

The background of the entire page is a low-angle photograph of two modern skyscrapers against a clear blue sky. The building on the left is a shorter, wider structure with a complex, grid-like facade. The building on the right is a taller, more slender tower with a regular grid of windows. In the foreground, a large, dark, curved architectural element, possibly a sculpture or part of a building's entrance, is visible. The overall scene is bright and modern.

**SIEMENS**

Totally Integrated Power

# Applikationen für die elektrische Energieverteilung

Hochhäuser

Answers for infrastructure.

# Inhalt

## Hochhäuser – Definition

<b>1</b>	<b>Gebäudetechnik für das Hochhaus</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>Auswahl der Anlagenteile</b>	<b>56</b>
1.1	Total Building Solutions	6	5.1	Energiecenter und Gegenstation für die Mittelspannungseinspeisung	56
1.2	Gebäudeautomation	6	5.2	Mittelspannungs-Schaltanlagen für die Ringstationen der Verteilungsebenen	59
1.3	Raumautomation	7	5.3	Verteilungstransformatoren	61
1.4	Brandschutz	7	5.4	Niederspannungshauptverteilung	63
1.5	Überfall- und Einbruchmeldesysteme	10	5.5	Unterverteilungen und Installationsverteiler	67
1.6	Sicherheitsbeleuchtung	11	5.6	Installations-Schutzgeräte	68
1.7	Weitere technische Gebäudeausrüstung	12	5.7	Power Management	71
<b>2</b>	<b>Energiemanagement</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>Leistungsbeschreibung für die Anlagenteile der Energieversorgung</b>	<b>74</b>
2.1	Messgrößen für die Energietransparenz	15	6.1	Mittelspannungs-Schaltanlagen	74
2.2	Grafische Darstellungen im Energiemanagement	16	6.2	Verteilungstransformatoren	79
2.3	Auswertungsprofile	18	6.3	Schienenverteiler-Systeme	80
2.4	Kennwerte	20	6.4	Niederspannungs-Schaltanlage	82
2.5	Strompreis	20	6.5	Installationsverteiler	84
2.6	Smart Grid	22	6.6	Energiemanagementsystem	85
2.7	Betriebsmanagement	23	6.7	Netzberechnung, Selektivitätsnachweis	86
<b>3</b>	<b>Planungsaufgabe bei der Errichtung eines Hochhauses</b>	<b>26</b>	6.8	Druckberechnung bei inneren Fehlern	86
3.1	Vorplanung	26	<b>7</b>	<b>Anhang</b>	<b>88</b>
3.2	Vorplanung Energiemanagementsystem	27	7.1	Liste der aufgeführten Normen	88
3.3	Rahmendaten für das Ausführungsbeispiel	28	7.2	Abkürzungsverzeichnis	90
3.4	Ermittlung des Leistungsbedarfs	29	7.3	Informationen im Internet	92
3.5	Photovoltaiknutzung	36		Siemens in Ihrer Nähe	95
<b>4</b>	<b>Erstellung eines Stromversorgungskonzepts</b>	<b>40</b>		Impressum	96
4.1	Grundlagen des Versorgungskonzepts	40			
4.2	Netzkonzept	40			
4.3	Versorgungskonzept für einen superhohen Wolkenkratzer	44			



# Einleitung

Hochhäuser – Definition

# Hochhäuser – Definition

## Einleitung

Wegen der zunehmenden Verstädterung – für das Jahr 2050 erwartet man, dass 70 % der Erdbevölkerung in Städten leben, gegenüber 50 % im Jahr 2010 – und durch die Ausweitung von Megacities muss die zur Verfügung stehende Grundfläche in Städten immer besser genutzt werden. Deshalb wird die Anzahl der Etagen im Gebäude und damit die Bauhöhe von Hochhäusern weiter zunehmen.

## Definition eines Hochhauses

Grundsätzlich wird laut Wikipedia ein hohes, auf Dauer genutztes Gebäude mit vielen Etagen (am Ende des 19ten Jahrhunderts waren dies Gebäude mit mindestens zehn Etagen) als Hochhaus oder Wolkenkratzer bezeichnet. Wikipedia Deutschland [www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de) definiert (am 31.08.2012) entsprechend den Landesbauordnungen ein Gebäude überwiegend dann als Hochhaus, „wenn der Fußboden mindestens eines Aufenthaltsraumes mehr als 22 m über der Geländeoberfläche liegt; denn Feuerwehrdrehleitern können Personen aus Räumen retten, deren Rettungshöhe bei 23 m über dem Gelände liegt. Für höhere Gebäude – also Hochhäuser – sind zusätzliche Brandschutzvorkehrungen zu treffen, wie zum Beispiel abgetrennte Fluchttreppenhäuser. Die Anforderungen ergeben sich aus der Hochhausrichtlinie.“

In jüngster Zeit hat bei Hochhäusern ein regelrechter Wettlauf um die größte Höhe stattgefunden. Für eine bessere Strukturierung wurde laut Wikipedia eine höhen-spezifische Einteilung eingeführt (siehe unten).

Bezeichnung	Höhe in Meter	Bauzeit in Jahren
Wolkenkratzer (engl.: skyscraper)	150–299,99	etwa 2–4
Superhoher Wolkenkratzer (engl.: super tall skyscraper)	300–499,99	3–5
Hyperhoher Wolkenkratzer (engl.: hyper tall skyscraper)	> 500	>5

Einteilung von Hochhäusern nach der Gebäudehöhe

## Anforderungen an die moderne Planung

Die Anforderungen, die an die elektrische Energieversorgung eines modernen Hochhauses gestellt werden, steigen. Hohe Sicherheit, große Flexibilität über den gesamten Lebenszyklus, geringe Umweltbelastung, Einbindung erneuerbarer Energien und geringe Kosten sind heute gängige Forderungen, die schon bei der Planung eines Hochhauses berücksichtigt werden müssen. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Abstimmung der einzelnen Gewerke aufeinander dar. Wesentliche Gewerke sind zum Beispiel Heizung, Lüftung, Klima- und Kältetechnik, Brandschutz, Einbruchschutz, Gebäudeleittechnik und elektrische Energieverteilung. Bei einer modernen Planung werden die Anforderungen an ein Hochhaus nicht einfach auf die einzelnen Gewerke heruntergebrochen, sondern aufeinander abgestimmt. Aus der Vernetzung der einzelnen Anforderung entsteht dann eine optimierte Lösung. Dieses Applikationshandbuch gibt eine Übersicht über die für die elektrische Energieverteilung wichtigen Gewerke eines Hochhauses und zeigt für ein Beispiel die Planung einer Stromverteilung entsprechend der Grundlagen- und Vorplanung auf. Integriert werden dabei die planungstechnischen Anforderungen an ein Energiemanagementsystem für das Hochhaus. Selbst wenn eine Gebäudenutzungsdauer von 50 Jahren und mehr gegeben ist, erfordern die wesentlich kürzeren Änderungszyklen bei den Nutzungszwecken, wie zum Beispiel Hotelumbau, neue Ladeninhaber, neue Informationstechnik(IT)-Ausrüstung im Rechenzentrum (RZ) und Änderungen bei Büroräumlichkeiten und bei der Nutzungsdauer von Geräten und Einrichtungen eine sinnvolle Vorplanung auf lange Sicht.



# Kapitel 1

## Gebäudetechnik für das Hochhaus

1.1	Total Building Solutions	6
1.2	Gebäudeautomation	6
1.3	Raumautomation	7
1.4	Brandschutz	7
1.5	Überfall- und Einbruchmeldesysteme	10
1.6	Sicherheitsbeleuchtung	11
1.7	Weitere technische Gebäudeausrüstung	12

# 1 Gebäudetechnik für das Hochhaus

In der modernen Welt von heute und morgen sollen Gebäude höchste Sicherheit bieten, wenige Ressourcen bei Bau und Betrieb in Anspruch nehmen und flexibel auf zukünftige Anforderungen anzupassen sein. Die intelligente Integration sämtlicher Gewerke der Gebäudetechnik ermöglicht ein Optimum an Sicherheit, Energieeffizienz, Umweltfreundlichkeit und Flexibilität bei größtmöglichem Komfort. Eine maßgeschneiderte Gesamtlösung für Energieverteilung, Gebäudeautomation, Brandschutz und Sicherheitssysteme schafft den Mehrwert, den der Auftraggeber erwartet.

## 1.1 Total Building Solutions

Total Building Solutions stellen ein Gleichgewicht zwischen dem Bedürfnis nach Schutz und Sicherheit von Personen und Sachwerten und dem Wunsch nach Komfort und reibungslosem Betrieb in einem hochautomatisierten, intelligenten Gebäude her, und zwar über den gesamten Lebenszyklus einer Liegenschaft hinweg. Total Building Solutions entspricht in seinen Anforderungen und Strukturen dem technischen Gebäudemanagement (Technical Building Management System, TBM).

Die maßgeschneiderten Gesamtlösungen bestehen aus

- Gebäudeleittechnik,
- Sicherheits- und Einsatzleittechnik,
- Heizung, Lüftung, Klima- und Kältetechnik,
- Raumautomation,
- elektrischer Energieverteilung,
- Brandschutz,
- Einbruchschutz,
- Zutrittskontrolle,
- Überwachungseinrichtungen (Video)
- Beleuchtungstechnik,
- Drittsystemen
- Anzeige von Meldungen und Gebäudedaten.

## 1.2 Gebäudeautomation

Gebäudeautomation steht für umfassende Lösungen und Dienstleistungen rund um die Steuerung und Regelung von Heizung, Lüftung, Klimatisierung, Beleuchtung und Jalousien sowie der Einbindung der elektrischen Energieverteilung – und zwar von einzelnen Räumen über ganze Stockwerke und komplette Gebäude bis hin zu verteilten Liegenschaften.

Gebäude sind für rund 40 % des Gesamtenergieverbrauchs in der Europäischen Union (EU) verantwortlich. Mit der Verordnung 2010/31/EU zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive, EPBD) verfolgt die EU das Ziel, die Energieeffizienz von Immobilien bis zum Jahr 2020 um 20 % gegenüber dem Referenzjahr 1990 zu verbessern. Zu den wichtigsten von der Richtlinie vorgeschriebenen Maßnahmen gehört unter anderem die Erstellung von Energiezertifikaten für Gebäude (Energieausweis) und die Bestimmung von Mindestanforderungen an Gebäude.

Mit der europäischen Norm EN 15232, „Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement“, werden die Komponenten der Gebäudeautomation hinsichtlich ihres Einflusses auf den Energieverbrauch von Gebäuden bewertet.

Die Einteilung der Gebäudeautomationssysteme erfolgt gemäß der neuen Norm in vier verschiedene Effizienzklassen (Abb. 1/1):

- Klasse D entspricht Systemen, die nicht energieeffizient sind; Gebäude mit derartigen Systemen sind zu modernisieren, neue Gebäude dürfen nicht damit ausgestattet werden.

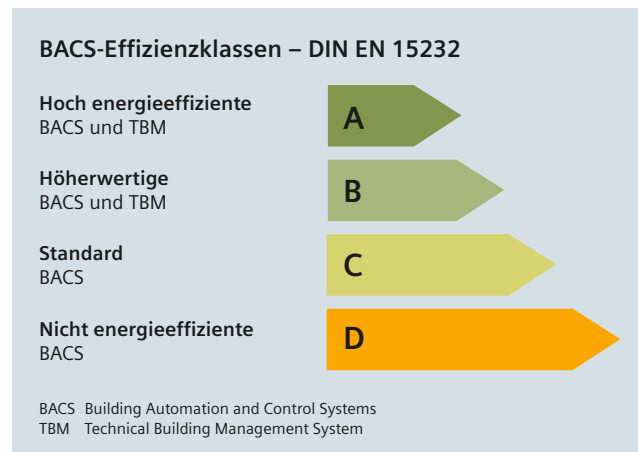


Abb. 1/1: Effizienzklassen der Gebäudeautomationssysteme nach EN 15232

- Klasse C entspricht dem heute durchschnittlich anzutreffenden Standard.
- Klasse B bezeichnet weiterentwickelte Systeme und
- Klasse A entspricht hoch effizienten Systemen.

Ferner enthält die Norm Verfahren zur Berechnung der Energieeffizienz unter Einbeziehung von Nutzerprofilen für unterschiedlich komplexe Gebäudetypen:

- Büros,
- Hotels,
- Klassenräume, Hörsäle,
- Restaurants,
- Einzel-/Großhandelszentren,
- Krankenhäuser.

Aus der Kombination dieser Elemente, die in der Norm nachzulesen sind, ergeben sich klare Vorgaben für das Erlangen einer bestimmten Effizienzklasse.

### 1.3 Raumautomation

Moderne Raumautomationskonzepte bieten integrierte Lösungen zu Klimatisierung, Beleuchtung und Sonnenschutz als wichtige Voraussetzung für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit der Raumnutzer. Zur Bedienung aller Raumfunktionen durch den Raumnutzer stehen Schalter und Regler in verschiedenen Designs zur Verfügung, um den individuellen Bedürfnissen und architektonischen Ansprüchen zu genügen.

Um die Anforderungen der EN 15232 für ein Klasse A Gebäude zu erfüllen, sind kommunikative Systeme einzusetzen. Offene Kommunikationsprotokolle wie beispielsweise LON oder KNX/EIB gemäß EN 50090 (VDE 0829) erfüllen diese Anforderung. Ein weiterer Vorteil solcher Systeme ist die einfache Erweiterbarkeit oder die flexible Nutzungsanpassung.

### 1.4 Brandschutz

Feuer benötigt eine Initialzündung und im weiteren Verlauf vor allem Sauerstoff. Damit liegt überall dort, wo Menschen leben und arbeiten, auch Feuergefahr in der Luft. Mit baulichen Maßnahmen allein lässt sich meist nicht verhindern, dass ein Feuer zum Brand wird. Deshalb ist effektiver Brandschutz in jedem Fall unabdingbar. Von effektivem Brandschutz sprechen wir, wenn zwei Dinge erfüllt sind: Zum einen soll das Feuer frühzeitig und täuschungssicher entdeckt und gemeldet werden. Zum anderen müssen so schnell wie möglich die richtigen Maßnahmen ergriffen werden. Nur so ist es möglich, dass sowohl direkte Brand- sowie Folgeschäden verhindert oder zumindest minimiert werden können. Die Umsetzung der Maßnahmenkette „Verhindern – Erkennen – Bekämpfen – Lernen“ kann als Regelkreis eines integralen Brandschutzes dargestellt werden (Abb. 1/2).

Die Muster-Hochhausrichtlinie (MHHR) in Deutschland fordert beim Brandschutz:

- Feuerwehraufzüge
  - mit eigenen Fahrschächten, in die kein Feuer und Rauch eindringen können
  - mit Haltestellen in jedem Geschoss
  - mit einer Entfernung von höchstens 50 m (Lauflinie) zu jedem Ort in einem Geschoss
- Druckbelüftungsanlagen, so dass der Eintritt von Rauch in innenliegende Sicherheitstreppe nräume und deren Vorräume sowie in Feuerwehraufzugsschächte und deren Vorräume verhindert wird (Ersatzgeräte sind einzuplanen)
- Automatische Feuerlöschanlagen mit zwei Steigleitungen in getrennten Schächten
- Brandmelde- und Alarmierungsanlagen, Brandmelde- und Alarmzentrale, Brandfallsteuerung der Aufzüge; die Brandmeldeanlagen müssen automatische Brandmelder haben, die alle
  - Räume,
  - Installationsschächte und -kanäle,
  - Hohlräume von Systemböden,
  - Hohlräume von Unterdecken

vollständig überwachen (in Wohnungen genügen Rauchwarnmelder mit Netzstromversorgung).

### 1.4.1 Brandschutzkonzept

Die Schutzmaßnahmen müssen so geplant und ausgeführt werden, dass

- Rauch schnellstmöglich detektiert wird,
- Brände sich nicht ungehindert ausbreiten können,
- Alarm früh ausgelöst und die Evakuierung schnell durchgeführt wird,
- die Feuerwehr entsprechende Maßnahmen ergreifen kann,
- Löschen innerhalb kürzester Zeit und ohne Schaden für Menschen und Werte möglich ist,
- eine effiziente Rauchabführung gewährleistet ist.

Optimal aufeinander abgestimmte Brandmelde-, Alarmierungs-, Evakuierungs- und Löschsysteme bilden die technische Basis des Brandschutzkonzepts und schützen effektiver als Einzellösungen. Zudem kann das Brandschutzsystem ganz einfach mit einem Management-System in ein größeres Sicherheitskonzept mit Intrusionschutz, Zutrittskontrolle und Videoüberwachung integriert werden. Damit entsteht ein umfassendes Gefahrenmanagement. Die Einbindung in die Gebäudeleittechnik und die damit verbundenen intelligenten Interaktionen schützen Menschen, Sachwerte und Umwelt noch wirkungsvoller.

### Das Brandmeldesystem

Ein wichtiges Element in der Prävention ist die Zeitspanne zwischen Feuererkennung und Intervention. Je kürzer diese Zeitspanne gehalten werden kann, desto kleiner können unmittelbare Schäden und Folgeschäden gehalten werden. Intelligente und blitzschnelle Auswertungsmodelle fortschrittlicher Brandmeldesysteme wie die SINTESO Melder mit (Advanced signal analysis) ASAtechnology ermöglichen es, unter noch so schwierigen Umgebungsbedingungen Rauch und Feuer sofort und täuschungssicher zu entdecken. Diese Melder lassen sich optimal auf die Bedingungen des Einsatzortes programmieren (Abb. 1/3).

### Das Alarmierungs- und Evakuierungssystem

Wie wirkungsvoll klare und unmissverständliche Kommunikation in einer Krisensituation ist, zeigt sich auch beim Brandschutz. Ein elektroakustisches oder sprachgesteuertes Alarmierungs- und Evakuierungssystem erweist sich in jedem Fall als die beste Lösung für alle. Eindeutige Brandalarmsignale, beruhigende Verhaltensregeln und konkrete Anweisungen helfen Panikausbrüche zu vermeiden.

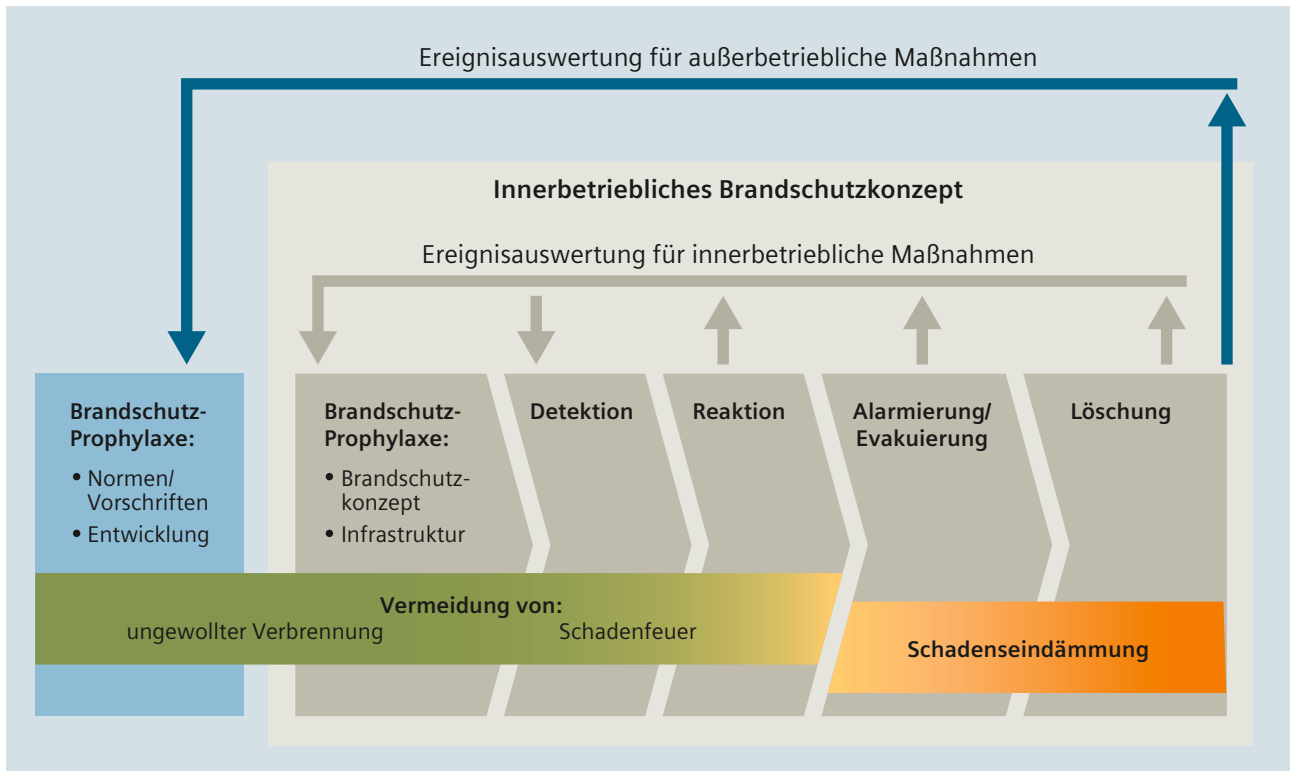


Abb. 1/2: Regelkreis des integralen Brandschutzes



Neben dem rechtzeitigen Erkennen von Brandursachen steht beim Schutz von Menschenleben die schnelle und geordnete Evakuierung des Gebäudes im Vordergrund. Gerade im Hinblick auf die Rechtsprechung in Bezug auf Schadenersatzforderungen spielt die Evakuierung eine immer wichtigere Rolle. Das Wichtigste ist jedoch, dass bei Benutzern und Bewohnern eines Gebäudes keine Panik aufkommt. Das geht am besten, wenn man ruhig informiert und klare Anweisungen gibt.

Bei Hochhäusern mit hoher Besucherfrequenz, wie zum Beispiel in Verkaufsräumen, Arztpraxen, Hotelbereichen und im Parkbereich, ist die effiziente Evakuierung von entscheidender Bedeutung. Als Faustregel gilt: Je zügiger die Evakuierung, desto größer die Überlebenschancen. Dazu darf keine Panik aufkommen, was durch ruhige Informationen und klare Anweisungen vermieden wird. Nichts liegt also näher, als bei einem Feueralarm Sprachmeldungen für die Evakuierung einzusetzen. Gesprochene Anweisungen über Lautsprecher sind eindeutig, sie werden verstanden und befolgt. Damit steht einer erfolgreichen Selbstrettung nichts mehr im Wege. Aus diesem Grund gehören Sprachalarmsysteme als Ergänzung zu Brandmeldeanlagen in jedes größere Gebäude.

### Das Löschsystem

Jede Applikation erfordert ein geeignetes Löschmittel. Ob Trocken- oder Nasslöschmittel, Schaum oder eine Kombination dieser Löschsysteme: Eine individuell erarbeitete und maßgeschneiderte Löschrategie schützt bei einem Brand nicht nur die Existenz Ihres Gebäudes sondern auch die Umwelt.

Eine Löschanlage verhindert nicht, dass ein Feuer entsteht. Sie kann aber bei rechtzeitiger Detektion bereits in der Entstehungsphase löschen. Besonders in intensiv genutzten Gebäuden, wie Hochhäusern, wo spezielle Risiken bestehen (viele Menschen, hohe Sachwerte, große Betriebsausfallkosten usw.), ist dies von unschätzbarem, existenzsicherndem Wert.

Die Grundlage dafür bildet eine rasche und täuschungssichere Erkennung, die Brandherde sofort entdeckt und lokalisiert. Auf die jeweilige Situation abgestimmt, wird zum richtigen Zeitpunkt eine angepasste Intervention eingeleitet.

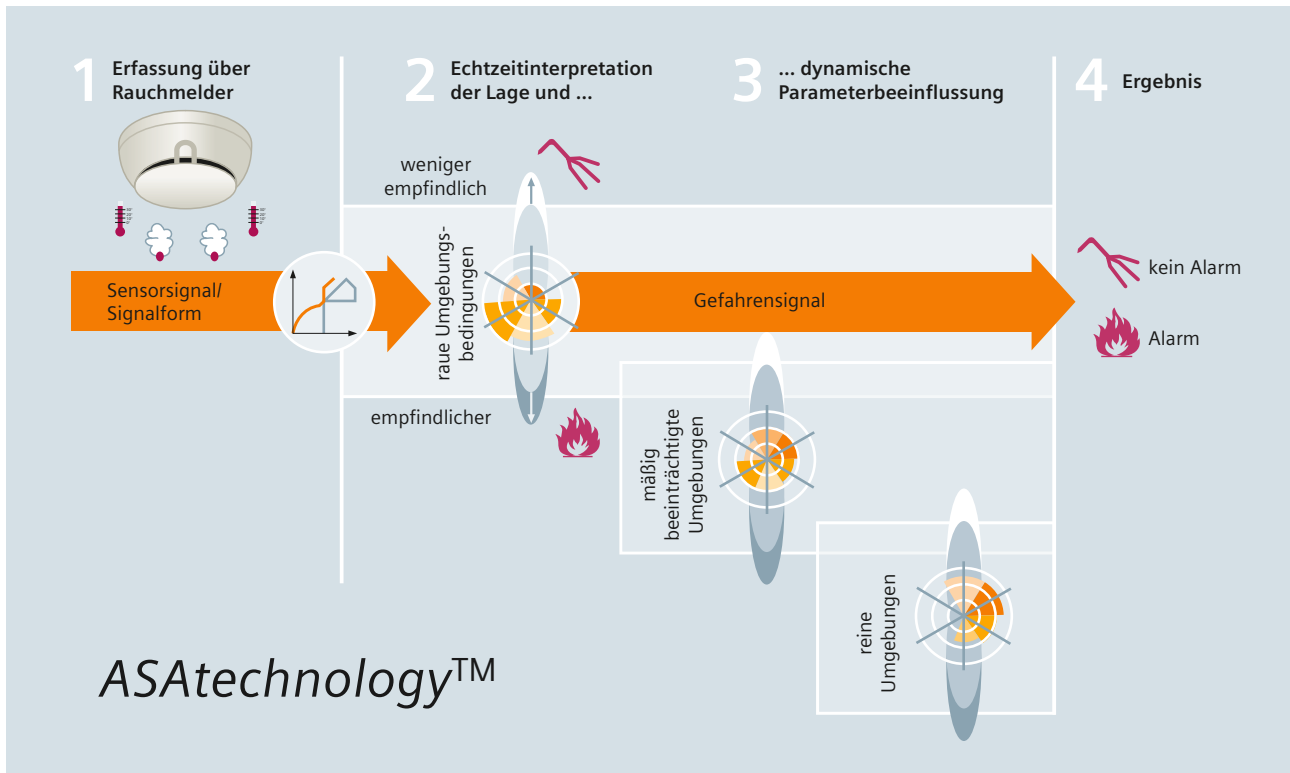


Abb. 1/3: Funktionsweise von ASATECHNOLOGY

Da in vielen Fällen ein automatisches Löschesystem die optimale erste Interventionsart darstellt, stellt Siemens eine Reihe von Löschesystemen zur Verfügung. Abgestimmt auf das jeweilige Einsatzgebiet (Risiko und Schutzziel) gewährleistet jedes dieser Systeme einen optimalen Schutz. Das umfassende Angebot an Löschmitteln stellt außerdem sicher, dass in jedem speziellen Fall situationsbezogen die schnellste und beste Wirkung erzielt wird.

