde der einpolige KSS als kleinster Strom angenommen und händisch ausgerechnet. Der einpolige KSS ist in den meisten Fällen der kleinste KSS. Bei dem Vergleich der beiden Kurzschlussströme ergab sich folgendes Ergebnis.

Beim einpoligen Kurzschluss ist eine Phase mit dem PE-Leiter kurzgeschlossen. Der Strom fließt über eine Phase und den PE-Leiter. Beim zweipoligen Kurzschluss sind zwei Phasen miteinander kurzgeschlossen. Dadurch muss beim zweipoligen KSS nur der Widerstand für den Phasenquerschnitt berechnet werden. Dieser wird bei der Berechnung von  $R_k$  mit 2 multipliziert. Damit geht der Widerstand der Phase zwei Mal in die Berechnung ein. Unwissenschaftlich ausgedrückt einmal für den Hinweg und einmal für den Rückweg des Stroms.

Werte in mΩ	einpoliger KSS		zweipoliger KSS	
	Widerstand R	Blindwiderstand X	Widerstand R	Blindwiderstand X
L120	10,98	2,8	10,98	2,8
PEN50	16,59	2,8	-	2,8
L240	1,1	0,56	1,1	0,56
PEN25	6,64	0,56	-	0,56

L95	11,89	2,4	11,89	2,4
PEN25	28,44	2,4	-	2,4
S	0,01	1,8	0,01	1,8
SPE	0,01	1,8	0,01	1,8
TMS	0,49	3,8	0,49	3,8
TNS	0,81	7,96	0,81	7,96
Generator		6,06		16,23
Gesamt	76,96	32,94	49,26	43,11
Impedanz	83,71		65,46	
KSS in kA	2,483		3,175	

**Tabelle 8: Vergleich einpoliger/zweipoliger KSS**

Der Kurzschlussstrom  $I''_{k1}$  ist somit der kleinste KSS. Dieser unterschied entsteht durch den generatornahen und generatorfernen KSS. Meist ist der  $I''_{k1}$  der kleinste KSS, da es sich um einen generatorfernen KSS handelt. Nachweisen, ob es sich um einen generatorfernen oder generatornahen KSS handelt, lässt sich mit Gleichung (8).

$$R_L \geq \frac{U^2}{S_{rG}} * \sqrt{0,25 - (x''_d)}$$

Für  $R_L$  kann der Gesamtwiderstand  $R_k$  eingesetzt werden. Dabei muss das  $R_k$  aus der Rechnung mit dem zweipoligen KSS verwendet werden, da dieser eigentlich der kleinste KSS ist.

$$49,26m\Omega \geq \frac{400V^2}{2560kVA} * \sqrt{0,25 - (x''_d)} = 22,48m\Omega$$

Da die Gleichung erfüllt ist und der Widerstand für den Weg von der Spannungsquelle bis zur Fehlerstelle in der NSHV SV größer ist, muss mit einem generatorfernen KSS gerechnet werden. Dadurch muss mit dem einpoligen KSS gerechnet werden. Die Bedingung aus Gleichung (8) ist auch mit der einpoligen Kurzschlussstromberechnung gegeben. Die Unterschiede der  $R_k$ -Werte entstehen maßgeblich durch die Leiterwiderstände. Die Querschnitte der PE-Leiter sind kleiner als die der Phasen und sorgen somit für einen größeren Widerstand. Deutlich zu erkennen ist das bei den Widerständen der 95mm<sup>2</sup> Kabel. Der Widerstand des 25mm<sup>2</sup> PE ist mehr als doppelt so groß. Somit ist der einpolige der kleinste KSS. Auf diesen Strom müssen die Schutzeinrichtungen eingestellt werden.

## 4.2.2 Berechnung des maximalen Kurzschlussstroms

Der maximale Kurzschlussstrom tritt in der NSHV SV genau dann auf, wenn die NSHV über die drei 1600kVA Transformatoren gespeist wird. Die Kurzschlüsse der einzelnen Transformatoren addieren sich. Bei Parallelgeschalteten Transformatoren addieren sich die Ströme nach dem ersten Kirchhoff'schen Gesetz.

Der maximale Kurzschlussstrom in der Mittelspannung wird durch das Netz und Generatorbetrieb bestimmt. Es werden jeden Monat die NEAs geprüft. Dabei kommt es zu einem Netzparallelbetrieb zwischen den Generatoren und der Netzeinspeisung. Im Parallelbetrieb tritt der maximale KSS auf. Dieser wird durch die 1600kVA Transformatoren begrenzt. Dadurch ergibt sich folgende Darstellung und Berechnung [Abb.15].

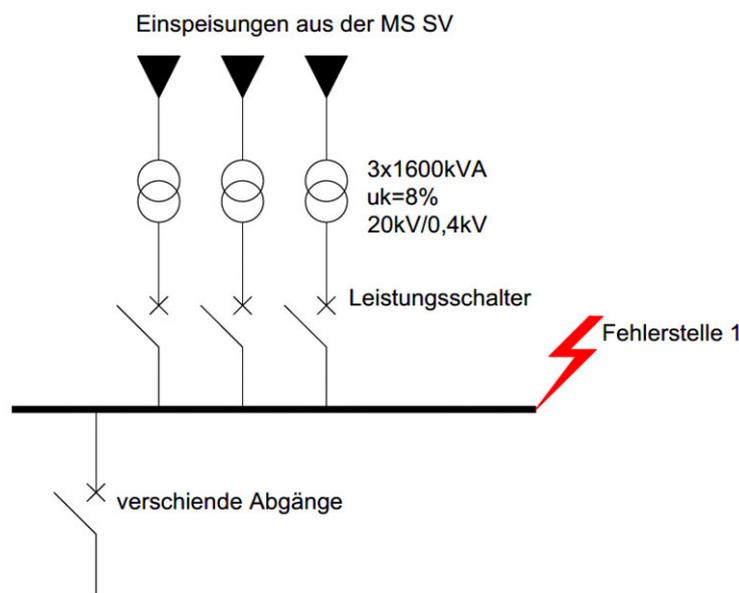


Abbildung 15: Schema Kurzschlussstrom NSHV SV

Durch die strombegrenzende Wirkung der Transformatoren vereinfacht sich die Rechnung des maximalen KSS. Es muss, wie bei dem kleinsten KSS die Impedanzen des Stromkreises und anschließend der KSS berechnet werden. Der maximale KSS ist der dreipolige Kurzschlussstrom. Der Generator erzeugt den maximalen KSS bei einem einpoligen KSS. Aufgrund des generatorfernen Kurzschlusses in der NSHV SV wird mit dem dreipoligen gerechnet.

**Transformator  $T_{NS}$ :**

$$Z_{TNS} = \frac{u_{kr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{8\%}{100\%} * \frac{(400V)^2}{4800kVA} = 2,67m\Omega$$

$$u_{Rr} = \frac{P_{krT}}{S_{rT}} * 100\% = \frac{13kW}{1600kVA} * 100\% = 0,81\%$$

$$R_{TNS} = \frac{u_{Rr}}{100\%} * \frac{U_{rT}^2}{S_{rTMS}} = \frac{0,81\%}{100\%} * \frac{(400V)^2}{4800kVA} = 0,27m\Omega$$

$$X_{TMS} = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{(2,67m\Omega)^2 - (0,27m\Omega)^2} = 2,66m\Omega$$

Die Transformatoren sind über Stromschienen mit der NSHV SV verbunden. Es gibt aufgrund des Grundrisses drei verschiedene Längen für die Stromschienen (7m/10/15) [Anhang 2: 6.2.12]. Da über alle Transformatoren eingespeist wird, wird der Durchschnitt der drei Längen zum Berechnen des KSS verwendet.

$$l = \frac{(7 + 10 + 15)m}{3} = 10,67m$$

$$R_S = \frac{l}{k * S * n} = \frac{10,67m * 1000}{54 \frac{m}{\Omega mm^2} * 32400mm^2 * 3} = 2,03 * 10^{-3}m\Omega$$

$$X_S = l * x'_L = 10,67m * 0,12 \frac{m\Omega}{m} = 0,43m\Omega$$

Aus den einzelnen Werten für die Widerstände und Blindwiderstände ergibt sich die Schleifenimpedanz.

$$R_k = R_{TNS} + R_S = 0,27m\Omega + 2,03 * 10^{-3}m\Omega = 0,27203m\Omega \sim 0,27m\Omega$$

$$X_k = X_{TNS} + X_S = 2,66m\Omega + 0,43m\Omega = 3,09m\Omega$$

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_k^2} = \sqrt{(0,27m\Omega)^2 + (3,09m\Omega)^2} = 3,01m\Omega$$

Mit der Impedanz wird der Kurzschlussstrom genauso, wie bei dem minimalen KSS berechnet. Nur der Faktor c wird von  $c_{min}$  zu  $c_{max}$  abgeändert. Damit ergibt sich ein Wert von  $c_{max} = 1,1^{99}$  [Tab.5].

$$I''_{k3} = \frac{c_{max} * U_n}{\sqrt{3} * Z_k} = \frac{1,1 * 400V}{\sqrt{3} * 3,01m\Omega} = 84,4kA$$

Der maximale KSS beträgt 84,4kA. Auf diesen KSS muss die elektrische Anlage der NSHV SV bemessen sein. Sie muss die mechanischen Wirkungen aushalten können. Bei dem maximalen KSS wird eine maximale Dauer dieses Stroms von 1s angenommen. Das heißt die NSHV SV muss einen Strom von 84,4kA für 1s halten können.

#### 4.2.2.1 Berechnung des Stoßkurzschlussstroms

Der Stoßkurzschlussstrom ist der größte Augenblicksmoment des KSS. Dieser muss ermittelt werden um die elektrische Anlage den mechanischen Belastungen entsprechend auszuliegen. Der Stoßkurzschlussstrom wird wie folgt berechnet.

$$i_p = k * \sqrt{2} * I''_{k3} \tag{26}$$

---

<sup>99</sup> (Balzer, Nelles, & Tuttas, 2001) S.197

Der Faktor  $k$  ergibt sich aus dem Verhältnis  $R/X$  des Kurzschlussstromkreises. Mit Hilfe des Diagramms auf Abbildung 16 kann  $k$  bestimmt werden. Wenn dieses Verhältnis nicht bekannt ist, kann in der Praxis mit

$$i_p = 2,5 * I''_{k3}$$

gerechnet werden<sup>100</sup>.

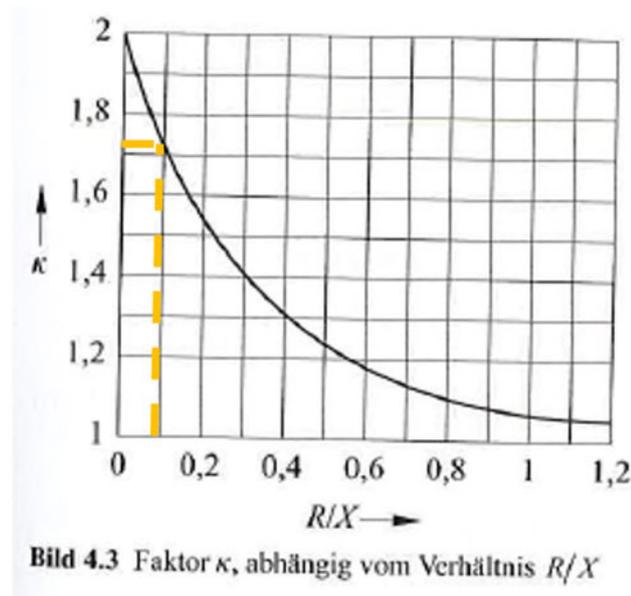


Abbildung 16: Faktor  $k$  in Abhängigkeit vom Verhältnis  $R/X$ <sup>101</sup>

$R_k = 0,27\text{m}\Omega$  und  $X_k = 3,09\text{m}\Omega$ . Daraus entsteht ein Verhältnis von ca. 0,08. Mit diesem Wert wird  $k$  in Abbildung 16 bestimmt.

$$i_p = 2,5 * 84,4\text{kA} = 211\text{kA}$$

$$i_p = 1,72 * \sqrt{2} * 84,4\text{kA} = 205,3\text{kA}$$

Durch das niedrige Verhältnis von  $R/X$  kommt es zu einer geringen Abweichung, wobei der Fehler auf der Seite des Planers liegt. Wenn ein größerer KSS angenommen ist und die Anlage auf diesen ausgelegt ist, hält sie den real kleineren KSS auf jeden Fall aus.

<sup>100</sup> Vgl. (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.65

<sup>101</sup> (Kasikci & Ayx, Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden, 2018) S.65

### 4.2.3 Kurzschlussstromvergleich zwischen Handrechnung und Simaris Design 9

Um die händisch berechneten Werte zu prüfen, wird Simaris Design 9 genutzt. In Simaris wird der Netzplan von der Mittelspannung aus hin zur NSHV aufgebaut. Anschließend wird der Betriebszustand eingestellt. Es speisen alle drei Transformatoren parallel die NSHV SV. Daraufhin werden die Komponenten definiert. Dazu wurde die bereits getätigte Kurzschlussstromberechnung der Firma IB SÜSS verwendet<sup>102</sup>.

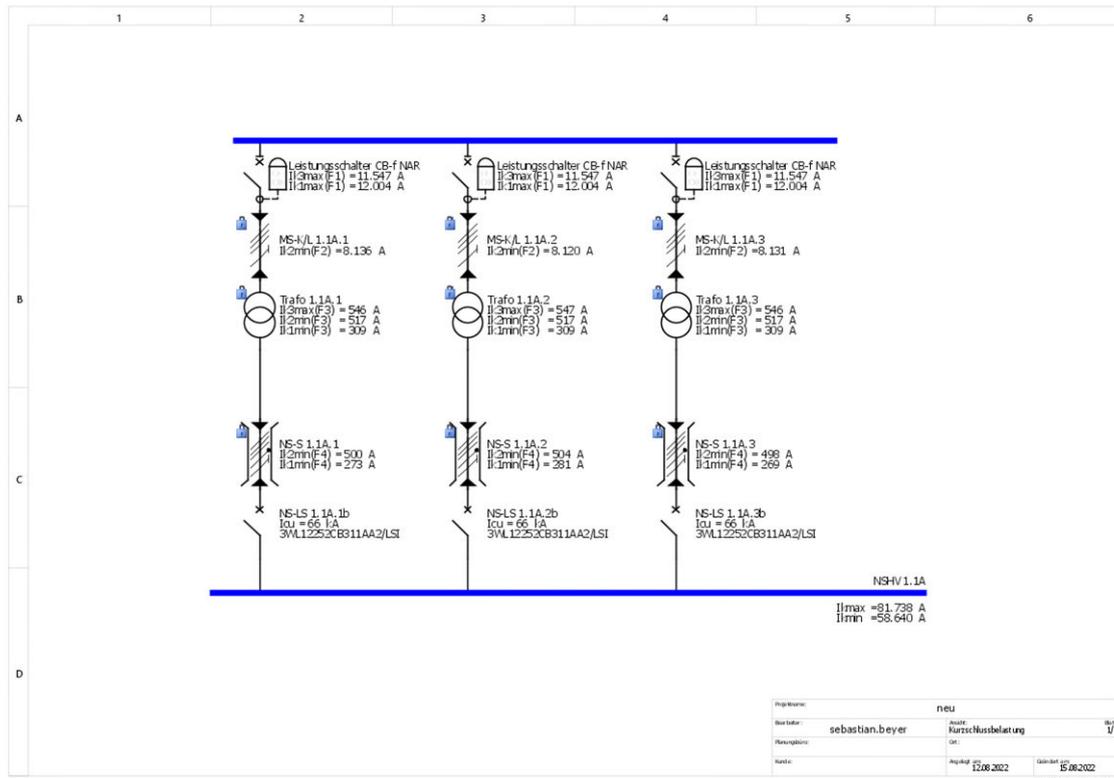


Abbildung 17: Simaris Design 9 KSS Schema

Aus der Simaris-Berechnung ergibt sich der Wert 81,7kA für den maximalen KSS. Vergleicht man diesen mit dem händisch berechneten Wert von 84,4kA, befinden sich beide Werte in der gleichen Größenordnung. Der größere Wert ist dabei kein Nachteil, da die Ungenauigkeit auf der sicheren Seite liegt.

Der minimale Kurzschlussstrom im Generatorbetrieb lässt sich mit Simaris Design 9 nicht darstellen. Simaris behandelt die Mittelspannung sowie die Generatoren als Einspeiseelement. Dadurch kann kein Netz aufgebaut werden, indem Generatoren auf Transformatoren speisen. Die Transformatoren und Generatoren werden immer als separate Einspeisungen

<sup>102</sup> Anhang 2: 6.2.12

angenommen. Die KSS-berechnung in Simaris folgt immer dem Stromfluss von der Mittelspannung hin zur Niederspannung. Das NEAs auf Transformatoren speisen, um damit eine Mittelspannung zu versorgen, ist in der Bauweise, wie sie im Klinikum Braunschweig vorkommt eine Ausnahme.

#### 4.2.4 Prüfung der Kurzschlussstromfestigkeit der NSHV SV

Jede elektrische Anlage ist Kurzschlussstromfest zu errichten. Das heißt die mechanischen als auch thermischen Auswirkungen der Kurzschlussströme können von der Anlage ausgehalten und abgeschaltet werden. Die Abschaltung muss bevor es zu Schäden an Personen, den Schutzeinrichtungen oder der Anlage kommt erfolgen. Dazu sind die DIN VDE 0103<sup>103</sup> und die DIN VDE 0100-520<sup>104</sup> heranzuziehen.

Die Kurzschlussstromfestigkeit der NSHV SV ist gemäß des LV auf 100kA für den Bemessungskurzzeitstrom  $I_{cw}$  [kA, 1s] zu bemessen. In Tabelle 4 sind die technischen Daten für die Sammelschienen angegeben. Die Stoßkurzschlussstromfestigkeit beträgt 220kA. Diese Werte sind ebenfalls in der Planung verwendet wurden. In der Ausführungsplanung der NSHV SV<sup>105</sup> ist eine Bemessungskurzzeitstromfestigkeit von 100kA angegeben. Dies entspricht dem Wert, der im LV gefordert ist.

Die 100kA gelten für die gesamte NSHV. Alle geplanten Komponenten besitzen diese Kurzschlussstromfestigkeit. Dazu zählen unter anderem die Stromschienen, die Schalter, die Schaltschränke selbst, genauso wie die Schraubverbindungen und Stützer, die die Stromschienen mit dem Schaltschrank verbinden. Ebenfalls in der Ausführungsplanung zu erkennen sind die Kurzschlussstromfestigkeitswerte für die geplanten Schalteinrichtungen. Für die Einspeisung der Transformatoren sind 3WA1225 Leistungsschalter von der Firma Siemens geplant. Diese besitzen ein Schaltvermögen von bis zu 150kA.