## 1.5 Überfall- und Einbruchmeldesysteme

Die Notwendigkeit, Personen, Eigentum und sonstige Werte gegen Gewalt und Diebstahl zu schützen, war noch nie so groß wie heute. Das Thema Sicherheit wird somit ein immer wichtigerer Geschäftsfaktor. Daher ist eine gesunde Vorsorge beim Schutz von Personen, bei der Sicherung von Eigentum oder unersetzlichen Werten besonders wichtig.

Naivität und Leichtsinns helfen Einbrechern ebenso wie unzureichende Sicherungsvorkehrungen. Daher gilt es, passiv und aktiv zu sichern: passiv durch mechanische Sicherungen, aktiv mit einem elektronischen Alarmsystem. Die zusätzliche Beachtung einfacher Sicherheitsregeln und die nötige Umsicht im Alltag leisten einen weiteren wichtigen Beitrag zur Risikominimierung.

### Vier Sicherheitsaspekte

Eine optimale Personen- und Gebäudesicherung baut auf den folgenden vier Säulen auf:

- Umsicht als kostenloser Schutz
- Mechanische Sicherungseinrichtungen als erste Hürde
- Elektronisches Überfall-/Einbruchmeldesystem zur sicheren Erkennung von Gefahren
- Alarmweiterleitung zur zeitnahen Verständigung von Hilfskräften.

### 1.5.1 Elektronische Überfall- und Einbruchmeldesysteme

Grundsätzlich sollten bei der Erstellung eines Sicherheitskonzepts folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- Herkunft der Risiken: Bestehen diese nur von außen, beispielsweise durch eindringende Personen, oder treten diese auch innerhalb des Hochhauses auf, zum Beispiel durch Mitarbeiter oder Besucher?
- die im Objekt befindlichen Werte: Bargeldbestände, Schmuck und Kunstgegenstände, hochwertige Produktionsgüter und Anlagen, sensible Daten usw.?
- die örtliche Lage des zu sichernden Objektes: belebtes oder ruhiges Gebiet?

- Risiko durch Vandalismus: Wie sieht das soziale Umfeld aus?
- Gefahr durch Extremismus: Sind gezielte Sabotageakte zu befürchten?

Des Weiteren sollten die Folgen von Einbrüchen wie beispielsweise Betriebsausfälle, der Verlust von Kundendaten und die eventuell daraus resultierenden Schäden berücksichtigt werden.

Für unser Applikationsbeispiel sind alle vorgenannten Punkte beachtenswert, so dass ein Sicherheitskonzept mit hohem Schutzziel realisiert werden sollte. Hier bietet ein elektronisches System im Vergleich zu rein mechanischen Sicherungsmaßnahmen entscheidende Vorteile, denn dieses detektiert bereits den ersten Versuch eines Einbruchs und alarmiert daraufhin sofort die notwendigen Hilfskräfte. Nicht so bei der rein mechanischen Gebäudesicherung. Ein Einbrecher hätte, sofern er unbemerkt arbeiten könnte, beliebig viele Versuche, diese zu überwinden. Bedenkt man, dass mechanische Sicherungsmaßnahmen in Verbindung mit modernen Bauelementen wie zum Beispiel Ganzglastüren oder speziellen Leichtbauelementen oft nicht angewendet werden können, ist ein aktives Sicherheitssystem häufig die einzige Alternative. Wir empfehlen einen sinnvollen Mix aus mechanischer und elektronischer Sicherung. Denn je mehr Zeit für das Eindringen aufgewendet werden muss, desto mehr Zeit haben auch die alarmierten Interventionskräfte für das Eingreifen vor Ort. Dem Täter verbleibt somit auch weniger Zeit im Gebäude, was den möglichen Schaden entscheidend reduzieren kann.

### 1.5.2 Videoüberwachungssysteme

In anspruchsvollen Sicherheitskonzepten liefert das Videosystem die visuelle Basis für Entscheidungen und spielt deshalb eine zentrale Rolle – neben der Echtzeitkontrolle kritischer Bereiche, der Personenerkennung mit Hilfe biometrischer Verfahren oder der Gefahrendetektion. Wesentliche Elemente sind:

- Stationäre digitale Raumüberwachung  
Bei der gezielten Raumüberwachung werden Veränderungen selbstständig erkannt und unterschiedliche Alarmzonen überwacht. Im Alarmfall werden die Videosequenzen digital aufgezeichnet und an übergeordnete Management-Systeme weitergeleitet. Es können auch vorhandene IT-Infrastrukturen genutzt werden.
- Mobile Videosysteme  
Für die Überwachung externer Gewerke, Live-Koordination von Einsatzkräften oder das Managen von Mobile-Business-Aktivitäten ist die schnelle Verfügbarkeit von Daten und Bildern wichtig. Eine Vielzahl von Meldern und Kameras gruppiert sich um ein mobiles

digitales System, das multimediale Informationen speichern und über moderne Kommunikationsnetze schnell weiterleiten kann.

- Aufzeichnung von Alarmsituationen  
Zur Videoüberwachung gehört nicht nur die Aufzeichnung der Ereignisse, sondern die Dokumentation des gesamten Prozesses: Von der Aufzeichnung der Videobilder, der Übertragung und Speicherung dieser Informationen, der Einleitung von automatisierten Maßnahmen bis hin zur zentralen Auswertung und Archivierung.
- Videoleitstelle  
Die Kommunikation zwischen Videosystem und Leitstelle erfolgt per TCP/IP über jede beliebige Ethernet-, -Asynchronous Transfer Mode(ATM)- oder andere Transportnetz(TN)-Struktur. In Verbindung mit einem Video-Web-Client ist sogar die Bedienung, die Steuerung und der Zugriff von jedem Ort der Welt aus möglich.

### 1.5.3 Zeitwirtschafts- und Zutrittskontrollsysteme

Die richtige Technik für die Zutrittskontrolle ist nicht zuletzt eine Frage der Sicherheitsvorgaben für einzelne Bereiche im Hochhaus. Es gilt, eine Regelung für Zutritt und Zugriff (z. B. auf Geräte, Einrichtungen und Daten) zu finden, bei der gleichzeitig die Personenauthentifizierung auf individuelle Bedürfnisse angepasst und der Zutritt geografisch und zeitlich individuell konfiguriert werden können. Gefragt sind deshalb offene Systemlösungen mit flexiblen Netzwerken. Ebenso nehmen die besonderen Strukturen und spezifischen Arbeitsabläufe Einfluss. Faktoren wie die Gebäudegröße und -einteilung, Personenzahl, Türen, Aufzugs- und Schleusensteuerung sowie Zusatzfunktionen sind ebenfalls zu berücksichtigen.

Zukunftsweisende Lösungen umfassen sowohl die Anbindung betriebswirtschaftlicher Anwendungen als auch die Integration anderer Sicherheitssysteme. Durch die Anbindung an die Gebäudemanagementsysteme lassen sich die Informationen auch unter Energieeffizienzaspekten optimal nutzen.

## 1.6 Sicherheitsbeleuchtung

Die MHHR fordert für Hochhäuser eine Sicherheitsbeleuchtung, die bei Ausfall der allgemeinen Beleuchtung selbsttätig in Betrieb geht. Sie muss vorhanden sein

- in Rettungswegen
- in Vorräumen von Aufzügen
- für Sicherheitszeichen von Rettungswegen.

Darüber hinaus erfüllt die Sicherheitsbeleuchtung weitere Schutzziele, beispielsweise die Beleuchtung von Brandbekämpfungs- und Meldeeinrichtungen und sie ermöglicht Rettungsmaßnahmen.

Im Gegensatz zur IEC 60364-5-56 (VDE 0100-560), in der der „Leitfaden für Notbeleuchtung“ nur informativen Charakter hat, gilt entsprechend der deutschen Vornorm DIN V VDE V 0108-100 für die Sicherheitsbeleuchtung von Hochhäusern normativ:

- Beleuchtungsstärke entsprechend DIN EN 1838
- Eine Umschaltzeit von 1 bis 15 Sekunden je nach Panikrisiko und Gefährdungsbeurteilung
- Eine Bemessungsbetriebsdauer der Stromquelle für Sicherheitszwecke von 3 Stunden (Anmerkung: Für Wohnhochhäuser gelten 8 Stunden, außer die Sicherheitsbeleuchtung in Dauerbetrieb wird mit der allgemeinen Beleuchtung geschaltet. In diesem Fall sind als örtliche Schaltgeräte Leuchttaster so anzubringen, dass von jedem Standort mindestens ein Leuchttaster auch bei Ausfall der allgemeinen Beleuchtung erkennbar ist. Die Sicherheitsbeleuchtung muss sich nach einer einstellbaren Zeit selbstständig wieder ausschalten, wenn sie von der Stromquelle für Sicherheitszwecke versorgt wird)
- Be- oder hinterleuchtete Sicherheitszeichen in Dauerbetrieb
- Ein zentrales Stromversorgungssystem (engl.: central power system, CPS) oder ein Stromversorgungssystem mit Leistungsbegrenzung (engl.: low power system, LPS) oder ein Einzelbatteriesystem ist zulässig
- Für ein Stromerzeugungsaggregat zur Sicherheitsbeleuchtung ist eine Unterbrechung von 0 bis höchstens 15 Sekunden zulässig

## 1.7 Weitere technische Gebäudeausrüstung

### 1.7.1 Aufzüge

Gemäß der Hochhausrichtlinie des Bayerischen Innenministeriums gilt: Hochhäuser müssen mindestens zwei Aufzüge mit Haltestellen in jedem Vollgeschoss haben. Beide Aufzüge müssen von jeder Stelle eines Geschosses erreichbar sein. Die Haltestellen dürfen nur über Flure oder Vorräume zugänglich sein, in fensterlosen Geschossen (z. B. Tiefgaragen, Keller, Technikgeschossen) nur über Vorräume. Mindestens einer der Aufzüge muss zur Aufnahme von Rollstühlen, Krankentragen und Lasten geeignet (Mindesttiefe 2,1 m) und von der öffentlichen Verkehrsfläche und von allen Geschossen mit Aufenthaltsräumen stufenlos erreichbar sein. Bei den Zugängen zu den Aufzügen ist ein Schild anzubringen, das ein Verbot der Benutzung im Brandfall enthält. In den Vorräumen zu den Aufzügen muss durch Schilder auf die Geschosnummer und auf die Treppen hingewiesen werden. Es kann verlangt werden, dass die Aufzüge an eine Ersatzstromversorgungsanlage angeschlossen werden, damit sie bei Ausfall der allgemeinen Stromversorgung wenigstens nacheinander in das Eingangsgeschoss gefahren werden können. Anforderungen bezüglich der Feuerwehraufzüge sind in Kapitel 1.4 beschrieben.

Selbstverständlich sind wegen der hohen Fahrgastzahlen mit unterschiedlichen Zielen und der Lastenbeförderung für den Hotelbetrieb eine Anzahl von 20 Aufzügen und mehr nötig. Moderne Aufzüge für super- und hyperhohe Wolkenkratzer erreichen eine Fahrgeschwindigkeit von über 15 m/s und Fahrhöhen von 500 m und mehr. Anzumerken ist, dass eine Beschleunigung von über 1,2 m/s<sup>2</sup> beziehungsweise das vergleichbare Abbremsen unangenehm auf empfindliche Passagiere wirken kann. Um eine Geschwindigkeit von 15 m/s zu erreichen, braucht der Aufzug bei dieser Beschleunigung 12,5 s. Um den Druck auf die Ohren der Passagiere zu begrenzen, kann eine Luftdruckkontrolle eingesetzt werden und eine aerodynamische Kabine reduziert die Leistungsminderung und Geräuschbelastung durch den Luftwiderstand im Schacht.

Daher ist es sinnvoll, mit Expressaufzügen große Höhen zu überwinden. Geeignet für hohe Wolkenkratzer erscheinen mindestens zwei Gruppen von Expressaufzügen, die unterschiedlich hoch führen und vom Endpunkt aus zum Umstieg zwingen. Neben Feuerwehraufzügen und Expressaufzügen sind noch Lastenaufzüge und Rolltreppen für das Einkaufszentrum zu berücksichtigen.

### 1.7.2 Ersatzstromversorgungsanlage

Alle elektrisch betätigten Anlagen, die der Sicherheit dienen wie zum Beispiel die Sicherheitsbeleuchtung, Feuerwehr- und Personenaufzüge, Gebäudefunk für Sicherheitskräfte, Wasserdruckerhöhungsanlagen, Alarm- und Brandschutzanlagen, sicherheitsrelevante Lüftungsanlagen und Gaswarnanlagen sowie Zutrittskontrollen und -beschränkungen sind an eine Ersatzstromversorgung anzuschließen. Vorgaben für die Stromquelle für Sicherheitszwecke sind in der IEC 60364-7-718 (DIN VDE 0100-718) zu finden. Zu beachten ist, dass eine Unterbrechung der Stromversorgung von bis zu 15 s zulässig ist. Die Betriebsmittel der Ersatzstromversorgung müssen feuerbeständig und in der Niederspannungshauptverteilung auch räumlich abgetrennt von der allgemeinen Stromversorgung sein. Allerdings müssen kritische Verbraucher, bei denen die Stromversorgung nicht unterbrochen werden darf (z. B. Rauchabzugsklappen, die nach dem Ruhestromprinzip funktionieren), durch eine unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) abgesichert werden.

### 1.7.3 Druckerhöhungsanlagen

Entsprechend der Hochhausrichtlinie des Bayerischen Innenministeriums sind nasse Steigleitungen über Wasserdruckerhöhungsanlagen zu betreiben, wenn der Druck an der ungünstigsten Entnahmestelle bei einem Wasserdurchfluss von 100 l/min (Anschluss eines C-Strahlrohres) geringer als 3 bar ist. In trockenen Steigleitungen müssen Wasserdruckerhöhungsanlagen eingebaut sein, wenn das Maß zwischen der Einspeisung für die Wasserzuführung und der obersten Entnahmestelle mehr als 80 m beträgt. Die Wasserdruckerhöhungsanlagen müssen an allen Entnahmestellen bei einem Wasserdurchfluss von 100 l/min einen Wasserdruck von mindestens 3 bar und höchstens 8 bar gewährleisten.



# Kapitel 2

## Energiemanagement

2.1	Messgrößen für die Energietransparenz	15
2.2	Grafische Darstellungen im Energiemanagement	16
2.3	Auswertungsprofile	18
2.4	Kennwerte	20
2.5	Strompreis	20
2.6	Smart Grid	22
2.7	Betriebsmanagement	23

# 2 Energiemanagement

Hohe Versorgungs- und Betriebssicherheit sowie flexible Nutzbarkeit sind wesentliche Eckpunkte jeder modernen Energieverteilung. Bei einem zunehmenden Anteil der Energiekosten an den Gesamtbetriebskosten eines Gebäudes ist die Betriebskostenoptimierung bereits bei der Planung ein unerlässliches Ziel. Wesentliche Bestandteile sind dabei eine ökologisch und ökonomisch ausgerichtete Energieverbrauchs- und Energiekostenoptimierung.

Für die Planung werden bereits in der Entwicklungsphase eines Hochhauses Energiebetrachtungen gefordert. Bei der Grundlagenermittlung und Vorplanung entsprechend den Leistungsphasen 1 und 2 nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) in Deutschland, sind Zielvereinbarungen zum Energieeinsatz und den zugehörigen Messsystemen zu treffen und ein Energiekonzept zu erstellen.

Auf der Basis der Energieflüsse im Gebäude greifen Energietransparenz, Energiemanagement und Energieeffizienz ineinander. Datensammlung und -aufbereitung sorgen für Energietransparenz, so dass ein Energiemanagement funktionieren kann. Die Energieeffizienz wird durch die Planung von Automatisierungssystemen und die Festlegung der Effizienz der eingesetzten Geräte gemäß den Vorgaben des Auftraggebers beeinflusst:

## Energieeffizienz

Die Energieeffizienz beschreibt die Relation zwischen Energieaufwand und resultierendem Nutzen. Beim Wirkungsgrad  $h$  (z. B. von Aufzugsmotoren) wird der Quotient aus eingesetzter Leistung zu abgegebener Nutzleistung über einen definierten Zeitraum ausgewertet. Die Effizienzziele gehören zu den Grundlagen der Planung.

## Energietransparenz

Die Energietransparenz schafft die Informationsbasis für Aktionen, Reaktionen, Handlungsanleitungen und Verbesserungsmaßnahmen. Grundsätzlich gehört die Energietransparenz zum Betriebsmanagement, da erst im Betrieb die Energieflüsse konkret durchleuchtet werden. Es wird aber gern vergessen, dass die Mess-, Auswertungs- und Datenverwaltungssysteme in der Vorplanung Beachtung finden sollten.

## Energiemanagement

Die Richtlinie VDI 4602 Blatt 1 definiert Energiemanagement wie folgt: „Energiemanagement ist die vorausschauende, organisatorische und systematisierte Koordination von Beschaffung, Wandlung, Verteilung und Nutzung von Energie zur Deckung der Anforderungen

unter Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Zielsetzungen“. Alle Hilfsmittel, die diese Koordination ermöglichen, definiert die Norm als Energiemanagementsysteme: „Energiemanagementsysteme umfassen die zur Verwirklichung des Energiemanagements erforderlichen Organisations- und Informationsstrukturen einschließlich der hierzu benötigten technischen Hilfsmittel (z. B. Soft- und Hardware)“.

Sollen bei der Planung der Energieverteilung neben dem Anlagen- und Personenschutz noch Energiemanagementanforderungen berücksichtigt werden, sind Messgeräte innerhalb der elektrischen Energieverteilung einzuplanen. Dies ist erforderlich, um zumindest einen Nachweis für die Implementierung und den Betrieb eines Energiemanagementsystems, wie in der EN 50001 gefordert, führen zu können. Für die Planung bedeutet dies, dass frühzeitig Messpunkte festgelegt werden, der Messumfang definiert wird und Messgeräte spezifiziert werden. Ohne Messtechnik ist keine Energietransparenz und darauf aufbauend kein Energiemanagement möglich.

Bereits beim Planungsvorgang wird immer häufiger eine Betrachtung der Lebenszykluskosten vom Planer erwartet. Für betriebsnahe Verlustkostenermittlungen sind die Grenzwerte der Dimensionierung unbrauchbar. Bei der Berechnung der Lebenszykluskosten spielen die Verlustleistungen von Transformatoren, Schienenverteilern und Kabeln eine Rolle. Dabei geht der Strom quadratisch in die Rechnung ein.

Für einen ohmschen Verbraucher berechnet man die Verlustleistung  $P_v$  aus

$$P_v = I^2 \cdot R \text{ (Strom } I, \text{ Wirkwiderstand } R).$$

Die Verlustkosten sind das Produkt aus Strompreis und Energieverlusten. Doch ohne einen realistischen Lastgang für den betrachteten Zeitraum erhält man keine betriebsnahe Abschätzung des Energieverbrauchs. Dies ist aber Voraussetzung für die Bestimmung der Energieverluste und damit der Lebenszykluskosten.

Im Durchschnitt werden innerhalb der elektrischen Energieverteilung 5 % der bezogenen Energie als Verlustleistung in Wärme umgesetzt. Durch die verbrauchsoptimierte Dimensionierung der einzelnen Verteilungselemente wie Transformatoren, Schienenverteiler und Kabel entsprechend dem Lastverlauf ergeben sich Energieeinsparpotenziale bis 1 % absolut (bezogen auf die 5 % Energieverlust der Energieverteilung insgesamt sind dies 20 % Einsparung relativ), was bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren eine nicht zu vernachlässigende Größe ist. Die Optimierung von Transformatoren, Schienenverteilern und Kabel unter dem Gesichtspunkt der

Lebenszykluskosten sollte bei heutigen Planungen zum Standardumfang gehören und entsprechend gefordert und angeboten werden.

## 2.1 Messgrößen für die Energietransparenz

Die Dimensionierung von Einspeisung, Transformatoren und Generatoren erfolgt nach ihrer Scheinleistung  $S$  in kVA. Für die Schienen, Kabel, Schutz- und Schaltkompo-

ponenten der elektrischen Verteilung sind die Ströme  $I$  in A ausschlaggebend. Verbraucher gehen grundsätzlich mit ihrer Wirkleistung  $P$  in kW und dem zugehörigen Leistungsfaktor  $\cos \varphi$  in die Verteilungsdimensionierung ein.

Sollen diese Größen der Planungsgrundlagen während des Betriebes nachgewiesen werden, sind entsprechende Messeinrichtungen vorzusehen. Bei der Verrechnung der verbrauchten Energie auf diverse Kostenstellen ist zusätzlich die Arbeit beziehungsweise Energie  $W$  in kWh innerhalb der Einspeisung und bei dem jeweils zu verrechnenden Verbraucher zu erheben (Abb. 2/1).

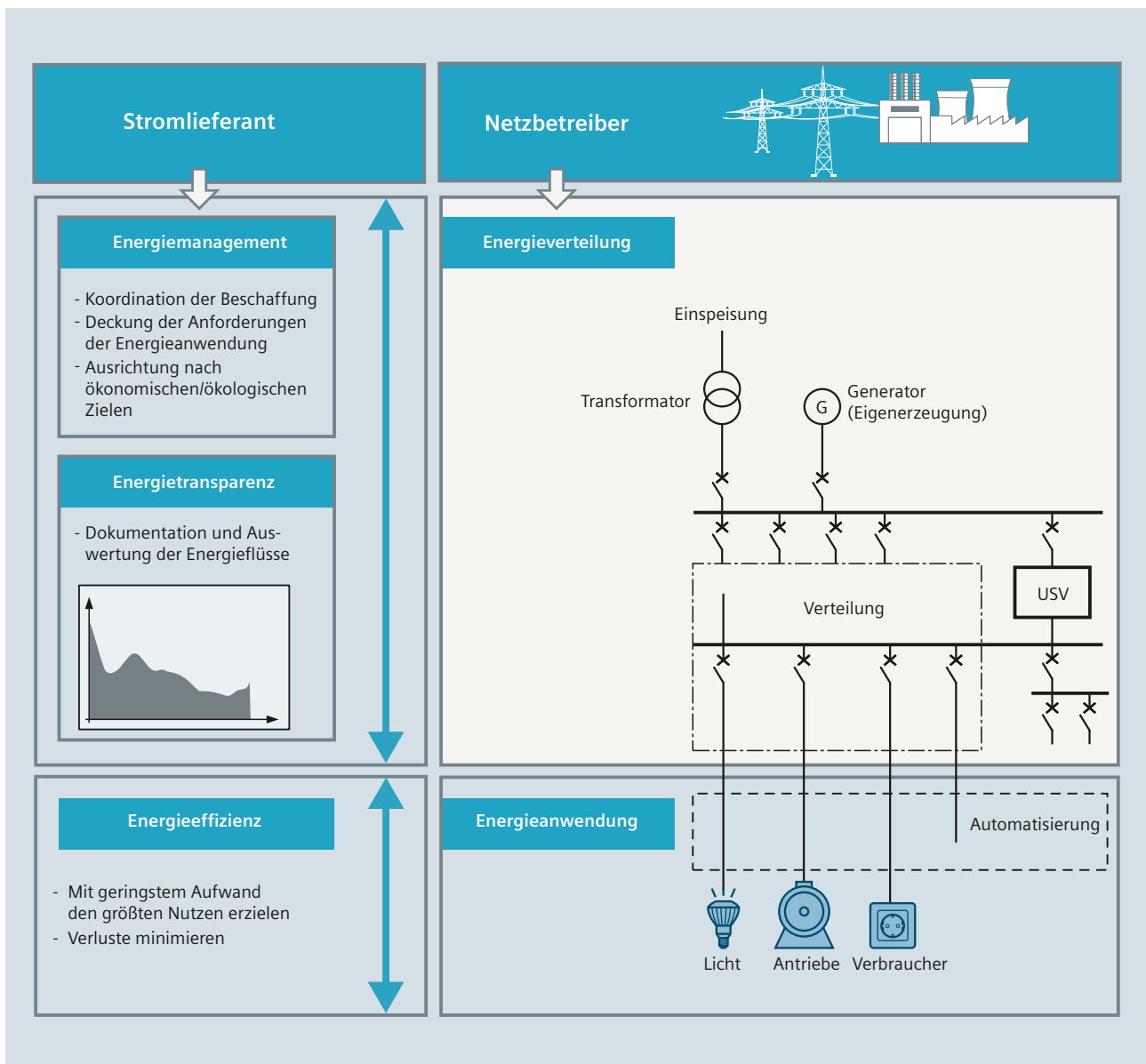


Abb. 2/1: Durch Energiemanagement mit Hilfe von Energietransparenz zu Energieeffizienz

Für die Transparenz beim Anlagenbetrieb ist es sinnvoll, am Transformator, zusätzlich zu der oben bereits erwähnten Scheinleistung, die Spannung  $U$  in V, den Strom  $I$  in A, den Leistungsfaktor und den Total-Harmonic-Distortion (THD)-Anteil (Summe aller Oberschwingungen, jeweils für die Spannung als auch für den Strom) zu messen. Im Verteilungsnetz ist eine einmalige Spannungsmessung direkt unterhalb des Transformators ausreichend. Für die Verteilungsnetze nach dem Transformator genügt es, den Spannungsfall zu kennen. Bei der Dimensionierung des Spannungsfalls wird ausgehend vom maximal zu erwartenden Strom der Nachweis erbracht, dass an jedem letzten Verbraucher die Spannung innerhalb der erlaubten Grenzen von maximal +10 %/-14 % bleibt. Dabei gibt die IEC 60038 (VDE 0175-1) für die Wechselstromnetze mit einer Nennspannung zwischen 100 und 1.000 V eine zulässige Abweichung von  $\pm 10\%$  vor und verweist auf den zusätzlich zulässigen Spannungsfall von 4 % innerhalb einer Verbrauchereinrichtung, wie in IEC 60364-5-52 (DIN VDE 0100-520) beschrieben. (Abb. 2/2)

Ein Generator wird wie ein Transformator behandelt, wobei zusätzlich die erzeugte Arbeit  $W$  in kWh zu messen ist.

Bei vermieteten Flächen wird nach Energieverbrauch  $W$  in kWh abgerechnet. Ein Energiezähler erfasst den Verbrauch, wobei bereits bei der Planung geklärt werden sollte, inwieweit der Zähler ein geeichter Verrechnungs-

zähler sein muss. Geeichte Verrechnungszähler sind dann einzusetzen, wenn der Zählerwert zur Rechnungslegung herangezogen werden soll.

## 2.2 Grafische Darstellungen im Energiemanagement

In einem Energiemanagementsystem bilden die Messwerte als Zahlenreihen die Grundlage für die verschiedenen grafischen Darstellungen. In der Regel kann der Nutzer erst durch die Analyse der grafischen Darstellungen von Messreihen das Verhalten einzelner Komponenten und die Zusammenhänge zwischen Nutzung und entsprechendem Energiebedarf erkennen.

Anmerkung: Durch den Zeitbezug können Leistung und Energieverbrauch bei einer Mittelwertbestimmung im 15-Minuten-Intervall wechselseitig voneinander abgeleitet werden.

- Messung: Mittlere Wirkleistung  $P$  in kWh im 15-Minuten-Intervall  
mittlerer Energieverbrauch  $E = P \cdot 0,25 \text{ h}$
- Messung: Mittlerer Energieverbrauch  $E$  in kWh im 15-Minuten-Intervall  
mittlere Wirkleistung  $P = E / 0,25 \text{ h}$

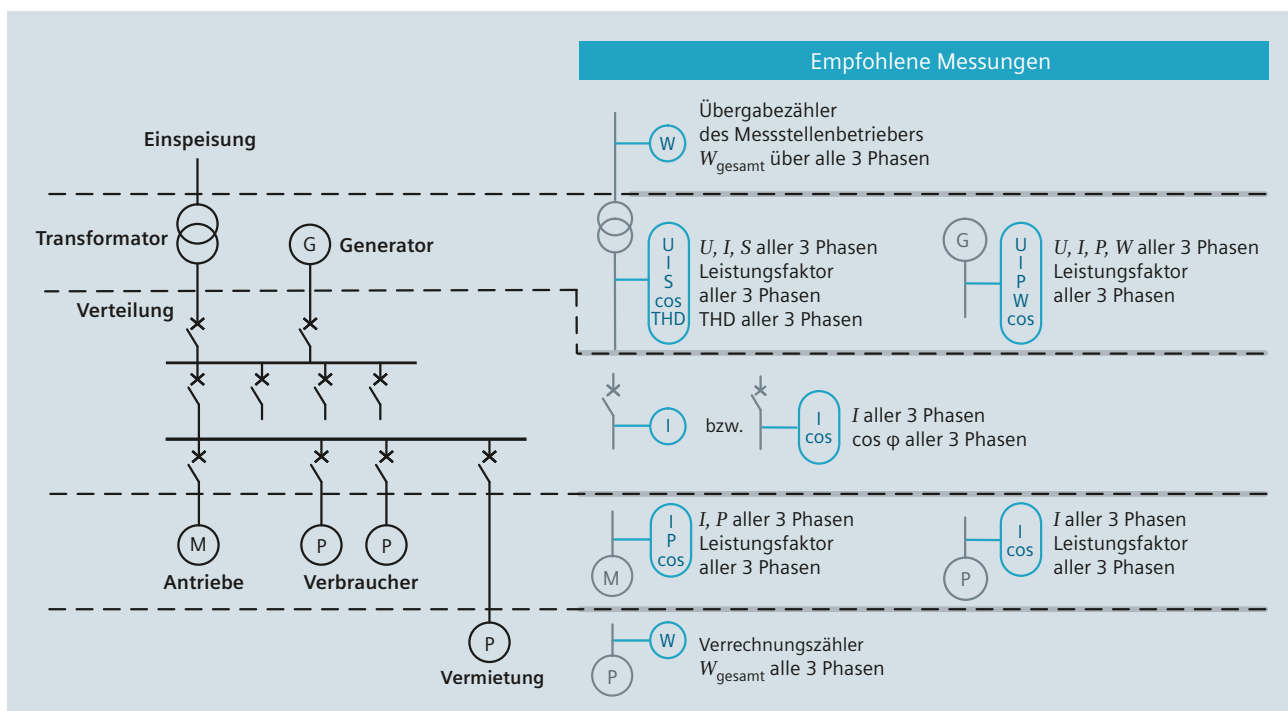


Abb. 2/2: Empfohlene Messungen für den Hochhausbetrieb



## 2.2.1 Ganglinien

Ganglinien sind die grafische Darstellung von Messwerten in ihrer zeitlichen Reihenfolge. Auf der x-Achse wird die Zeit, auf der y-Achse werden die Messwerte aufgetragen.

Eine Jahresganglinie (Abb. 2/3) beginnt mit dem Messwert des ersten Tages des Jahres um 0.15 Uhr und endet mit dem Wert für den letzten Tag des betrachteten Jahres um 24.00 Uhr. Aufgetragen werden die Mittelwerte im 15-Minuten-Raster, beginnend mit der vollen Stunde. Für Leistungsganglinien wird die mittlere Leistung eines 15-Minuten-Intervalls über dem zugehörigen Zeitraum aufgetragen. Typische Auswertungen, die eine Gangliniendarstellung ermöglicht, sind:

- Wann wurden hohe Bezugsleistungen benötigt?
- Zeigt sich ein typisches Verhalten des Energieverbrauchs (z. B. ein typisches Zeit-Leistungs-Muster)?
- Gibt es zeitliche Zusammenhänge mit starken Änderungen bei den Leistungsmesswerten?
- Wie hoch ist die Grundlast?

Zu beachten ist, dass bei einer Mischnutzung im Hochhaus die spezifischen Ganglinien für die unterschiedlichen Applikationen ausgewertet werden sollten. Solche Auswertungen können als Dienstleistung den Mietern und Nutzern im Hochhaus angeboten werden.

Je nach Auflösung der zeitlichen Achse werden dabei immer spezifischere Aussagen möglich, beispielsweise zum Verhalten bei Sondersituationen oder Trendaussagen.

Die Auswertung von Jahresganglinien ist geeignet einen Überblick zu erzeugen über:

- Lastverhalten
- Kontinuität über Monate
- Stromspitzen an einzelnen Zeitpunkten im Jahr
- saisonale Schwankungen
- Betriebsferien und weitere Betriebsbesonderheiten
- Mindestleistungsanforderungen als Leistungssockel

Die grafische Darstellung einer Monatsganglinie (Abb. 2/4) kann zur Verdeutlichung eines möglicherweise typischen Verhaltens genutzt werden:

- Ähnlichkeit des Leistungsbezugs
- Kontinuität an den Wochenenden
- Leistungsbezug in den Nächten
- Grundlast
- Feiertage/Brückentage/Wochenenden und weitere Betriebsschließungstage (Abb. 2/5).

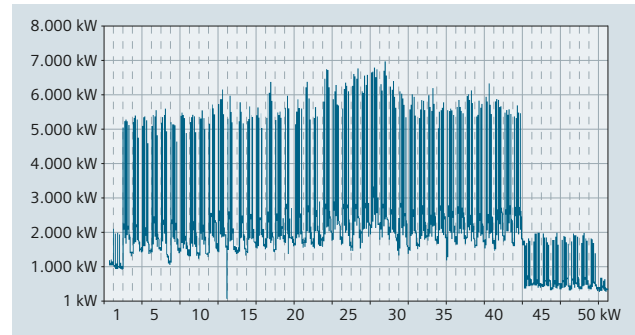


Abb. 2/3: Jahresganglinie für eine Messstelle

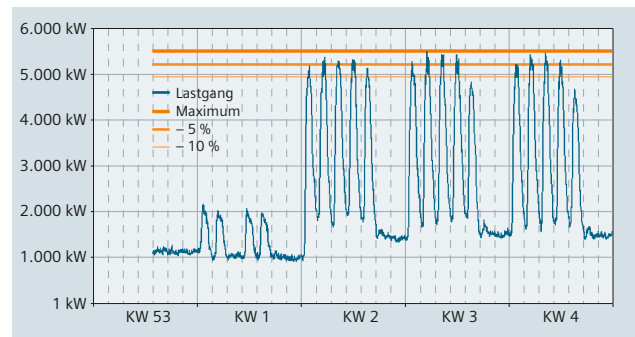


Abb. 2/4: Monatsganglinie für eine Messstelle

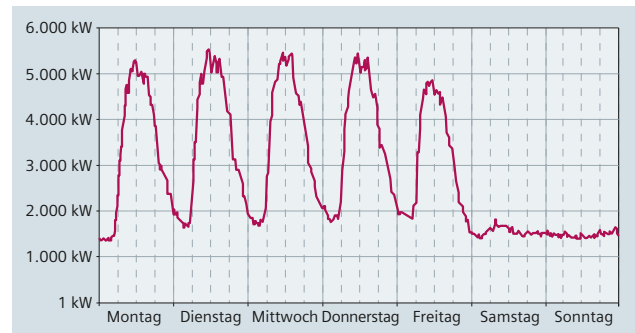


Abb. 2/5: Wochenganglinien für eine Messstelle

Hierbei werden tagespezifische Unterschiede deutlich:

- Tagesbedarf
- Tagesschwankungen
- typisches Schichtverhalten
- Bedarfsspitzen

Bei den Tagesganglinien (Abb. 2/6) werden einzelne 15-Minuten-Intervalle aufgetragen, damit zum Beispiel folgende Zeitpunkte erkennbar werden:

- Genaue Darstellung des Tagesbedarfs und Änderungszeitpunkte
- Pausen
- Schichtwechsel

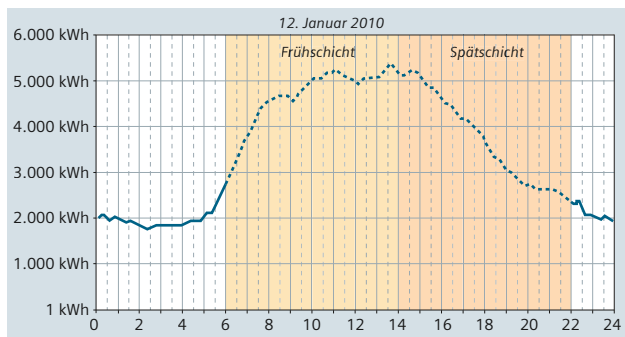


Abb. 2/6: Tagesganglinie für eine Messstelle

## 2.3 Auswertungsprofile

Zur Verdeutlichung von Zusammenhängen, charakteristischen Leistungswerten und Verhältnissen durch Grafiken werden die Messwerte in unterschiedlichen Auswertungsprofilen verarbeitet, zum Beispiel:

- Belastungsprofil
- Häufigkeitsverteilung
- Maxima-Auswertung

### 2.3.1 Belastungsprofil

Beim Belastungsprofil werden auf der x-Achse die Leistungswerte angezeigt, auf der y-Achse wird die Anzahl der Stunden aufgetragen, an denen der jeweilige Leistungswert gemessen worden ist. Das Leistungsprofil, basierend auf den 15-Minuten-Leistungsmesswerten, beginnt mit der Grundlast und endet mit der maximalen bezogenen Leistung. Durch das Belastungsprofil können Leistungsschwerpunkte identifiziert werden; also die meistgeforderten Leistungswerte einer Anlage oder eines Systems (Abb. 2/7).

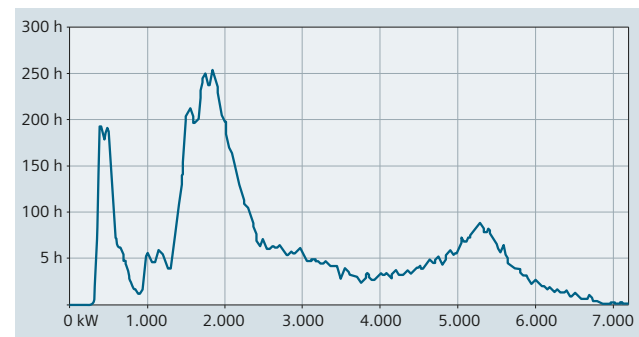


Abb. 2/7: Belastungsprofil einer Messstelle für ein Jahr

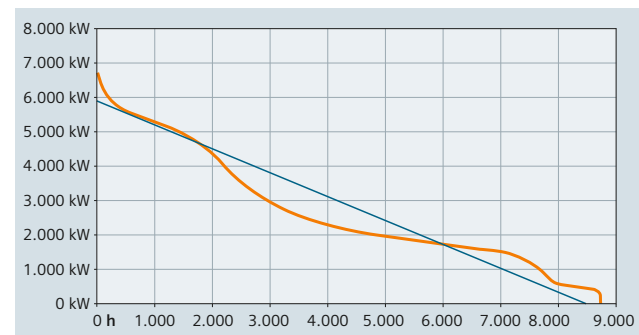


Abb. 2/8: Häufigkeitsverteilung für ein Jahr und mittlerer Kurvenverlauf

Das Profil der Lastverteilung ist wichtig für Wirkungsgradbetrachtungen und kann damit Rückschlüsse auf die Energieeffizienz ermöglichen:

- Geräteauslegungen (z. B. Transformatoren)
- Verlustbetrachtungen (Lebenszykluskosten)

### 2.3.2 Häufigkeitsverteilung

Die Häufigkeitsverteilung ist eine statistische Ergänzung des Belastungsprofils durch die Darstellung kumulierter Werte. Bei der Häufigkeitsverteilung wird auf der x-Achse die Anzahl der Stunden aufgetragen, auf der y-Achse die Leistung, die für die jeweilige Stundenzahl benötigt wurde (Abb. 2/8). Da die Stundenzahl ansteigend aufgetragen wird, beginnt die Kurve der Häufigkeitsverteilung mit der maximalen bezogenen Leistung und endet mit der Grundlast. Die Häufigkeitsverteilung lässt Rückschlüsse auf die Kontinuität des Bezuges zu. Insbesondere die Abweichungen vom mittleren Kurvenverlauf lassen derartige Rückschlüsse zu.

Typische Auswertungen, die sich durch Häufigkeitsverteilungen realisieren lassen, sind:

- Ausprägung der Lastspitzen
- Abnahmekontinuität
- Schichtmodell
- Grundlast

### 2.3.3 Maxima-Auswertung

Bei der Maxima-Darstellung (Abb. 2/9) werden die größten Leistungsmesswerte mit zugehörigem Datum und Uhrzeit in einer absteigenden Rangfolge aufgetragen. Häufig werden zwei Hilfslinien eingezeichnet, um eine Spitzenlastminderung um 5 % beziehungsweise 10 % kenntlich zu machen. Bei der Maxima-Darstellung der Leistung wird deutlich, in wie vielen 15-Minuten-Intervallen ein Lastmanagement mit welchen Leistungsreduzierungen hätte eingreifen müssen, um einen angenommenen Spitzenwert nicht zu überschreiten.

Varianten der Maxima-Darstellung bilden die tageszeit-spezifische Verteilung von Leistungsspitzen ab oder zeigen die Monatsmaxima auf, um Ansatzpunkte für ein Lastmanagement oder für eine geänderte Betriebsführung identifizieren zu können.

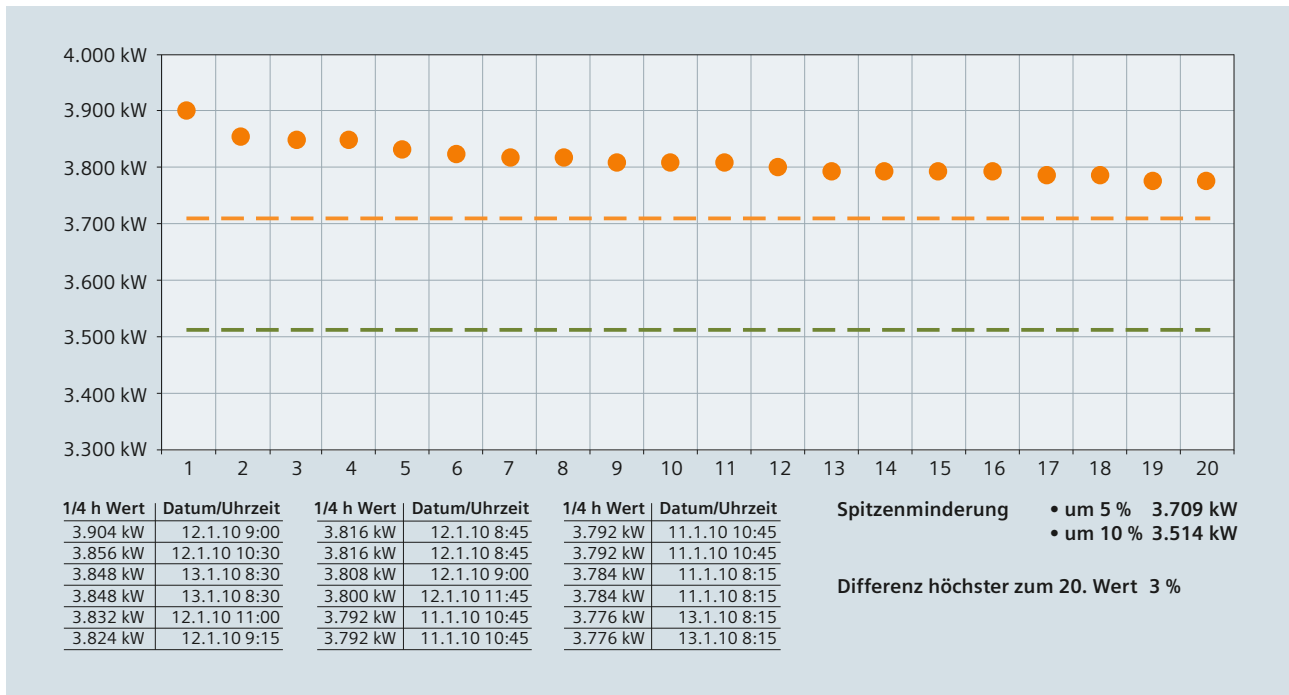


Abb. 2/9: Maxima-Darstellung als Rangfolge der Spitzenlastwerte

## 2.4 Kennwerte

Kennwerte sollen einen Überblick geben und Vergleiche ermöglichen. Typische Kennwerte werden als monats-beziehungsweise jahresbezogene Summen-, Maximal-, Mittel- und/oder Minimalwerte ausgewertet. Sie können die Ansatzpunkte für ein Energiemanagement sein, da sie zum Beispiel die Spreizungen der zeitabhängig benötigten Leistung deutlich machen. Charakteristische Größen sind:

- Arbeit (wichtig für Arbeitspreis)
- Leistungshöchstwert (wichtig für Leistungspreis)
- Nutzungsdauer (wichtig für Preise)
- Volllaststunden
- Gleichzeitigkeitsfaktor
- Einheitsspezifische Energiewerte wie zum Beispiel Schichtwerte, Stückwerte, zeitspezifische Arbeitswerte
- Maximal-, Mittel- und Minimalwerte von Strom, Spannung, Leistungsfaktor, Leistung, Arbeit usw.

HINWEIS: Solche direkt ausgewiesenen Kennwerte können die Basis für weitere Analysen sein, die zur Gebäudebeschreibung (Energie pro Nutzfläche, Energiebedarf bezogen auf den Kältebedarf, umgebungsspezifische Abhängigkeiten von Extremwerten usw.) genutzt werden können. Näheres zu Kennwerten, Datenauswertungen und -interpretationen ist in M. Weiß: „Datenauswertung von Energiemanagementsystemen“ (ISBN 978-3-89578-347-0) zu finden.

## 2.5 Strompreis

Der Strompreis setzt sich zusammen aus Arbeitsanteil, Leistungsanteil, Steuern und Abgaben:

Der Arbeitsanteil steht dem Stromlieferanten für die gelieferte elektrische Energie zu. Der Arbeitsanteil am Strompreis ist das Produkt aus verbrauchter Arbeit in kWh und Arbeitspreis in Cent/kWh.

Der Leistungsanteil steht dem Verteilnetzbetreiber (VNB) für die Bereitstellung der Infrastruktur zu. Er ist das Produkt aus der höchsten Viertel-Stunden-Bezugsleistung in kW beziehungsweise aus dem Mittelwert von  $n$  Viertel-Stunden-Bezugsleistungen in kW ( $n$  ist eine vereinbarte Anzahl von Maximalwerten) und dem Leistungspreis in €/kW.

Die Steuern und Abgaben sind an den Staat, beziehungsweise an die Kommune, abzuführen. Zu den Steuern zählen die Mehrwertsteuer, die Ökosteuer, die Abgabe für erneuerbare Energien sowie gegebenenfalls für die Kraft-Wärme-Kopplung. Die Konzessionsabgabe wird für die Nutzung des öffentlichen Raumes erhoben und wird an die Kommunen bezahlt. Steuern und Abgaben werden prozentual aus dem Arbeits- und Leistungspreis errechnet.

Betriebsintern wird der Strompreis normalerweise nur aus Arbeits- und Leistungspreis berechnet. Die Steuern und Abgaben bleiben unberücksichtigt. Der aktuelle Strompreis in €/kWh wird in der Regel monatlich aktualisiert. Der durchschnittliche Strompreis (DSP) berechnet sich aus der Summe aus Arbeits- und Leistungsanteil dividiert durch die gelieferte Strommenge:

$$\text{DSP [Cent/kWh]} = \frac{(\text{Arbeitsanteil [€]} + \text{Leistungsanteil [€]})}{\text{Strommenge [kWh]}}$$

Das Verhalten des Strompreises in Abhängigkeit von der Nutzungsdauer lässt sich grafisch darstellen. Die unterschiedlichen Optimierungsmöglichkeiten durch die Varianzen von Arbeits- und Leistungspreis sowie durch spezifische Zeitvorgaben können so verdeutlicht werden. Letztlich resultiert in der grafischen Darstellung ein „Optimierungsfenster“ (Abb. 2/10), das durch folgende Eckpunkte definiert wird:

- aktueller DSP
- mögliche Energieeinsparung unter Beibehaltung der maximalen Bezugsleistung
- mögliche Bezugsleistungseinsparung unter Beibehaltung der verbrauchten Energiemenge
- möglicher neuer Arbeitspreis
- möglicher neuer Leistungspreis

Dabei wird in der Darstellung von einer Preissenkung bei Arbeits- und Leistungspreis von jeweils 10 % ausgegangen. In den drei Reitern über dem „Optimierungsfenster“ von Abb. 2/10 sind Arbeitspreis und Leistungspreis fix. Zu beachten ist, dass im „Optimierungsfenster“ nicht die absoluten Stromkosten abzulesen sind, sondern ein mittlerer Strompreis je verbrauchter Kilowattstunde Energie. Die Variation von Verbrauch und Leistungsspitze kann, abhängig von der jeweiligen Angebotssituation bei Stromlieferant und Netzbetreiber, zu unterschiedlichen Voraussetzungen für Preisverhandlungen führen. Selbstverständlich können weitere Kennwerte, Verteilungen und Auswertungen hierauf Einfluss nehmen.

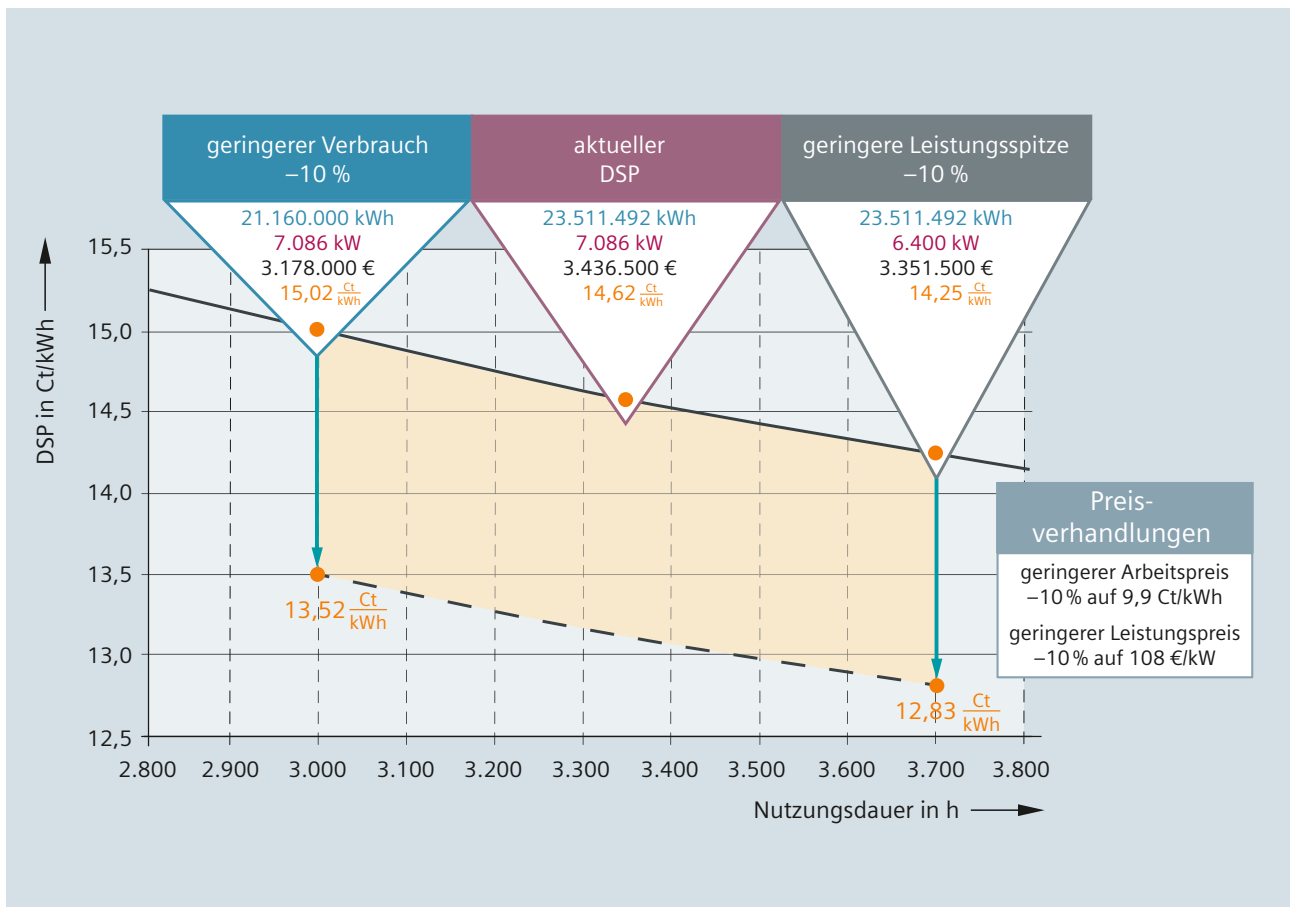


Abb. 2/10: Beispiel für ein „Optimierungsfenster“ des durchschnittlichen Strompreises

## 2.6 Smart Grid

Der Begriff Smart Grid (intelligentes Netz) beschreibt das intelligente Zusammenspiel von Energieerzeugung, -speicherung, -verteilung und -verbrauch als ein energie- und kosteneffizientes Gesamtsystem (Abb. 2/11):

- Der Verbraucher ist Teil des Smart Grids und bedient eine Schnittstelle zum Smart Grid.
- Der Stromlieferant liefert den Strom, erwartet aber eine Prognose des Energiebezugs in 15-Minuten-Schritten eine Woche im Voraus. Die Verrechnung erfolgt anhand des vom Verbraucher bestellten Energiefahrplans, multipliziert mit dem ausgehandelten Arbeitspreis.
- Der VNB stellt die Verbindung zum Versorgungsnetz zur Verfügung und erwartet eine Aussage zur bestellten Leistung, die er entsprechend vorzuhalten hat. Die Verrechnung erfolgt anhand des ausgehandelten Leistungspreises multipliziert mit der größten 15-Minuten-Leistung innerhalb des Betrachtungszeitraums (Monat oder Jahr).
- Der Messstellenbetreiber misst die gelieferte Energie und stellt die Daten dem Verbraucher zur Verfügung. Er wird für seine Leistung pauschal bezahlt.