---

<sup>103</sup> Kurzschlussströme – Berechnung der Wirkung

<sup>104</sup> Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen

<sup>105</sup> Anhang 2: 6.2.7

Schaltvermögen		Bemessungsstrom										
Klasse	bei 500 V AC [kA]	630 A	800 A	1000 A	1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A	5000 A	6300 A
C	150											
H	100											
M	85											
S	66											
N	55											

Abbildung 18: Auszug aus Leistungsschalterdatenblatt<sup>106</sup>

Für die NSHV SV werden 3WA1225 Schalter verwendet. 3WA steht für den Typ des Leistungsschalters. Die 12 steht für die Baugröße und die 25 steht für einen Betriebsstrom von 2500A. Aufgrund dieser Daten kommen für die Anlage nur zwei Schaltvermögen zur Auswahl. In der NSHV SV entsteht ein maximaler KSS von 84,4kA. Es werden also 3WA1225 Schalter mit einem Schaltvermögen von 100kA ausgewählt. Schalter mit einem Schaltvermögen von 150kA wären überdimensioniert und daher nicht wirtschaftlich.

Das 100kA Schaltvermögen entspricht der Anforderung aus dem LV.

Des Weiteren wird in der NSHV SV die NSHV AV gekoppelt. Für die Kupplung wird ein 3WA1232 Leistungsschalter verwendet. Für diesen Leistungsschalter gibt es zwei sinnvolle Ausführungen, zum einen mit einem Schaltvermögen von 85kA und zum anderen mit 100kA. Geplant ist der Schalter in der 100kA Ausführung. Die 85kA sind zu knapp bemessen, bei einem KSS von 84,4kA.

Für die Abgänge in der NSHV SV werden Lasttrennschalter verwendet. Es sind 3NJ630 Schalter geplant. Diese gibt es in verschiedenen Ausführungen, der Kurzschlussstromfestigkeit. Auch bei diesem Schalter gibt es eine Ausführung mit 100kA<sup>107</sup>.

Die Abgänge zu Gebäude P und Q und der Gebäudehauptverteilung SV1 werden wie die Leistungsschalter für die Transformatoren mit 100kA Schaltvermögen verwendet.

Auf Grundlage der maximalen KSS-berechnung wurden die Pläne sowie das Leistungsverzeichnis für die NSHV SV geprüft. Der maximale Kurzschlussstrom beträgt 84,4kA und die Schaltanlage der NSHV besitzt eine Kurzschlussstromfestigkeit von 100kA. Daraus lässt sich Schlussfolgern, dass die NSHV SV ausreichend dimensioniert ist. Sowohl die in der Ausführungsplanung als auch im Leistungsverzeichnis angegebenen Werte sind damit zulässig.

<sup>106</sup> (Siemens, 2022) S.23

<sup>107</sup> (mall.industry.siemens.com, 2022)

## 5 Fazit

Aufgrund der Bachelorarbeit wurde das Stromnetz des Klinikums Braunschweig untersucht. Ziel der Untersuchung war die Prüfung der NSHV SV auf die Kurzschlussstromfestigkeit und ob das Stromnetz des Klinikums den einschlägigen Normen und Anforderungen entspricht. Zur Stromversorgung zählen drei NEAs sowie die MS-Ringnetze und die NSHV.

Die SV des Klinikums Braunschweig erfolgt über drei NEAs, die den internen MS SV-Ring versorgen. Die SV tritt bei Netzschwankungen und Ausfällen ein. Die SV ist getrennt von der AV aufgebaut, wodurch bei Ausfall des Netzes die SV dennoch gewährleistet ist. Dazu gehören Anlasserbatterien, die die NEAs 3-malig für 10s mit 5s Pause starten können. Des Weiteren sind die Steuerungsbatterien der NEAs getrennt von den Anlasserbatterien aufgebaut. Kommt es durch den Start einer NEA zu Spannungsschwankungen, ist die Steuerung davon nicht betroffen.

Um den Anforderungen des Auftraggebers sowie den Normen zu entsprechen werden die Abgas- und Lärmemissionswerte eingehalten. Es hat sich gezeigt, dass die Dieselmotoren der NEAs aufgrund der kraftstoffoptimierten Variante, die Abgaswerte für Ruß <50mg/Ncbm einhalten können. Nach Absprache mit ABZ ist deutlich geworden, dass die Lärmschutzwerte, die im LV gefordert waren, nicht eingehalten werden können. Das LV fordert 60dB in 5m Entfernung. Laut ABZ kann die dB-Grenze nicht eingehalten werden. Die NEAs schaffen einen dB-Wert von 70dB in 10m Entfernung. Durch die Absprache mit ABZ hat sich herausgestellt, dass die NEAs zulässig sind.

An NEAs besteht gemäß der DIN VDE 0100-710 die Anforderung, dass der Vorratstank für mindestens 24h SV dimensioniert sein muss. Zusätzlich muss ein Tagestank, welcher über eine Hand- und eine elektrische Pumpe aus dem Vorratstank versorgt wird, verbaut werden. Diesen Anforderungen kommt das LV mit einem 80.000 Liter Vorratstank und einem 1000 Liter Tagestank nach. Die 80.000 Liter Kraftstoff reichen bei einem Betrieb mit drei NEAs für min. 53 Stunden. An dem Vorratstank ist eine elektrische sowie eine Handflügelpumpe verbaut.

Um die SV zu gewährleisten sind zwei der drei NEAs von Nöten. Zwei NEAs sorgen für die SV, während die dritte NEA als Redundanz dient oder für eine Vollversorgung genutzt werden kann. Hierfür werden bei Netzausfall zwei NEAs hochgefahren und zugeschaltet. Anschließend wird die dritte NEA nachsynchronisiert und zugeschaltet. Zu beachten gilt die maximale Stromunterbrechung am Endverbraucher von 15s für medizinische Einrichtungen. Die NEAs können diese bei SV durch zwei NEAs einhalten. Es befindet sich zum Zeitpunkt der Bachelorarbeit noch in der Planung, ob die 15s auch mit dem Hochfahren von drei NEAs möglich ist.

Die geplanten NEAs sind als Sicherheitsstromquelle für medizinische Einrichtungen zulässig. Die bei ABZ bestellten NEAs entsprechen sowohl dem LV als auch den einschlägigen Normen.

Die Stromversorgung des Klinikums Braunschweig ist in zwei Teile aufgeteilt. Es besteht aus einer AV und einer SV. Die AV als auch SV werden im Netzbetrieb über zwei voneinander getrennte Einspeisungen aus dem Braunschweiger Netz gespeist. Die Einspeisung erfolgt über die Mittelspannung mit 20kV. Anschließend werden die Gebäude über die Mittelspannung miteinander verbunden. Dadurch entsteht je ein Mittelspannungsring, einer für die AV und einer für die SV. Ringeinspeisungen sorgen für eine hohe Versorgungssicherheit. Fällt ein Zweig des Ringes aus können die Gebäude von dem funktionsfähigen Zweig weiterhin versorgt werden. Des Weiteren gibt es zwei Einspeisungen aus dem Netz. Das sorgt ebenfalls für eine höhere Versorgungssicherheit. Fällt eine Einspeisung aus, kann die zweite Einspeisung die Versorgung weiterhin garantieren. Ein weiterer Vorteil der Mittelspannung ist die verlustärmere Energieübertragung. Die Liegenschaft des Klinikums ist weitläufig und mit der Mittelspannung kann die Energie leichter über größere Strecken verteilt werden. Außerdem sind die Mittelspannungskabel aus Aluminium. Diese sind günstiger als Kupferkabel. Es ergibt sich eine höhere Wirtschaftlichkeit der Energieverteilung.

Die NEAs speisen auf je einen Transformator (2500kVA). Diese transformieren die 400V vom Generator in 20kV. Die Transformatoren speisen mit auf den Mittelspannungsring. Von der Mittelspannung wird die NSHV SV versorgt. Die NSHV AV ist über eine Kupplung mit der NSHV SV verbunden. Wenn drei NEAs für die Vollversorgung sorgen, ist die Kupplung zwischen NSHV AV und NSHV SV geschlossen. Das heißt die NSHV AV wird nur als Strang an die NSHV SV angeschlossen. Dadurch kann sie leichter abgeschaltet werden. Eine Unterbrechung der SV durch z.B. Überlast der AV ist nicht zulässig. Dieser Anforderung ist mit der Ausführung der AV als Strang nachgekommen.

Die Stromversorgung des Klinikums in Braunschweig entspricht den Anforderungen an die Stromversorgung in medizinischen Bereichen laut DIN VDE 0100-710. Das ist unter anderem deutlich geworden durch den Aufbau der Ringnetze und der voneinander getrennte Aufbau der AV und SV.

Die Kurzschlussstromberechnung in der NSHV SV legt dar, dass die NSHV SV und deren geplante Komponenten ausreichend dimensioniert sind. Die NSHV ist Kurzschlussstromfest geplant. Durch die Berechnung des minimalen und maximalen KSS ist zu erkennen, dass der minimale KSS während des Generatorbetriebs auftritt und der maximale KSS durch die Transformatoren (1600kVA) begrenzt wird. Beide Ströme sind aufgrund des Widerstandes von der Stromquelle zur Fehlerstelle generatorfern zu berechnen. Dadurch werden typische Formeln für den dreipoligen (maximaler KSS) und für den einpoligen (minimaler KSS) verwendet. Auf den kleinsten KSS müssen die in der NSHV SV geplanten Leistungsschalter eingestellt werden. Der Auslösestrom der Schalter muss geringer sein als der kleinste KSS. Eine rechtzeitige Abschaltung des minimalen KSS ist entscheidend um

thermische Schäden an Leitungen und der Anlage zu vermeiden. Der kleinste KSS beträgt 2483A.

Während der Berechnung des maximalen KSS wurde die Erkenntnis erlangt, dass der KSS durch die Transformatoren begrenzt und bestimmt wird. Die Transformatoren besitzen eine Kurzschlussspannung  $u_k$  von 8%. Je größer dieser Wert ist, desto kleiner ist der maximale KSS. Der größte bzw. maximale KSS ist im Gegensatz zum minimalen nicht für die Einstellung der Schalter verantwortlich. Dieser Strom muss von der Anlage ausgehalten werden. Die elektrische Anlage ist für eine Kurzschlussstromfestigkeit von 100kA dimensioniert. Der maximale KSS beträgt 84,4kA. Die Dimensionierung von 100kA gilt für alle Anlagenkomponenten. Also unter anderem für die Leistungsschalter, die Stromschienen und die Schalt-schränke und deren Verbindungen zu den Stromschienen.

Abschließend ist deutlich geworden, dass die Anforderungen an die Stromversorgung, die NEA sowie an die NSHV SV eingehalten sind. Alle betrachteten Gesichtspunkte des Klinikums Braunschweig sind auf die Einhaltung der Normen und des Schutzziels für medizinische Einrichtungen ausgelegt. Damit ist die These, „Die NSHV SV ist für den Kurzschlussstromfall ausreichend dimensioniert“, geprüft und als wahre Aussage zu deklarieren.

## Literaturverzeichnis

Balzer, G., Nelles, D., & Tuttas, C. (2001). *Kurzschlussstromberechnung nach VDE 0102*. Berlin, Offenbach: VDE Verlag.

Bauer Elektroanlagen GmbH & Co. KG. (2022). Firmeninterne Projektdokumente.

BDEW. (2008). *TAB Mittelspannung 2008*.

Benefeld, L. (25. 08 2022).

Beuth.de. (2018). *DIN VDE 0100-710:2018-09- Entwurf*. Von <https://www.beuth.de/de/norm-entwurf/din-vde-0100-710/293707567> abgerufen

bundesbaurecht.de. (21. 08 2022). *Richtlinie über den Bau und Betrieb von Krankenhäusern (Krankenhausbaurichtlinie - KhBauR)*. Von <http://www.bundesbaurecht.de/Demo/0500010100%20Landesbauordnungen%20und%20vorschriften/05000101000D10%20Uebersicht/05000101000D1019.php> abgerufen

bwp-gmbh.de. (10. 08 2022). *Der Zentrale Erdungspunkt (ZEP)*. Von <https://bwp-gmbh.de/wp-content/uploads/2017/03/Der-Zentrale-Erdungspunkt-ZEP.pdf> abgerufen

dev.de. (2022). *Containeraggregate*. Von [https://www.dev.de/\\_glossar/containeraggregate.php](https://www.dev.de/_glossar/containeraggregate.php) abgerufen

elektro.net. (12 2010). *Rechnerische Ermittlung des Schleifenwiderstands*. Von [https://www.elektro.net/file/show/80436/efd5e1/DE\\_12\\_10\\_EI41.pdf](https://www.elektro.net/file/show/80436/efd5e1/DE_12_10_EI41.pdf) abgerufen

elektro.net. (10. 08 2022). *ZEP und PE richtig Planen*. Von [https://www.elektro.net/file/show/81854/58d26f/DE\\_08\\_08\\_EI41.pdf](https://www.elektro.net/file/show/81854/58d26f/DE_08_08_EI41.pdf) abgerufen

elektro-plus.de. (05. 07 2022). *Technische Anforderungen an Elektroinstallationen für Ladeeinrichtungen*. Von <https://www.elektro-plus.com/elektromobilitaet/technische-anforderungen-an-elektroinstallationen-fuer-ladeeinrichtungen> abgerufen

elektropraktiker.de. (2010). *EMV-gerechte Ausführung von NS-Schaltanlagen*. Von [https://www.elektropraktiker.de/ep-2010-04-328-336.pdf?eID=tx\\_nawsecuredl&fallId=9078&hash=b5338b75fe193f2b8132fe159a863331](https://www.elektropraktiker.de/ep-2010-04-328-336.pdf?eID=tx_nawsecuredl&fallId=9078&hash=b5338b75fe193f2b8132fe159a863331) abgerufen

- enargus.de. (1. 07 2022). *Mittelspannung*. Von <https://www.enargus.de/wiki/?q=Mittelspannung> abgerufen
- enargus.de. (01. 07 2022). *Niederspannung*. Von <https://www.enargus.de/wiki/?q=Niederspannung> abgerufen
- Enargus.de. (30. 06 2022). *Ringnetz*. Von [https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d10822-2/\\*\\*/Ringnetz.html?jsearch=1&search=Ringnetz&op=Wiki.getwiki](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d10822-2/**/Ringnetz.html?jsearch=1&search=Ringnetz&op=Wiki.getwiki) abgerufen
- Enargus.de. (30. 06 2022). *Strahlennetz*. Von [https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d12263-2/\\*\\*/Strahlennetz.html?op=Wiki.getwiki#:~:text=Strahlennetze%20werden%20auch%20als%20Radialnetze,einer%20gemeinsamen%20Ortsnetzstation%20versorgt%20werden](https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d12263-2/**/Strahlennetz.html?op=Wiki.getwiki#:~:text=Strahlennetze%20werden%20auch%20als%20Radialnetze,einer%20gemeinsamen%20Ortsnetzstation%20versorgt%20werden) abgerufen
- Erich-hartner.at. (2022). *Asynchrongenerator oder Synchrongenerator*. Von <https://www.erich-hartner.at/verschiedene-stromerzeugertypen/asynchrongenerator-oder-synchrongenerator#:~:text=Wie%20funktioniert%20der%20Synchrongenerator%3F,und%20der%20Gr%C3%B6%C3%9Fe%20des%20Erregerstromes>. abgerufen
- faberkabel.de. (10. 08 2022). *Mittelspannungskabel*. Von <https://shop.faberkabel.de/Starkstromkabel-1-30-kV/Mittelspannungskabel/Mittelspannungskabel-NA2XS2Y/011448.html> abgerufen
- faberkabel.de. (10. 08 2022). *Niederspannungskabel*. Von <https://shop.faberkabel.de/Starkstromkabel-1-30-kV/Niederspannungskabel/Starkstromkabel-NAYY-J-O/090022.html> abgerufen
- Flosdorff , R., & Hilgarth, G. (2000). *Elektrische Energieverteilung*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Flügel, T. (2006). *Stromversorgung in medizinisch genutzten Einrichtungen*. Köln: TÜV Media GmbH Verlag.
- grote.com. (19. 02 2016). *Was ist Überstrom*. Von <https://de.grote.com/knowledge-base/what-is-an-overcurrent/> abgerufen
- Heinzinger.de. (01. 07 2022). *Was ist Mittelspannung?* Von <https://www.heinzinger.de/glossar/mittelspannung/> abgerufen
- Hochspannungsblog.at. (2022). *Stromtransport: Die Spannung machts!* Von <https://www.hochspannungsblog.at/Wissenswertes/Netzaufbau/Spannungsebenen> abgerufen