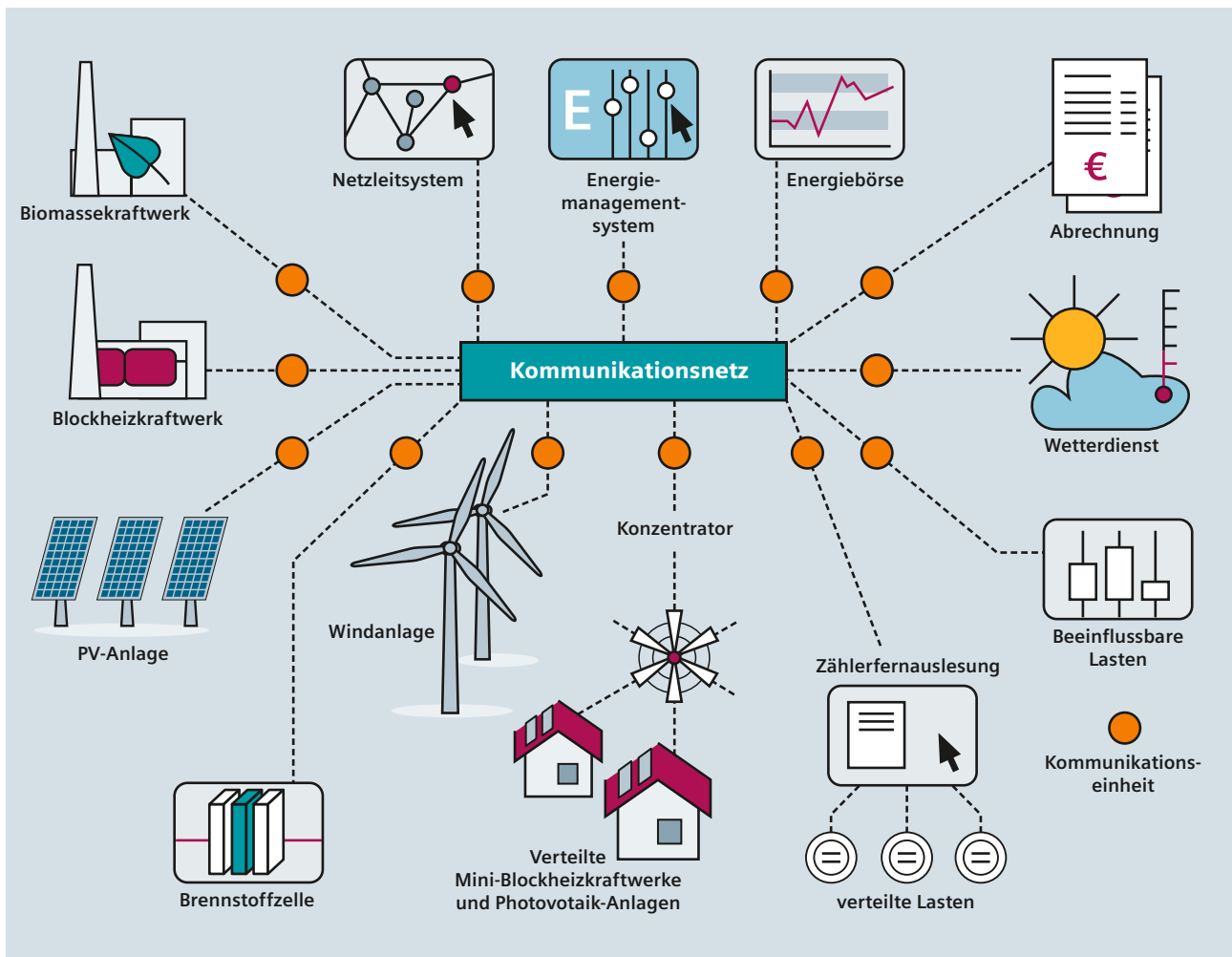


Abb. 2/11: Energiemanagement und Kommunikation zwischen allen Beteiligten und über alle Energienetze hinweg sind Grundvoraussetzung für ein Smart Grid

## 2.7 Betriebsmanagement

Aufbauend auf dem Energiemanagementsystem setzt in der Betriebsebene eines Gebäudes das technische Betriebsmanagement an. Unter dem Aspekt der Energieversorgung ist das effektive Überwachen des Betriebs und des Energieverbrauchs mittels Statusanzeigen und Meldeeinrichtungen entsprechend den angedachten Nutzungsmöglichkeiten zu planen. Bereits bei der Gebäudekonzeption sollte die zugehörige Mess-, Steuer- und Regelungstechnik für die Gebäudeautomation vorgesehen werden. Diese sollte folgende funktionelle Schichten umfassen:

- Erfassung von Status und Messungen; Verarbeitungsebene für die Erfassung
- Bedienen und Beobachten mit Visualisierung, Archivierung, Reports, Steuern von Schaltgeräten, Zustandsüberwachung/Messstellen

Für die Implementierung eines technischen Betriebsmanagementsystems sprechen folgende Gründe:

- Schnelle und einfache Online-Übersicht der Zustände, des Energieverbrauchs/-flusses im Gebäude (Abb. 2/12)
- Plausibilitätsprüfung von erfassten Werten, Vermeiden von Ablesefehlern
- Optimierung der Bezugsverträge abgestimmt auf die einzelnen Nutzungsanteile
- Präzisierung und höhere Wirtschaftlichkeit des Energiebezugs durch genaue Kenntnis des Bedarfsprofils
- Kostentransparenz im Energiebereich
- Benchmarking (Vergleich von Orientierungswerten)

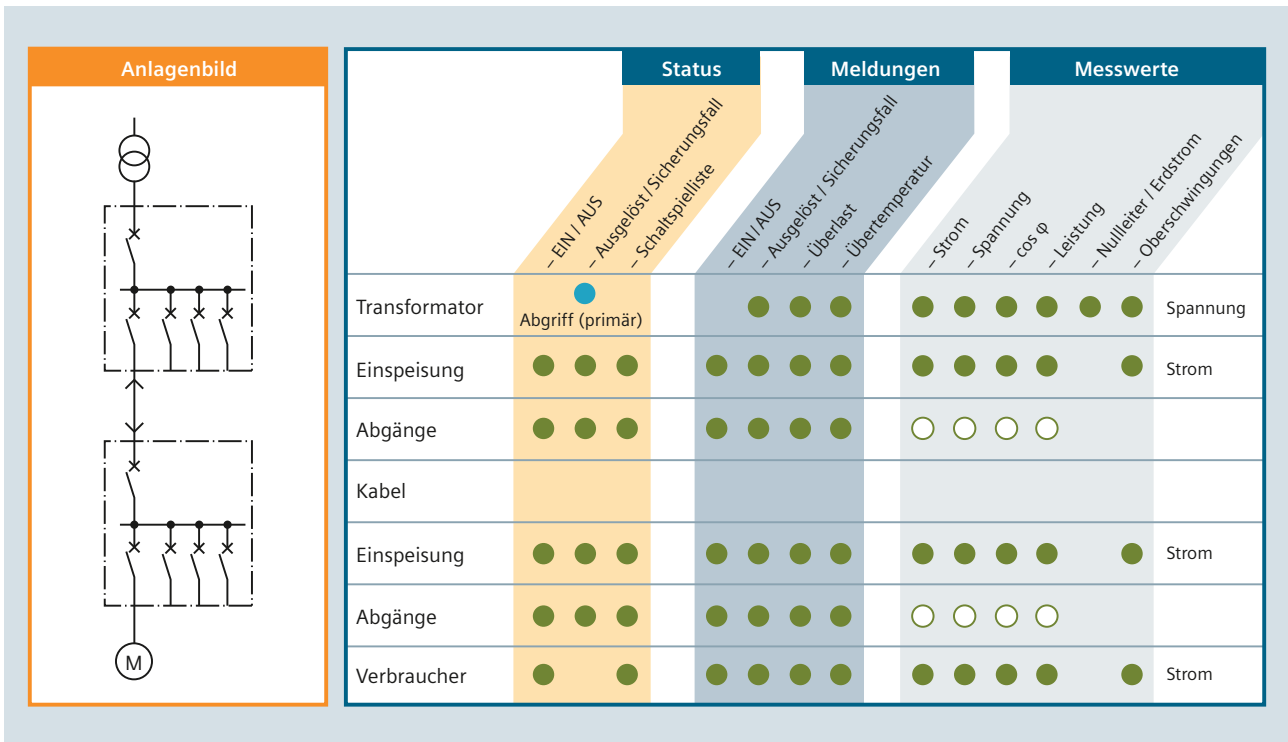


Abb. 2/12: Betriebsseite auf die elektrische Energieverteilung (weiße Punkte können optional genutzt werden)



# 2





# Kapitel 3

## Planungsaufgabe bei der Errichtung eines Hochhauses

3.1	Vorplanung	26
3.2	Vorplanung Energiemanagementsystem	27
3.3	Rahmendaten für das Ausführungsbeispiel	28
3.4	Ermittlung des Leistungsbedarfs	29
3.5	Photovoltaiknutzung	36

# 3 Planungsaufgabe bei der Errichtung eines Hochhauses

Bereits in der Planungsphase werden die größten Optimierungspotenziale für die Energieversorgung eines Gebäudes deutlich. Hier werden die Weichen dafür gestellt, welche zusätzlichen Kosten und Mehrungen im Laufe der Errichtung und späteren Nutzung entstehen. Im Vergleich zu konventionellen Planungen verbessert sich das Kosten-Nutzen-Verhältnis bei integrierter Planung stetig. Integrierte Planung berücksichtigt bei den komplexen Aufgaben die Synergien von aufeinander abgestimmten, durchgängigen und intelligenten Systemen und Produkten aus einer Hand und setzt diese kostengünstig um. Schnittstellen und aufwendige Abstimmungen zwischen unterschiedlichen Systemen und Produkten verschiedener Hersteller entfallen.

## 3.1 Vorplanung

Durch die vielfältigen Nutzungs- und Ausgestaltungsmöglichkeiten der Räume und Stockwerke eines Hochhauses ergeben sich stets spezifische Voraussetzungen für die Planung der elektrischen Energieverteilung. Bei der Zusammenstellung der Rahmenbedingungen sind im Sinne der Vorplanung für das Hochhaus zu beachten:

- Art, Nutzung und Form der Gebäudeteile (Abgrenzung der Versorgungsbereiche)
- Bestimmungen und Auflagen der Baubehörden (z. B. in Deutschland die Model High-Rise Directive – MHRD – Musterhochhausrichtlinie – MHHR)
- Für den Betrieb erforderliche technische Gebäudeausstattungen
- Auflagen des VNB wie zum Beispiel technische Anschlussbedingungen (TAB)
- Leistungsbedarfanmeldung, Tarife, Anschlusskosten
- Möglichkeiten der Energie-Eigenerzeugung, Eigennutzung, Energiespeicherung und Netzeinspeisung
- Ermittlung gebäudebezogener Anschlusswerte abhängig von den versorgungstechnischen Flächenlasten entsprechend der Gebäudenutzung
- Bestimmung der Lastschwerpunkte zur Festlegung der Transformatoranordnung und der zugehörigen Niederspannungshauptverteilungen

Grundsätzlich wird bei der Planung eines Hochhauses eine optimale Systemlösung gesucht, die unter Beachtung der nachfolgenden Bedingungen hinsichtlich Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit ausgewählt und geprüft werden sollte:

- Einhaltung der Bestimmungen für das Errichten elektrischer Anlagen (z. B. IEC 60364 und IEC 61936 beziehungsweise VDE 0100 und VDE 0101), vorgeschriebener Richtlinien und Vorschriften, z. B. Personensicherheit in der Unfallverhütungsvorschrift BGV A3 (BGV: Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit

- und Gesundheit bei der Arbeit), sowie projektbezogener Bestimmungen für besondere Anlagen
- Übersichtlichkeit beim Netzaufbau
- Wirtschaftlichkeit durch Mittelspannungsverteilung bis zu den Lastschwerpunkten und optimierte Bemessung der geplanten Betriebsmittel nach Betriebsstrom- und Fehlerstrombelastbarkeit
- Versorgungs- und Betriebssicherheit durch Redundanz, Selektivität, Kurzschlussfestigkeit, Überspannungsschutz, Fehlerstrombelastbarkeit und hohe Verfügbarkeit der Betriebsmittel
- Versorgungsqualität, Netzurückwirkungen und elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)
- Minimierung der Umweltbeeinträchtigungen bei Erstellung und Betrieb
- Flexibilität bei Leistungsänderungen durch einfache Anpassungsmöglichkeiten
- Wartungsfreundlichkeit durch die Verwendung einheitlicher Bauelemente
- Optimierung hinsichtlich des Spannungsfalls und der Übertragungsfähigkeit
- Umgebungsbedingungen wie zum Beispiel Aufstellhöhe, Luftfeuchtigkeit, Umgebungstemperatur, erforderlicher Brandschutz und räumliche Randbedingungen

Entsprechend diesen Punkten sind bei der Planung der elektrischen Energieversorgung folgende Auslegungskriterien zu beachten:

- Ermittlung der Netzlast (Anschlusswert)
- Gleichzeitigkeitsfaktoren
- Auslastungsfaktoren
- Spezifische Flächenbelastung bei geschätztem Leistungsfaktor
- Netzform unter Berücksichtigung von
  - Struktur des Versorgungsgebiets und Verwendungszweck
  - Anzahl, Größe und Lage der Lastschwerpunkte
  - Anordnungsmöglichkeiten der Transformatoren und der zugehörigen Niederspannungs-Hauptverteiler (Übertragungsverluste, Spannungsfall)
  - Trassenführung
  - Niederspannungsseitige (meist dezentrale) oder mittelspannungsseitige (meist zentrale) Notstromversorgung
- Bemessung und Auswahl von
  - elektrischen Betriebsmitteln
  - Schaltanlagen
  - Verteiltransformatoren
  - Leiterquerschnitten (für Kabel und Schienenverteilersysteme)
  - Netzschutz

## 3.2 Vorplanung Energiemanagementsystem

Ein Energiemanagementsystem (EnMS) dient der systematischen Erfassung der Energieströme und erleichtert Investitionsentscheidungen zur Verbesserung des Energieeinsatzes. Eine entsprechende Planung der Mess- und Auswerteeinrichtungen schafft die Voraussetzungen dafür. Außerdem können Nachweise für die kontinuierliche Verbesserung der leistungsbezogenen Energienutzung geliefert und gesetzliche Anforderungen berücksichtigt werden. Wichtige Ziele der Verbesserungsmaßnahmen können sein:

- Kostenreduktion
- Nachhaltige Unternehmensführung
- Umweltschutz
- Zeit- und Ressourcenoptimierung
- Verbesserung von Image und gesellschaftlicher Akzeptanz
- gesetzliche und steuerliche Erleichterungen

Um diese Ziele zu erreichen, muss der ganzheitliche Ansatz des EnMS von der Planung, über den Bau, die Nutzung und Erneuerung bis zum Rückbau beachtet werden. Dem Schema von Kapitel 2, Abb. 2/2 entsprechend sollten dazu in der Vorplanung entsprechende Messungen einbezogen werden. Als Grundlage für ein Energiemanagement dienen nach M. Weiß : „Datenauswertung von Energiemanagementsystemen“ (ISBN 978-3-89578-347-0) die in Tab. 3/1 beschriebenen Messungen und Darstellungen.

### Lastmanagement und Energiefahrplan

Gerade durch die vielfältigen Anwendungen im Hochhaus und die unzähligen Variablen werden der Leistungs- und Energiebedarf stark beeinflusst. Bei der Planung sollten die Voraussetzungen für ein Lastmanagement und die darauf aufbauende Erstellung von Energiefahrplänen geschaffen werden. Das Lastmanagement kann zur Begrenzung des maximalen Leistungsbezugs auf einen einstellbaren Wert genutzt werden, um die Vereinbarungen mit einem Verteilnetzbetreiber einzuhalten.

Messungen			Darstellungen	Information
Spannungen	Phase – Phase	$U_{L1-L2}, U_{L1-L3}, U_{L2-L3}$	Kennwerte	Identifikation von Schiefasten
	Phase- Neutral	$U_{L1-N}, U_{L2-N}, U_{L3-N}$		Erkennen von Erdschlüssen
Ströme	Phasen	$I_{L1}, I_{L2}, I_{L3}$	Kennwerte	Identifikation von Schiefasten
	Neutral	$I_N$		Nullleiterströme weisen auf Schiefast und/oder Oberschwingungen hin
Leistungsfaktor	Gesamt-cos $\varphi$	$\cos \varphi_{\Sigma}$	Kennwerte	Anzeige für Kompensationsbedarf
	cos $\varphi$ der Phasen	$\cos \varphi_{L1}, \cos \varphi_{L2}, \cos \varphi_{L3}$	Ganglinien	Identifikation von Problemen bei der Kompensation
Leistung	Wirkleistung	$P_{\Sigma}$	Kennwerte	Wertevergleiche
	Blindleistung	$Q_{\Sigma}$	Ganglinien	Zeitabhängigkeit des Belastungsprofils
	Scheinleistung	$S_{\Sigma}$	Häufigkeitsverteilungen	Beschreibung des Nutzungsverhaltens
Arbeit	bezogene Arbeit	$W_{\Sigma, \text{Bezug}}$	Kennwerte	Verbrauchswerte über 15 min
	abgegebene Arbeit	$W_{\Sigma, \text{Lieferung}}$		Erzeugungswerte über 15 min
			Ganglinien	Arbeitswertübersicht
				Mengenkontrolle
Power quality	Gesamtoberschwingungsgehalt Spannung	THD <sub>U</sub>	Kennwert	Notwendigkeit von Oberschwingungsfiltern
			Ganglinie	Problemidentifikation, wie z. B. kritische Last

Tab. 3/1: Vorplanung von Messungen und Darstellungen

Bereits in den ersten Planungsphasen sollten Verbraucher identifiziert werden, die sich gezielt zu- und abschalten lassen. Hinzu kommt, dass für ein Lastmanagement die Vernetzung von Energieverteilung, Automatisierung und IT geplant wird, damit die betrieblichen Vorgänge in den einzelnen Teilen des Hochhauses transparent dargestellt werden können. Ansonsten müsste gerade bei einer Mischnutzung der geplante maximale Leistungsbedarf verhältnismäßig groß gewählt werden.

Da sich der Strompreis aus Leistungs- und Arbeitspreis zusammensetzt, sollten Last- und Prognosemanagement bei der Planung der zugehörigen Mess- und Auswerteeinrichtungen berücksichtigt werden, damit stets ein bedarfsoptimierter Energiefahrplan erstellt werden kann. In der Zukunft werden Strombezugsverträge mit zwingender Fahrplaneinhaltung eine immer größere Rolle bei der Kostenoptimierung spielen. Bei Abschluss solcher Verträge muss der Vertragskunde seinen Strombezug in Viertel-Stunden-Rastern für eine Woche im Voraus anmelden. Auf der Basis dieser Werte kauft der Stromhändler die Energie ein und verlangt dafür den vereinbarten Preis. Bei Unterschreiten der prognostizierten Energiemenge wird keine Gutschrift erteilt. Der vereinbarte Preis wird also für eine größere als die tatsächlich bezogene Energiemenge bezahlt. Wird mehr Energie benötigt als prognostiziert, führt dies zu Mehrkosten, die sich am Preis der zum Zeitpunkt des Bedarfs gültigen Regenergie orientieren.

Enthält der Strombezugsvertrag eine Fahrplanklausel, sollte ein Prognosemanagement den Fahrplan überwachen. Bei Bezugsüberschreitungen wird durch Verbraucherabschaltungen reagiert; bei Unterschreitungen des prognostizierten Bezugs sind Verbraucher zuzuschalten. Dafür sind Verbraucher zu definieren, die sich gezielt zu- und auch abschalten lassen.

### 3.3 Rahmendaten für das Ausführungsbeispiel

Es ist nicht möglich, ein Standardhochhaus zu definieren. Umfeld-/Umweltbedingungen, amtliche Rahmenbedingungen, Gebäudenutzung, Betreiberwünsche und Vorgaben für Ausstattung, Zeitplan und Kosten erfordern eine gebäudespezifische Planung. Deshalb werden nachfolgend Vorgaben gemacht, die exemplarisch für einen Super-Wolkenkratzer ausgewählt wurden.

Der Super-Wolkenkratzer soll für eine Mischnutzung mit insgesamt 80 Etagen geplant werden. Er soll 75 Etagen über dem Erdboden hoch sein und fünf Untergeschosse haben. Durch die Geschosshöhe von vier beziehungsweise fünf Metern ergibt sich eine Gesamthöhe des

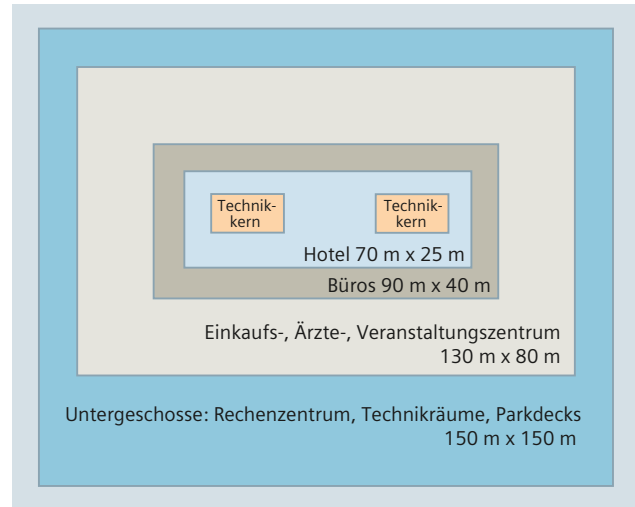


Abb. 3/1: Draufsicht für die räumliche Anordnung der unterschiedlichen Nutzungsebenen

Gebäudes von über 300 Metern über dem Erdboden. Für ein nach oben sich verjüngendes Gebäude sprechen architektonische Gründe, nutzergerechte Raum- und Fensterflächen sowie die Verringerung von Windlast und Verwirbelungen in größeren Höhen (Abb. 3/1).

Die vertikale Aufteilung der Gebäudenutzung mit den zugehörigen Flächen ist in Tab. 3/2 gegeben. Diese Aufteilung wird in Abb. 3/2 schematisch wiedergegeben, wobei die unterschiedlichen Aufzugtypen, die für ein Hochhaus erforderlich sein können, farblich verschieden eingetragen sind. Anstelle einer Betrachtung für jede einzelne Etage, die nötig wäre, um technische Einrichtungen und Aufzüge beziehungsweise Rolltreppen detailliert zuzuordnen, werden die Technikbereiche und das Mauerwerk auf die Etagegrundfläche bezogen. Für die Nutzfläche werden jeweils 10% für Treppen, Mauern, Gänge und 10% für Technikbereiche und Aufzüge von der Grundfläche pro Etage abgezogen.

Geschoss	Funktion	Fläche je Geschoss/m <sup>2</sup>	Gesamtfläche/m <sup>2</sup>
OG 72 bis 74	Technikräume	70 · 25	5.250
OG 57 bis 71	Hotel	70 · 25	26.250
OG 6 bis 56	Büros	90 · 40	183.600
OG 5	Veranstaltungs-/Ärztzentrum	130 · 80	6.000/4.400
EG bis OG 4	Eingangsbereich, Ladenlokale	130 · 80	52.000
UG -1	Technikräume, Lager/Rechenzentrum	150 · 150	16.500/6.000
UG -5 bis -2	Parkdecks	150 · 150	90.000

Tab. 3/2: Vertikale Aufteilung für das Hochhausmodell

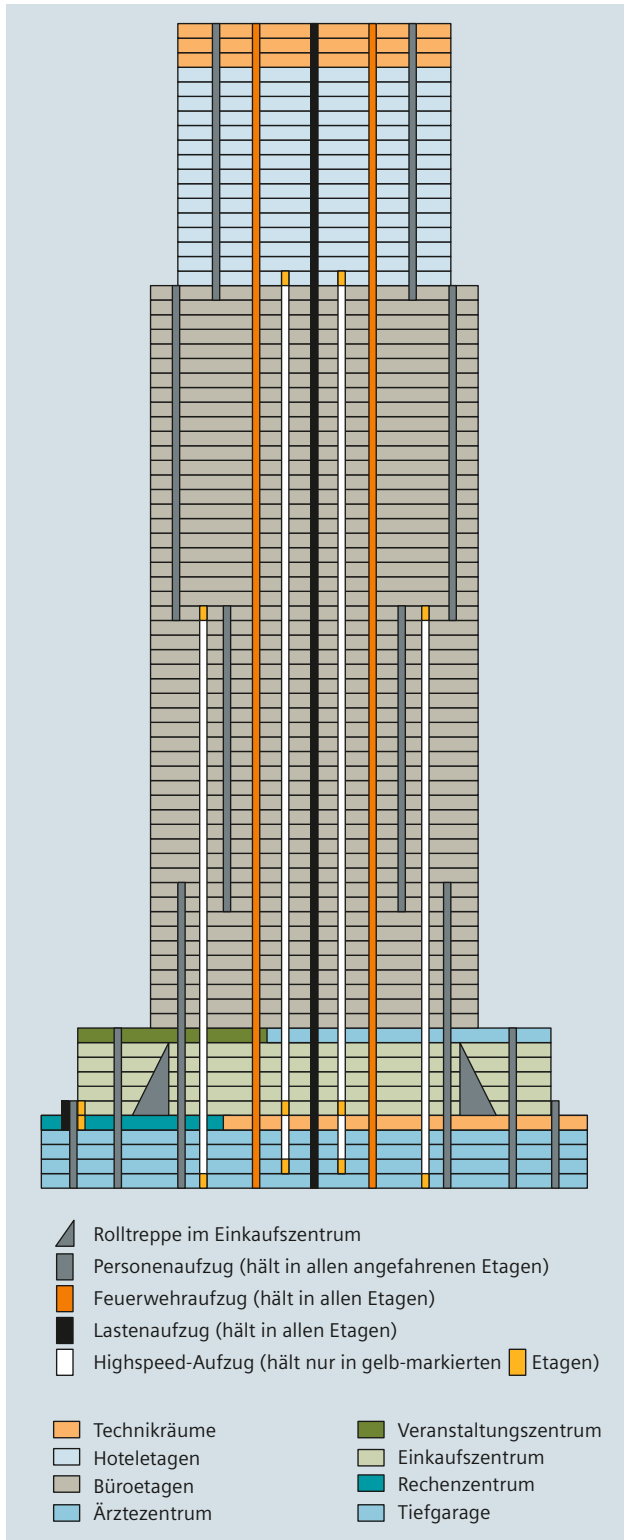


Abb. 3/2: Schematische Seitenansicht des Super-Wolkenkratzers; farblich gekennzeichnet sind die unterschiedlichen Nutzungsbereiche und Aufzugstypen im Gebäude (siehe Legende)

## 3.4 Ermittlung des Leistungsbedarfs

Bereits in der ersten Leistungsphase der Planung einer Energieversorgung für ein Gebäude, der Grundlagenermittlung, wird vom Planer eine Beratung zum gesamten Leistungsbedarf erwartet. Es genügt eine Abschätzung auf Basis der Nutzfläche unter Beachtung der gewünschten Ausführungsqualität. Um eine realistische Angabe zu erhalten sind die Projektierungserfahrungen des Planers und die Abfrage der Kundenvorstellungen bezüglich der Ausführungsqualität sehr wichtig, denn diese können umgehend als Randbedingungen für eine erste Kostenabschätzung genutzt werden.

In der Leistungsphase 2, also der Vorplanung, sollte ein Planungskonzept mit der überschlägigen Auslegung der wichtigen Systeme erstellt werden. Dabei sind auch Varianten, gerade unter den Aspekten der Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Nachhaltigkeit, zu betrachten.

### 3.4.1 Abschätzung des Leistungsbedarfs

Zur groben Einordnung des Leistungsbedarfs von Gebäuden bietet sich eine Charakterisierung hinsichtlich Raumstruktur, Komfort und Klimatisierung an. Außerdem spielen weitere Faktoren wie der Aufwand bei der technischen Ausführung und die Integration in ein Gebäudemanagementsystem bei der Abschätzung eine wichtige Rolle. Dabei ist es nicht immer so, dass eine technisch aufwendige Lösung mit einem hochwertigen Gebäudemanagementsystem kombiniert wird.

Für einen einfachen Berechnungsansatz wird von den Erfahrungen ausgegangen, die wir in vielen verschiedenen Projekten gesammelt haben. Um den Leistungsbedarf (bereitzustellende Leistung) eines Hochhauses abzuschätzen wird mit  $60 \text{ W/m}^2$  bis  $150 \text{ W/m}^2$  gerechnet, bezogen auf die Nutzfläche des Gebäudes. Wegen der weiten Spanne muss für die Planung des Gebäudes abgeschätzt werden, ob der Leistungsbedarf näher bei  $60 \text{ W/m}^2$  oder eher bei  $150 \text{ W/m}^2$  liegen wird. Hierzu stellen wir im Folgenden ein Schätzverfahren mit verschiedenen Kalibrierungsfaktoren als einfache Hilfe vor. Ein ähnliches Vorgehen wird auch in der EN 15232 genutzt. Darin werden Effizienzfaktoren definiert, die die Klassifizierung der technischen Ausprägung von Gebäuden und den Einsatz von Systemen zur Gebäudeautomatisierung (GA) und zum technischen Gebäudemanagement (TGM) quantifizieren.

Diese Faktoren (Tab. 3/3) werden später für unser Schätzverfahren auf einen Wertebereich zwischen 0 und 1 kalibriert und für eine Charakterisierung von GA/TGM und der technischen Ausprägung des Gebäudes genutzt. Zahlreiche weitere Faktoren beeinflussen den Leistungsbedarf und einige wollen wir für unser einfaches Rechenmodell nutzen. Wir beschränken uns auf sechs Charakterisierungsmerkmale, die gleichwertig angesetzt werden:

- Gebäudeplatzierung
- Raumstruktur
- Komfortausstattung
- Klimatisierungsmöglichkeit
- Technische Ausprägung
- GA/TGM

Selbstverständlich können durch eigene Faktoren zusätzliche Rahmenbedingungen Berücksichtigung finden. In jedem Fall sollten sich Planer und Auftraggeber abstimmen, so dass die Nachvollziehbarkeit der Berechnung gegeben ist. Entsprechend den sechs Charakterisierungsmerkmalen sollen in unserem Modell sechs Kalibrierungsfaktoren den Leistungsbedarf des Gebäudes kennzeichnen:

- Kalibrierungsfaktor  $k_{plc}$  für die Gebäudeplatzierung
- Kalibrierungsfaktor  $k_{struct}$  für die Raumstruktur
- Kalibrierungsfaktor  $k_{comf}$  für die Komfortausstattung
- Kalibrierungsfaktor  $k_{clim}$  für die Klimatisierungsmöglichkeiten
- Kalibrierungsfaktor  $k_{tech}$  für die technische Ausprägung
- Kalibrierungsfaktor  $k_{GA/TGM}$  für die GA/TGM

Da wir keine weitere Gewichtung der Faktoren vornehmen wollen, kann der Mittelwert der Kalibrierungsfaktoren als Gesamtwert bestimmt werden:

$$k_{tot} = \frac{(k_{plc} + k_{struct} + k_{comf} + k_{clim} + k_{tech} + k_{GA/TGM})}{6}$$

Für die Ermittlung des spezifischen Leistungsbedarfs gehen wir vom niedrigsten Erwartungswert (hier: 60 W/m<sup>2</sup>) aus und bestimmen einen Faktor  $k_{tot}$  aus unseren Einschätzungen zu den sechs Teilfaktoren. Mit diesem Faktor wird die Differenz (90 W/m<sup>2</sup>) zum oberen Erwartungswert von 150 W/m<sup>2</sup> gewichtet und zum Grundwert von 60 W/m<sup>2</sup> addiert. Zunächst sind eine Charakterisierung der einzelnen Kalibrierungsfaktoren und die Festlegung der Werte für die Abschätzung erforderlich (Abb. 3/3).

#### Platzierung des Gebäudes – Kalibrierungsfaktor $k_{plc}$

Einen grundlegenden Einfluss auf die Planung der Energieversorgung hat der Standort des Gebäudes. Unter

Klasse	D (C)	C (B)	B (A)	A (A+)
Büros	1,10	1	0,93	0,87
Hörsäle	1,06	1	0,94	0,89
Bildungseinrichtungen (Schulen)	1,07	1	0,93	0,86
Krankenhäuser	1,05	1	0,98	0,96
Hotels	1,07	1	0,95	0,90
Restaurants	1,04	1	0,96	0,92
Gebäude für Groß- u. Einzelhandel	1,08	1	0,95	0,91

Für weitere Typen (wie Sporteinrichtungen, Lager, Industrieinrichtungen, ...) wird keine Unterscheidung angegeben, so dass der Faktor = 1 (skaliert = 0,5) für alle Klassen gewählt wird

Tab. 3/3: Effizienzfaktoren (elektrisch) für die Gebäudeautomation nach EN 15232 für verschiedene Nichtwohngebäude

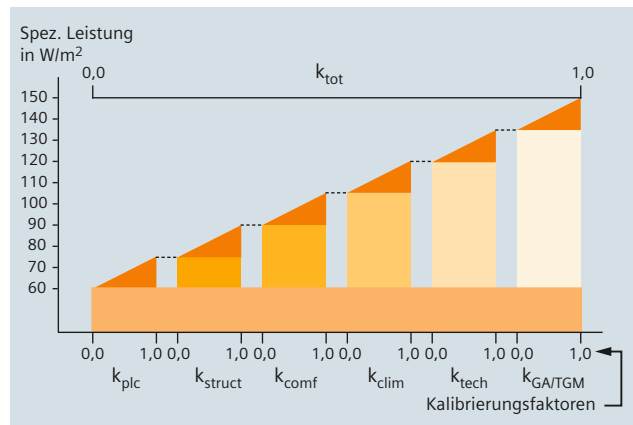


Abb. 3/3: Einfluss der Kalibrierungsfaktoren auf die spezifische Leistung

anderem können folgende Fragestellungen herangezogen werden, um eine Einschätzung zu ermöglichen:

- Müssen Besonderheiten hinsichtlich benachbarter Gebäude beachtet werden?
- Welche Verkehrswege und -anbindungen können genutzt werden?
- Welche Art der Energieversorgung ist möglich? Und in welchem Umfang?
- Gibt es rechtliche Rahmenbedingungen, die bei der Planung berücksichtigt werden müssen?

Da der superhohe Wolkenkratzer im Beispiel ohne lokale Besonderheiten betrachtet werden soll, wird der Platzierungsfaktor  $k_{plc} = 0,5$  gesetzt.

#### Raumstruktur – Kalibrierungsfaktor $k_{struct}$

Kleinere Räume sind leichter zu belüften und die Beleuchtung wird durch Reflexionen an Wänden und Decke besser im Raum verteilt. Außerdem kann durch diesen

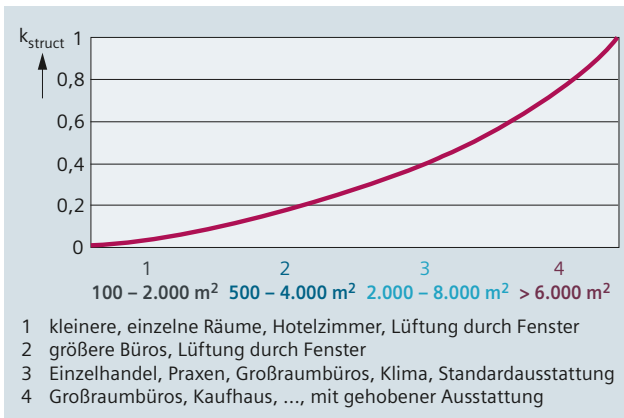


Abb. 3/4: Schematische Abhängigkeit der Abschätzung des Leistungsbedarfs von der Gebäudestruktur mittels des simplen Faktors  $k_{\text{struct}}$  – die Balken mit den Etagen-nutzflächen dienen als Bezugsgröße zum Hochhaus)

Kalibrierungsfaktor die vorgesehene Raumhöhe berücksichtigt werden. Bei unseren Einschätzungen, die wir in Abb. 3/4 als Kurve dargestellt haben, ist auch hinterlegt, dass kleinere Räume und Flächen häufig durch direkte Lüftung und nicht durch Klimaanlage belüftet werden. Größere Räume und Hallen werden im Allgemeinen einen höheren Kalibrierungsfaktor  $k_{\text{struct}}$  haben. An dieser Stelle sei nochmals vermerkt, dass für die Bestimmung der Faktoren – und damit für eine Leistungsabschätzung – immer die Erfahrung und Projektkennntnis des Planers sowie die Abstimmung mit dem Auftraggeber entscheidend sind. Sie können auch mit den Siemens TIP Ansprechpartnern über Ihre spezifischen Projekte sprechen.

Durch die Nutzung vieler Etagen für kleinere Hotelzimmer und Büroräume ergibt sich, bezogen auf die Etagenflächen, ein günstiger Faktor  $k_{\text{struct}}$  von 0,3 für das Modell des Superwolkenkratzers.

### Komfort- und Sicherheitsausstattung – Kalibrierungsfaktor $k_{\text{comf}}$

Hierfür lassen sich nur schwer allgemein gültige Aussagen treffen, da das Komfortempfinden wesentlich von den Nutzungsbedingungen des Gebäudes abhängt. Während in einem Einkaufszentrum eine gute Ausleuchtung, eine Audioanlage und eine Überwachungsanlage Standard sind, können diese Ausprägungen im Bürobereich zu den Komfortmerkmalen zählen. Umgekehrt werden Jalousien für die Schaufenster keine Rolle spielen, sehr wohl aber im Hotelbereich und den Büroräumen. Schnelle Aufzüge für große Lasten erfordern mehr Leistung, ebenso wie besondere Bühnentechnik oder technisch aufwendige medizinische Diagnosegeräte. Leit- und Überwachungssysteme machen das Gebäude

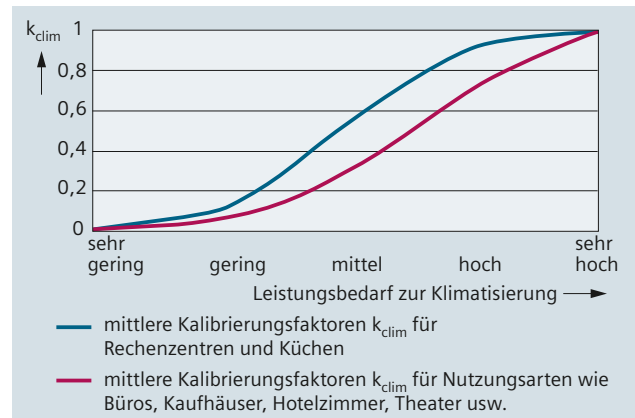


Abb. 3/5: Schematische Abhängigkeit der Abschätzung des Leistungsbedarfs von der Gebäudeklimatisierung mittels des simplen Faktors  $k_{\text{clim}}$

sicher und sorgen für Anwenderfreundlichkeit. Somit wählen wir für unser Modell einen Faktor  $k_{\text{comf}} = 0,5$ .

### Klimatisierung – Kalibrierungsfaktor $k_{\text{clim}}$

Hinsichtlich der Klimatisierung eines Gebäudes sind natürliche Belüftung, die Effizienz der Kühleinrichtungen und die Möglichkeiten zur Minderung der Sonneneinstrahlung ohne besondere Beeinträchtigung der Lichtverhältnisse in den Räumen zu beachten. In Deutschland hat sich der Verein Deutscher Ingenieure e. V. (VDI) in der Richtlinie VDI 3807-4 unter anderem mit den gebäude-spezifischen Energiebedarfen der Luftförderung und der Kühlkälte auseinandergesetzt.

Die darin beschriebenen Daten für die spezifische installierte Leistung von Büroräumen, Hotelzimmern, Küchen, Rechenzentren, Theatern, Kaufhäuser, Parkhäusern u. v. m., für unterschiedliche Bedarfsklassen von „sehr hoch“ bis „sehr gering“, haben wir in eine Kurve für Kalibrierungsfaktoren umgesetzt. Die Überlagerung der vielen einzelnen Kurven hat gezeigt, dass nur die Nutzungen mit hohem Kühlbedarf, wie Rechenzentren und Küchen, einen etwas anderen Kurvenverlauf aufweisen.

In Rechnerräumen, die besser ohne Fenster geplant werden, ist in der Regel ein hoher Aufwand für die Klimatisierung – Konstanz der Temperatur und Luftfeuchte – zu betreiben, obwohl nur eine geringe Beeinflussung durch die Sonneneinstrahlung erfolgt. Ebenso ist zu beachten, dass eine Abhängigkeit der Klimatisierung von der Raumstruktur und den Komfortanforderungen besteht. Für das Beispiel eines superhohen Wolkenkratzers mit gemischter Nutzung und einem großen Rechenzentrum nehmen wir einen Faktor  $k_{\text{clim}} = 0,4$  an,

da die gute Nutzung natürlicher Kühlmöglichkeiten einerseits, der Aufwand für die Klimatisierung des Rechenzentrums andererseits, berücksichtigt ist (Abb. 3/5).

### Technische Ausprägung – Kalibrierungsfaktor $k_{\text{tech}}$

Selbst wenn die Funktionalität der technischen Gebäudeausrüstung feststeht, unterscheiden sich die technischen Ausführungen zum Teil deutlich. Hochgeschwindigkeitsaufzüge benötigen höhere Anlaufströme als langsamere Aufzüge, Lüfter mit elektronisch gesteuerten (electronically controlled) EC-Motoren arbeiten stromsparend, moderne Beleuchtungsmittel reduzieren den Strombedarf und die Wirkungsgrade vieler elektrischer Verbraucher unterscheiden sich abhängig von der Ausführung deutlich. Eine allgemeine Klassifizierung für die Energieeffizienz entsprechend der Norm EN 15232 ist in Tab. 3/4 aufgelistet.

Klasse	Energieeffizienz
A	hoch energieeffiziente Geräte und Systeme (Leichtlauf-Drehstromantriebe, EC-Lüfter, LED-Leuchten, Transistorumrichter, ...)
	regelmässige Wartung, eventuell mit Fernüberwachung
B	umfassende Kommunikations- und Steuerungsmöglichkeiten
	effizienzverbesserte Geräte und Systeme
C	einfache Kommunikations- und Steuerungsmöglichkeiten
	Standardgeräte und -systeme, die den aktuellen Stand der Technik im Betrieb kennzeichnen
D	keine Kommunikationsmöglichkeiten, nur mechanische Verstellung möglich
	Einfachgeräte und -systeme, die nur die geforderte Funktionalität erfüllen sollen
	nur Ein/Aus-Schalter

Tab. 3/4: Klassifizierung der technischen Ausprägung eines Gebäudes bezüglich der Energieeffizienz nach EN 15232

Effizienzklasse	D	C	B	A
Büros	1,0	0,57	0,26	0
Hörsäle	1,0	0,65	0,29	0
Bildungseinrichtungen (Schulen)	1,0	0,67	0,33	0
Krankenhäuser	1,0	0,44	0,22	0
Hotels	1,0	0,59	0,29	0
Restaurants	1,0	0,67	0,33	0
Gebäude für Groß- und Einzelhandel	1,0	0,53	0,24	0

Tab. 3/5: Kalibrierungsfaktoren  $k_{\text{tech}}$  für die technische Ausrüstung von Gebäuden und GA/TGM entsprechend den Effizienzfaktoren (elektrisch) nach EN 15232 für verschiedene Nichtwohngebäude-Typen

Die Effizienzfaktoren der EN 15232 aus Tab. 3/3 transformieren wir in Tab. 3/5 auf den gewünschten Kalibrierungsbereich zwischen 0 und 1.

Für weitere Typen (wie Sporteinrichtungen, Lager, Industrieinrichtungen usw.) wird keine Unterscheidung angegeben, so dass der Faktor = 0,5 für alle Klassen gewählt wird.

Für das Hochhausmodell gehen wir, gemittelt über die Flächen der Gebäudeteile, von einem hohen technischen Aufwand – entsprechend Klasse B und damit hoher Effizienz – aus, so dass wir  $k_{\text{tech}} = 0,3$  wählen.

### Gebäudemanagement – Kalibrierungsfaktor $k_{\text{GA/TGM}}$

Analog zur Energieeffizienz für die technische Ausprägung kann für das Gebäudemanagement entsprechend der Norm EN 15232 (Tab. 3/6) vorgegangen werden.

Allerdings ist zu beachten, dass die Energieeffizienzklasse D aus der EN 15232 keine Rolle für die Planung der GA-/TGM-Systeme neuer Gebäude spielt. Hier zeigt sich der Vorteil unseres Vorgehens mit skalierten Kalibrierungsfaktoren. Durch die Skalierung können Charakterisierungsmerkmale dem Stand der Technik angepasst werden und die Klassifizierung stets durch die eigenen aktuellen Erfahrungswerte festgelegt werden.

Wir lassen also die Klasse D entfallen und wählen eine neue Klasse A+, die für GA/TGM zusätzlich zu den Eigenschaften von Klasse A durch Fernüberwachung, Ferndiagnose und Fernsteuerung sowie Analysetools und Integration im Sinne von Smart Grid gekennzeichnet ist. Für die vier neuen Klassen C, B, A und A+ übernehmen wir dann entsprechende Kalibrierungsfaktoren nach Tab. 3/5. Gemittelt über die verschiedenen Nutzungsarten der Gebäudeteile wählen wir eine hohe Effizienz verbunden mit einem hohen Aufwand für Steuerung, Management und Automatisierung durch ein weiterentwickeltes GA-System. Somit wird für unser Hochhausmodell der Faktor  $k_{\text{GA/TGM}} = 0,3$  angenommen.

Insgesamt erhalten wir

$$k_{\text{tot}} = \frac{(k_{\text{plc}} + k_{\text{struct}} + k_{\text{comf}} + k_{\text{clim}} + k_{\text{tech}} + k_{\text{GA/TGM}})}{6} = 0,383$$

und damit einen spezifischen Leistungsbedarf von

$$P_{\text{spez}} = 60 \text{ W/m}^2 + (90 \text{ W/m}^2 \cdot 0,383) = 94,5 \text{ W/m}^2.$$

Aus Tab. 3/2 errechnet sich eine Gesamtfläche von 390.000 m<sup>2</sup>. Zur näherungsweise Bestimmung der



Nutzfläche wird die Gesamtfläche des Gebäudes mit 0,8 multipliziert.

$$\text{Nutzfläche} = 390.000 \text{ m}^2 \cdot 0,8 = 312.000 \text{ m}^2$$

Das Produkt aus Nutzfläche und spezifischem Leistungsbedarf ergibt einen geschätzten Leistungsbedarf von 29,5 MW für das gesamte Gebäude.

Klasse	Energieeffizienz und Gebäudemanagement
A	entspricht hoch energieeffizienten GA-Systemen und TGM <ul style="list-style-type: none"> <li>• vernetzte Raumautomation mit automatischer Bedarfserfassung</li> <li>• regelmässige Wartung</li> <li>• Energiemonitoring</li> <li>• Nachhaltige Energieoptimierung</li> </ul>
B	entspricht weiterentwickelten GA-Systemen und einigen speziellen TGM-Funktionen <ul style="list-style-type: none"> <li>• vernetzte Raumautomation ohne automatische Bedarfserfassung</li> <li>• Energiemonitoring</li> </ul>
C	entspricht Standard-GA-Systemen <ul style="list-style-type: none"> <li>• vernetzte Gebäudeautomation der Primäranlagen</li> <li>• keine elektronische Raumautomation, Thermostatventile an Heizkörpern</li> <li>• kein Energiemonitoring</li> </ul>
D	entspricht GA-Systemen, die nicht energieeffizient sind. Gebäude mit derartigen Systemen sind zu modernisieren. Neue Gebäude dürfen nicht mit derartigen Systemen gebaut werden <ul style="list-style-type: none"> <li>• keine vernetzten Gebäudeautomations-Funktionen</li> <li>• keine elektronische Raumautomation</li> <li>• kein Energiemonitoring</li> </ul>

Tab. 3/6: Effizienzklassifizierung für die Funktionsausführung von Gebäudeautomations- und technischen Gebäudemanagementsystemen nach EN 15232

### 3.4.2 Überschlägige Ermittlung des Leistungsbedarfs

Durch die genauere Berücksichtigung der Art der Gebäudenutzungs, der Gebäudeausstattung und der zugehörigen Netzstruktur lässt sich der Leistungsbedarf, wie in den TIP Planungshandbüchern von Siemens beschrieben, überschlägig bestimmen.

Die für unser Hochhaus notwendigen Angaben sind in Tab. 3/7 zusammengefasst:

- Untergeschoss –5 bis –2:  
Nutzfläche =  $0,8 \cdot \text{Geschossfläche} = 18.000 \text{ m}^2$   
Durchschnittlicher Leistungsbedarf (Parkhaus) =  $8 \text{ W/m}^2$   
Leistungsbedarf je Etage =  $144 \text{ kW}$

- Untergeschoss 1:  
Flächenaufteilung:  $6.000 \text{ m}^2 \text{ RZ} / 16.500 \text{ m}^2 \text{ Technikfläche}$   
Nutzfläche RZ =  $0,8 \cdot 6.000 \text{ m}^2 = 4.800 \text{ m}^2$   
Nutzfläche Technikfläche =  $0,9 \cdot 16.500 \text{ m}^2 = 14.850 \text{ m}^2$

Durchschnittlicher Leistungsbedarf (RZ) =  $1.500 \text{ W/m}^2$   
Leistungsbedarfanteil Rechenzentrum =  $7.200 \text{ kW}$

- Erdgeschoss  
Nutzfläche =  $0,8 \cdot \text{Geschossfläche} = 8.320 \text{ m}^2$

Durchschnittlicher Leistungsbedarf Einkaufszentrum/  
Bank =  $50 \text{ W/m}^2$   
(zusätzlich größere Raumhöhe)  
Leistungsbedarf für Erdgeschoss =  $416 \text{ kW}$

- Obergeschoss 1, 2, 3, 4:  
Nutzfläche =  $0,8 \cdot \text{Geschossfläche} = 8.320 \text{ m}^2$

Durchschnittlicher Leistungsbedarf  
Einkaufszentrum =  $40 \text{ W/m}^2$   
Leistungsbedarf je Etage = ca.  $333 \text{ kW}$

- Obergeschoss 5:  
Flächenaufteilung:  $6.000 \text{ m}^2 \text{ Veranstaltungszentrum} / 4.400 \text{ m}^2 \text{ Arztpraxen und Behandlungszentrum}$

Nutzfläche Veranstaltungszentrum =  $0,8 \cdot 6.000 \text{ m}^2 = 4.800 \text{ m}^2$   
Nutzfläche Ärztezentrum =  $0,8 \cdot 4.400 \text{ m}^2 = 3.520 \text{ m}^2$

Durchschnittlicher Leistungsbedarf  
Veranstaltungszentrum =  $40 \text{ W/m}^2$   
Durchschnittlicher Leistungsbedarf  
Ärztezentrum =  $100 \text{ W/m}^2$   
Leistungsbedarf für Veranstaltungszentrum =  $192 \text{ kW}$   
Leistungsbedarf für Ärztezentrum =  $352 \text{ kW}$

- Obergeschoss 6 bis 56:  
Nutzfläche =  $0,8 \cdot \text{Geschossfläche} = 2.880 \text{ m}^2$

Durchschnittlicher Leistungsbedarf Büro =  $50 \text{ W/m}^2$   
Leistungsbedarf je Etage =  $144 \text{ kW}$

- Obergeschoss 57 bis 71:  
Nutzfläche =  $0,8 \cdot \text{Geschossfläche} = 1.400 \text{ m}^2$

Durchschnittlicher Leistungsbedarf Hotel =  $50 \text{ W/m}^2$   
Leistungsbedarf je Etage =  $70 \text{ kW}$

Gebäude nach Nutzung	durchschnittlicher Leistungsbedarf <sup>1)</sup>	Gleichzeitigkeitsfaktor g <sup>2)</sup>	durchschnittliche Gebäudekosten umbauter Raum	durchschnittl. Kosten für Starkstrom in umbautem Raum <sup>2)</sup>
	in W/m <sup>2</sup>		in €/m <sup>3</sup>	in €/m <sup>3</sup>
Bank/Sparkasse	40 – 70	0,6	300 – 500	25 – 50
Veranstaltungszentrum	40 – 120	0,8	300 – 600	20 – 50
Büro	30 – 50	0,6	250 – 400	17 – 40
Einkaufszentrum	30 – 60	0,6	150 – 300	12 – 35
Hotel	30 – 60	0,6	200 – 450	10 – 35
Kaufhaus	30 – 60	0,8	200 – 350	20 – 45
Arztpraxen mit Diagnosezentrum	80 – 120	0,6	300 – 600	18 – 50
Parkhaus	3 – 10	0,6	100 – 200	7 – 15
Rechenzentrum	500 – 2.000	1	300 – 500	40 – 80

<sup>1)</sup> Die angegebenen Werte sind Anhaltswerte zur Leistungsabschätzung und können keine exakte Leistungsermittlung ersetzen.

<sup>2)</sup> Der Gleichzeitigkeitsfaktor g ist ein Anhaltswert für die Vorplanung und muss für die einzelnen Projekte individuell angepasst werden.

Tab. 3/7: Durchschnittlicher Leistungsbedarf von Gebäuden nach Nutzung

### Kälteerzeugung/Lüftung

Für den oberirdischen Bereich der Nutzfläche kann für die Klimatisierung ein durchschnittlicher Leistungsbedarf von 50 W/m<sup>2</sup> angenommen werden. Der Klimatisierungsbedarf für das Rechenzentrum wurde bereits in den durchschnittlichen Leistungsbedarf einberechnet, da dies ein wesentliches Kriterium für die Energieeffizienz eines Rechenzentrums ist.

Für die oberirdische Nutzfläche von 217.800 m<sup>2</sup> errechnet sich ein Leistungsbedarf für die Lüftung und Kälteerzeugung von 10,89 MW.

### Aufteilung des Leistungsbedarfs des Rechenzentrums

Für ein Rechenzentrum mit effizienter Infrastruktur werden 75 % der benötigten elektrischen Leistung für die Versorgung der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT), also für Server, Router, Switches, Datenspeicher usw. verwendet und 25 % für die Versorgung der Infrastruktur (Klimageräte, Lüftung, USV, Beleuchtung, Überwachung usw.). Der in der IT-Branche bekannte Power-Usage-Efficiency(PUE)-Faktor, also der Effizienzfaktor bei der Nutzung der elektrischen Energie, spiegelt das Verhältnis zwischen dem gesamten Leistungsbedarf und dem Leistungsbedarf für das IKT-Equipment (hier 5.400 kW) wider. Mit den vorher getroffenen Annahmen ergibt sich ein günstiger PUE-Wert von 1,33. Für das Rechenzentrum resultiert ein Leistungsbedarf von 1.800 kW für die Kühlung und Belüftung der Serverräume.