- Kasikci, I. (2015). Kurzschlussstromberechnung. In I. Kasikci, *Planung von Elektroanlagen* (S. 62). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. Von Kur:  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40970-7\\_7](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40970-7_7) abgerufen
- Kasikci, I., & Ayx, R. (2018). *Projektierungshilfe elektrischer Anlagen in Gebäuden*. Berlin, Offenbach: VDE Verlag.
- Kny, K.-H. (2009). *elektropraktiker.de*. Von Anwenden von Kurzschlussbemessungsgrößen: [https://www.elektropraktiker.de/ep-2009-01-52-56.pdf?elD=tx\\_nawsecuredl&fallD=8513&hash=246258863fbbe23e1739e62b427a74b1#:~:text=Der%20minimale%20Kurzschlussstrom%20wird%20zur,Anlagen%20sowie%20von%20Kabeln%20und](https://www.elektropraktiker.de/ep-2009-01-52-56.pdf?elD=tx_nawsecuredl&fallD=8513&hash=246258863fbbe23e1739e62b427a74b1#:~:text=Der%20minimale%20Kurzschlussstrom%20wird%20zur,Anlagen%20sowie%20von%20Kabeln%20und) abgerufen
- Kny, K.-H. (2017). *Schutz bei Kurzschluss in elektrischen Anlagen*. Berlin: HUSS-MEDIEN GmbH.
- Kollmorgen.com. (10. 08 2022). *Bürstenmotor oder bürstenloser Motor: Der richtige Motor für jede Anwendung*. Von <https://www.kollmorgen.com/de-de/blogs/b%3%bcrstenmotor-oder-b%3%bcrstenloser-motor-der-richtige-motor-f%3%bcr-jede-anwendung/> abgerufen
- lfs-bw.de. (24. 08 2022). *Empfehlungen für die Ersatzstromversorgung von Feuerwehrrhäusern*. Von [https://www.lfs-bw.de/fileadmin/LFS-BW/themen/technik/geraete/dokumente/2021-09-01\\_Empfehlungen\\_fuer\\_die\\_Ersatzstromversorgung\\_von\\_Feuerwehrhaeusern.pdf](https://www.lfs-bw.de/fileadmin/LFS-BW/themen/technik/geraete/dokumente/2021-09-01_Empfehlungen_fuer_die_Ersatzstromversorgung_von_Feuerwehrhaeusern.pdf) abgerufen
- mall.industry.siemens.com. (15. 08 2022). *Sentron Lasttrennschalter mit Sicherungen 3NJ63*. Von <https://mall.industry.siemens.com/mall/de/de/Catalog/Products/10381178> abgerufen
- Mobile.de. (23. 02 2021). *Das sind die häufigsten Standschäden*. Von <https://www.mobile.de/magazin/artikel/auto-standschaeden-ratgeber-52032> abgerufen
- MTU. (10. 08 2022). *Produktübersicht*. Von [https://www.mtu-solutions.com/eu/de/products/power-generation-products-list.suffix.html/Model%20Name=Series%200080/Series%200096/Series%200113\\*.html?wcmmode=934](https://www.mtu-solutions.com/eu/de/products/power-generation-products-list.suffix.html/Model%20Name=Series%200080/Series%200096/Series%200113*.html?wcmmode=934) abgerufen
- Notstromaggregate.com. (2022). *Asynchrongenerator oder Synchrongenerator*. Von <https://www.notstromaggregat.com/asynchrongenerator-oder-synchrongenerator/> abgerufen

- Profi-Stromgeneratoren. (2022). *Kann man ein Notstromaggregat auch mit Heizöl betreiben?* Von <https://www.stromgenerator.pro/kann-man-ein-notstromaggregat-auch-mit-heizoel-betreiben/#:~:text=Nach%20dem%20Energiegesetz%20Kapitel%201,die%20Nutzung%20mit%20Heiz%C3%B6l%20untersagt.> abgerufen
- reimerhass.pbrandt.de. (11. 08 2022). *Der Transformator.* Von Kurzschlussstrom: <http://www.reimerhass.pbrandt.de/kurzschlussstrom.html> abgerufen
- reimerhass.pmbrendt.de. (05. 07 2022). *Kurzschlussstrom.* Von <http://www.reimerhass.pbrandt.de/kurzschlussstrom.html#:~:text=Der%20unmittelbar%20nach%20Entstehen%20des,so%20genannten%20Dauerkurzschlussstrom%20Ikd%20ein.> abgerufen
- Rosa, A. (2007). *Projektierung von Ersatzstromaggregaten.* Berlin: VDE Verlag GmbH.
- Schaegner, P. (11. 08 2022). *VDOC.pub.* Von Kurzschlussberechnung nach VDE 0102: <https://vdoc.pub/documents/kurzschlussberechnung-nach-vde-0102-7gqkro336r60> abgerufen
- SecuPedia. (16. August 2011). *Schutzziel.* Von <https://www.secupedia.info/wiki/Schutzziel#:~:text=Schutzziele%20sagen%20aus%2C%20welches%20Sicherheitsniveau,erreicht%20werden%20soll%2C%20m%C3%B6glichst%20offen.> abgerufen
- sick-fm.de. (10. 08 2022). *1-Phasen-Transformator.* Von <http://sick-fm.de/m/1-trafo-4.html> abgerufen
- Siemens. (15. 08 2022). *Offener Leistungsschalter 3WA.* Von <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109763061/ger%C3%A4tehandbuch-offener-leistungsschalter-3wa?dti=0&lc=de-DE> abgerufen
- Siemens.com. (2019). *Planung der elektrischen Energieverteilung.* Von [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/425/109478425/att\\_1082629/v1/18Bd2M2-TIP-HB-DE-Interaktiv\\_2019\\_04\\_01.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/425/109478425/att_1082629/v1/18Bd2M2-TIP-HB-DE-Interaktiv_2019_04_01.pdf) abgerufen
- tuvsud.de. (04. 07 2022). *Kurzschlussstromberechnung: Berechnung.* Von <https://www.tuvsud.com/de-de/indust-re/elektrotechnik-info/kurzschlussstromberechnung> abgerufen
- Uhlig, H.-P. (2005). *Elektrische Anlagen in medizinischen Einrichtungen.* München/Heidelberg: Hüthing & Pflaum Verlag.
- VDE.com. (2004). *Notstromaggregate.* Von <https://www.vde.com/resource/blob/937830/63a7f3625b202ae582f66ef0adbdc525/>

vdn--notstromaggregate---richtlinie-fuer-planung--errichtung-und-betrieb-von-anlagen-mit-notstromaggregaten-data.pdf abgerufen

vde-verlag.de. (2022). Schutz von Kabeln und Leitungen bei Überstrom. VDE Verlag GmbH. Von [https://www.vde-verlag.de/buecher/leseprobe/9783800732838\\_PROBE\\_01.pdf](https://www.vde-verlag.de/buecher/leseprobe/9783800732838_PROBE_01.pdf) abgerufen

voltus.de. (01. 07 2022). *Oberschwingungen - Ursachen und Auswirkungen*. Von <https://www.voltus.de/blog/oberschwingungen-ursachen-und-auswirkungen/> abgerufen

wa-stromerzeuger.de. (2022). *Zusätzliche Anforderungen gemäß VDE 0100-710*. Von <https://www.wa-stromerzeuger.de/vde-anforderungen/vde-0100-710/> abgerufen

Weichert, M. E. (2015). *Entwicklung einer Simulationssoftware für dreipolige Kurzschlüsse in Schiffsbetriebsanlagen mit grafischer Bedienoberfläche*. Hamburg: Hochschule Hamburg.

weka.de. (19. 03 2021). *Sicherheitstromversorgung: das Wichtigste kurz zusammengefasst*. Von Dient der Stromversorgung allgemeiner Verbraucher (vgl. [https://www.weka.de/elektrosicherheit/hintergrundinformationen-zur-sicherheitsstromversorgung/#Allgemeinstromversorgung\\_AV](https://www.weka.de/elektrosicherheit/hintergrundinformationen-zur-sicherheitsstromversorgung/#Allgemeinstromversorgung_AV)) abgerufen

weutscheck.com. (01. 07 2022). *Hochspannungs-Hochleistungs-Sicherungen*. Von <https://www.weutscheck.com/index.php/de/neuigkeiten/15-eatons-bussmann-business-news/90-hh-sicherungen> abgerufen

Wikipedia.org. (28. 08 2017). *Kurzschlussspannung*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Kurzschlussspannung#:~:text=Die%20Kurzschlussspannung%20ist%20eine%20Kenng%C3%B6%C3%9Fe,die%20Prim%C3%A4rwicklung%20der%20Bemessungsstrom%20flie%C3%9Ft.> 28.8.2017 abgerufen

Wikipedia.org. (17. 12 2021). *EN 50160*. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/EN\\_50160#:~:text=Die%20EN%2050160%20Merkmal%20der,normalen%20Betriebsbedingungen%20definiert%20und%20spezifiziert.&text=In%20Deutschland%20ist%20die%20Norm,Norm%20DIN%20EN%2050160%20g%C3%BCtig](https://de.wikipedia.org/wiki/EN_50160#:~:text=Die%20EN%2050160%20Merkmal%20der,normalen%20Betriebsbedingungen%20definiert%20und%20spezifiziert.&text=In%20Deutschland%20ist%20die%20Norm,Norm%20DIN%20EN%2050160%20g%C3%BCtig) abgerufen

Wikipedia.org. (03. 05 2022). *Dreiphasenwechselstrom-Transformator*. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/Dreiphasenwechselstrom-Transformator#:~:text=Die%20Schaltgruppe%20Dyn5%20eines%20Dreiphasenwechselstrom,n%20%3D%20herausgef%C3%BChrter%20Sternpunkt%20\(Neutralleiter\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Dreiphasenwechselstrom-Transformator#:~:text=Die%20Schaltgruppe%20Dyn5%20eines%20Dreiphasenwechselstrom,n%20%3D%20herausgef%C3%BChrter%20Sternpunkt%20(Neutralleiter)) abgerufen

- Wikipedia.org. (10. 08 2022). *Elektrischer Kurzschluss*. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer\\_Kurzschluss](https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Kurzschluss) abgerufen
- Wikipedia.org. (12. 06 2022). *Mittelspannungsnetz*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Mittelspannungsnetz> abgerufen
- Wikipedia.org. (13. 4 2022). *Netzschutz*. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/Netzschutz#Differentialschutz\\_\(ANSI\\_87\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Netzschutz#Differentialschutz_(ANSI_87)) abgerufen
- Wikipedia.org. (24. 01 2022). *Niederspannungsnetz*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Niederspannungsnetz> abgerufen
- Wikipedia.org. (29. 06 2022). *Stromnetz*. Von <https://de.wikipedia.org/wiki/Stromnetz#Netztopologien> abgerufen
- Wikipedia.org. (5. 4 2022). *Unterbrechungsfrei Stromversorgung*. Von [https://de.wikipedia.org/wiki/Unterbrechungsfreie\\_Stromversorgung](https://de.wikipedia.org/wiki/Unterbrechungsfreie_Stromversorgung) abgerufen
- zukunftsheizen.de. (2022). *Kennen Sie das Haltbarkeits-Datum Ihres Heizöls?* Von <https://www.zukunftsheizen.de/brennstoff/kann-heizoel-schlecht-werden/#schlecht> abgerufen

## 6 Anhang

<b>6.1</b>	<b>Anhang 1: Auszüge aus dem Leistungsverzeichnis.....</b>	<b>IX</b>
6.1.1	Seite 27.....	IX
6.1.2	Seite 28.....	X
6.1.3	Seite 34.....	XI
6.1.4	Seite 125.....	XII
6.1.5	Seite 127.....	XIII
6.1.6	Seite 128.....	XIV
6.1.7	Seite 129.....	XV
6.1.8	Seite 131.....	XVI
6.1.9	Seite 132.....	XVII
6.1.10	Seite 133f.....	XVIII
6.1.11	Seite 136.....	XX
6.1.12	Seite 138.....	XXI
6.1.13	Seite 140.....	XXII
6.1.14	Seite 144.....	XXIII
6.1.15	Seite 148f.....	XXIV
6.1.16	Seite 157.....	XXVI
6.1.17	Seite 158.....	XXVII
6.1.18	Seite 186.....	XXVIII
<b>6.2</b>	<b>Anhang 2: Projektdokumente.....</b>	<b>XXIX</b>
6.2.1	IB SÜSS Seite 9.....	XXIX
6.2.2	Generatordatenblatt.....	XXX
6.2.3	Anlagenbeschreibung durch IB SÜSS.....	XXXI
6.2.4	Leistungsbilanz.....	XXXII
6.2.5	Mittelspannungsnetztopologie.....	XXXII
6.2.6	Abstimmung Mittelspannungskonzept.....	XXXIV
6.2.7	NSHV Schema.....	XXXV
6.2.8	ZEP Beschreibung.....	XXXVII
6.2.9	Transformatordatenblatt 2500kVA.....	XXXIX
6.2.10	Transformatordatenblatt 1600kVA.....	XL
6.2.11	Schema des ZEP.....	XLI
6.2.12	Kurzschlussstromberechnung durch IB SÜSS.....	XLIII
6.2.13	Angebot ABZ Seite 4.....	XLV
6.2.14	Angebot ABZ Leistungsdaten des 16V4000G34F.....	XLVI
6.2.15	Angebot ABZ Verbrauch des 16V4000G34F.....	XLVII
6.2.16	Angebot ABZ Generatordaten.....	XLVIII
6.2.17	Emissionsdatenblatt.....	XLIX

---

6.2.18	Lageplan der Energiezentrale .....	LI
6.2.19	Grundriss Elektroinstallation.....	LIII

## 6.1 Anhang 1: Auszüge aus dem Leistungsverzeichnis

### 6.1.1 Seite 27

#### Leistungsverzeichnis

Projekt: 1573 SKBS Energiezentrale  
 LV: 440 Starkstromanlagen VLV  
 Titel: 2. STARKSTROMANLAGEN

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	<p><b>Netzersatzanlage</b>            Die Sicherheitsstromversorgung (SV) dient der sicheren Versorgung wichtiger elektrischer Einrichtungen und Verbraucher, die insbesondere zum Schutz von Personen erforderlich sind.</p> <p>Die Bereitstellung der SV Versorgung erfolgt aus der elektrischen Energiezentrale.</p> <p>Mittelfristig soll die SV Versorgung zentrale mittels des 20 KV SV Netzes erfolgen. Hierzu ist geplant in das DLZ eine zentrale Notstromversorgung mit großen Dieselaggregaten zu installieren.</p> <p>Als "Interimslösung" werden in der Energiezentrale Notstromanlagen für die Versorgung des Geb. H und der Bestandsgebäude P&amp;Q vorgesehen. Die Notstromanlagen bestehen aus zwei 2.500 kVA / 2.170 kW Container NEA Anlagen mit separatem Tank für 72 h.</p> <p>Die 2 x 2.500 kVA Anlagen ermöglichen folgende Betriebs- und Redundanzkonstellationen</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Beide Anlagen sorgen für eine Vollversorgung der Geb. H und Geb. P&amp;Q</li> <li>Bei Ausfall, Störung oder Wartung einer Anlage, ist der SV Betrieb durch das verbleibende Aggregat sichergestellt. Es besteht daher nicht die Notwendigkeit ein Leihaggregat zu beschaffen.</li> </ol> <p>Folgende Anlagen werden durch das SV Netz versorgt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gefahren-Meldeanlagen (GMA) sowie Störmeldeanlagen</li> <li>Brandmeldeanlage, BOS Anlage und Fluchttürsteuerung</li> <li>Datennetz, Gegensprechanlage, Lichtruf- und Gegensprechanlage</li> <li>Aufzüge</li> <li>Entrauchungsanlagen</li> <li>Löschanlagen</li> <li>Be- und Entlüftungsanlagen für wichtige medizinische Bereiche</li> <li>TGA Verbraucher (Kälte, ...)</li> <li>BSV (Batterieanlage)</li> <li>USV (Batterieanlage)</li> <li>Medizinisch technische Einrichtungen nach DIN VDE 0100 710</li> <li>Steckdosen und Beleuchtung so dass der Krankenhausbetrieb auch bei Stromausfall sichergestellt ist.</li> <li>Sicherheitsbeleuchtung (Umschaltzeit &lt;15s)</li> </ul>			

## 6.1.2 Seite 28

## Leistungsverzeichnis

Projekt: 1573 SKBS Energiezentrale  
 LV: 440 Starkstromanlagen VLV  
 Titel: 2. STARKSTROMANLAGEN

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

Die NEA geht bei Stromausfall mit einer Umschaltzeit von 15 s in Betrieb. Die Anlagen werden mit einer Synchronisierung ausgeführt, so dass die 15 s auch für eine gemeinsame Aufschaltung eingehalten werden.

Die Aufschaltung der notstromberechtigten Verbraucher erfolgt zeitgestaffelt. Das Tankvolumen in der Energiezentrale wird für eine Überbrückungszeit von 72 h ausgelegt.

Der Verbrauch einer 2.500 kVA Anlage beträgt ca. 500 l / h. Das Tankvolumen wird nach Abstimmung auf die Gesamtkapazität der Dieselaaggregate ausgelegt. Es ergibt sich somit für beide Aggregate ein Volumen von ca. 72.000 l. Der nächst größere Tank weist ein Volumen von 80.000 l auf.

Der 80.000 l Tank hat folgende Abmessungen:  
 Außendurchmesser: 2.930 mm  
 Länge: 12.750 mm

Der Tank wird separat von den Aggregaten aufgestellt.

Wie oben bereits beschrieben werden die NEA Anlagen in vorkonfektionierte Container errichtet. Nach Abstimmung mit den genehmigenden Behörden wird davon ausgegangen, dass das Abgasrohr 6 m über Containerdach geführt wird. Dies ist bereits von der Behörde bestätigt worden. Das Abgasrohr muss daher nicht außen an der Parkhausfassade hochgeführt werden, wie ursprünglich befürchtet.

Die NEA Container werden direkt auf die Energiezentrale "gestellt", die Kabelführung erfolgt durch das Dach der Energiezentrale.

Die Steuerung des NEA Aggregats wird innerhalb des NEA Raums untergebracht.

#### Sicherheitsbatterieanlage

Grundsätzlich erfolgt im Klinikum die Versorgung der Sicherheitsbeleuchtung über das SV Netz mit einer Umschaltzeit <15 s. Es ist keine Versammlungsstätte definiert und auch kein anderer Grund aus dem eine Sicherheitsbeleuchtung mit einer schnelleren Umschaltzeit erforderlich wäre.

Es wird daher keine Sicherheitsbatterie realisiert und die Sicherheitsbeleuchtung wird über das SV Netz realisiert.

#### Unterbrechungsfrei Stromversorgung

Es gibt keine USV Versorgung.

## 6.1.3 Seite 34

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

**445 Beleuchtungsanlagen**

Die Richtlinien der DIN EN 12464 und die AMEV "Innenraumbeleuchtung 2011" sind Grundlage für die Auslegung der Beleuchtungsanlage. Wobei die DIN nur Richtwerte für Beleuchtungsstärke und Farbwiedergabe liefert.

Die Beleuchtung erfolgt in allen Bereichen mit LED Leuchten. Dimmbare Leuchten werden grundsätzlich mit DALI Schnittstelle ausgeführt.

In der folgenden Tabelle sind die Vorgaben für die Beleuchtungsanforderungen der verschiedenen Raumarten festgehalten (entsprechend EN 12464).

**446 Blitzschutz- und Erdungsanlagen**

Für das Gebäude wird eine Blitzschutzanlage nach VDE 0185/DIN ENV 61024-1 (Blitzschutz baulicher Anlagen), Schutzklasse 1 vorgesehen. Als Erdungsanlage für die Blitzschutzanlage wird der Fundamenterder. Für die Fundamenterder wird ein Bandstahl 30 x 3,5 mm in die Fundamentsohle eingebettet der leitend mit der Bewehrung über dauerhafte Klemmen verbunden ist.

Nachdem die Bodenplatte als "weiße Wanne" ausgeführt wird, ist, damit der Erder trotzdem über einen ausreichenden Erdschluss verfügt, unterhalb der Bodenplatte in einer 10 x 10 m Masche eine V4A Leitungen verlegt, die leitend mit dem Fundamenterder in der Bodenplatte verbunden ist.