### Technikflächen

Für die Technikräume in den einzelnen Etagen wird der elektrische Energieaufwand einheitlich als durchschnittlicher Leistungsbedarf von 10 W/m<sup>2</sup> angesetzt, der mit der gesamten Technikfläche multipliziert den dafür benötigten Leistungsbedarf bestimmt. Dabei ist berücksichtigt, dass für diese Flächen ein verringerter Lüftungs- und Klimatisierungsbedarf besteht.

Die Technikflächen je Etage aus Tab. 3/8 summieren sich über das gesamte Gebäude zu 56.400 m<sup>2</sup>. Daraus resultiert:

Leistungsbedarf für die Technikfläche des Gebäudes = 56.400 m<sup>2</sup> · 10 W/m<sup>2</sup> = ca. 560 kW

Aus der Summe des gesamten Leistungsbedarfs für die Nutzungsflächen aus Tab. 3/8 und, wie vorher beschrieben, für die Technikflächen sowie für die Klimatisierung der oberirdischen Gebäudeflächen ergibt sich ein Gesamtleistungsbedarf von ca. 29,9 MW.

Etage	Nutzung	Gesamtfläche je Etage in m <sup>2</sup>	Nutzfläche je Etage in m <sup>2</sup>	Technikfläche je Etage in m <sup>2</sup>	P <sub>Ø</sub> in W/m <sup>2</sup>	P <sub>Nutzung</sub> in kW
UG -5 bis -2	Parkdecks	22.500	18.000	2.250	8	576
UG -1a	Technikräume	16.500		14.850	10	
UG -1b	Rechenzentrum	6.000	4.800	600	1.500	7.200
EG	Bank / Einkauf	10.400	8.320	1.040	50	416
EG, OG 1 – 4	Einkaufszentrum	10.400	8.320	1.040	40	1.331
OG 5a	Veranstaltungszentrum	6.000	4.800	600	40	192
OG 5b	Ärztzentrum	4.400	3.520	440	100	352
OG 6 – 56	Büros	3.600	2.880	360	50	7.344
OG 57 -71	Hotel	1.750	1.400	175	50	1.050
OG 72 – 74	Technikräume	1.750		1.575	10	

Tab. 3/8: Flächen und Leistungen bezogen auf die Nutzungsart

### 3.4.3 Aufteilung nach Versorgungsarten

Für die in Kap. 3.4.1 und 3.4.2 gefundenen Werte für den gesamten Leistungsbedarf werden nun die benötigte Transformatorleistung und die Anteile der Sicherheitsstromversorgung (SV) und der USV bestimmt.

Für die gesamte benötigte Leistung werden die applikationsspezifischen Leistungen mit den Gleichzeitigkeitsfaktoren aus den Angaben von Tab. 3/7 multipliziert und aufsummiert.

$$\begin{aligned}
 &\text{Gesamter Leistungsbedarf} = \\
 &= (4 \cdot 144 \text{ kW}) \cdot 0,6 \quad (\text{Parkhaus}) \\
 &+ 416 \text{ kW} \cdot 0,6 \quad (\text{Bank / Einkaufszentrum}) \\
 &+ 4 \cdot 333 \text{ kW} \cdot 0,8 \quad (\text{Kaufhaus}) \\
 &+ 192 \text{ kW} \cdot 0,8 \quad (\text{Veranstaltungszentrum}) \\
 &+ 352 \text{ kW} \cdot 0,6 \quad (\text{Ärztzentrum}) \\
 &+ 7.200 \text{ kW} \cdot 1,0 \quad (\text{Rechenzentrum}) \\
 &+ 51 \cdot 144 \text{ kW} \cdot 0,6 \quad (\text{Büro}) \\
 &+ 15 \cdot 70 \text{ kW} \cdot 0,6 \quad (\text{Hotel}) \\
 &+ 560 \text{ kW} \cdot 0,3 \quad (\text{Technik}) \\
 &+ 10,89 \text{ MW} \cdot 0,7 = \quad (\text{Kälte, Lüftung}) \\
 &= 22,05 \text{ MW}
 \end{aligned}$$

Bei einer Festlegung des  $\cos \varphi$  von 0,9 und einem Auslastungsgrad der Transformatoren von 80% wird die gesamte Transformatorleistung = 22,05 MW / (0,9 · 0,8) = 30,6 MVA benötigt.

Die Auslegung SV richtet sich stark nach der Gebäudenutzung und liegt im Durchschnitt bei ca. 20 bis 30% der für die allgemeine Stromversorgung (AV) benötigten Leistung. Dieser Wert ist allerdings projektspezifisch zu

ermitteln und resultiert hier als Abschätzung über die angeschlossenen Anwendungen. In diesem Beispiel benötigt das Rechenzentrum im Hochhaus für die USV-Anlagen einen beträchtlichen Anteil der SV. Für die SV sind zu berücksichtigen:

- Notbeleuchtung (etwa 3 bis 10% der Beleuchtungsstärke der Grundbeleuchtung, je nach Sicherheitsstufung der gültigen Sicherheitsvorschriften; für Deutschland wird in der Arbeitsstättenrichtlinie gefordert:  $E = 0,1 \cdot E_n$  [ $E_n$  = Nennbeleuchtungsstärke]; mindestens aber 15 lx)
- Versorgung der Brandzentrale / Rauchklappen / Sprinkler / Entrauchung
- Evakuierungsaufzüge, Feuerwehraufzüge
- Aufrechterhaltung, beziehungsweise kontrolliertes Beenden von Prozessen (dies ist in der Regel eine zusätzliche Anforderung der Nutzer, um Ausfallzeiten zu reduzieren; für Unterbrechungen im Arbeitsprozess gibt es im allgemeinen keine gesetzlichen Vorschriften)
- Leittechnik, deren Erhalt im Notfall relevant ist
- Versorgung lebenserhaltender Systeme (z. B. in einer Klinik: hier wird in der Regel eine zusätzliche Sicherheitsstromversorgung, ZSV, gefordert, die durch Batteriepufferung die unterbrechungsfreie Versorgung entsprechend IEC 60364-7-710 (VDE 0100-710) gewährleisten kann)

Für die Aufrechterhaltung des Betriebs eines Rechenzentrums und der IKT-Einrichtungen der unterschiedlichen Anwendungen bei Störungen der allgemeinen Stromversorgung werden in der Regel USV-Anlagen verwendet. Diese übernehmen ohne Schaltunterbrechung und Anlaufbetrieb die Stromversorgung der kritischen Verbraucher. Zu den kritischen Verbrauchern im Rechenzentrum können unter Umständen auch Klimatisierungs- und Lüftungseinrichtungen gehören, wenn bei einem nur wenigen Sekunden dauernden Ausfall dieser Kompo-

nenen bereits Hitze Probleme in den Server-Racks entstehen können.

Für die IKT-Anlagen im betrachteten Rechenzentrum bei Berücksichtigung von Leistungsredundanz,  $\cos \varphi = 0,9$  und einer Leistungsreserve von 20% kommen verschiedene USV-Systeme mit unterschiedlicher Anlagenleistung und unterschiedliche USV-Typen in Betracht:

- statische USV bestehend aus: Gleich- und Wechselrichtereinheit und Batterie oder Schwungmassenspeicher für die Überbrückung eines Stromausfalls – zur langfristigen Versorgung bei einem Ausfall der AV werden die USV-Anlagen über die Generatoren der SV gespeist,
- rotierende USV bestehend aus: Motor-/Generatorsatz und Schwungmassenspeicher oder Gleich-/Wechselrichtereinheit mit Batterie zur Überbrückung eines Stromausfalls.

Insgesamt müssen für das Rechenzentrum ohne Berücksichtigung eines Redundanzkonzepts USV-Anlagen mit einer Nennleistung von 7.500 kVA installiert werden, zuzüglich einer USV-Leistung von etwa 250 kVA für Leitwarte, Sicherheitssysteme und Beleuchtung.

Des Weiteren sollte man für alle anderen Nutzungsbereiche des Hochhauses geeignete Räumlichkeiten für weitere USV-Anlagen vorsehen. Abhängig von den Applikationsgrößen und den technischen Ausprägungen können sich die prozentualen Anteile der USV bezogen auf die AV stark unterscheiden. Die Angaben können nur Anhaltspunkte sein:

- Für die Kassen-, Zufahrts-, Leit- und Sicherheitssysteme im Parkhaus (5% bis 10% USV)
- Für Kassen-, Kommunikations- und Sicherheitssysteme in den Einkaufsräumen (2% bis 5%)
- Für Schalter-, Kommunikations- und Datenverwaltungssysteme in der Bank (3% bis 10%)
- Für Karten-, Media-, Leit- und Sicherheitssysteme im Veranstaltungszentrum (2% bis 10%)
- Für Büro-, Kommunikations-, Sicherheits-, Diagnose- und Behandlungssysteme im Ärztezentrum (2% bis 20%)
- Für Datenverarbeitungs-, Kommunikations- und Sicherheitssysteme in den Büros (2% bis 10%)
- Für Hotelverwaltungs-, Kommunikations-, Zutritts- und Sicherheitssysteme im Hotelbereich (2% bis 5%)

Aus den vorher ermittelten Werten für den Leistungsbedarf resultiert ein USV-Bedarf im Hochhaus von etwa 250 kVA, der mittels kleinerer, dezentraler USV-Anlagen abgedeckt werden kann, die über die AV und SV der Etagenverteiler versorgt werden. Die Leistungsaufteilung für unser Beispiel ist in Tab. 3/9 aufgelistet.

Versorgung	Leistungsbedarf in MVA	Leistungsanteil in %
AV	18,5	ca. 60,5
SV	4,35	ca. 14,2
USV	7,75	ca. 25,3

Tab. 3/9: Leistungsaufteilung im Hochhaus

### 3.5 Photovoltaiknutzung

Die Fassade von Hochhäusern stellt gerade in den oberen Etagen eine geeignete Fläche zur energetischen Nutzung der Photovoltaik (PV) dar. Außerdem können die PV-Module unter anderem zum Fassadenschutz, zur Schalldämmung, zur Wärmedämmung und zur Fassadengestaltung genutzt werden. Der Zusatznutzen kann monetär bewertet und gegen die Kosten der PV-Anlage aufgerechnet werden.

Neben der geografischen Lage des Gebäudes beeinflussen die Ausrichtung der Fassade und der Neigungswinkel gegenüber der Horizontalen den Energieertrag der PV-Anlage. Verglichen mit einem optimalen Neigungswinkel für Mitteleuropa von 35° gegen die Horizontale, reduziert die senkrechte Anbringung der PV-Module den Jahresenergieertrag bei südlicher Ausrichtung um etwa 25% bis 35%. Allerdings ist die senkrechte Anbringung vorteilhaft hinsichtlich der Verschmutzung der PV-Flächen.

Die PV-Anlage hat keinen Einfluss auf die Leistungsbestimmung, da von einem maximalen Leistungsbedarf ohne PV-Stromeinspeisung auszugehen ist. In der Norm IEC 60364-7-712 (VDE 0100-712) zur Errichtung von Niederspannungsanlagen, „Teil 7-712: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme“ wird bei der der Auswahl und Errichtung von Einrichtungen zum Trennen und Schalten explizit gefordert, dass die öffentliche Stromversorgung als Stromquelle und die PV-Anlage als Last zu betrachten ist.

In solchen On-Grid-Anlagen, die parallel zum öffentlichen Stromnetz elektrische Energie liefern, wird die von den PV-Modulen erzeugte Gleichspannung von einem Inverter in Wechselspannung umgewandelt. In Deutschland werden seit Beginn des Jahres 2012 neue Anforderungen in der VDE-Anwendungsregel VDE-AR-N 4105 beschrieben, die sich für eine PV-Anlage größer 13,8 kVA wie folgt zusammenfassen lassen:

- Frequenzabhängige Wirkleistungsreduzierung zwischen 50,2 Hz und 51,5 Hz von 100 % auf 48 % (beim Solarinverter SINVERT PVM<sup>1</sup> ist diese Funktion bereits integriert)
- Blindleistungsregelung auf einen  $\cos \varphi$ -Wert zwischen  $\cos \varphi_{\text{ind}} = 0,9$  und  $\cos \varphi_{\text{kap}} = 0,9$  – der geforderte Kennlinienverlauf ist bei Geräten des Typs SINVERT PVM bereits realisiert
- Netz- und Anlagenschutz zur Überwachung von Netzspannung und -frequenz sowie ein Kuppelschalter – PV-Anlagen bis 30 kVA können mit dem in SINVERT PVM integrierten Kuppelschalter freigeschaltet werden; bis 100 kVA können SIRIUS Schütze 3RT in typgeprüfter Kombination mit Sicherungen der Produktfamilien 3NA und 5SE für einen zentralen, redundant aufgebauten Kuppelschalter verwendet werden; über 100 kVA können die Kompaktleistungsschalter 3VL und Kom-

paktleistungstrennschalter mit Motorantrieb und entsprechendem Hilfsauslöser als Kuppelschalter verwendet werden.

Konzeptionell kann zudem zwischen einer zentralen und einer dezentralen PV-Anlage unterschieden werden:

- Zentrale PV-Anlage – Auf der Gleichstromseite wird die elektrische Energie der PV-Module in sogenannten Stringboxen zusammengeführt und über die Generatoranschlussbox zu einem zentralen Inverter geführt (Abb. 3/6). Eine Gleichspannung von bis zu 1.000 V auf der DC-Seite stellt besondere Anforderungen an die Schutzkomponenten (siehe Kap. 5 für geeignete Produkte).

Vorteil: Eigentlich nur ein Installationsort beziehungsweise Betriebsraum mit guter Erreichbarkeit nötig; wartungsfreundlich

Nachteil: DC-Netz erforderlich

<sup>1</sup> weitere Informationen unter [www.siemens.de/sinvert](http://www.siemens.de/sinvert)

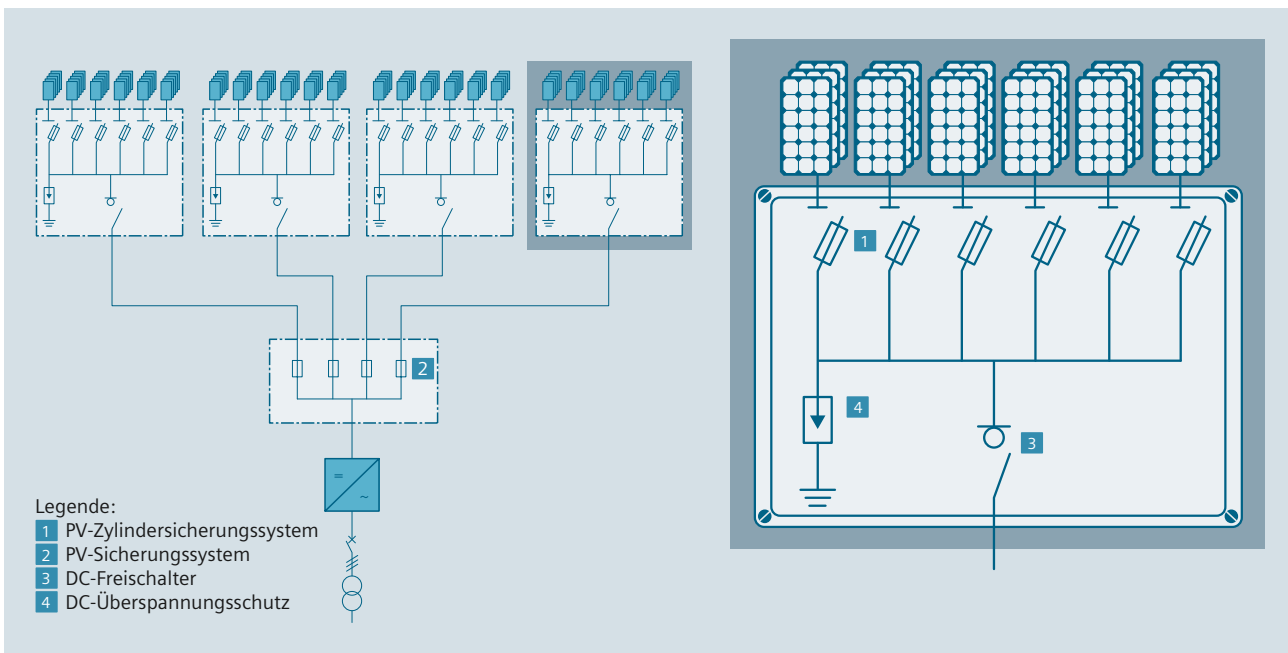


Abb. 3/6: Single-line Diagramm für ein zentrales PV-Konzept

- Dezentrale PV-Anlage – Der modulare Aufbau mit Invertern, die den jeweiligen PV-Modulen zugeordnet sind, ist flexibel einsetzbar. Mehrere Strings eines Moduls werden direkt zu einem Inverter geführt und die Wechselstromseite mehrerer Inverter wird in den sogenannten AC-Sammelboxen (siehe Abb. 3/7) zusammengefasst und ins Niederspannungsnetz eingespeist. Hier ist ein AC-seitiges Schutzkonzept (siehe Kap. 5 für geeignete Produkte) vorzusehen.

Vorteil: Einfach in das AC-Netz integrierbar  
 Nachteil: Wartungsaufwand für dezentrale Einrichtungen

Durch die Anordnung der PV-Module in mehreren Etagen kann ein dezentrales Konzept für ein Hochhaus Vorteile bieten, wenn die DC-Verkabelung nahezu entfällt und geeignete Räumlichkeiten für die Wechselrichter leicht einzurichten sind.

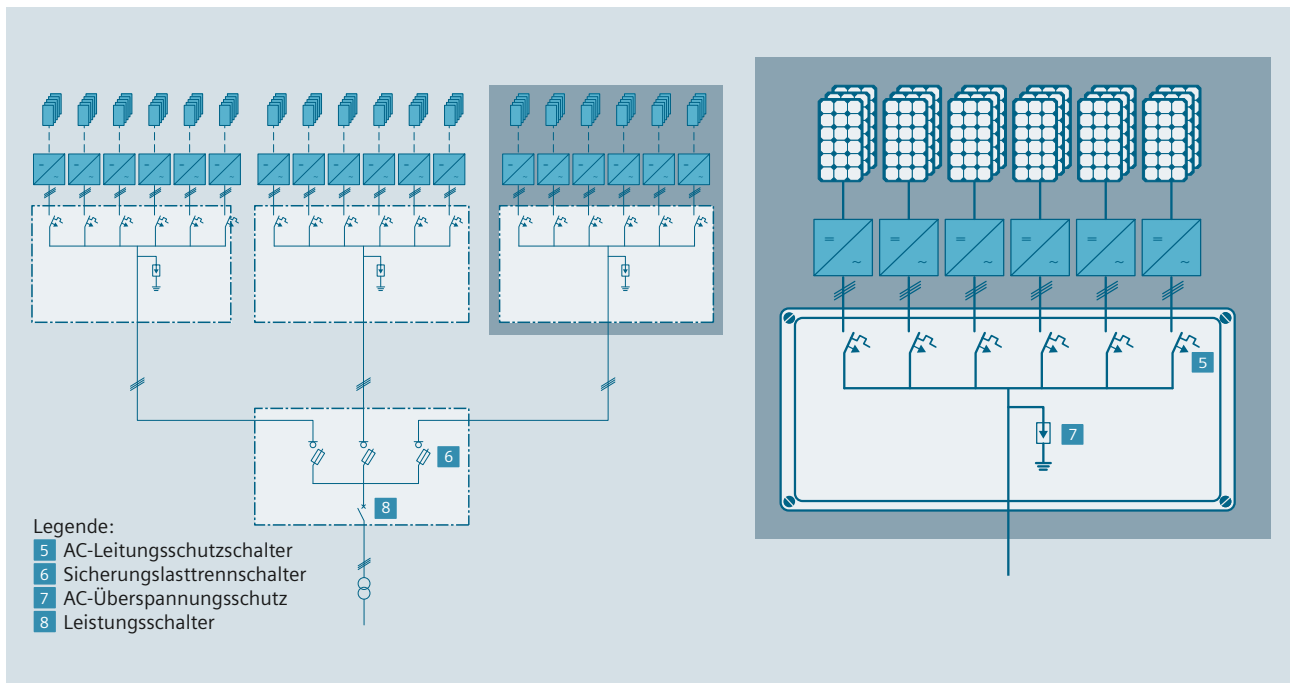


Abb. 3/7: Single-line Diagramm für ein dezentrales PV-Konzept



# Kapitel 4

## Erstellung eines Stromversorgungskonzepts

- |   |    |
|---|----|
| 4.1 Grundlagen des Versorgungskonzepts                    | 40 |
| 4.2 Netzkonzept   | 40 |
| 4.3 Versorgungskonzept für einen superhohen Wolkenkratzer | 44 |

# 4 Erstellung eines Stromversorgungskonzepts

Stehen der Leistungsbedarf und vor allem die Lastschwerpunkte fest, so ist ein geeignetes Netzkonzept zu erstellen. Dabei wird ein Optimum aus Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit, Zukunftsorientierung, Flexibilität und Kommunikationsfähigkeit angestrebt.

## 4.1 Grundlagen des Versorgungskonzepts

Vor der Konzeptfindung empfiehlt sich dringend eine enge Abstimmung zwischen Bauherren, Architekten, Statikern, Gutachtern, Energieversorgern, Lieferanten von Fremdgewerken und Nutzern. Nur so sind unangenehme Überraschungen vermeidbar.

Schlagworte zu Einflussfaktoren, die möglicherweise der Abstimmung bedürfen:

- Bauherr  
Kostenrahmen, Investitionssicherheit, Nutzungsdauer, Anforderungen an die Flexibilität (hohe Flexibilität wird meist verlangt, wenn der Nutzer noch nicht feststeht), Effizienz, Power Management, Green Building, Smart Grid, Energieverrechnung an den Nutzer usw.
- Architekt  
Größe und Anordnung der Technikräume in Bezug auf Lastschwerpunkte, Architekturvorgaben zu Kabel-/Leitungsführung und Elektroverteilern im Nutzungsbereich, Deckenhöhen (z. B. zur Einhaltung der Aufstellungsrichtlinien für Schaltanlagen für den Störfall), Techniksteigeschächte, Integration einer PV-Fassade usw.
- Statiker  
Bodenbelastung (Gewicht von Transformatoren, Generatoren, USV-Batterien usw.), Wand- und Deckendurchbrüche, Befestigungsmöglichkeiten für Steigetrasse usw.
- Gutachter  
Brandschutzvorgaben (Schottungen, Brandlast), Abgasführung, Redundanz, Selektivität im Netz, regionale Vorschriften, Vorgehen bei der baubegleitenden Begutachtung, Zulassungen und Prüfungen der eingesetzten Technik usw.
- Verteilnetzbetreiber  
Möglichkeiten der Leistungsbereitstellung, Abstimmung der SV (ggf. kann die dieselgestützte Ersatzstromversorgung kleiner dimensioniert werden oder gar entfallen, wenn eine zweite sichere Einspeisung von einem anderen Umspannwerk zur Verfügung steht), Aufbau des Mittelspannungsschutzes (Beachtung des Einflusses auf den selektiven Aufbau im Niederspannungsnetz) usw.
- Lieferant von Fremdgewerken  
Verteilerschranke, Rohr- und Kanalführungen (für

Wasser, Lüftung, Heizung usw.), Berücksichtigung von bestehenden Energieversorgungskonzepten (Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung, Umgebungsbedingungen) usw.

- Nutzer  
Anforderungen an Komfort, Versorgungssicherheit, Flexibilität, Wirtschaftlichkeit, Vertragsdauer, technische Vorgaben usw.

Hat man sich für den weiteren Verlauf der Planung einen Überblick verschafft und die Randbedingungen/Vorgaben mit allen Beteiligten abgestimmt, wird im nächsten Schritt ein Stromversorgungskonzept aufgestellt.

## 4.2 Netzkonzept

Elektrische Netze müssen nach dem Stand der Technik und nach den geltenden Vorschriften ausgelegt und realisiert werden. Projektspezifische Anforderungen (Rechenzentren, Versammlungsstätten, Arbeitsstätten, Krankenhäuser usw.) sind zu erfüllen.

In der Planungsphase liegen meist nicht alle Detailinformationen vor und oftmals vergeht ein Zeitraum von mehreren Monaten, beziehungsweise Jahren zwischen Planung und Realisierung. Es ist daher zwingend erforderlich, einen ständigen Abgleich zwischen den Inhalten der Planung und den Anforderungen vorzunehmen, die für die Realisierung vorgesehen sind. Ebenso ist der Fertigstellungstermin der zu liefernden Anlage zu beachten, um Übergangsfristen bei Vorschriften und Termine bei Zulassungsgenehmigungen einzuhalten. Schwerpunktthemen bei der Erstellung eines Netzkonzepts für die Errichtung einer elektrischen Energieversorgung sind unter anderem:

- Netzstruktur/Netzform  
Dazu gehört die Überprüfung, ob die Platzierung von Lastschwerpunkten durch andere an der Planung Beteiligte verändert wurde. Eventuell wird eine Überarbeitung des Konzepts (entsprechend den Mustern aus dem Planungshandbuch für die elektrische Energieverteilung Band 1: Planungsgrundlagen, Siemens AG, 2011) nötig. Zusätzlich kann die projektspezifische Unterstützung durch einen Siemens TIP Ansprechpartner erfolgen.
- Behandlung des zentralen Erdungspunktes (ZEP) und EMV  
Um die EMV-Anforderungen bei der Errichtung von Niederspannungsanlagen gemäß IEC 60364-1 (VDE 0100-100) und der entsprechenden EMV-Normen zu erfüllen, sollten folgende Punkte beachtet werden:
  - Symmetrische Anordnung von Einzelleitern



- Kleine Abstände zwischen den einzelnen Leitern
- Symmetrische Belastung der Leiter
- Große Abstände zwischen den Leitern und einer Störsenke
- Daten-/Kommunikationstrassen von Starkstromtrassen trennen (Stromschienen sind unproblematisch zu montieren und erleichtern die Planung einer EMV-gerechten Installation)
- Ausführung des gesamten Niederspannungsnetzes als TN-S-Netz
- Ein ZEP.

Beim ZEP gilt es zu beachten:

- Zwei Erdungsbrücken dürfen nie über zwei Leiter hinweg miteinander verbunden sein
- PEN- oder PE-Leiter dürfen niemals geschaltet werden
- Werden zwei TN-S-Teilnetze miteinander verbunden, müssen 4-polige Schalter eingesetzt werden. In beiden Betriebsfällen darf immer nur eine Erdungsbrücke aktiv sein
- Bei Verlegung eines PEN-Leiters ist dieser in seinem gesamten Verlauf, also auch in der Verteilung, zu isolieren

- Die Größe des 1-poligen Kurzschlussstroms hängt von der Lage des ZEP ab.

ACHTUNG: Bei ausgedehnten Versorgungsnetzen mit nur einer Aufteilungsbrücke kann der 1-polige Kurzschlussstrom sehr klein werden.

#### 4.2.1 Netzdimensionierung

Das erstellte Netzkonzept wird nun in ein Netzmodell für die Netzberechnung umgesetzt. Die Ergebnisse der Netzberechnung geben Aufschluss über die erforderliche Dimensionierung von Kabeln und Geräten und darüber, welche technischen Vorschriften, beispielsweise Schutz- und Abschaltbedingungen, eingehalten werden müssen. Die Vorschriften, die in der Netzberechnung abgebildet werden sollen und deren Zusammenhänge mit den Normen, sind in Abb. 4/1 schematisch dargestellt.

Bei Gebäudenetzen gewinnt die selektive Abschaltung an Bedeutung, da sie zu einer höheren Versorgungssicherheit und -qualität führt. Während Normen wie IEC 60364-7-710 beziehungsweise -718 (vergleichbar DIN VDE 0100-710 beziehungsweise -718) ein selektives

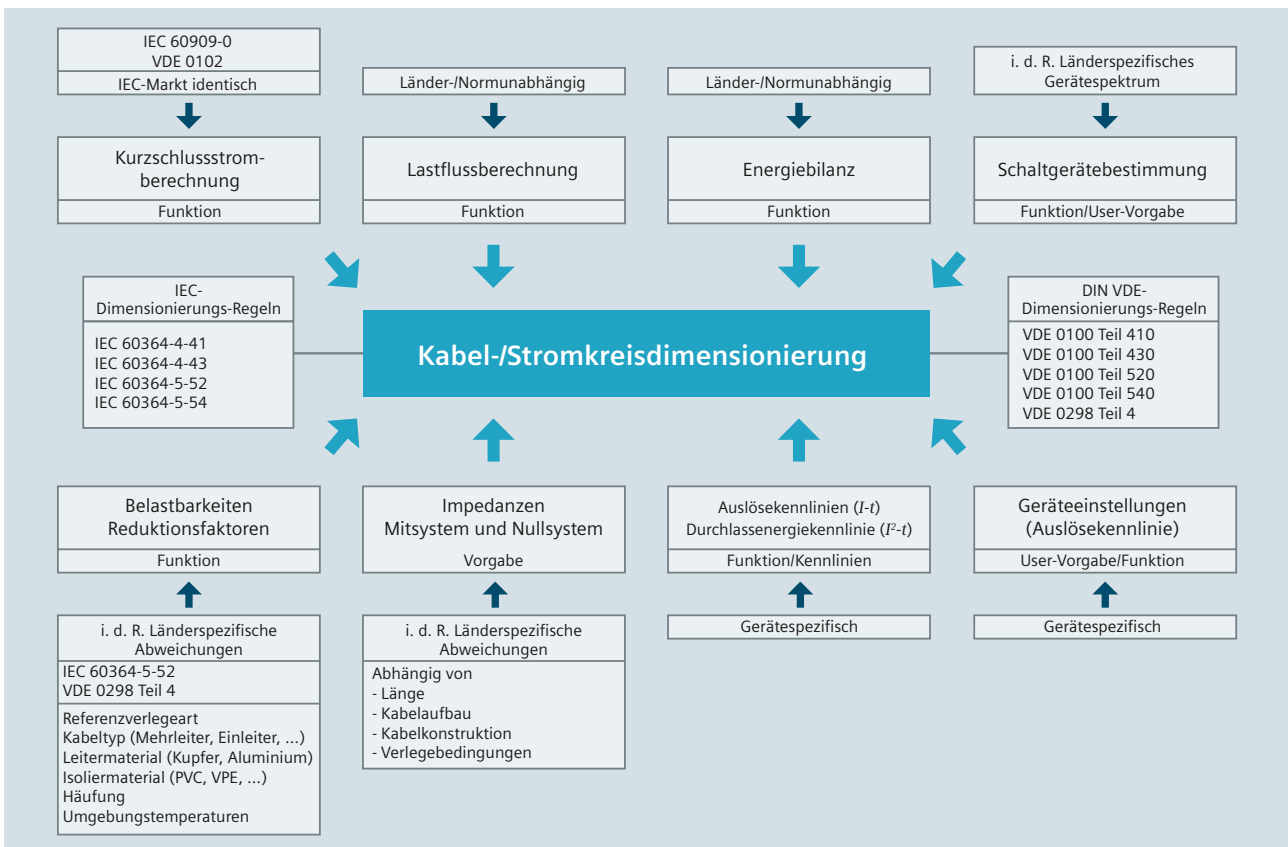


Abb. 4/1: Faktoren der Netzdimensionierung und zugehörige Normen

Verhalten der Schutzeinrichtungen für die SV beziehungsweise getrennte Nutzungsräume vorschreiben, steigt der Anteil der Gebäude, bei denen auch für die AV ein selektives Abschaltverhalten der Schutzeinrichtungen vom Betreiber gefordert wird. In der Regel kommt für die AV unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit eine kombinierte Lösung aus selektivem und teils selektivem Verhalten in Gebäudenetzen zur Anwendung.

Vorteilhaft ist es durchgängig Schutz- und Schaltgeräten eines Herstellers zu nutzen, da jeder Hersteller das Verhalten seiner Geräte untereinander hinsichtlich Selektivität prüft und garantiert. Dazu stellt er geeignete Selektivitätstabellen zur Verfügung. Kommen Produkte unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz, so sind zum Beispiel für Leistungsschalter Prüfungen gemäß IEC 60947-2 (VDE 0660-101) durchzuführen.

Beim Einsatz von Siemens Geräten kann die Software SIMARIS design genutzt werden (Abb. 4/2). SIMARIS design bietet den Vorteil, dass die Geräte für das vorgegebene Konzept automatisch ausgewählt werden. Die Dimensionierung der Betriebsmittel erfolgt nach anerkannten Regeln der Technik und gültigen Normen (IEC, VDE). Daraus resultieren Planungssicherheit und deutliche Zeitersparnis.

Im Projektbeispiel wurde eine exemplarische Netzplanung für die Energieverteilerebenen durchgeführt. Ausgehend von den im Folgenden beschriebenen Geräten der elektrischen Energieverteilung wurde die Bestimmung der Selektivität mit SIMARIS design exemplarisch für das in Abb. 4/5 gezeigte Netz durchgeführt.

4

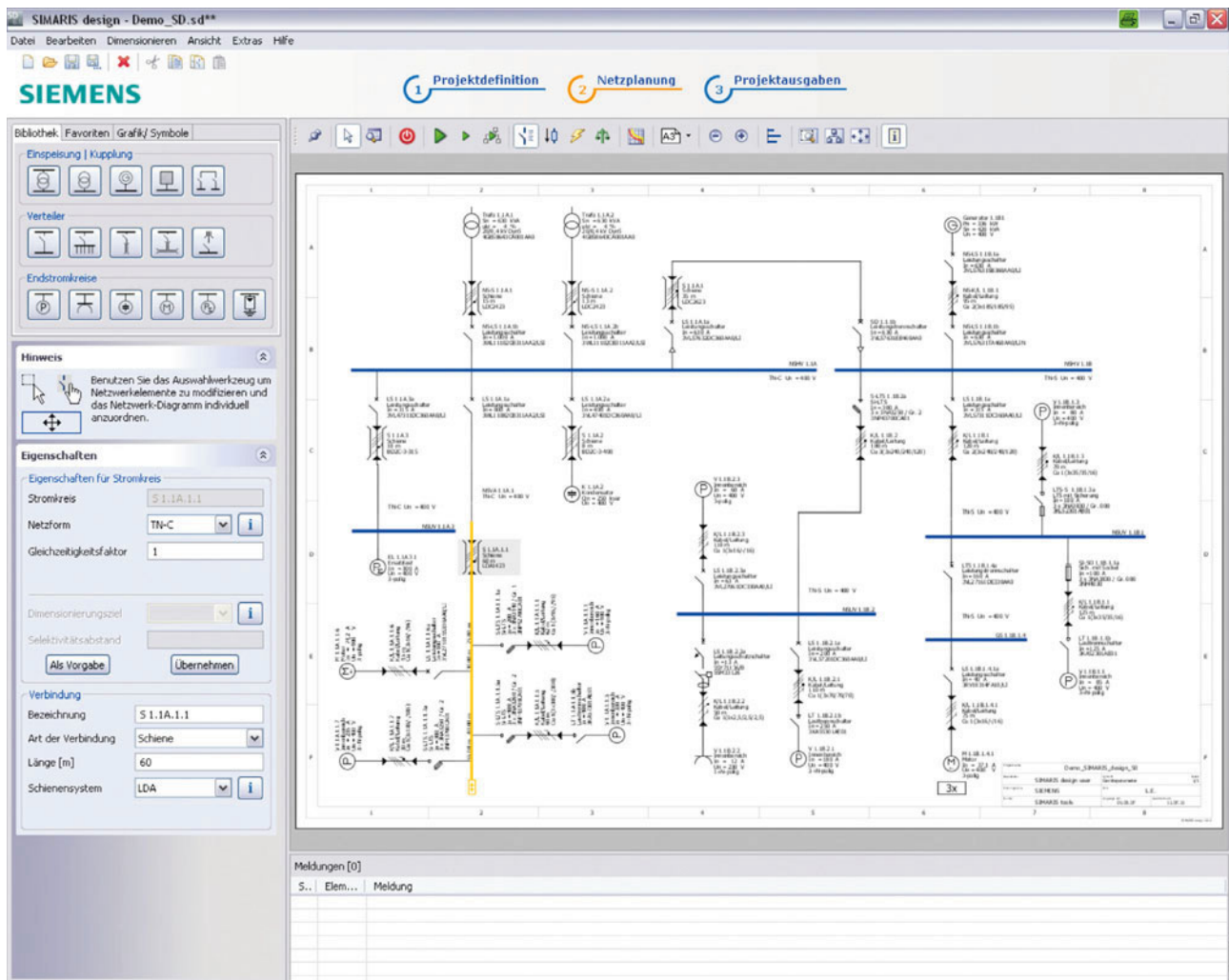


Abb. 4/2: Netzplanung mit SIMARIS design

## 4.2.2 Schutz- und Schaltgeräteauswahl

Jedes Schutz- oder Schaltgerät muss für den jeweiligen Anwendungsfall ausgewählt werden. Wichtige Auswahlparameter, wie zum Beispiel Nennspannung, Bemessungsstrom oder Ausschaltvermögen können durch die Netzdimensionierung mit SIMARIS design ermittelt werden.

Die Ausstattung eines Gerätes hinsichtlich Polzahl oder Auslöser muss anhand der Netzstruktur durch den Planer festgelegt werden. Bei der Auswahl eines Auslösers können neben den Grundparametern (Überlast- und Kurzschlusschutz) auch die Anordnung im Netz sowie die Forderung nach Selektivität eine wichtige Rolle spielen. Durch die geeignete Wahl können gewisse Anforderungen des Netzkonzepts erst ermöglicht werden, oder es bieten sich wirtschaftliche Vorteile bei Betrachtung der Gesamtlösung.

### Beispiel: Auswahl von Leistungsschaltern und zugehörigen Auslösern

Es gibt sogenannte offene Leistungsschalter (air-circuit-breaker, ACB) und strombegrenzende Leistungsschalter, auch Kompaktleistungsschalter genannt (molded-case-circuit-breaker, MCCB). Der ACB bietet aufgrund seines Aufbaus ein breites Einsatzgebiet. Da er in der Lage ist, den Bemessungskurzschlussstrom über eine vergleichsweise längere Zeit zu tragen (einige 100 ms), kann im Netzkonzept für das Abschaltverhalten eine günstigere Staffelung der weiteren Schalt- und Schutzebenen erreicht werden. MCCBs sind kostengünstiger, aber strombegrenzend. Somit gilt: Je höher der zu erwartende Kurzschlussstrom ist, desto schneller schaltet das Gerät ab. Eine selektive Staffelung ist deshalb bei energiestarken Netzen kaum möglich. Der Einsatz von MCCBs sollte sich daher auf die Endstromkreise beschränken.

Für den Einsatz eines höherwertigen und damit teureren Auslösers wie zum Beispiel eines elektronischen Überstromauslösers (electronic trip unit, ETU) anstelle eines thermisch magnetischen Überstromauslösers (TM) spricht, dass die technischen Möglichkeiten des Schaltgeräts besser genutzt werden können. Dadurch lassen sich sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile für das Netzkonzept erzielen. Zum Beispiel lassen sich durch die feineren Einstellmöglichkeiten eines Überlast- und zeitverzögerten Kurzschlussauslösers Vorteile bei der selektiven Staffelung sowie bei der Auslegung des Neutralleiterschutzes, des Erdschlussschutzes und bei der Anbindung an die Kommunikation für das Energiemanagement realisieren. Durch den Einsatz eines unverzögerten Kurzschlussauslösers (*I*-Auslöser) können gegebenenfalls kleinere Kabel- beziehungsweise Stromschienenquerschnitte zum Einsatz kommen (der  $I^2t$ -Wert für die Durchlassenergie wird kleiner). Damit können unter Umständen Kosten reduziert werden.

Varianten der Netzdimensionierung mit unterschiedlichen Betriebsmitteln kann man mit SIMARIS design schnell und einfach durchrechnen. Für Rückfragen und weitere Unterstützung können Sie sich an einen Siemens TIP Ansprechpartner wenden.

## 4.3 Versorgungskonzept für einen superhohen Wolkenkratzer

Wie im Planungshandbuch für die elektrische Energieverteilung Band 1: Planungsgrundlagen, Siemens AG 2011 beschrieben, ist eine Niederspannungseinspeisung nur bis etwa 300 kW Anschlussleistung sinnvoll. Denn die Übertragung großer elektrischer Leistungen über eine größere Distanz (Richtwert ist etwa 100 m) ist im Niederspannungsbereich aufwendig und unwirtschaftlich. Bei den in Kap. 3 ermittelten Leistungen von rund 30 MVA für den betrachteten Wolkenkratzer und den entsprechenden Übertragungslängen von über 300 m wird die Versorgung über ein Mittelspannungsnetz bevorzugt. Da für die Mittelspannungseinspeisung sowohl 10-kV-Netze als auch 20-kV-Netze anzutreffen sind, werden im Folgenden zwei Beispiellösungen für die Energieversorgung des Wolkenkratzers vorgestellt.

### 4.3.1 Versorgungskonzept mit 10-kV-Einspeisung

In vielen Ländern wird von den VNB auf der Mittelspannungsebene eine Einspeisung mit der Versorgungsspannung von 10 kV angeboten. In unserem Projektbeispiel erfolgt die Einspeisung per Kabel in das sogenannte Energiezentrum in den Technikräumen des ersten Untergeschosses (siehe Abb. 3/2). Für die sichere Mittelspannungsversorgung wird der AV-Leistungsbedarf über zwei Ringe auf mehrere Versorgungsebenen aufgeteilt. Analog werden über einen SV-Ring die kritischen Verbraucher versorgt. Im Technikbereich in den oberen Etagen des Gebäudes wird eine sogenannte Gegenstation aufgebaut, so dass zwischen den beiden Ringen geschaltet werden kann. Wie in Abb. 4/3 zu erkennen ist, wird jede Mittelspannungsversorgungsebene über beide Ringe erreicht. Die Mittelspannungsringstationen der Versorgungsebenen sind wechselweise an die beiden Ringe angeschlossen.

Bei einem AV-Leistungsbedarf von etwa 19 MVA wird eine Aufteilung in vier Versorgungsebenen plus Gegenstation vorgenommen, so dass durch die beiden Ringe eine redundante Versorgung über insgesamt neun Ringstationen erfolgt. Da die Leistungsanforderungen im Gebäude nicht gleichmäßig über die Etagen verteilt sind, müssen die Versorgungsebenen entsprechend gewählt werden, um bei jeder AV-Ringstation einen Leistungsbedarf von etwa 2,1 MVA abdecken zu können.

Wie in Abb. 4/3 zu sehen ist, wird für die SV-Versorgung, ein Versorgungsring mit vergleichbarer Aufteilung zur AV-Versorgung gewählt. Allerdings ist für die Versorgung der USV-Anlagen im Rechenzentrum eine eigene Generatoreinspeisung von Vorteil, da auf diese Weise die doppelte Spannungsumformung – von der Niederspannung zur Mittelspannung und zurück – vermieden wird. Es verbleibt eine SV-Versorgungsleistung von 4,35 MVA, die per Mittelspannung im Gebäude verteilt werden muss.

Die Netzersatzanlagen mit Niederspannungsausgang speisen über Transformatoren in das SV-Netz mit 10 kV. Aus Verfügbarkeitsgründen wird zusätzlich zu den beiden benötigten Generator-Trafo-Blöcken von je 2,5 MVA Leistung ein redundanter Block berücksichtigt.

Zahlreiche Gründe sprechen für eine Aufstellung der Netzersatzanlagen in Bodennähe:

- Der Transport der Netzersatzanlagen in die Technikräume der oberen Etagen ist angesichts einer Höhe von ca. 300 Metern aufwendig und teuer
- Die Treibstoffversorgung ist kostenintensiv und nur mit speziell gesicherten Leitungen zu bewerkstelligen

- Schutzmaßnahmen gegen Treibstoffverlust sind vorzusehen
- Aus den Vibrationen der Generatoren im Betrieb resultieren statische Anforderungen.

Für die USV-Systeme wird ebenfalls ein Redundanzkonzept angenommen. In Abb. 4/3 werden die im Niederspannungsnetz angeschlossenen USV-Anlagen nur schematisch dargestellt. Selbstverständlich können mehrere USV-Systeme an unterschiedlichen Niederspannungsverteilungen angeschlossen sein.

Für die AV-Versorgung werden in jeder Verteilungsstation zwei GEAFOL Transformatoren mit einer Leistung von jeweils 1.250 kVA gewählt – für die SV-Versorgung von 4,35 MVA werden insgesamt acht GEAFOL Transformatoren mit 630 kVA Nennleistung geplant. Eigene Transformatoren von der AV-Verteilung versorgen die USV-Anlagen des Rechenzentrums. Dies wird in Kap. 4.3.4 bei der Beschreibung der USV-Konzepte näher erläutert.

Von den Versorgungsebenen aus sind vertikale Stromschienenverteiler in den Technikernen vorgesehen, die die Etagen versorgen. Die Einspeisung auf den Versorgungsebenen erfolgt über Niederspannungs-Schaltanlagen mit Leistungsschalbertechnik.

Beim Netzkonzept für den Niederspannungsbereich ist darauf zu achten, dass die Modulleistung (Sammelschienenstrom und Kurzschlussstrom der Niederspannungs-Schaltanlage) nicht zu groß gewählt wird. Niederspannungs-Schaltanlagen mit Sammelschienenströmen größer 4.000 A und Kurzschlussströmen größer 65 kA führen zu deutlich höheren Kosten (Alternative: Die Sammelschiene über eine Längskupplung teilen und die Anlage im normalen ungestörten Betrieb offen fahren).

In den Etagen gibt es zwischen den Technikernen horizontale Stromschienenverteiler, die in der Gebäudemitte elektrisch getrennt werden können. Die Einspeisung von den vertikalen Stromschienen in die horizontalen Stromschienenverteiler der einzelnen Etagen erfolgt mittels sicherungsbehäfteter Technik (Grund: günstiger für die Selektivität!) in Kombination mit einem Leistungstrennschalter (Grund: Freischaltung im Fehlerfall).

Alle Schaltgeräte (Leistungsschalter, Leistungstrennschalter) sind kommunikationsfähig und mit Motorantrieb ausgestattet. Dies ermöglicht über die Leittechnik eine schnelle Reaktion auf Fehler. Der Aufbau soll ein hohes Maß an Versorgungssicherheit und Flexibilität bieten. Großverbraucher wie zum Beispiel das Rechenzentrum und Klimatisierungseinrichtungen, erhalten von der nächstliegenden Versorgungsebene eine separate Einspeisung.

### 4.3.2 Versorgungskonzept mit 20-kV-Einspeisung

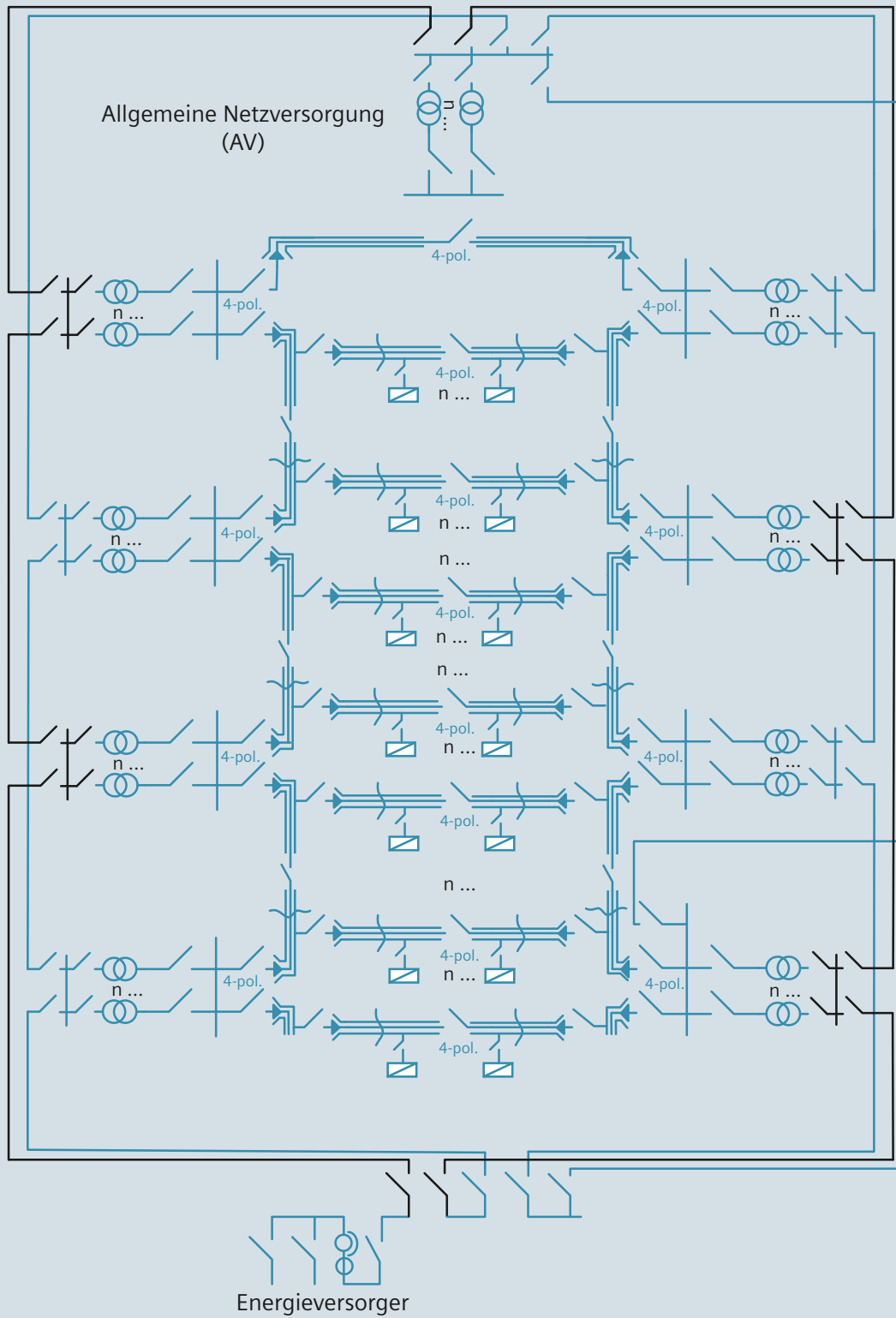
Bei einer Versorgungsspannung von 20 kV lässt sich ein einfacheres Netzkonzept realisieren. Dadurch können Kosten und der Platzbedarf für die Mittelspannungsschaltanlagen reduziert werden. Im Gegensatz zur 10-kV-Lösung sind für den Leistungsbedarf von etwa 30 MVA in Verbindung mit einer sicheren Versorgungslösung keine zwei vollständigen Ringe nötig. Zusätzlich zu dem einen AV-Versorgungsring genügt eine direkte Mittelspannungszuleitung vom Energiezentrum zur Gegenstation, wie in Abb. 4/4 dargestellt.

Durch die höhere Spannung kann über diese schaltbare Redundanzleitung selbst im Fehlerfall eine Versorgung erfolgen, ohne dass ein Problem beim Heraustrennen des Fehlers auftritt. Für die SV-Versorgung und die niederspannungsseitigen Komponenten unterscheidet sich das 10-kV-Konzept nur unwesentlich von dem für 20 kV.

Für die 20-kV-Einspeisung ergeben sich gegenüber der 10-kV-Einspeisung folgende Vorteile:

- Reduzierung der Kabelquerschnitte um zwei bis drei Stufen
- Geringere Netzverluste
- Verbesserung der Kurzschlussrandbedingungen – Reduktion des Bemessungs-Kurzschlussausschaltstroms  $I_{sc}$  und des Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstroms  $I_{ma}$
- Günstigere Randbedingungen für die Staffelzeiten beim UMZ-Schutz.

Auf der SV-Seite wird hier von einer separaten Station für die Netzersatzanlagen ausgegangen, die in der Nähe des Rechenzentrums im ersten Untergeschoss untergebracht ist. Auch hier ist die Abgasführung ein entscheidender Planungsparameter. Ein mögliches USV-Konzept mit rotierenden Anlagen hierfür wird in Kap. 4.3.4 betrachtet.