Innerer Blitzschutz

Nach DIN 57100/VDE 0100, Teil 410, muss in jedem Gebäude ein Hauptpotentialausgleich durchgeführt werden. An der Hauptpotentialausgleichsschiene sind alle leitfähigen Teile, besonders solche, die netz- oder flächenartig das Gebäude durchziehen, anzuschließen und dadurch "gutleitend" miteinander zu verbinden.

Der Hauptpotentialausgleich ist in der NSHV-AV zu erstellen. An dieser Stelle ist einer der beiden Verbindungen zwischen N und PE Leiter hergestellt (Zentraler Erdungspunkt "ZEP"). Der Hauptpotentialausgleich ist über einen Festerdungspunkt direkt mit dem Fundamenterder verbunden. An den Hauptpotentialausgleich werden alle untergeordneten Potentialausgleichsschienen sternförmig angeschlossen. Eine zweite Verbindung zwischen N und PE Leiter wird in der NSHV SV erstellt, da bei NEA Betrieb auch das SV Netz als geerdetes TN-S Netz fungieren muss.

Die externe Energiezentrale ist über eine erdverlegten V4A Leiter mit dem Potentialausgleich des Gebäudes zu verbinden.

## 6.1.4 Seite 125

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	-------	----	-------------------------	------------------------

beizulegen.

**Raum Be- und Entlüftung**

Der benötigte Luftwechsel für Raumkühlung und Verbrennungsluft erfolgt durch den Ventilator der Motoren.

Die Zuluft wird über eine Jalousie mit elektrisch betätigten Lamellen angesaugt.

Die Maschinenraumbelüftung ist so zu dimensionieren, dass bei Außentemperatur von 32°C, eine Raumtemperatur von 40°C bei Dauerbetrieb mit Nennlast nicht überschritten wird. Entsprechende Berechnungen sind den Montageplänen beizulegen.

**Schallschutz**

Schalldämpfer für Zu- und Abluft sowie für Abgas sind so zu bemessen, dass der Immissionswert außerhalb des Gebäudes, gemessen im Abstand von 5 m vom Notstromraum, 60 dB(A) nicht überschreitet.

Nach TA-Lärm sind am Tage 60 dB(A) plus 15 dB(A) für Kurzzeitbetrieb 1 Stunde, zulässig.

Die Containerinnenwände sind mit schallabsorbierendem Material so auszuführen, dass die Schallwerte eingehalten werden.

Um Körperschallübertragungen auf das Bauwerk zu vermeiden, sind alle körperschallerregenden Geräte elastisch zu lagern.

Anschlussleitungen sind mit Kompensatoren oder weichen Zwischenstücken einzubauen.

Körperschallführende Kanäle, Rohre etc. müssen durch das Bauwerk körperschalldämmend geführt werden oder mittels körperschalldämmender Einlagen und Bandagen befestigt werden.

**Kraftstoff-Versorgung**

Die Versorgung erfolgt über einen Tagesbehälter und Vorratsbehälter. Der Tagesbehälter befindet sich jeweils innerhalb der Container. Die Vorratsbehälter wird als freistehender Tank neben die Container aufgestellt. Der Vorratsbehälter versorgt alle zwei Aggregate gemeinsam.

## 6.1.5 Seite 127

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

- Arbeitsstättenverordnung
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Technische Regeln über brennbare Flüssigkeiten (TRbF)
- Wasserhaushaltsgesetz (WHG)
- AMEV Ersatzstrom
- 

**Abgas-Immissionsanforderung 5% O2**

NOx < 1.500 mg/Ncbm  
CO < 300 mg/Ncbm  
HC < 120 mg/Ncbm  
Staub/Ruß < 50 mg/Ncbm

**Elektrische Anforderungen**

Netzspannung 400/230 V, 50 Hz.

Alle Anlagen funktentstört nach VDE 0875, Grenzwert- klasse B.

Anwendung in der Abnehmeranlage TN-C-S-Netz nach VDE 0100.

Leitungen und Kabel zum Aggregat sind hochflexibel auszuführen, um Vibrationen des Aggregates aufzufangen.

Steuerleitungen sind im ausreichenden Abstand neben Leistungskabeln zu verlegen.

Leitungsverlegung hat in verzinkten Stahlpanzerrohren zu erfolgen. Die Stahlpanzerrohre sind mit Endtüllen zu versehen.

Leitungseinführungen in die Geräte müssen mit Zugentlastung entsprechend der Schutzart der Gehäuse versehen sein.

**2.2.1.1.****NEA CONTAINERPLANUNG**

**NEA CONTAINERPLANUNG**  
Die im folgenden beschriebenen Komponenten der NEA Anlage müssen durch den AN so ausgelegt, geplant und koordiniert werden, dass sie in den fertigen Container in den angegebenen Abmessungen integriert werden können. Die Anordnung der Komponenten innerhalb des Containers, die Raumplanung des Containers muss vollständig durch den AN erfolgen. Der AN hat hierbei Vorgaben hinsichtlich Betrieb, Wartung und

6.1.6 Seite 128

**Leistungsverzeichnis**

Projekt: 1573 SKBS Energiezentrale  
 LV: 440 Starkstromanlagen VLV  
 Titel: 2. STARKSTROMANLAGEN  
 Bereich: 2.2. EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN  
 Abschnitt: 2.2.1. NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	-------	----	-------------------------	------------------------

Revisionierbarkeit der Anlage einzuhalten und im Rahmen seiner Montageplanung Container nachzuweisen. Auch die technische Ausführung und die baulichen Qualitäten des Containers sind seitens des AN in der Planung zweifelsfrei darzustellen.

Die Montageplanung des AN ist in prüfbarer Form vorzulegen und mit dem AG abzustimmen. Es muss davon ausgegangen werden, dass es zu Anpassungen und Revisions der Planung kommt.

2 Stk .....

**2.2.1.2. AGGREGAT MIT EINER LEISTUNG VON 2.560 kVA  
 AGGREGAT MIT EINER LEISTUNG VON 2.560 kVA  
 zur Integration in Container des AN**

(Leistungsrichtwert) für Dauerbetriebsbelastung bei cos Phi 0,8

zulässige Unterbrechungszeit nach VDE 0108, 15 sec., ununterbrochene Betriebszeit 72 Stunden ohne zeitliche Einsatzbegrenzung gemäß DIN 6280, nach Abzug aller Hilfsantriebe, zeitlich begrenzt auf 1000 Betriebsstunden pro Jahr.

Ausführung stationär, für Innenraumaufstellung gemäß DIN 6280, als Ersatzstromaggregat gemäß Ersatzstrom- Richtlinien und DIN 6280, zur Versorgung von Einrichtungen nach VDE 0108, automatischer Betrieb mit vollautomatischer Überwachung und Abstellung des Dieselmotors, für Netz-Parallelbetrieb, Drehzahl 1.500 1/min, wassergekühlt mit Wabenkühler.

Auslegung als Drehstromaggregat, Generator-Nenn- spannung 400/231 V, Frequenz 50 Hz.

Dauerkurschlussstrom bei dreipoligem Kurzschluss 3x Nennstrom für eine Zeit von mindestens 4 s.

Belastungskriterien:  
 Belastungskriterien für das spannungsstabile Aggregat gemäß DIN 6280, maximale Belastungsänderung, Belastungsfolge gemäß DIN 6280, 100 % symetrische Last, Spannungskurvenform nach VDE 0530, Spannungseinstellbereich +/- 5 %.

Spannungsgenauigkeit +/- 1 %, bezogen auf die Nennspannung bei Leerlauf bis Vollast, bei cos phi = 0,8 induktiv bis

## 6.1.7 Seite 129

## Leistungsverzeichnis

<b>Projekt:</b>	<b>1573</b>	<b>SKBS Energiezentrale</b>
<b>LV:</b>	<b>440</b>	<b>Starkstromanlagen VLV</b>
<b>Titel:</b>	<b>2.</b>	<b>STARKSTROMANLAGEN</b>
<b>Bereich:</b>	<b>2.2.</b>	<b>EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN</b>
<b>Abschnitt:</b>	<b>2.2.1.</b>	<b>NETZERSATZANLAGE</b>

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	<p>1, kalt-warm, statische Drehzahländerung +/- 5 % (Summe aller statischen Störgrößen).</p> <p>Dynamische Spannungsänderung +/- 10 % bei cos phi =1 bei vorgenannter maximaler Belastungsänderung, Spannungsausregelzeit maximal 0,8 s.</p> <p>Aufstellungsbedingungen: Aufstellungs- und Betriebsbedingungen für den Diesel- motor nach DIN 6271, für den Generator nach VDE 0530.</p> <p>Umgebungstemperatur max/min + 40 °C / + 5 °C Außenlufttemperatur max/min + 32 °C / - 18 °C Aufstellungshöhe über NN 230 m</p> <p><b>Kraftmaschine:</b> Diesel-4-Takt-Motor</p> <p>-Dauerleistung PRP A gemäß DIN 6271 2.560 kVA / 2.050 kW Nach Abzug aller Hilfsantriebe, nach DIN ISO 8528 10 % überlastbar für 1 Stunde innerhalb 12 Stunden.</p> <p>Bezugsbedingungen: Luftdruck: 1000 mbar Lufttemperatur: 27° C. Rel. Luftfeuchte: 60 %</p> <p>Motoren mit Registeraufladung sind nicht zugelassen.</p> <p>Schmierölverbrauch maximal 0,5% vom Kraftstoffverbrauch</p> <p>-spez. Kraftstoffverbrauch 50% Last maximal 205 g/kWh 75% Last maximal 200 g/kWh 100% Last maximal 203 g/kWh</p> <p>- Abgasemissionswerte bei Vollast: -NOx maximal 1.500 mg/Ncbm -CO maximal 300 mg/Ncbm -Staub/Ruß maximal 20 mg/Ncbm</p> <p>Elektrische Anlasseinrichtung mit 24 V-Anlasser, Anlasshilfe falls erforderlich.</p>			

## 6.1.8 Seite 131

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	<p>Motor, zusätzlicher Schmierölbehälter</p> <p>- Komplette Kühleinrichtung, bestehend aus angebautelem Wabekühler mit Ventilator aus Leichtmetall mit Kühlwasserpumpe und Ausgleichsbehälter, mit allen Rohrleitungen.</p> <p>Ausgleichsbehälter mit Inhaltsanzeige über Standrohr und Schwimmerschalter für Wassermangel-Meldung.</p> <p>Kühlwasser mit Frostschutzmittel bis -30 °C.</p> <p>Verdrahtung der elektrischen Hilfs- und Überwachungseinrichtungen des Dieselmotors bis zu einem zentralen Klemmkasten am Grundrahmen, einschl. Verbindungsleitungen zur Notstromautomatik. Entfernung ca. 8,0 m.</p> <p><b>Generator:</b> bürstenlose Innenpolmaschine, selbstregelnd selbsterregt, durchzugsbelüftet. 2/3 Schritt gesehnte Wicklung geeignet für Parallelbetrieb.</p> <p>Nennleistung mind. : 2.600 kVA Subtransiente Reaktanz <math>X_d''</math>: 15 % (→ zwingend einzuhalten !) Leistungsfaktor: 0,8 Kurzschlußstrom: 3 x <math>I_n</math> für 10 s Funkentstörgrad gemäß EN 55011 Gruppe 1, Klasse B Schieflast: 33 % Anzahl der Lager: 2 Schutzart: IP 23 Kühllufttemp.: 40 ° C. Aufstellhöhe: 1000 m über NN</p> <p>Wirkungsgrad des Generators bei <math>\cos \phi</math> 0,8 4/4-Last mindestens 94 %</p> <p>Schutzart IP 23, Luftkühlung als Selbstbelüftung</p> <p>Zubehör: - Digitaler Spannungsregler - Statikeinrichtung - Stillstandsheizung 500W, 230 V - Cos.-Phi.-Regler</p> <p>W</p> <p>cklungstemperaturüberwachung 3x PT100</p>			

## 6.1.9 Seite 132

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	-------	----	-------------------------	------------------------

Überwachung der Generator-Wicklungstemperatur mit entsprechenden Geben.

Sternpunktstromwandler für Schutz, im Generator eingebaut. Anschluss des bauseits verlegten Einspeisungskabel am Generator.

Gemeinsamer, verwindungssteifer geteilter Grundrahmen für Motor und Generator mit Federdämpfung des Aggregates zur Vermeidung von Schwingungsübertragungen auf das Gebäude mit flexiblen Verbindungsstücken für die Rohrleitungen

Kurzschlussfeste Kupplung zwischen Motor und Generator. Hochelastische Gummikupplung, als Sollbruchstelle, Inkl. Drehschwingungsberechnung.

2 Stk .....

**2.2.1.3. KÜHLUNGSEINRICHTUNG NEA**  
**KÜHLUNGSEINRICHTUNG NEA**

Kühlungseinrichtung für vorbeschriebenes NEA Aggregat zur Montage auf Container, als

Freistehender Radiatorkühler ("V-Kühler) für Aufstellung auf Containerdach Ventilatoren angetrieben durch Elektromotoren, betrieben mit Glycol-Wassergemisch

- Ausgelegt für eine Umgebungstemperatur von 40°C
- Kühlerrahmen aus verzinktem Blech mit Pulverbeschichtung

- Kühlernetz mit Kupferrohren und Aluminiumfinnen
- Flanschverbindungen für Kühlwasser Vor- und Rücklauf

- Geschlossenes Kühlsystem mit Ausgleichstank und Druckkappe

- Schutzabdeckung der Ventilatoren

- 3-phasen Kurzschlussläufermotoren mit direktem Ventilatorantrieb Elektromotoren fertig auf Klemmenkasten verdrahtet

inklusive der notwendigen Verkabelung von der Steuerung des Aggregats

2 Stk .....

## 6.1.10 Seite 133f.

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
2.2.1.4.	<p><b>KÜHLWASSERLEITUNGEN</b> <b>KÜHLWASSERLEITUNGEN</b> komplette Verrohrung der vorbeschriebenen Kühler, je Aggregat, bis zum Kühler das Aggregats</p> <p>Vor- und Rücklaufleitung zwischen dem V-Kühler und dem Motor, inkl. Befüll- und Entlüftungsleitung.</p> <p>Rohre aus unlegiertem Stahl, Werkstoff-Nr. 1.0308, (E235) nach DIN EN 10305-3, außen galvanisch verzinkt.</p> <p>Inkl. allen nötigen Fittings, wie Bögen Verbindungen und Flanschen, inklusive Systemzulassung, Inkl. Halterungen mit Schellen und Schrauben sowie Wand- und Deckendurchführungen.</p>	2	Stk	.....	.....
2.2.1.5.	<p><b>STARTER- &amp; STEUERBATTERIE</b> <b>STARTER- &amp; STEUERBATTERIE</b> Batterien nach DIN EN 50272-2, VDE 0510 Teil 2, mit selbstregelndem Ladegerät zum Laden nach VDE 0108 aus dem Netz, für Anlasser und Steuerung, mit Überwachungseinrichtung für Ladeunterspannung, Ladeüberspannung, Verbraucherunter- und -überspannung.</p> <p>Kfz-Starterbatterien sind nicht zulässig.</p> <p>Ausreichend für dreimaligen Start mit jeweils 10 s Dauer und 5 s Pause bei einer Umgebungstemperatur von 5° C. Der Batteriekabelquerschnitt ist so zu bemessen, dass der Spannungsfall 8 % der Nennspannung des Anlassers nicht überschreitet, komplett in einem Batteriekasten montiert, mit Kabel und Klemmen.</p> <p>Zellen in geschlossener Bauart in durchsichtigem Kunststoffgefäßen mit erhöhtem Elektrolytraum und Rekombinationsstopfen, mit positiven Großoberflächen- platten und negativen Gitterplatten.</p> <p>Nennspannung 24 V</p> <p>Die Kapazität der Batterie muss durch den AN entsprechen der formulierten Anforderungen mit einer Reserve von 50% ausgelegt und rechnerisch nachgewiesen werden.</p> <p>Batterie betriebsfertig montiert, gefüllt und geladen, einschl.</p>				

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	<p>Verbindungsleitungen zum Aggregat. Die Leitungen sind kurzschlussicher zu verlegen, die Batterie darf nicht direkt neben dem Aggregat aufgestellt werden.</p> <p>Es muss sichergestellt sein, dass die Funktion der Notstromsteuerung durch den Spannungseinbruch beim Startvorgang und Ladevorgänge nicht beeinträchtigt wird, ggf. sind getrennte Batterien für Anlasser und Steuerung, mit getrennten Ladegeräten und Verteilungen, zu kalkulieren.</p> <p>Inklusive Batterieverteilung für den Anlasser- und Steuerkreis, als isolierstoff-gekapselte Verteilung, Schutzart IP 55, mit Klarsichtdeckel mit Schnellverschlusschrauben, alle Sicherungen als NH-Sicherungen.</p>	2	Stk	.....	.....
2.2.1.6.	<p><b>WARTUNGSZUBEHÖR BATTERIE</b> <b>WARTUNGSZUBEHÖR BATTERIE</b></p> <p>zur Wartung der vorstehenden Batterien übersichtlich in elektrolytbeständigem Kunststoffkasten, in tragbarer geschlossener Ausführung angeordnet, bestehend aus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Thermometer zur Bestimmung der Elektrolyttemperatur</li> <li>• 1 Heber-Säuremessner zur Bestimmung der Säuredichte und des Ladezustandes</li> <li>• 1 Heber zum Abfüllen von gereinigtem Wasser oder Elektrolyt aus Korbflaschen und dergleichen</li> <li>• 1 Füllflasche aus Kunststoff, Inhalt 5 l</li> <li>• 1 Fülltrichter aus Kunststoff</li> <li>• 1 Füllkrug aus Kunststoff, Inhalt 1 l</li> <li>• 1 Handvoltmeter zur Messung der Zellenspannung</li> <li>• 1 Paar Schutzhandschuhe</li> <li>• 1 Schutzbrille</li> </ul>	2	Stk	.....	.....
2.2.1.7.	<p><b>AUTOMATISCHE SCHALTANLAGE</b> <b>AUTOMATISCHE SCHALTANLAGE</b></p> <p>als Typgeprüfte Schaltgerätekombination TSK oder Pariell Typgeprüfte Schaltgeräte- kombination PTSK.</p> <p>Die erforderlichen Nachweise gemäß VDE 0660, Teil 599 sind zusammen mit dem Angebot bzw. mit den Montagezeichnungen zu erbringen. Die Angaben zu den Schaltgerätekombinationen gemäß VDE 0660, Teil 500, Abschnitt 5 sind in Form von Aufzeichnungen oder in den Bestandsplänen zu machen.</p>				

## 6.1.11 Seite 136

## Leistungsverzeichnis

<b>Projekt:</b>	<b>1573</b>	<b>SKBS Energiezentrale</b>
<b>LV:</b>	<b>440</b>	<b>Starkstromanlagen VLV</b>
<b>Titel:</b>	<b>2.</b>	<b>STARKSTROMANLAGEN</b>
<b>Bereich:</b>	<b>2.2.</b>	<b>EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN</b>
<b>Abschnitt:</b>	<b>2.2.1.</b>	<b>NETZERSATZANLAGE</b>

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

Die elektrischen Schaltungen müssen für einen Temperaturbereich von -10 bis +50°C ausgelegt sein. Zeitabwandlungen müssen durch Austausch der Steckeinheiten möglich sein.

Für den Steuereinschub ist ein Ausschnitt in der Türe vorzusehen.

**Betriebszustände**

Bei der Konzeption der Schaltanlage ist zu berücksichtigen, dass insgesamt zwei Netzersatzanlagen geplant sind, die in Folgenden Betriebsarten gefahren werden können

- Separat voneinander im Inselbetrieb bei Stromausfall
- Separat voneinander im Probetrieb netzsynchron
- Zwei Anlagen gekoppelt im Probetrieb netzsynchron und synchron zueinander
  
- Separat voneinander im Rückspeisebetrieb netzsynchron
  
- Zwei Anlagen gekoppelt im Rückspeisebetrieb netzsynchron und synchron zueinander

Für diese Betriebszustände muss die Anlage folgende Funktionen erfüllen:

- Überwachung der Netzspannung dreiphasig
- Start des Notstromaggregates bei Netzausfall mit Startverzögerung, um unnötige Anläufe des Dieselmotors bei kurzzeitigen Netzeinbrüchen zu vermeiden.
- 3-malige Wiederholung des Startvorganges, wenn der Motor nicht anspringt.
- Umschaltung der Verbraucher von Netz- auf Notstromversorgung
- Rückschaltung der Verbraucher bei Netzwiederkehr nach einer entstellbaren Zeit (frühestens 1 min.), bei erneutem Netzausfall während des Abstellvorganges sofort Neustart.
- Bereitschaftslauf des Aggregates nach Beendigung der Netzstörung und anschließende Stillsetzung.
- Probelastbetrieb des Aggregates durch Netzparallelbetrieb.

## 6.1.12 Seite 138

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	-------	----	-------------------------	------------------------

- Kühlwassermangel

- Batteriestörung (Unterspannung, Temperatur ..)

- Auslösung Motorschutz
- Schalterstellung Handbetrieb
- Notstop

Alle Störungen sind optisch und akustisch in der Notstromsteuerung anzuzeigen (Hupe auf der Grundplatte).

Für die Sammelstörung ist ein potentialfreier Umschaltkontakt vorzusehen.

Für den Anschluß an eine GLT sind sämtliche Stör- und Betriebsmeldungen mit potentialfreien Umschaltkontakten auszurüsten und einzeln auf Trennklemmen zu verdrahten. Für die Verdrahtung ist eine von der übrigen Verdrahtung abweichende Farbe zu verwenden (vorzugsweise weiß).

Zusätzlich ist die Anlage mit einer Bacnet Schnittstelle auszuführen, die es ermöglicht sämtliche oben beschriebenen Funktionen von extern abzurufen und sämtlich beschriebenen Störmeldung für extern bereitzustellen.

**Steuerung für Motor und Anlagenbezogene Hilfsantriebe**

- 1 Vorsicherung Einspeisung 3-polig 63 A
- 1 Batterieladegerät 24 V, 35 A, I-U Kennlinie für Starterbatterie
- 1 Batterieladegerät 24 V, 10 A, I-U Kennlinie für Steuerbatterie
- 1 Motorvorwärmung 400 V mit Umwälzpumpe
- 2 Abluftventilatoren, thermostatisch gesteuert
- Tischkühlventilatoren 400 V
- 3 Abgang für Containerlicht, Steckdosen und Heizungen
- 1 Kraftstoffpumpensteuerung
- 3 Leckageüberwachungen

**Messungen**

- 1 Vorsicherung für Messung
- 1 Voltmeterschalter L1-N, L2-N, L3-N, L1-L2, L1-L3, L2-L3
- 1 Voltmeter 0 - 500 V
- 1 Frequenzmesser 47- 53 Hz
- 3 Amperemeter Dreheisen mit zusätzlichem Bimetallmesswerk
- 1 Leistungsmesser für ungleich belastete Phasen
- 1 Leistungsfaktormesser

## 6.1.13 Seite 140

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

- Betriebsmeldungen Klartext

**Bedientasten**

Folgende Tasten sind vorzusehen für:

- Hupe aus
- Aus-Handstart-Probe-Automatik
- Lampen prüfen
- Entriegeln
- Netz ein
- Generator ein
- Generator aus
- Diesel Start
- Diesel Stop
- Vorglühen
- Not aus (Pilztaster)

**Hinweis zur Kalkulation**

Sämtliche Leitungsanschlüsse an den Anlagen des AN auch für die Einspeisleitungen von der NSHV sind in den Preis mit zu berücksichtigen.

2 Stk ..... ..

2.2.1.8. **ZENTRALSTEUERUNG**  
**ZENTRALSTEUERUNG**

zur Koordinierung der Aggregate Steuerungen für die geforderten Steuerungsfunktionen, die eine Koordinierung bei der Aggergate erfordern.

Aufstellung des Steuerungsfeld innerhalb des Gebäudes (NSHV SV).

Zentralsteuerung mit folgenden Eigenschaften

**Messung:**

- 5 Vorsicherung für Messung der Netzspannung
- 1 Voltmeterumschalter
- 1 Wahlschalter Trafo 1 / 2 / 3
- 1 Voltmeter 0-500V
- 1 Frequenzmesser

**Überwachung:**

- 3 Netzspannungswächte
- 1 Sammelschienen Spannungswächter

**Steuerteil:**

## 6.1.14 Seite 144

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge	ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	<p>Tagestank mit Überfüllsicherung, PTS-geprüft, mit Niveaustandsgeber und -begrenzer. Der Container ist im Bodenbereich als öfeste Wanne ausgebildet.</p> <p>Der Lagertank ist als Außentank frei aufgestellt untergebracht, direkt neben den Aggregatecontainern.</p>				
2.2.1.12.	<p><b>KRAFTSTOFFVERSORGUNG TAGESTANK</b> <b>KRAFTSTOFFVERSORGUNG TAGESTANK</b> als Zwischenbehälter für stationäre Anlagen.</p> <p>Die Treibstoffzufuhr aus dem Vorratsbehälter in den Zwischenbehälter erfolgt durch automatisch gesteuertes, elektrisch angetriebenes Pumpenaggregat, zusätzlich durch Handflügelpumpe mit den erforderlichen zusätzlichen Rohrverbindungen.</p> <p>Der Zwischenbehälter ist mit optischer und akustischer Überwachung auszurüsten.</p> <p>Der Zwischenbehälter wird auf Konsole an der Wand befestigt, mit Auffangwanne, Inhalt 1000 l, mit Tauchsonde, 4 Meldungen (Mangel, Pumpe, ein-aus, voll).</p> <p>Inklusive:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mechanischer Füllstandsanzeiger</li> <li>• elektrische Füllstandssonde, Ausgangssignal 4-20 mA</li> <li>• Tanksonde Pumpe Ein/Aus/Mangel</li> <li>• Überfüllsicherung 230 V</li> <li>• Befüllstutzen und Grenzwertgeber für die</li> <li>• optionale Betankung durch Tankwagen</li> <li>• Entlüftungsleitung, 6 m</li> <li>• Kraftstoffleitungen zwischen Tank und Dieselmotor</li> <li>• bauartzugelassenes Leckwarngerät zur Überwachung der Tankauffangwanne</li> <li>• bauartzugelassenes Leckwarngerät zur Überwachung des als Leckwanne ausgelegten Containerbodens</li> </ul> <p>Der Kraftstofftagestank ist in einem separaten Raum des 40' HC-Containeraggregates vorzusehen.</p>	2	Stk	.....	.....
2.2.1.13.	<p><b>KRAFTSTOFFVORRATSBEHÄLTER</b> <b>KRAFTSTOFFVORRATSBEHÄLTER</b> für Aufstellung im Außenbereich.</p>				

## 6.1.15 Seite 148f.

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.2.	EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN
Abschnitt:	2.2.1.	NETZERSATZANLAGE

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

**2.2.1.18. ZU- UND ABLUFTJALOUSIE**  
**ZU- UND ABLUFTJALOUSIE**  
 in der notwendigen Größe, für Wand- oder Schachteinbau, mit motorbetätigten Lamellen, mit Vogelschutzgitter und Regenabweiser mit feststehenden Lamellen, komplett mit Einbaurahmen montiert, mit allen elektrischen Verbindungsleitungen zum Schaltschrank.

Alle Metallteile verzinkt, zusätzlich mit Grund- und Deckanstrich, Farbton nach Wahl des Auftraggebers.

mit Stellmotor 230 V, 50 Hz, Lager aus Hart-PVC (wartungsfrei)

4 Stk .....

**CONTAINER**  
**CONTAINER**

Die oben beschriebenen Aggregate sind in Container zu installieren. Im folgenden sind die Container beschrieben

**2.2.1.19. AGGREGATE CONTAINER**  
**AGGREGATE CONTAINER**  
 Das vorstehend spezifizierte Aggregat und Zubehör wird in einem modifizierten und schallgedämpften 40 Fuß ISO Container montiert.

Container Außenabmessungen:

Länge: 12.192 mm = 40'  
 Breite: 2.438 mm = 8'  
 Höhe: 2.896 mm = 9'6"

Der Container ist nach ISO 1496 mit Stahlrahmen, Längs- und Querträgern gefertigt und geprüft.

Die Wände sind aus gesicktem, die Dachauflage aus profiliertem Stahlblech gefertigt und wasserdicht mit der Stahlrahmenkonstruktion verschweißt.

Der Container verfügt über Standard-Containerecken. Zugang durch zwei seitliche, abschließbare und schallgedämpfte Personal Zugangstüren je 1.000 x 2.000 mm (Maschinenraum) sowie eine seitliche, abschließbare Personal Zugangstür 1000 x 2000 mm (Schalttafel- und Tankraum) oder die Container Doppeltür.

## Leistungsverzeichnis

<b>Projekt:</b>	<b>1573</b>	<b>SKBS Energiezentrale</b>
<b>LV:</b>	<b>440</b>	<b>Starkstromanlagen VLV</b>
<b>Titel:</b>	<b>2.</b>	<b>STARKSTROMANLAGEN</b>
<b>Bereich:</b>	<b>2.2.</b>	<b>EIGENSTROMVERSORGUNGSANLAGEN</b>
<b>Abschnitt:</b>	<b>2.2.1.</b>	<b>NETZERSATZANLAGE</b>

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
	Alle Zugangstüren mit Panikschloss.			
	Vollständige Innenisolierung mit Mineralwolle, Rieselschutz und Abdeckung aus verzinktem Lochblech zur Schalldämmung und für erweiterten Schutz gegen große Temperaturschwankungen.			
	Unterboden des Containers mit s=120 mm Mineralwolle isoliert, verblecht und konserviert			
	Integrierte Ölauffangwanne: Riffelblechabdeckung für Containerboden mit umlaufender Aufkantung 100 mm, öldicht ausgeführt.			
	Zu- und Abluftöffnungen mit Rahmen aus Winkelstahl zur Aufnahme der Wetterschutzgitter und Jalousien.			
	Abgasdurchführung mit Regenschutz, Halterungen für Abgasanlage. Muffen für Tank-Entlüftung.			
	Wandöffnung mit lichter Öffnung B=700 x H=1200 mm für kundenseitigem Kabelabgang (Flanschplatte aus Aluminium in linkem Container-Türportal.			
	Wandöffnung mit lichter Öffnung 300 x 300 mm für Kraftstoffleitung zum Vorratstank.			
	Für die Schaltanlage mit Leistungseil und Kabelanschlussfeld sowie für den Kraftstoffagastank ist zwingend ein separat abgetrennter Raum im Container mit eigener Zugangstür 1000 x 2000 mm vorzusehen.			
	Sämtliche Öffnungen werden für den Transport wasserdicht verschlossen.			
	Halterungen für die Montage des Abgasschalldämpfers und V-Kühlers auf dem Containerdach.			
	Innenbeleuchtung 230 VAC mit LED und Schalter. Steckdosen für Handwerkzeuge.			
	Kompletter Potentialausgleich und Anschluss an bauseitige Blitzschutzanlage			
	Container-Raumheizkörper - Anzahl nach Erfordernis.			
	Not-Aus-Taster innenliegend direkt neben der Zugangstür.			
	Komplette Montage von Diesellaggregat, Kraftstoffsystem,			

## 6.1.16 Seite 157

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.3.	NIEDERSpannungSSCHALTANLAGEN
Abschnitt:	2.3.1.	NSHV

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

vorgegebenen Dokumentation durch den Hersteller selbst oder durch Vertragspartner, die vom Hersteller autorisiert worden sind, durchzuführen.

**Gerüst und Umhüllung**

Die Gerüstteile sind aus Stahlblechprofilen mit umlaufenden Lochreihen auszuführen. Umhüllungsteile bestehen aus mindestens 1,5 mm dickem Stahlblech, Türen aus 2 mm dicken Stahlblech in RAL-Farbe nach Wahl des Auftraggebers. An den jeweils äußersten Feldern rechts und links ist eine Seitenwand anzubringen.

Gerüstteile, Dachbleche und Rückwände bestehen aus sendzimirverzinkten Stahlblech. Tueren, Seitenwände und Blenden sind in pulverbeschichtetem Stahlblech auszuführen. Die durchgehenden Tueren sind mit störflichtbogensicheren Verschlüssen auszurüsten und sollen einen Türöffnungswinkel von 125 Grad haben. Es ist ein Stangen- oder Drehriegelverschluss vorzusehen. Der Tueranschlag ist an die vorgegebene Fluchrichtung anzupassen. Die Dachbleche der Anlage sind mit einer Druckentlastung zu versehen.

Kunststoffe sind ausschließlich halogenfrei auszuführen.

**Kabel- und Schienenanschlüsse**

Die Einführung von Kabeln soll generell von unten erfolgen. Die Abgänge der Stromschienen sollen nach oben geführt werden. Bei Leitungsanschlüssen die aus einem System bestehen (5 adrige Leitungen) sind die Anschlussarbeiten in die jeweiligen Abgangs- oder Einspeisekomponenten mit einzurechnen. Bei Leitungen die aus mehreren Systemen bestehen sind die Anschlussarbeiten separat aufgeführt.

**Sammelschienensystem**

Das 5-polige Sammelschienensystem ist aus elektrolytischem Blankkupfer zu fertigen.

Sämtliche Sammelschienenverbindungen sind über die gesamte Lebensdauer der Schaltanlage wartungsfrei auszuführen. Das Hauptsammelschienensystem ist hinten im Feld angeordnet. Die Neutralleiterschienen sind den Aussenleiterschienen räumlich zugeordnet. Die Schutzleiterschienen (PE) ist leicht zugänglich im Feld vorn anzuordnen.

Die Sammelschienen sind in jedem Feld nach DIN EN 60446 (VDE 0198) zu kennzeichnen:

Aussenleiter:	L1, L2, L3
PE-/PEN-Leiter:	grün / gelb

## 6.1.17 Seite 158

## Leistungsverzeichnis

<b>Projekt:</b>	<b>1573</b>	<b>SKBS Energiezentrale</b>
<b>LV:</b>	<b>440</b>	<b>Starkstromanlagen VLV</b>
<b>Titel:</b>	<b>2.</b>	<b>STARKSTROMANLAGEN</b>
<b>Bereich:</b>	<b>2.3.</b>	<b>NIEDERSpannungSSCHALTANLAGEN</b>
<b>Abschnitt:</b>	<b>2.3.1.</b>	<b>NSHV</b>

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	----------------------	---------------------

N-Leiter:

N

Sammelschienenenden

Dauermennstrom

5.000

A

Bemessungskurzzeitstromfestigkeit

100

kA

Bemessungsstoßstromfestigkeit

220

kA

#### Stoerlichtbogenschutz

Die Schaltanlage ist gemäss IEC/TR61641 personensicher auszuführen. Zur Begrenzung eines Stoerlichtbogens auf ein Schaltanlagenfeld sind in die Anlagenfelder geprüfte Stoerlichtbogenbarrieren in das Hauptsammelschienenensystem einzubauen. In den jeweiligen Anlagenfeldern ist der Sammelschienenraum durch eine störllichtbogensicher abzutrennen.

#### Einbaugeräte:

Bei der Geräteanordnung sind die BGV A3 und VDE 0100, Teil 750 zu beachten.

Die Geräte sind so einzubauen, dass eine Bedienung gefahrlos im Sinne der Vorschriften ohne Abschaltung der Anlage möglich ist. Dies gilt auch für die Betätigung von Prüftastern, Herausnehmen von Trennlaschen sowie das Auswechseln von Sicherungen usw.

Alle Schaltgeräte sind mindestens für eine Nennspannung 230/400V auszulegen, sofern in der Leistungsposition keine anderen Angaben gemacht sind.

Alle Wandler sind mit Prüfklemmen für den Anschluss von schreibenden Instrumenten vorzusehen. Die Auslegung der Wandler hat so zu erfolgen, dass eine Leistung von mindestens 2 VA für den zusätzlichen Anschluss von Messgeräten zur Verfügung steht. Der Einbau der Wandler muss eine leichte Zugänglichkeit der Prüfklemmen sicherstellen. Wandler sind grundsätzlich auf eine Überlastung auszulegen, so dass sie bei Normalbetrieb mit optimaler Genauigkeit übersetzen.

Für Sicherungstrenner und -schalter sind in den Türen Ausschnitte vorzusehen, sodass die Bedienung bei geschlossener Türe möglich ist.

Messinstrumente und Meldeleuchten sind in die Türen einzubauen.

Leerfelder sind mit Blindabdeckungen zu versehen.

#### Verdrahtung:

Verdrahtung sauber und übersichtlich, Mindestquerschnitt 1,5 qmm.

Klemmen für Steuerleitungen mindestens bis 4 qmm Leitungsquerschnitt.

## 6.1.18 Seite 186

## Leistungsverzeichnis

Projekt:	1573	SKBS Energiezentrale
LV:	440	Starkstromanlagen VLV
Titel:	2.	STARKSTROMANLAGEN
Bereich:	2.3.	NIEDERSpannungSSCHALTANLAGEN
Abschnitt:	2.3.1.	NSHV

Ordnungszahl	Leistungsbeschreibung	Menge ME	Einheitspreis in EUR	Gesamtbetrag in EUR
--------------	-----------------------	----------	-------------------------	------------------------

Leistungsschalter, für eine maximale Entfernung der Komponenten untereinander von 15m.

**Funktionsbeschreibung**

Im fehlerfreien Betriebszustand ist die bevorzugte Leitung eingeschaltet. Sinkt die Spannung unter den eingestellten Wert, erfolgt eine automatische Umschaltung auf die 2. Leitung.

Die Umschaltzeit kann in 50 ms-Schritten eingestellt werden, damit das selektive Ansprechen von Kurzschlusschutzeinrichtungen und die gestaffelte Zuschaltung gewährleistet ist. Zur Sicherstellung der Betriebsbereitschaft ist die Leitung 2 sowie der Ausgang der Umschalteinrichtung auf Unter- und Überspannung zu überwachen.

Die Rückschaltung auf die bevorzugte Leitung erfolgt automatisch nach Spannungsrückkehr und Ablauf der einstellbaren Rückschaltzeit bzw. unverzögert bei Ausfall der Leitung 2.

Durch die angepassten Zeiteinstellungen werden Fehlschaltungen z.B. aufgrund von kurzzeitigen Spannungsschwankungen oder Kurzunterbrechungen vermieden.

**Merkmale**

- Steuermodul für 4-polige Umschaltung
- Auswahl der bevorzugten Leitung durch Handschaltung möglich
- Us AC 230 V / 50..60 Hz
- Ansprechwerte:
 

Unterspannung	0,7 .. 0,9 x Un
Überspannung	1,15 x Un
- Ansprechzeit
 

Umschaltpause bis (einstellbar in 50 ms Schritten)	10 s
Rückschaltzeit bis (einstellbar in 1 s Schritten)	250 s
- Überwachung der Ein- und Ausschaltzeiten der Schaltorgane mit Anzeige der gemessenen Umschaltzeit
- Überwachung der Schaltorgane auf korrekten Schaltzustand
- Überwachung der Steuerleitungen, Betätigungsspulen und Steuerkontakte auf Drahtbruch/Unterbrechung
- Definiertes Schaltverhalten bei Kurzschluss vor und hinter der

## 6.2 Anhang 2: Projektdokumente<sup>108</sup>

### 6.2.1 IB SÜSS Seite 9



#### KURZBESCHREIBUNG NOTSTROMBETRIEB GEB. X

- Medizinisch technische Einrichtungen nach DIN VDE 0100 710
- Steckdosen und Beleuchtung so dass der Krankenhausbetrieb auch bei Stromausfall sichergestellt ist.
- Sicherheitsbeleuchtung (Umschaltzeit <15s)

Die NEA geht bei Stromausfall mit einer Umschaltzeit von 15 s in Betrieb. Die Anlagen werden mit einer Synchronisierung ausgeführt, so dass mindestens zwei der drei Anlage innerhalb der geforderten 15 s aufgeschaltet werden können. Das dritte Aggregat würde dann „nach synchronisiert“ und verzögert zugeschaltet.

Die Aufschaltung der notstromberechtigten Verbraucher erfolgt zeitgestaffelt.

#### Tankvolumen

Tankanlage bestehend aus zwei Tagestanks (einem je Aggregat), welche an einen gemeinsamen Lagertank angeschlossen werden. Die Umpumpung zwischen den Tanks erfolgt über automatisch gesteuerte Pumpen. Tagestank mit Überfüllsicherung, PTS-geprüft, mit Niveaustandsgeber und -begrenzer. Die NEA-Container werden im Bodenbereich als öfeste Wanne ausgebildet.

Der Lagertank ist

- als Außentank frei aufgestellt untergebracht, direkt neben den Aggregatecontainern.
- Oberirdische Heizöltankanlage doppelwandig nach EN12285-2, Klasse B
- zylindrischer Lagerbehälter aus Stahl mit Kontrollflüssigkeit Glymin NF
- mit einem Dom DN 600 mit Domdeckel
- angeschweißten Sattelfüßen nach DIN 28080
- optischem Leckanzeigergerät, Typ LAS einschl. Prüfhahn und Kontrollflüssigkeit zum Nachfüllen
- Leiter mit Standpodest, verzinkt
- Elektro-Tankheizung 10,5 kW, 400 V
- inkl. Flanschanschluss DN 150
- Hydrostatisches Füllstandsmessgerät DMU 08 komplett mit Zubehör

Das Tankvolumen in der Energiezentrale wird für eine Überbrückungszeit von 72 h ausgelegt.

Je 1.000 kW Leistung wird ein Verbrauch von ca. 250 l / h angenommen. Es wird eine Spitzenlast von 7 MW angesetzt und eine durchschnittliche Auslastung von 60%.

Zu versorgende Spitzenlast	7,00 MW
Auslastung über 72 h	60%
Verbrauch je MW/h	250 l/h
Gesamtverbrauch 72 h	75.600 l

Das Tankvolumen wird nach Abstimmung nicht auf die Gesamtkapazität der Diesellaggregate ausgelegt. Es ergibt sich somit für beide Aggregate ein Volumen von ca. 75.000 l. Der nächst größere Tank weist ein Volumen von 80.000 l auf.

## 6.2.2 Generatordatenblatt



### ALTERNATOR TECHNICAL DESCRIPTION LSA 52.3 L12 / 4p

LS Reference: ABZ 2560 kVA\_400V\_Feb. 15, 2022 1

Date: 15/02/2022 VS.08 - 08/2021 1  
 Project Manager : PS 1  
 Nidec ACIM Germany GmbH Philip.Sewell@mail.nidec.com 1  
 Electric Power Generation +49 171 56 59 354 1  
 Eschborner Landstrasse 166 - 60489 Frankfurt GERMANY PS 1

#### Main data C 1

Generator type: **LSA 52.3 L12 / 4p** 1  
 Power: 2 560 kVA 2 048 kWe 2 129 kWm 1  
 Voltage: 400 V Star serial 1  
 Rated voltage range: +5/-5% 1  
 Power factor - Lagging: 0.8 1  
 Frequency: 50 Hz 1  
 Speed: 1 500 rpm 1  
 Nominal current: 3 695 A 1  
 Winding type: p2/3 1  
 Classes (Insulation / Temperature Rise): H / H 1  
 Ambient temperature: 40 °C 1  
 Altitude: 1 000 m 1

#### Installation IEC Quantity 1 1

Client: ABZ Aggregatebau 1  
 Prime mover: Reciprocating engine 1  
 Manufacturer: - 1  
 Type: - 1  
 Duty: Base Rating 1

#### Mechanical construction IM1101 1

Type of construction: Two bearing 1  
 Mounting arrangement: Horizontal Axis 1  
 Direction of rotation: Clockwise (seen when facing the drive end - DE) 1  
 Bearing type: Anti-friction 1  
 Bearing Lubrication: Regreasable 1  
 Bearing insulation: Not insulated 1  
 Shaft end type: Cylindrical with keyway 1  
 Balancing - Class (ISO 1940/1): Half key - G2,5 (std) 1  
 Flange: None / without 1  
 Shaft height: 500 mm 1  
 Width: 750 mm 1

#### Additional specificities 1

Stabilized Runaway speed: 1 800 rpm - 2 min. 1

#### Cooling Method IC01 1

Degree of protection: IP23 1  
 Coolant: Air / Temperature: 40 °C 1  
 Air quality: Clean 1  
 Ventilation (internal): Self-ventilated 1  
 Filters: Without 1  
 Ducting for air inlet: No 1  
 Ducting for air outlet: No 1

## 6.2.3 Anlagenbeschreibung durch IB SÜSS



KURZBESCHREIBUNG NOTSTROMBETRIEB GEB. X

### BETRIEB DER NEA

#### Dieserverbrauch

Entsprechend der DIN VDE 0100 710 ist für die NEA jeden Monat ein 1-stündiger Notstrombetrieb vorgesehen. Für diesen 1-stündigen Betrieb wird von einer Auslastung von 75 %, bezogen auf die Nennleistung ohne Redundanzen ausgegangen. Das heißt bei einer Nennleistung von 5 MW entspricht das einer Leistung von ca. 3,75 MW. Bei dieser Leistung weist die Anlage einen Treibstoffverbrauch von ca. 950 l/h auf.

#### Regelbetrieb

Im Jahr ergibt sich somit für den regelmäßig geforderten Notstrombetrieb ein Gesamtverbrauch von 11.400 l. Es wird davon ausgegangen, dass die Dieseltanks einmal jährlich aufgefüllt werden müssen um diese Menge nachzufüllen.

#### Notstrombetrieb

Bei dieser Betrachtung ist der Dieserverbrauch für Notstromfälle nicht berücksichtigt, da hierfür, abweichend vom Regelbetrieb, die NEA Leistungen zur Verfügung stellen müssen. Je nach Dauer des Notstromfalls kann die Nachfüllmenge bis zur bevorrateten Gesamtmenge von 80.000 l ansteigen.

Damit die nach DIN VDE 0100-710 geforderte 24-stündige Versorgung wieder sichergestellt ist, reicht jedoch auch für diesen Fall eine einmalige Befüllung mit ca. 25.000 l. Die restlichen Dieselvorräte können dann sukzessive wieder aufgefüllt werden.

#### Notstrombetrieb

Es kommt die VDE-AR-N 4110:2018-11 für den Netzparallelbetrieb zur Anwendung. Gemäß dem Punkt 8.9.2 ist ein Probebetrieb pro Monat für maximal 60 Minuten und mindestens 50 % der Nennlast zulässig. In diesem Fall werden Netzschutzparameter gemäß der Tabelle VDE-AR-N 4110:2018-11 Punkt 10.3.4.2.2 Tabelle 11 empfohlen. Die Einhaltung dieser Anforderungen können muss mit einer Konformitätserklärung bestätigt werden.

Grundsätzlich darf der Netzparallelbetrieb von NEA max. 100 ms betragen. Sollte die benötigte Zeit über 100 ms gehen, sind die Anforderungen der VDE-AR-N 4105 einzuhalten. Damit wirkt die Anlage nicht mehr als Notstrom.

Ausgenommen hiervon ist ein erforderlicher Probebetrieb, wenn die NEA eine Stromquelle für Sicherheitszwecke ist. Hier ist ein Start im Monat für max. 60 min mit mind. 50% Nennlast möglich.





## 6.2.6 Abstimmung Mittelspannungskonzept



dass kurzzeitige Netzunterbrechungen nicht zu einer Zuschaltung der AV Seite führen.

Bei Netzurückkehr wird die AV Seite zuerst von der laufenden Notstromversorgung entkoppelt und dann zurück auf das EVU Netz geschaltet. Es erfolgt keine Synchronisierung der Notstromaggregate vor der Zuschaltung der AV Seite. Es kommt damit bei der Rückschaltung zum EVU Netz zur Lastunterbrechung auf der AV Seite.

Nachdem die AV Seite wieder über das EVU Netz versorgt wird, erfolgt eine Synchronisierung der Notstromaggregate auf das EVU Netz. Nach Synchronisierung erfolgt die Kopplung zu der AV Seite und dann die Abschaltung der NEA Aggregate, sodass die SV Seite ohne Lastunterbrechung zugeschaltet wird.

### 7. Lastmanagement

Aktuell gibt es eine Leistungsbilanz über alle zu versorgenden Gebäude, die mit einer Gesamtleistung von ca. 7 MW endet (siehe Anlage)

Diese Leistungsbilanz enthält jedoch größere Unschärfen, da Leistungen von den inbetrieb befindlichen Gebäuden teilweise nicht bekannt sind und Leistungen von noch zu erstellenden Gebäuden immer mit einer gewissen Unschärfe berechnet werden. Es wird daher davon ausgegangen, dass die tatsächliche Leistung niedriger als die Summe der aktuellen Leistungsbilanz ausfällt. Dies wird sich jedoch erst nach Inbetriebnahme der großen Neubauten (Neubau Ost und Neubau Süd) konkret feststellen lassen.

Unstrittig ist jedoch, dass eine Überlastung der Notstromaggregate durch den Vollbetrieb auszuschließen ist, da dies die Versorgungssicherheit der SV Seite beeinträchtigen würde. Es muss daher ein Konzept (Lastmanagement) für den Vollbetrieb entwickelt werden.

Eine Möglichkeit wäre Gebäude von vorneherein von der Vollversorgung ausschließen. Eine weitere Möglichkeit wäre in Vollbetrieb einen Lastabwurf für die AV Seite vorzusehen, falls die Gesamtleistung aus AV und SV einen gewissen Schwellenwert überschreitet, so dass eine Überlastung der Aggregate ausgeschlossen werden kann.

### 8. Weitere Vorgehensweise

Basierend auf den oben beschriebenen Abstimmungen wird das Planungsergebnis weiter ausgearbeitet und präzisiert. Ergänzend erfolgt eine Abstimmung mit dem EVU zur Klärung deren Anforderungen.

Nach weiterer Präzisierung und dem Gespräch mit dem EVU erfolgt eine Folgeabstimmung im gleichen Kreis, anvisierter Zeitraum ca. 4 Wochen.

### 6.2.7 NSHV Schema

	1	2	3	4	5	6																												
A	Anlagenbezeichnung: NSHV SV																																	
	Bemerkungen Deckblatt Ansichten		Technische Daten																															
			Verteilungssystem Ausführung Nennspannung [V] Umgebungstemperatur [°C] Schutzart Lüftungsführungen Sammelschepensystem Hauptsammelschepensystem Hauptsammelschepensystemstrom [A] Bemessungsstrombelastbarkeit Iow [kA, 1s] Querschnitt L1...3 Aktives Störfeldbegrenzungsgrenzwert Gesamtgewicht [kg] Außenmaße Platzbedarf Höhe [mm] Platzbedarf Breite [mm] Anlagentiefe [mm]		Sivacon S8 Einfront AC 400V 25 IP40 24 L1-L3, PE, N 1000 unten 5780 30x40x10 ohne 8.663 2200 10200 800																													
			max. abschließende Verlustleistung Pv Verlustleistung 80% [W] max. abschließende Verlustleistung Pv Verlustleistung 100% [W]		14.930 23.156																													
B																																		
C																																		
D																																		
<table border="1"> <tr> <td>Projektname</td> <td colspan="2">Klinikum Braunschweig</td> <td>Prj-Nr.</td> <td>1150</td> <td>Stand:</td> <td>-/-</td> </tr> <tr> <td>Bestandteil</td> <td>zahl</td> <td>NSHV NSHV SV</td> <td>Obj-Nr.</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> <td>Seit:</td> <td>1/2021</td> </tr> <tr> <td>Planungsbüro</td> <td>SÜSS BERATUNDE ING.</td> <td>Projekt-Nr.</td> <td>30.06.2021</td> <td>Blatt:</td> <td>1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Planer</td> <td>DNBS</td> <td>Genehmigt am:</td> <td>08.05.2022</td> <td>von:</td> <td>9/0:</td> <td></td> </tr> </table>							Projektname	Klinikum Braunschweig		Prj-Nr.	1150	Stand:	-/-	Bestandteil	zahl	NSHV NSHV SV	Obj-Nr.	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0	Seit:	1/2021	Planungsbüro	SÜSS BERATUNDE ING.	Projekt-Nr.	30.06.2021	Blatt:	1		Planer	DNBS	Genehmigt am:	08.05.2022	von:	9/0:	
Projektname	Klinikum Braunschweig		Prj-Nr.	1150	Stand:	-/-																												
Bestandteil	zahl	NSHV NSHV SV	Obj-Nr.	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0	Seit:	1/2021																												
Planungsbüro	SÜSS BERATUNDE ING.	Projekt-Nr.	30.06.2021	Blatt:	1																													
Planer	DNBS	Genehmigt am:	08.05.2022	von:	9/0:																													
<table border="1"> <tr> <td>PROJEKT:</td> <td>Klinikum Braunschweig</td> <td>Prj-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Stand:</td> <td>-/-</td> </tr> <tr> <td>BRANDSCHWEIG:</td> <td>Brandschweig</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> <td>Seit:</td> <td>1/2021</td> </tr> <tr> <td>PLANNR.:</td> <td>AUSFÜHRUNGSPLANUNG</td> <td>DL-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Schema NSHV SV</td> <td>Datum:</td> <td>13.03.2022</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> </table>							PROJEKT:	Klinikum Braunschweig	Prj-Nr.:	1150	Stand:	-/-	BRANDSCHWEIG:	Brandschweig	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0	Seit:	1/2021	PLANNR.:	AUSFÜHRUNGSPLANUNG	DL-Nr.:	1150	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0		Schema NSHV SV	Datum:	13.03.2022	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0				
PROJEKT:	Klinikum Braunschweig	Prj-Nr.:	1150	Stand:	-/-																													
BRANDSCHWEIG:	Brandschweig	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0	Seit:	1/2021																													
PLANNR.:	AUSFÜHRUNGSPLANUNG	DL-Nr.:	1150	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0																													
	Schema NSHV SV	Datum:	13.03.2022	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0																													

	1	2	3	4	5	6																																																																																																																																																																																																																																									
A	Name: NSHV SV																																																																																																																																																																																																																																														
	Hauptsammelschepensystem 10000 unten Nennspannung [V]: AC 400V Bemessungsstrombelastbarkeit Iow [kA, 1s]: 0 Bemessungsstrombelastbarkeit Iow [kA, 1s]: 100 Hauptsammelschepensystemstrom [A]: 0 Hauptsammelschepensystemstrom [A]: 5780 Bemessungsstrombelastbarkeit Iow [kA, 1s]: 0 Querschnitt L1...3: PE, N Aktives Störfeldbegrenzungsgrenzwert: ohne																																																																																																																																																																																																																																														
	<table border="1"> <tr> <td>Platzhöhe [mm]</td> <td>2200</td> <td>2200</td> <td>2200</td> <td>2200</td> <td>2200</td> <td>2200</td> </tr> <tr> <td>Anlagentiefe [mm]</td> <td>800</td> <td>800</td> <td>800</td> <td>800</td> <td>800</td> <td>800</td> </tr> <tr> <td>Formfaktor</td> <td>Transformatoren Str 2</td> <td>GHV Str 2</td> <td>Transformatoren Str 2</td> <td>Transformatoren Str 2</td> <td>Abgangskabel</td> <td>Abgangskabel</td> </tr> <tr> <td>Nennleistung</td> <td>Transformatoren Str 2</td> <td>GHV Str 2</td> <td>Transformatoren Str 2</td> <td>Transformatoren Str 2</td> <td>Abgangskabel</td> <td>Abgangskabel</td> </tr> <tr> <td>Verfügbare Nennleistung</td> <td>3000 (200A)</td> <td>3000 (200A)</td> <td>3000 (200A)</td> <td>3000 (200A)</td> <td>GHV Str 2</td> <td>GHV Str 2</td> </tr> <tr> <td>Strom</td> <td>3000 (200A)</td> <td>3000 (200A)</td> <td>3000 (200A)</td> <td>3000 (200A)</td> <td>GHV Str 2</td> <td>GHV Str 2</td> </tr> <tr> <td>Nennstrom [A]</td> <td>2.500</td> <td>2.500</td> <td>2.500</td> <td>2.500</td> <td>180</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Bemessungsstrom Iow [A]</td> <td>2200</td> <td>2200</td> <td>2200</td> <td>2200</td> <td>180</td> <td>180</td> </tr> <tr> <td>Schaltleistung</td> <td>3-polig</td> <td>3-polig</td> <td>3-polig</td> <td>3-polig</td> <td>3-polig</td> <td>3-polig</td> </tr> <tr> <td>Schaltleistung [kVA]</td> <td>Einerschub</td> <td>Einerschub</td> <td>Einerschub</td> <td>Einerschub</td> <td>Einerschub</td> <td>Einerschub</td> </tr> <tr> <td>Bemessungsstrombelastbarkeit Iow [kA]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Platzbedarf Höhe [mm]</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>Platzbedarf Breite [mm]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Schaltungstyp</td> <td>Gr-00</td> <td>Gr-00</td> <td>Gr-00</td> <td>Gr-00</td> <td>Gr-00</td> <td>Gr-00</td> </tr> <tr> <td>Bemessungsleistung [kW]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grundlastleistung [kW]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Abgesommene Leistung [kW]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Leistungsverlust [kW]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bestandteil [A]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I des Leistungschalters [A]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I' des Leistungschalters [A]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I'' des Leistungschalters [A]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I''' des Leistungschalters [A]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I'''' des Leistungschalters [A]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>I'''''' des Leistungschalters [A]</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>IPD</td> <td>Mülldeckschneidwerk</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>EDW</td> <td>Energieüberwachung</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DCM</td> <td>Differenzstrom-Überwachung</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="7"> <table border="1"> <tr> <td>PROJEKT:</td> <td>Klinikum Braunschweig</td> <td>Prj-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Stand:</td> <td>-/-</td> </tr> <tr> <td>BRANDSCHWEIG:</td> <td>Brandschweig</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> <td>Seit:</td> <td>1/2021</td> </tr> <tr> <td>PLANNR.:</td> <td>AUSFÜHRUNGSPLANUNG</td> <td>DL-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Schema NSHV SV</td> <td>Datum:</td> <td>13.03.2022</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>						Platzhöhe [mm]	2200	2200	2200	2200	2200	2200	Anlagentiefe [mm]	800	800	800	800	800	800	Formfaktor	Transformatoren Str 2	GHV Str 2	Transformatoren Str 2	Transformatoren Str 2	Abgangskabel	Abgangskabel	Nennleistung	Transformatoren Str 2	GHV Str 2	Transformatoren Str 2	Transformatoren Str 2	Abgangskabel	Abgangskabel	Verfügbare Nennleistung	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	GHV Str 2	GHV Str 2	Strom	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	GHV Str 2	GHV Str 2	Nennstrom [A]	2.500	2.500	2.500	2.500	180	180	Bemessungsstrom Iow [A]	2200	2200	2200	2200	180	180	Schaltleistung	3-polig	3-polig	3-polig	3-polig	3-polig	3-polig	Schaltleistung [kVA]	Einerschub	Einerschub	Einerschub	Einerschub	Einerschub	Einerschub	Bemessungsstrombelastbarkeit Iow [kA]							Platzbedarf Höhe [mm]	100	100	100	100	100	100	Platzbedarf Breite [mm]							Schaltungstyp	Gr-00	Gr-00	Gr-00	Gr-00	Gr-00	Gr-00	Bemessungsleistung [kW]							Grundlastleistung [kW]							Abgesommene Leistung [kW]							Leistungsverlust [kW]							Bestandteil [A]							I des Leistungschalters [A]							I' des Leistungschalters [A]							I'' des Leistungschalters [A]							I''' des Leistungschalters [A]							I'''' des Leistungschalters [A]							I'''''' des Leistungschalters [A]							IPD	Mülldeckschneidwerk						EDW	Energieüberwachung						DCM	Differenzstrom-Überwachung						D							<table border="1"> <tr> <td>PROJEKT:</td> <td>Klinikum Braunschweig</td> <td>Prj-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Stand:</td> <td>-/-</td> </tr> <tr> <td>BRANDSCHWEIG:</td> <td>Brandschweig</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> <td>Seit:</td> <td>1/2021</td> </tr> <tr> <td>PLANNR.:</td> <td>AUSFÜHRUNGSPLANUNG</td> <td>DL-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Schema NSHV SV</td> <td>Datum:</td> <td>13.03.2022</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> </table>							PROJEKT:	Klinikum Braunschweig	Prj-Nr.:	1150	Stand:	-/-	BRANDSCHWEIG:	Brandschweig	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0	Seit:	1/2021	PLANNR.:	AUSFÜHRUNGSPLANUNG	DL-Nr.:	1150	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0		Schema NSHV SV	Datum:	13.03.2022	Obj-Nr.:
Platzhöhe [mm]	2200	2200	2200	2200	2200	2200																																																																																																																																																																																																																																									
Anlagentiefe [mm]	800	800	800	800	800	800																																																																																																																																																																																																																																									
Formfaktor	Transformatoren Str 2	GHV Str 2	Transformatoren Str 2	Transformatoren Str 2	Abgangskabel	Abgangskabel																																																																																																																																																																																																																																									
Nennleistung	Transformatoren Str 2	GHV Str 2	Transformatoren Str 2	Transformatoren Str 2	Abgangskabel	Abgangskabel																																																																																																																																																																																																																																									
Verfügbare Nennleistung	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	GHV Str 2	GHV Str 2																																																																																																																																																																																																																																									
Strom	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	3000 (200A)	GHV Str 2	GHV Str 2																																																																																																																																																																																																																																									
Nennstrom [A]	2.500	2.500	2.500	2.500	180	180																																																																																																																																																																																																																																									
Bemessungsstrom Iow [A]	2200	2200	2200	2200	180	180																																																																																																																																																																																																																																									
Schaltleistung	3-polig	3-polig	3-polig	3-polig	3-polig	3-polig																																																																																																																																																																																																																																									
Schaltleistung [kVA]	Einerschub	Einerschub	Einerschub	Einerschub	Einerschub	Einerschub																																																																																																																																																																																																																																									
Bemessungsstrombelastbarkeit Iow [kA]																																																																																																																																																																																																																																															
Platzbedarf Höhe [mm]	100	100	100	100	100	100																																																																																																																																																																																																																																									
Platzbedarf Breite [mm]																																																																																																																																																																																																																																															
Schaltungstyp	Gr-00	Gr-00	Gr-00	Gr-00	Gr-00	Gr-00																																																																																																																																																																																																																																									
Bemessungsleistung [kW]																																																																																																																																																																																																																																															
Grundlastleistung [kW]																																																																																																																																																																																																																																															
Abgesommene Leistung [kW]																																																																																																																																																																																																																																															
Leistungsverlust [kW]																																																																																																																																																																																																																																															
Bestandteil [A]																																																																																																																																																																																																																																															
I des Leistungschalters [A]																																																																																																																																																																																																																																															
I' des Leistungschalters [A]																																																																																																																																																																																																																																															
I'' des Leistungschalters [A]																																																																																																																																																																																																																																															
I''' des Leistungschalters [A]																																																																																																																																																																																																																																															
I'''' des Leistungschalters [A]																																																																																																																																																																																																																																															
I'''''' des Leistungschalters [A]																																																																																																																																																																																																																																															
IPD	Mülldeckschneidwerk																																																																																																																																																																																																																																														
EDW	Energieüberwachung																																																																																																																																																																																																																																														
DCM	Differenzstrom-Überwachung																																																																																																																																																																																																																																														
D																																																																																																																																																																																																																																															
<table border="1"> <tr> <td>PROJEKT:</td> <td>Klinikum Braunschweig</td> <td>Prj-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Stand:</td> <td>-/-</td> </tr> <tr> <td>BRANDSCHWEIG:</td> <td>Brandschweig</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> <td>Seit:</td> <td>1/2021</td> </tr> <tr> <td>PLANNR.:</td> <td>AUSFÜHRUNGSPLANUNG</td> <td>DL-Nr.:</td> <td>1150</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Schema NSHV SV</td> <td>Datum:</td> <td>13.03.2022</td> <td>Obj-Nr.:</td> <td>332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0</td> </tr> </table>							PROJEKT:	Klinikum Braunschweig	Prj-Nr.:	1150	Stand:	-/-	BRANDSCHWEIG:	Brandschweig	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0	Seit:	1/2021	PLANNR.:	AUSFÜHRUNGSPLANUNG	DL-Nr.:	1150	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0		Schema NSHV SV	Datum:	13.03.2022	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0																																																																																																																																																																																																																	
PROJEKT:	Klinikum Braunschweig	Prj-Nr.:	1150	Stand:	-/-																																																																																																																																																																																																																																										
BRANDSCHWEIG:	Brandschweig	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0	Seit:	1/2021																																																																																																																																																																																																																																										
PLANNR.:	AUSFÜHRUNGSPLANUNG	DL-Nr.:	1150	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0																																																																																																																																																																																																																																										
	Schema NSHV SV	Datum:	13.03.2022	Obj-Nr.:	332998_03_00_03_0_002_08_0002_F_0																																																																																																																																																																																																																																										



## 6.2.8 ZEP Beschreibung

# süss

Beratende Ingenieure  
PartG mbB München

Technische  
Gebäudeausrüstung

muonchen@ibsuess.de  
www.ibsuess.de

### Aktennotiz KW 27/2022

Projekt: 1150,3 SKBS Energiezentrale Geb. X  
Ort: MS Teams  
Datum: 06.07.22  
Betreff: Abstimmung ZEP Ausführung

Teilnehmer	Firma / Organisation	Fax / Email Verteiler
Herr Beck	TÜV	Olaf.beck@de.tuv.com
Herr Weilandt	Städtisches Klinikum Braunschweig	ergänzend Thinkproject
Herr Hahn	Bauer	Thinkproject
Herr Christian Süß	SBI intern	Christian.Suess@ibsuess.de
Herr Petrovic	SBI intern	f.petrovic@ibsuess.de
Herr Tomic	SBI intern	d.tomic@ibsuess.de
Herr Dömeland	Dömeland Engineering	Thinkproject

Es wurde Folgendes besprochen bzw. festgestellt:

Veranlassung:

1. Aktuelle Planung

In der aktuellen Planung würde ein ZEP ausgeführt. Dieser wird in einem Brandschutzgehäuse in der NSHV SV untergebracht. Damit auch im Brandfalle mindestens 90 Minuten für beide Systeme ein ZEP zur Verfügung steht, war geplant den ZEP in ein Funktionserhaltsgehäuse unterzubringen und mit Funktionserhaltsleitungen anzubinden.

Die Ausführung mit separaten Verbindungsleitungen zum ZEP wird jedoch abgelehnt, da durch die parallele Verbindung der Kuppelleitung eine Schleife entstehen würde, die zu vermeiden ist.

Wenn die Verbindung ausschließlich über die Kuppelleitung AV SV erfolgt, kann die Verbindung technisch nicht vollständig in E90 Funktionshalt ausgeführt werden. Entsprechend müsste bei der aktuellen Ausführungsplanung entweder der Nachteil einer Schleifenbildung oder des nicht vollständigen Funktionserhalts in Kauf genommen werden.

2. Anlagenbetrieb und Anlagenaufstellung

In dem Projekt gibt es die Besonderheit, dass eine zentrale Notstromversorgung (SV Versorgung) über das 20 kV Netz geplant ist. Somit gibt es ein 20 kV SV Netz.

Die Einspeisung der 400 V Notstromaggregate erfolgt über 400 V/20kV Transformatoren auf die SV Schiene. Die Versorgung der SV Seite im Normalbetrieb erfolgt über eigene SV Transformatoren, die vom EVU Netz gespeist werden.



Beratende Ingenieure

Dies bedeutet, dass im Normalbetrieb (keine Störung, keine Wartung) die Kupplung zwischen der NSHV AV und NSHV SV offen ist. Diese Kupplung wird nur bei Störung oder Wartung geschlossen. Ergänzend ist festzustellen, dass die NSHV AV und SV direkt nebeneinander liegen und die Verbindung über die Kuppelleitung auf sehr kurzen Weg mit großen Querschnitt erfolgt, entsprechend niedrig ist die Impedanz und damit der mögliche Potentialunterschied.

3. Alternative Ausführung – PEN Brücken in NSHV AV und SV  
Aufgrund der unter 2. Beschriebenen Anlagenbesonderheiten wird vorgeschlagen die Anlage nicht mit einem ZEP auszuführen, sondern alternativ mit zwei „PEN-Brücken“. Eine in der NSHV AV und die andere in der NSHV SV.

Damit würde es zwar zwei Verbindungen zwischen PE und N Leiter in der Anlage geben. Da die beiden PEN Brücken aufgrund der örtlichen Nähe und der kurzen Verbindung keine große Potenzialdifferenz aufweisen werden und diese Verbindung auch nur im Sonderfall (Störung oder Wartung) entstehen würde, stellt dies keinen technischen Nachteil dar. Damit bei offener Kupplung die PEN Brücken tatsächlich getrennt sind, sind die Leistungsschalter der Kupplung vierpolig auszuführen.

Die ursprüngliche und die geänderte Ausführung sind in den beiliegenden Schemauszügen dargestellt.

4. Versorgung der Gebäude P und Q  
Seitens des Klinikums sollen die Gebäude P und Q an die NSHV an die Energiezentrale angebunden werden. Das Klinikum wird darauf hingewiesen, dass bei einer Anbindung der Bestandsgebäude darauf zu achten ist, dass in den Bestandsanlagen keine PEN Brücken vorhanden sind.
5. Netzersatzanlagen Erdung  
Es wird nochmals ausgeführt, dass die Netzersatzanlagen auf der 400 V Seite geerdet ausgeführt werden. Aufgrund der galvanischen Trennung über die Transformatoren stellt dies jedoch kein Problem dar.

Siehe ebenfalls beiliegendes Schema.

SÜSS Beratende Ingenieure

Christian Süß

(Dieses Dokument wurde per Computer erstellt und ist ohne Unterschrift gültig)

## 6.2.9 Transformatordatenblatt 2500kVA

Technische Beschreibung

Art. Nr.:	4GX84643EY050AA0
Ausführung:	GEAFOL Neo® Three-phase cast-resin transformer
Öko-Design	Öko II
Umgebungs-kategorie	E2
Klimakategorie	C2
Brandverhalten Klasse	F1
Installation	innen
Aufstellungshöhe	1000 mm
Umgebungstemperatur max.:	40 °C
Über-temperatur (O/S/US)	100 K / 100 K
Betriebsart	DB
Kühlungsart	AN
Protection	IP00
Nennleistung	2500 kVA
Schaltgruppe	Dyn5
Oberspannung	20000 V
Anzapfungen	± 2 x 2.5%
Lage von HV Anzapfungen	front
Isolationspegel (KV)	LI 95 AC 50
Unterspannung (U2)	400 V
Isolationspegel (KV)	AC3 - LI
Leerlaufverluste	2790 W
Kurzschlußverluste (Pk75)	16700 W
Kurzschlußverluste (Pk120)	19000 W
Gesamtverlustleistung	+0 %
Kurzschlußspannung	6 %
Schalleistungspegel LW(A)	70 dB(A)
Schalldruckpegel (LP(A), 1 m)	55 dB(A)
Wicklungsmaterialien US / OS	Aluminium / Aluminium
Terminals	
Höhere Voltanschluss	top
Kleinere Spannungsanschluss	top
Ca. Abmessungen	
Länge x Breite x Höhe	1985 mm x 1280 mm x 2100 mm
Gehäusegrößen	9
Abstand zwischen den Rollen	1070 mm
Bruttogewicht	5180 kg
Korrosionsschutz	
Farbe RAL...., Dicke	RAL 7016, 80µm
Zubehöre:	TRAF0-LAGER >=2t <= 8,4t; D=200mm
Dokumentation:	
Auswahl verschiedener Auslösegeräte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 Kaltleiterkreise</li> <li>- 2 Ausgangsrelais 1 Wechsler/1 Schließer</li> <li>- Sensorüberwachung auf Kurzschluss und Unterbrechung zuschaltbar</li> <li>- Test-Taste (verzögert)</li> <li>- LEDs für ON, Alarm 1 und 2</li> <li>- 22,5 mm breites Gehäuse mit vertikaler Klemmenanordnung zur Befestigung auf Hutschiene 35 mm oder mit 2 Schrauben</li> </ul>
Querstromlüfter	<p>1 Stk. Lüfteranbau, Standard, für Leistungssteigerung 40%, 230V, 50/60Hz, bestehend aus 6 Stück Querstromlüfter Ziehl-Abegg QK10A-2EM.48.FK, Motornennstrom 2,9/3,2A, am Transformator unten montiert]</p> <p>1 Stk. Luefter-Schaltgerät TEC VRT 600  Nennspannung: 230 V AC (5VA) 50/60 Hz  Ausschnitt Blechtafel: 92x92 mm  Weitere Informationen:  <a href="http://www.tecsystem.it">http://www.tecsystem.it</a></p> <p>1 Stk. Standard Vollschutzanbau, AC3, für 3-Phasen Transformator bestehend aus:  1 PTC Temperaturfühlerschleife Wicklung Warnung  1 PTC Temperaturfühlerschleife Wicklung Auslösung  1 PTC Temperaturfühlerschleife Wicklung Lüfter ein  1 Hinweisschild: Anschlussschema (DT,EN)]</p> <p>1 Stk. ST Auslösegerät T119  Nennspannung:  - Nominalwerte 24 - 240 V AC/DC  - 3 serielle Gruppen von PTC-Eingängen  Ausgänge:  - 2 Alarmrelais (FAULT-ALL1-ALL2)  - 1 programmierbares abfallverzögertes Ventilationsrelais (5-10-20-40 min) - delay OFF  Abmessungen:  - 48x96 mm - DIN43700 - Tiefe: 150 mm (inkl. Klemmbrett)  - Loch auf der Blechtafel 44x92 mm</p>

## 6.2.10 Transformatordatenblatt 1600kVA

Technische Spezifikation Transformator

SGB Czech Trafo s.r.o.

Typ: DTTHZ2N 1600/20



	OS	US	
Technische Daten	Nennleistung AN	1600 kVA	1600 kVA
	Spannung	20000 V	400 V
	Schaltgruppe	D	yn5
	Anzapfungen	+2x2,5 %	
	Anzapfungen	-2x2,5 %	
	Wicklungsmaterial	Al	Al
	Isolierstoffklasse	F	F
	Isolierungsart	vergossen	prepreg
	Beziehungen Uk		OS – US
	Kurzschlussspannung Uk		8 %
Toleranz	+/- 10 %		
Prüfpegel	Durchschnittliche Wicklungsübertemperatur	100 K	100 K
	Um	24 kV	1,1 kV
	Wechselspannung	50 kV	3 kV
	Blitzstoßspannung	95 kV	0 kV
	TE-Messung	≤ 5 pC	
Verluste	Leerlaufverluste	1980 W	0 % Toleranz <small>Ökodesign – Richtlinie 2009/125/EG Stufe 2</small>
	Kurzschlussverluste bei 120 °C	13000 W	0 % Toleranz
Technische Daten II	Ausgelegt nach Norm	<u>IEC 60076-11:2018</u>	
	Phasenzahl	3	
	Frequenz	50 Hz	
	LWA/LPA	67 dB(A) / - dB(A)	0 dB(A) Toleranz
	Schutzart Transformator	IP00	
	Schwer entflammbar & selbstverlöschend	Ja	
	Stoßspannungs- / kurzschlussfest	Ja	
	Kurzschlussdauer	2s	Kurzschlussleistung 500 MVA
Umgebung	Brand-/Klima-/ Umgebungsklasse	F1/C2/E2	
	Umgebungstemperatur min/max	-25/40 °C	
	Max. Aufstellhöhe	1000 m	

**6.2.11 Schema des ZEP**



---

**6.2.12 Kurzschlussstromberechnung durch IB SÜSS**

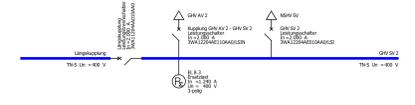
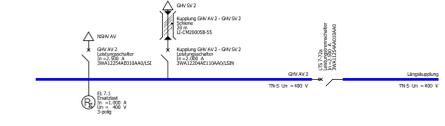
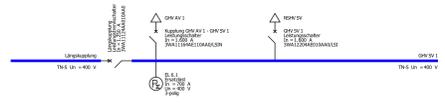
# Gebäude X - Energiezentrale

Teilweise Funktionserhalt E 90  
 Stromschiene Typ LDC8623/LDC6623  
 Schottung mit 20 mm  
 PROMATEC L500  
 Reduktionsfaktor 0,57

Teilweise Funktionserhalt E 90  
 Stromschiene Typ LDC8623/LDC6623  
 Schottung mit 20 mm  
 PROMATEC L500  
 Reduktionsfaktor 0,57

## Gebäude P+Q

## Gebäude H



## 6.2.13 Angebot ABZ Seite 4



LV-Seite 127 und 129: LV-Pos. 2.2.1 und 2.2.1.2 Anmerkungen zur NOx-Anforderung:

Mit dem vorgesehenen MTU-Dieselmotor 20V4000G14F in abgasemissionsoptimierter Ausführung (Pos. 1 unserer Offerte) garantiert der Motorhersteller einen NOx-Wert  $< 1700 \text{ mg/Nm}^3$ . Der im LV geforderte NOx-Wert von *max.  $< 1500 \text{ mg/Nm}^3$*  ist nicht darstellbar.

LV-Seite 131: Anmerkung zur LV-Pos. 2.1.2.2. Generator

Der von uns angebotene Nidec / Leroy Somer-Generator LSA 52.3 L12 hat eine Nennleistung von 2.560 kVA bei 1500 1/min (und nicht wie im LV gefordert: *mind. 2.600 kVA*)

Der alternativ von uns angebotene MTU-Dieselmotor 16V4000G34F ist lediglich in kraftstoffverbrauchsoptimierter Ausführung lieferbar – ein NOx-Wert für diesen Motor ist uns nicht bekannt.

Nichtsdestotrotz erfüllt der MTU-Dieselmotor 16V4000G34F in kraftstoffverbrauchsoptimierter Ausführung die 44. BImSchV für Notstromaggregate (Ruß  $< 50 \text{ mg/Nm}^3$ ) und ist unseres Erachtens für Ihren Bedarfsfall einsetzbar.

LV-Seite 145: Anmerkung zur LV-Pos. 2.2.1.13 Kraftstoffvorratsbehälter

Die letzten beiden Absätze auf Seite 145 bis zum Ende der LV-Pos. 2.2.1.13. sind zur vorherbeschriebenen Ausführung des Vorratstank 80.000 ltr. widersprüchlich und fanden somit in unserer Offerte keinerlei Berücksichtigung.

LV-Seite 153: Anmerkung zu LV-Pos. 2.2.1.24. Abnahmeprüfung

Als *messtechnischen Nachweis der TA-Luftwerte* sehen wir eine Bestätigung des Dieselmotorherstellers über die Einhaltung der Grenzwerte als ausreichend an (→ allgemeines Abgastypenzertifikat der Dieselmotorbaureihe). Eine separate Abgasmessung auf unserem Prüfstand haben wir in unserer Offerte NICHT berücksichtigt.

## 6.2.14 Angebot ABZ Leistungsdaten des 16V4000G34F

Version 8/18/2020

Technische Verkaufsunterlagen



A Rolls-Royce solution

Seite 3/28

- Produktdaten -

<b>Name</b>	16V4000G34F	<b>Drehzahl [1/min]</b>	1500
<b>Anwendungsgruppe</b>	3E	<b>Listenleistung [kW]</b>	2170
<b>Datensatz</b>	Ref. 25°C/45°C	<b>Listenleistung [bhp]</b>	2910
		<b>Listenleistung [kVA]</b>	-
		<b>Listenleistung [kWeI]</b>	-
		<b>Frequenz [Hz]</b>	50
<b>Abgasnormen</b>	Kraftstoffverbrauchsoptimiert;		

### 1. Leistungsdaten

Nr.	Beschreibung	Index	Wert	Einheit
1	Motorenndrehzahl	A	1500	1/min
2	Reduktionsgetriebe - Abtriebsdrehzahl	A	-	1/min
3	Mittlere Kolbengeschwindigkeit		10,5	m/s
4	Dauerleistung ISO 3046 (10% überlastbar) (Auslegungsleistung DIN 6280, ISO 8528)	A	2170	kW
5	Blockierte Leistung ISO 3046	A	2387	kW
8	Mittlerer effektiver Druck (pme) (Dauerleistung ISO 3046)		22,8	bar
9	Mittlerer effektiver Druck (pme) (Blockierte Leistung ISO 3046)		26,4	bar

**Designwert: Blockierte Leistung**  
Typische Blockleistung, die nur über einen Zeitraum von 10 Minuten (Auslegungsdauer) übersteigt werden darf.  
 **Designwert: Dauerleistung**  
Dauerleistung unter Standardbedingungen.

**Falscher Wert** muss größer sein als der angegebene Wert  
 **Falscher Wert** muss kleiner sein als der angegebene Wert

**Zustand**  
Es kann sein, dass dieser Designwert Typ ist.  
 **Nicht zuzulassen**  
Zustand ist für diesen Designwert nicht zulässig.  
 **Nicht akzeptierter Wert**  
Wert wurde nicht nach oben hin nicht bewertet.  
 **Nicht ausreichend abgestimmter Wert**  
(Schwanz +1-3%)  
 **Nicht ausreichend abgestimmter Wert**  
(Schwanz +1-2%)

**Ausgangswert**  
Wert wird zur Auslegung eines externen Systems (Anlage) benötigt.  
 **Wichtig**  
Typischer Druckwert für Information zur Auslegung der ISO 3046.  
 **Grenzwert**  
Wert, der nicht unter (unterer Grenzwert, min. Wert) bzw. überschritten (oberer Grenzwert, max. Wert) werden darf, zur Auslegung nicht geeignet.

## 6.2.15 Angebot ABZ Verbrauch des 16V4000G34F

Version 8/18/2020

Technische Verkaufsunterlagen

A Rolls-Royce  
solution

Seite 5/28

- Produktdaten -

<b>Name</b>	16V4000G34F	<b>Drehzahl [1/min]</b>	1500
<b>Anwendungsgruppe</b>	3E	<b>Listenleistung [kW]</b>	2170
<b>Datensatz</b>	Ref. 25°C/45°C	<b>Listenleistung [bhp]</b>	2910
		<b>Listenleistung [kVA]</b>	-
		<b>Listenleistung [kWe]</b>	-
		<b>Frequenz [Hz]</b>	50
<b>Abgasnormen</b>	Kraftstoffverbrauchsoptimiert;		

### 3. Verbrauch

Nr.	Beschreibung	Index	Wert	Einheit
17	Spezifischer Kraftstoffverbrauch (be) - 100% DL (+5%; EN 590; 42,8MJ/kg)	R	194	g/kWh
18	Spezifischer Kraftstoffverbrauch (be) - 75% DL (+5%; EN 590; 42,8MJ/kg)	R	189	g/kWh
19	Spezifischer Kraftstoffverbrauch (be) - 50% DL (+5%; EN 590; 42,8MJ/kg)	R	194	g/kWh
20	Spezifischer Kraftstoffverbrauch (be) - 25% DL (+5%; EN 590; 42,8MJ/kg)	R	215	g/kWh
73	Kraftstoffverbrauch bei Nullast	R	30	kg/h
92	Schmierölverbrauch nach 100h Laufzeit (B = stündlicher Kraftstoffverbrauch) Richtwert gilt nicht für die Auslegung von AGN-Systemen. Zur Auslegung von AGN-Systemen bitte Rücksprache mit Anwendungstechnik.	R	0.2	% von B
62	Schmierölverbrauch nach 100h Laufzeit, max. (B = stündlicher Kraftstoffverbrauch)	L	0.5	% von B

**Designwert** (Berechnete Leistung)  
Berechnete Leistungsleistung. Die meisten Anwendungen nicht dauerhaft  
fähig (Auslegungswert).

**Designwert** (Berechnete Leistung)  
Dauerhaft festgelegte Leistung unter Standardbedingungen.

Tatsächlicher Wert muss größer sein als der angegebene Wert

Tatsächlicher Wert muss kleiner sein als der angegebene Wert

**Zustand**  
Es kann sein für diesen Energie Typ zu  
 Nicht zureichend  
Es kann sein für diesen Energie Typ nicht zu  
 Nicht ausreichender Wert  
Wert muss nach nicht typ. Wert nicht beschränkt  
 Nicht ausreichend abgeleiteter Wert  
(Leistung +1-5%)  
 Nicht ausreichend abgeleiteter Wert  
(Leistung +1-5%)

**Auslegungswert**  
Wert wird zur Auslegung eines externen Systems (Anlage)  
benötigt.  
 **Nichtwert**  
Typischer Durchschnittswert zur Information, zur Auslegung ist  
nicht geeignet.  
 **Maximalwert**  
Wert, der nicht unter (unterer Grenzwert), max. Wert) bzw.  
überschritten (oberer Grenzwert, max. Wert) werden darf, zur  
Auslegung nicht geeignet.

## 6.2.16 Angebot ABZ Generatordaten

ABZ Aggregate-Bau GmbH & Co. KG



**SPEZIFISCHER**  
**KRAFTSTOFFVERBRAUCH:** 194 g/kWh bei 100% Last  
 189 g/kWh bei 75% Last  
 194 g/kWh bei 50% Last  
**SCHMIERÖLVERBRAUCH:** ca. 0,5% vom Kraftstoffverbrauch  
**INHALT ÖLWANNE:** 300 l

### **GENERATOR**

**FABRIKAT:** Nidec / Leroy Somer  
**TYPE:** LSA 52.3 L 12 (in Zweilager-Ausführung)  
 Bürstenloser Synchrongenerator  
**TYPENLEISTUNG:** 2.560 kVA  
**WICKLUNG:** 3-Phasen, 4-Leiter  
**ISOLATIONSKLASSE:** H – Ausnutzung nach H  
**SCHUTZART:** IP 23  
**FUNKENSTÖRGRAD:** gemäß EN 55011 Gruppe 1, Klasse B  
**STANDARDS:** VDE, IEC, BS, NEMA  
**KURZSCHLUSSSTROM:** 3 x IN  
**ERREGERSYSTEM:** Erregermaschine mit rotierenden Dioden, automatischer  
 Spannungsregler  
**SPANNUNGSREGLER:** Spannungsregler im Klemmenkasten angeordnet mit Schutzkreisen  
 für Übererregung und Verlust der Referenzspannung  
**SPANNUNGSGENAUIGKEIT:** +/- 1,0% bei konstanter Last zwischen Leerlauf und Vollast und  
 Leistungsfaktor zwischen 0,8 induktiv und 1  
**KÜHLUNG:** Innengekühlt mit Radiallüfter auf der Generatorwelle  
**MECH. AUSFÜHRUNG:** Stahlgehäuse mit verschraubten Lagerschildern, Aufstellfüße,  
 Wälzlager. Großzügig dimensionierter Klemmenkasten mit  
 Flanschplatte für Kabeleinführung  
**SONSTIGES:** Digitaler Spannungsregler D550  
 3x Zweikern-Stromwandler im Stempunkt  
 \*1. Kern: In/1A – 0,5FS5 – 10 VA  
 \*2. Kern: In/1A – 5P10 – 10 VA  
 Stillstandsheizung 400 W, 230 V  
 Statikeinrichtung für Parallelbetrieb-Generatoren  
 3x PT 100 in den Wicklungen

## 6.2.17 Emissionsdatenblatt



Motordaten		Genset	Marine	O & G	Rail	C & I
Applikation		X				
Motortyp		16V4000G34F				
Anwendungsgruppe		3E 3F				
Emissionsstufe		Fuel-consumption optimized				
Testzyklus		D2				
Schwefelgehalt des Kraftstoffs [ppm]		1100				
mg/mN <sup>3</sup> Werte basieren auf dem Restsauerstoffwert von [%]		5				

Motor Rohemissionen*		n1	n2	n3	n4	n5
Zykluspunkt	[-]					
Leistung	kW	2169	1627	1084	542	217
Leistung relativ	[-]	1	0.75	0.5	0.25	0.1
Motordrehzahl	rpm	1499	1499	1499	1499	1499
Drehzahl relativ	[-]	1	1	1	1	1
Abgasschwärzung	[-]	0.513	0.438	0.352	0.54	0.135
Abgastemperatur nach ATL	grdC	463.1	450.8	431.8	349.5	234
Abgasgegendruck nach ATL (statisch)	mbar	37	22	12	7	5
Abgasgegendruck nach ATL (total)	mbar	45	26	14	8	6
Abgasmassenstrom, ft.	kg/h	12174.2	9028.2	6571.2	4881.1	4002.3
NOx-Emission, spez.	g/kWh	6.4	8.79	9.63	7.36	10.17
SO2-Emission, spez.	g/kWh	0.438	0.427	0.438	0.493	0.619
CO-Emission, spez.	g/kWh	0.74	0.51	0.34	0.83	3.02
HC1-Emission, spez.	g/kWh	0.05	0.06	0.09	0.18	0.64
CO2-Emission, spez.	g/kWh	625.7	610.1	625.5	704.8	882.6
Partikel-Emiss.spez. (Mess.)	g/kWh	0.049	0.045	0.038	0.084	0.071
NOx-Emiss. (5% O2)	mg/m3N	2317	3254	3473	2363	2555
CO2-Emiss. (5% O2)	mg/m3N	225402	225215	225213	225129	220915

PDF	Name	Projektnr.	Format
Konfigurator	Zulker, Peter (TVMG)	123	A4
		Auftragnehr: 123	
Genehmiger 1	Kreftl, Alexander (TSLC)	EDS-ID	
Genehmiger 2	Kölwe, Michael (TSF)	601-09.08.2021	
Genehmiger 3			
Genehmiger 4		Berechnung/Teil	
User	Diplachen	Emissionsdatenblatt	
Motor/typ	16V4000G34F		
Emissionsstufe	Fuel-consumption optimized	Blatt	
		3	
Konfigurations-ID	Dokumentation	Emissionsstufenblatt	
1276	126	Fuel-consumption optimized	5

Alle Rechte aus Schutzrechtsanmeldungen vorbehalten. Weitergabe, Verwertfälligung oder sonstige Verwertung ohne Zustimmung nicht gestattet. Zu behandelungen verpflichtet zum Schadensersatz.

Daten generiert vom EDS Creator Version 1.0 und Unipid.  
Ref.-Datensatz: RPO78\_381102\_G34\_Certifikation\_BeOptimiert2 für 1276 in EDS Plattform.



CO-Emiss.(5% O2)	mg/m3N	266.4	187.5	121.9	265.1	755.4
HC1-Emiss. (5% O2)	mg/m3N	19.6	22.1	33.1	58.5	160.4
SO2-Emiss. (5% O2)	mg/m3N	157.8	157.6	157.5	157.5	154.8
PT.-Emiss.(Mess)(5% O2)	mg/m3N	17.8	16.7	13.7	26.8	17.7



Anforderungsbeschreibung		Kommentar		PDF	Name	Projekt-Nr.	Format
Daten generiert vom EDS Creator Version 1.0 und Uniplat. Ref.-Datensatz: RP078_321102_G34_Certifikation_BeOptimierung2 für 1276 in EDS-Plattform.				Konfigurator	Zuber, Petra (TVMG)	123	A4
				Genehmiger 1	Kroehl, Alexander (TSLD)	Auftrags-Nr.	
				Genehmiger 2	Kolbert, Michael (SIF)	123	
				Genehmiger 3		EDS-ID	
				Genehmiger 4		601-09.08.2021	
				Umsatz	03Prachen	Benennung/Teil	
				Motor/Typ	16V4000G34F	Emissionsdatenblatt	
				Emissionsstufe	Fuel-consumption optimized	Blatt	
				Emissionsstufenwert	Fuel-consumption optimized	4	
Konfigurations-ID	Dokumentation					von	
1276	13					5	

## **6.2.18      Lageplan der Energiezentrale**



## **6.2.19 Grundriss Elektroinstallation**



## Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Halle, den 23.08.2022