4

Abb. 4/3: Netzversorgungskonzept für eine Mittelspannungseinspeisung mit 10 kV



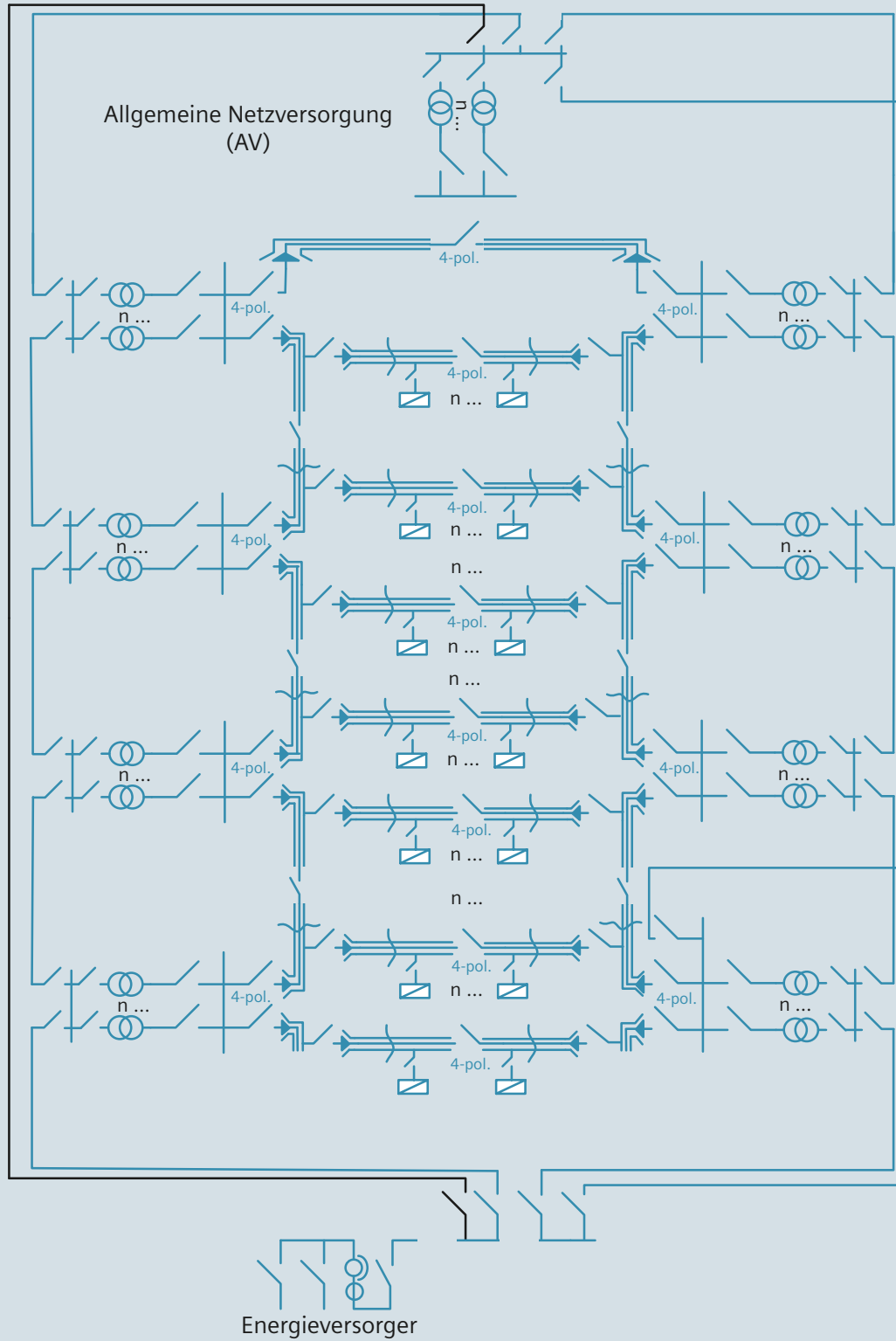
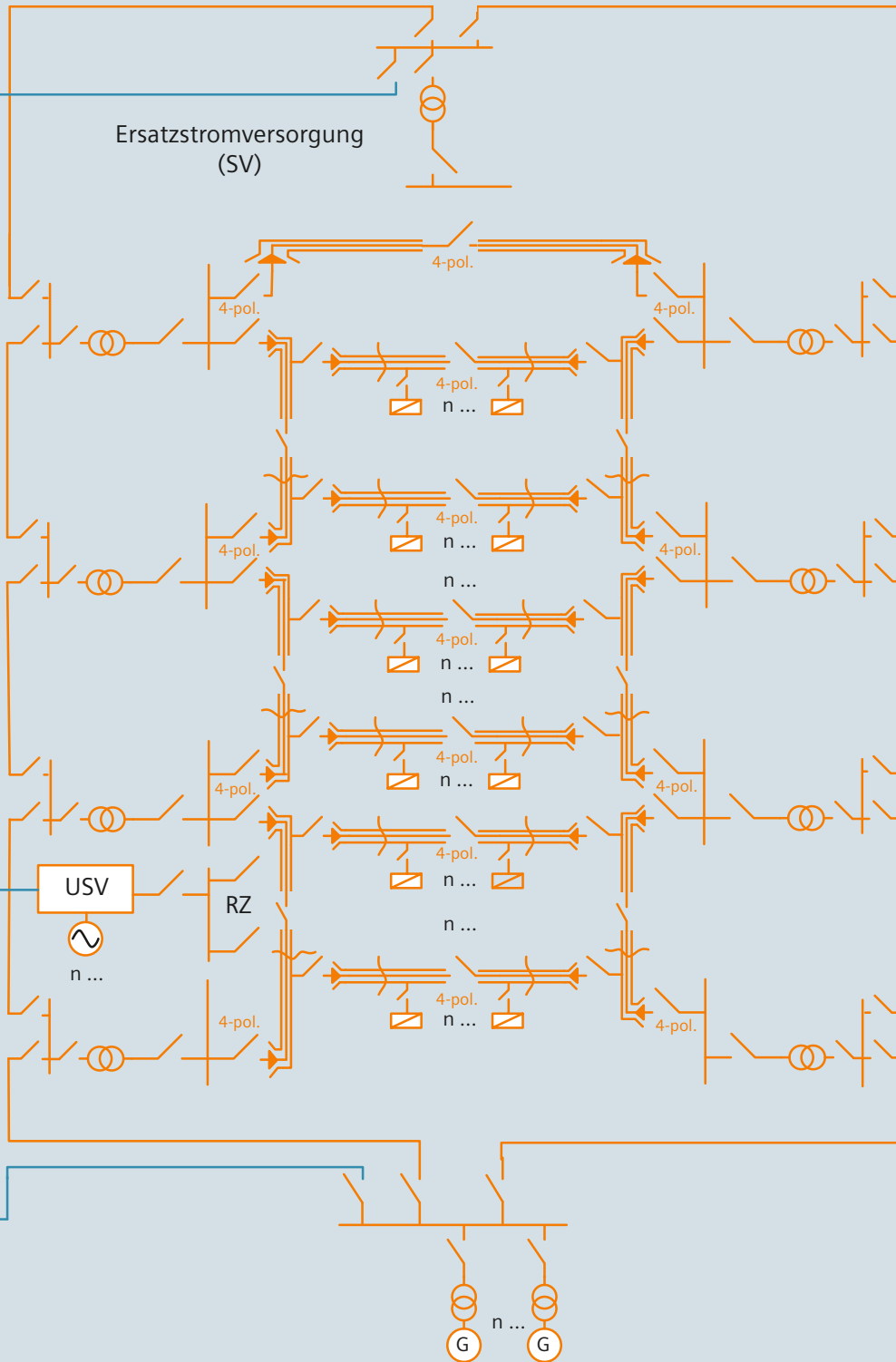


Abb. 4/4: Versorgungskonzept mit 20-kV-Einspeisung





### 4.3.3 Auslegung der Verteilungsebenen und Projektierung mit SIMARIS design

Im Projektbeispiel wird die Selektivitätsbestimmung mit der vom TÜV zertifizierten Dimensionierungssoftware SIMARIS design durchgeführt. Eine Netzberechnung sollte grundsätzlich vor jeder Leistungsbeschreibung als Beleg für die Machbarkeit der vorgesehenen Systemlösung durchgeführt werden. Mängel, die durch falsche Auswahl, Kombination oder Anordnung von Geräten entstehen, sind so frühzeitig erkennbar.

Es wird eine exemplarische Netzplanung für eine Energieverteilerebene durchgeführt. Ausgehend von den im Folgenden beschriebenen Geräten der elektrischen Energieverteilung wird das Selektivitätsverhalten exemplarisch für die in Abb. 4/5 gezeigte Anordnung bestimmt. Dabei wird eine Verteilerebene mit den beiden vertikalen Schienenverteilersystemen auf jeweils drei Etagen angenommen. Auf den Etagen werden an die horizontalen Schienenverteilersysteme jeweils vier Unterverteilungen angeschlossen.

Die Ergebnisse von SIMARIS design können zur Weiterbearbeitung mit der Auslegungssoftware SIMARIS project ausgeleitet werden. Zur Dokumentation der geplanten Anlagen lassen sich mit SIMARIS project die verfügbaren Ansichtszeichnungen, technischen Beschreibungen und Stücklisten sowie Leistungsverzeichnisse erstellen. Die Beschreibungen, Liniendiagramme und Frontansichten für die Produkte unseres Projektbeispiels sind in den nachfolgenden Abschnitten zu finden.

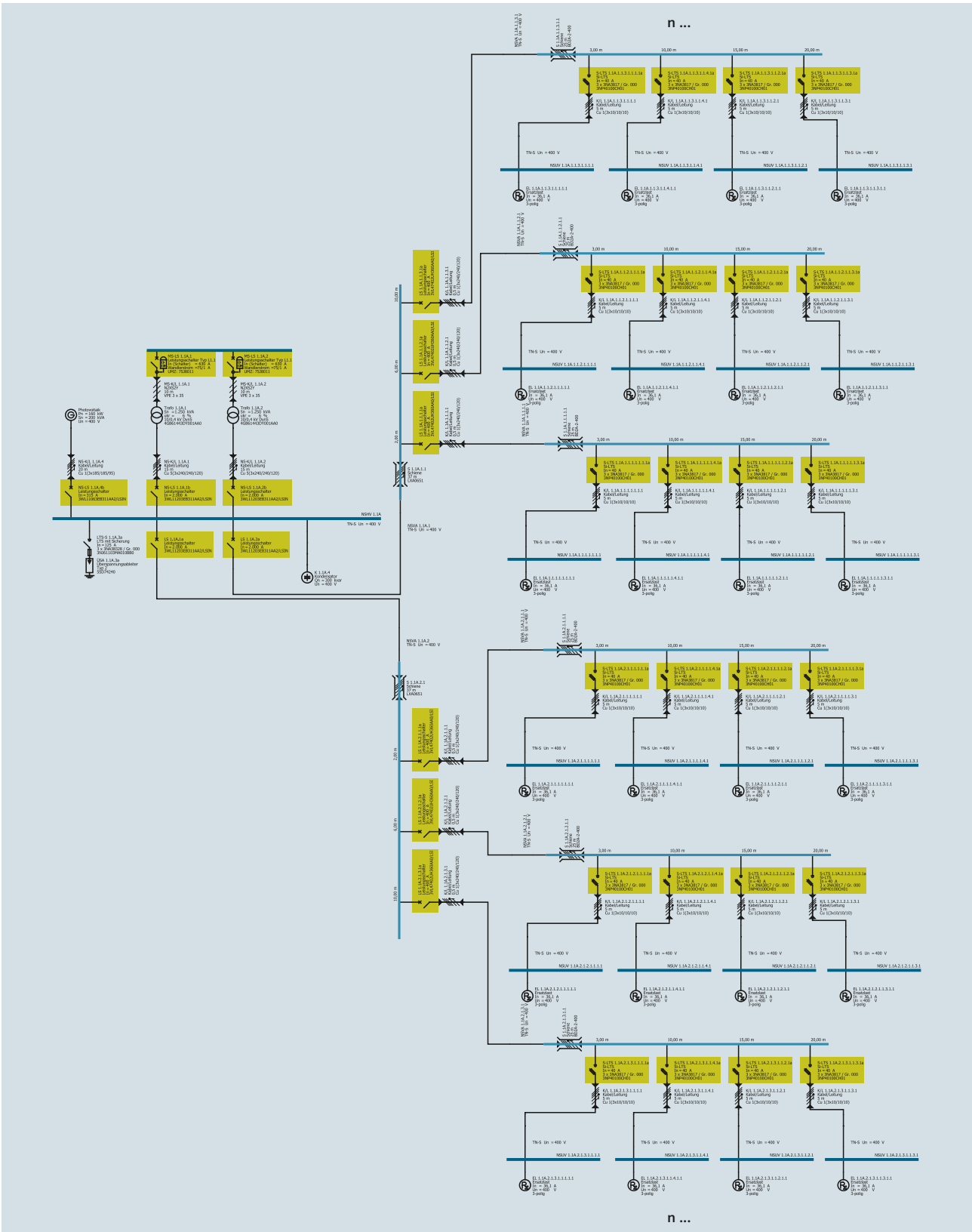


Abb. 4/5: Selektivitätsberechnung mit SIMARIS design für eine exemplarische Verteilungsebene

#### 4.3.4 USV-Konzepte für das Rechenzentrum im Projektbeispiel

Beispielhaft für die im Rechenzentrum benötigte USV-Leistung werden ein Konzept für den Einsatz rotierender USV-Anlagen und ein Konzept für statische USV-Anlagen vorgestellt. Dabei können in beiden Konzepten rotierend und statisch prinzipiell ausgetauscht werden. Grundsätzlich spielen Umgebungsbedingungen und Nutzungsrandbedingungen eine wichtige Rolle bei der Ausgestaltung einer USV-Lösung.

##### Konzept mit statischen USV-Anlagen

Es wird davon ausgegangen, dass die Betreiber des Rechenzentrums eine eigenständige USV-Versorgung mit statischen USV-Anlagen wünschen. Da sich das Rechenzentrum im ersten Untergeschoss befindet, werden die USV-Anlagen und auch die zugehörigen Generatoren wie in Abb. 4/3 dargestellt in den Technikräumen des ersten Untergeschosses platziert sein.

Aus Gründen der Treibstoffversorgung und zugunsten einer einfachen Installation und Wartung werden die Netzersatzanlagen (NEA) als Dieselgeneratorblöcke mit der zugehörigen Niederspannungsverteilung redundant in den unteren Technikräumen installiert.

Aus Verfügbarkeitsgründen werden die USV-berechtigten Geräte im Rechenzentrum über zwei USV-Parallelsysteme mit je sechs 800-kVA-Blöcken versorgt (Abb. 4/6). Bei Beachtung der (5+1)-Redundanz beträgt die maximale USV-Leistung insgesamt 8.000 kVA.

Der statische USV-Bypass wird über die AV-Versorgung (blau) bedient, während der Doppelwandlerpfad (Gleichrichter – USV-Zwischenkreis – Wechselrichter) über die NEA-Schiene (orange) versorgt werden würde. Dies ist nur möglich, wenn die USV-Anlagen eine unterbrechungsfreie Umschaltung von der Bypassversorgung (AV-Versorgung) auf den Doppelwandlerpfad (NEA-Versorgung) realisieren können.

Durch die Verwendung eines Redundanzgenerators wird zusätzliche Versorgungssicherheit erreicht. Der Redundanzgenerator kann im Problem- oder Wartungsfall über die – normalerweise offenen (n. o.) – Leistungsschalter auf eines der beiden USV-Systeme aufgeschaltet werden.

4

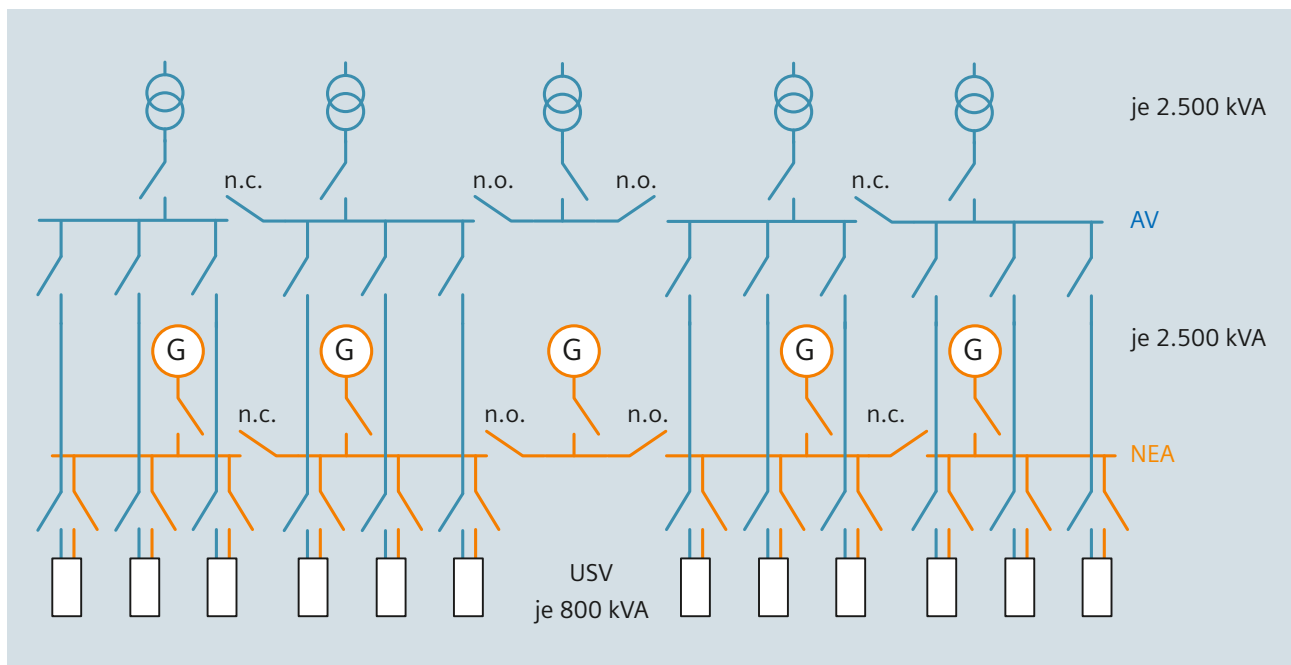


Abb. 4/6: Energieverteilung für die statischen USV-Anlagen im Rechenzentrum (n. o. = normally open; n. c. = normally closed)

## Konzept mit rotierenden USV-Anlagen

Für die beschriebenen Randbedingungen im Hochhaus mit einem großen Rechenzentrum, das einen hohen NEA-Versorgungsanteil für die USV-Anlagen fordert, bietet sich die Verknüpfung von USV und Generator über rotierende USV-Systeme an. Dabei muss die räumliche Situation bei Aufstellung, Brennstoffversorgung und insbesondere für die Abgasführung beachtet werden. Vorteilhaft hinsichtlich Einbringung, Netzanbindung, Versorgung, Absicherung, Wartung und vielem mehr ist es, wenn rotierende USV-Anlagen direkt in die Niederspannungsverteilung für das Rechenzentrum einspeisen können. Um lange Kabelstrecken zu vermeiden, ist ein dem Rechenzentrum benachbarter Raum für die generatorgestützten USV-Anlagen mit geeigneter Abgasführung nötig.

In Abb. 4/7 ist die Redundanz der USV-Systeme zu erkennen, da drei der vier vorhandenen Systeme zur Versorgung des Rechenzentrums ausreichen. Außerdem ist ein Reservetransformator eingezeichnet, der bei Ausfall oder Störung eines Transformators der vier USV-Systeme zugeschaltet werden kann.

Für die SV-Verteilung im Hochhaus, die nicht mit dem Rechenzentrum in Verbindung steht, wird ein eigener Mittelspannungsring, wie in Abb. 4/4 dargestellt, genutzt. Das heißt, unter den betrachteten Gegebenheiten sollten zwei Generatoren – beziehungsweise drei Generatoren bei Beachtung der Redundanz – mit 2.500 kVA Leistung ausreichen, die mit einem GEAFOL Transformator als Block den SV-Mittelspannungsring versorgen.

## 4.3.5 Power Management-Konzept

Um die Energietransparenz mit den in Kap. 2 beschriebenen Darstellungen, Kennwerten und Auswertungen realisieren zu können, wird ein Konzept für ein Power Management-System erstellt, das exemplarisch auf eine Verteilungsebene und einen Etagenverteilerstrang beschränkt ist. Dabei wird auf die Projektierung mit SIMARIS design zurückgegriffen. Die Kernelemente aus Abb. 4/5 oben sind ausschnittsweise in Abb. 4/8 dargestellt. Weitere Etagen können analog angefügt werden, desgleichen weitere Etagenverteiler.

Für die Eingänge der Schaltanlage SIVACON S8 im Etagenverteiler werden Multifunktionsmessgeräte des Typs 7KM PAC4200 gewählt, da eine Aufzeichnung der Power Quality erfolgen soll. Zudem ist für die Kommunikationsanbindung an die Datenleitungen im Gebäude eine Ethernet-Verbindung nötig. Dafür wird die Gateway-Funktion von 7KM PAC4200 genutzt. Die Auswertung der übermittelten Daten erfolgt auf einem Windows-PC mit Hilfe der Software powermanager.

Innerhalb der Technikräume erfolgt die Kommunikation zum Gateway per Modbus. Die Photovoltaikanlage wird messtechnisch über den offenen Leistungsschalter 3WL mit einer für Modbus geeigneten COM16-Baugruppe eingebunden. An den beiden Ausgängen der Schaltanlage SIVACON S8 überwachen zwei 7KM PAC3200 die Versorgungsdaten.

Da von jeder Etage aus die Daten per Ethernet an die Software powermanager übertragen werden, ist dazu jeweils ein 7KM PAC4200 als Gateway nötig. Dieses misst nicht nur die Daten des Ebenenverteilers, sondern leitet auch die per Modbus übermittelten Informationen aus den einzelnen Schienenabgangskästen (Messgeräte 7KM PAC3100) und Installationsverteilern (3-Phasen-Zähler 7KT PAC1500) weiter.

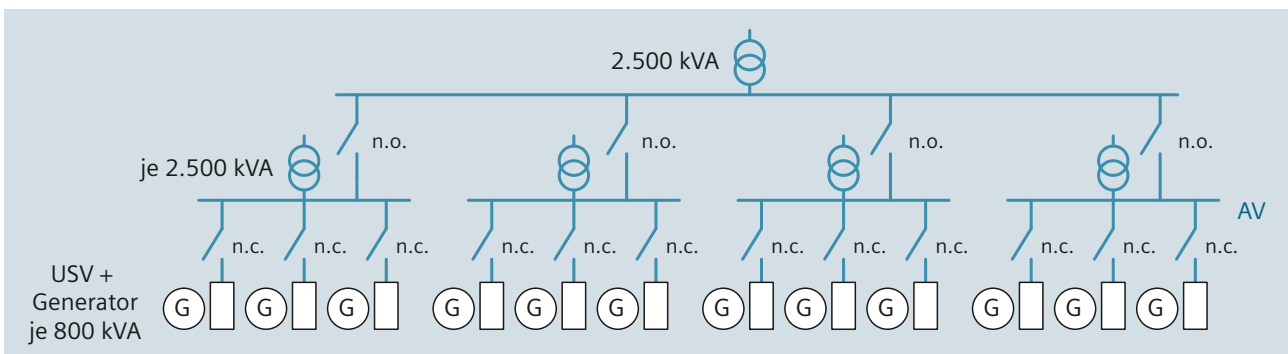


Abb. 4/7: Energieverteilung für die rotierenden USV-Anlagen im Rechenzentrum (n.o. = normally open; n.c. = normally closed)

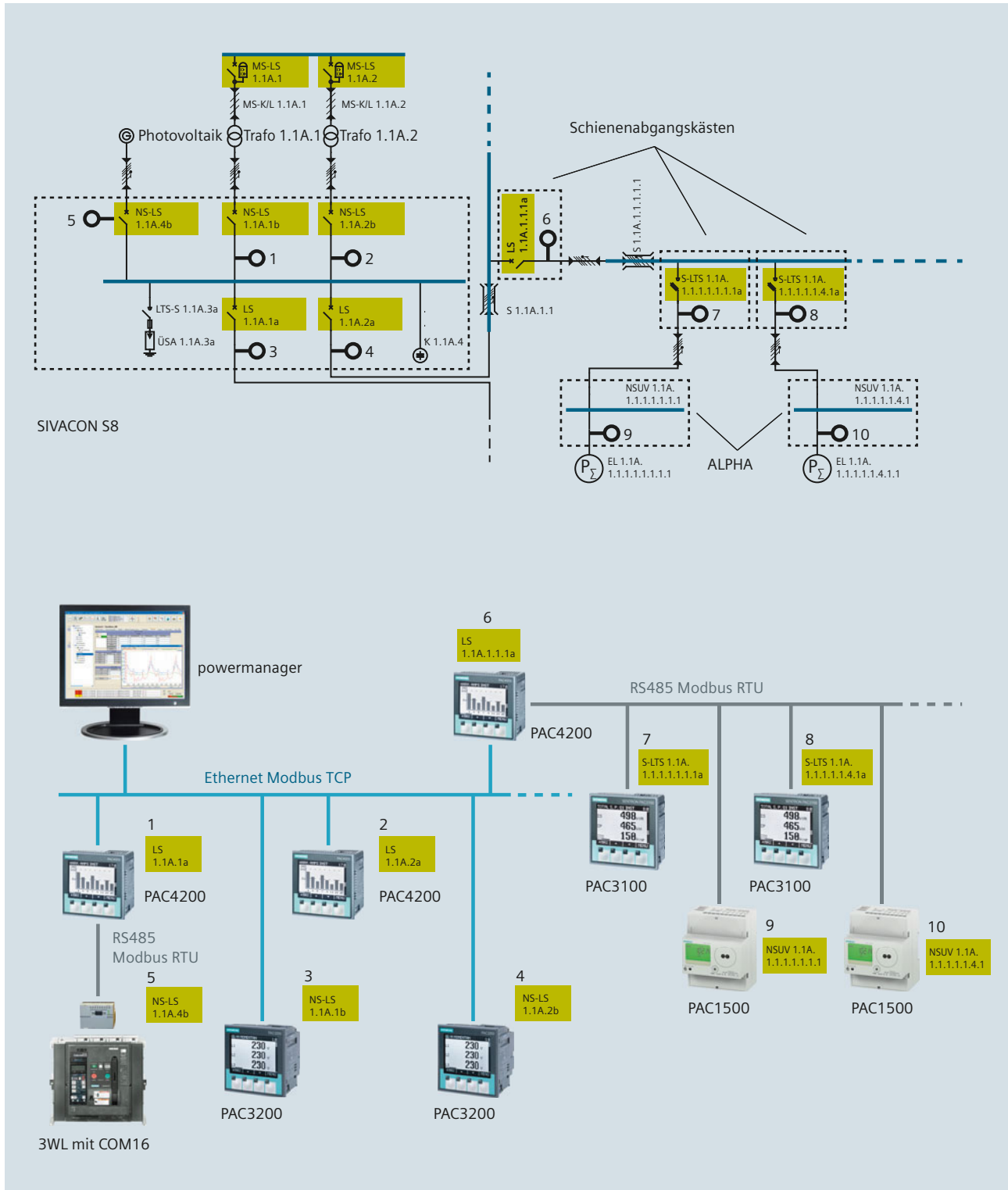


Abb. 4/8: Power Management-Konzept für die elektrische Energieverteilung in den Ringstationen.  
 Oben: Ausschnitt aus dem SIMARIS-Diagramm Abb. 4/5 mit nummerierten Messstellen und gestrichelt angedeuteten Installationseinrichtungen  
 Unten: Kommunikationsvernetzung der Power Management Einrichtungen mit Zuordnung der Nummerierung zu den Messstellen oben.

# Kapitel 5

## Auswahl der Anlagenteile

5.1	Energiecenter und Gegenstation für die Mittelspannungseinspeisung	56
5.2	Mittelspannungs-Schaltanlagen für die Ringstationen der Verteilungsebenen	59
5.3	Verteilungstransformatoren	61
5.4	Niederspannungshauptverteilung	63
5.5	Unterverteilungen und Installationsverteiler	67
5.6	Installations-Schutzgeräte	68
5.7	Power Management	71



# 5 Auswahl der Anlagenteile

## 5.1 Energiecenter und Gegenstation für die Mittelspannungseinspeisung

Bei der Auswahl der Mittelspannung-Schaltanlage sind die Parameter Betriebsspannung, Sammelschienenstrom, Kurzschlussausschaltstrom, Kurzzeitstrom und Stoßstrom zu berücksichtigen. Aus Gründen der Wartungsfreiheit, Unempfindlichkeit gegenüber Umwelt-

einflüssen, Platzbedarf und Sicherheit für Personen (Störlichtbogenfall) wird eine gasisolierte Schaltanlage des Typs NXPLUS C als Hauptschaltanlage für die Einspeisung im Untergeschoss als auch für die Gegenstation in den obersten Etagen des Gebäudes gewählt (Abb. 5/1 – Abb. 5/4). Als Isolationsmedium wird SF<sub>6</sub> eingesetzt, das dreimal besser isoliert als Luft. Laserschweißtechnik ermöglicht eine hermetisch abgeschlossene Primärkapselung mit dem Schutzgrad IP65, was für die Schaltanlage folgende Vorteile bietet:

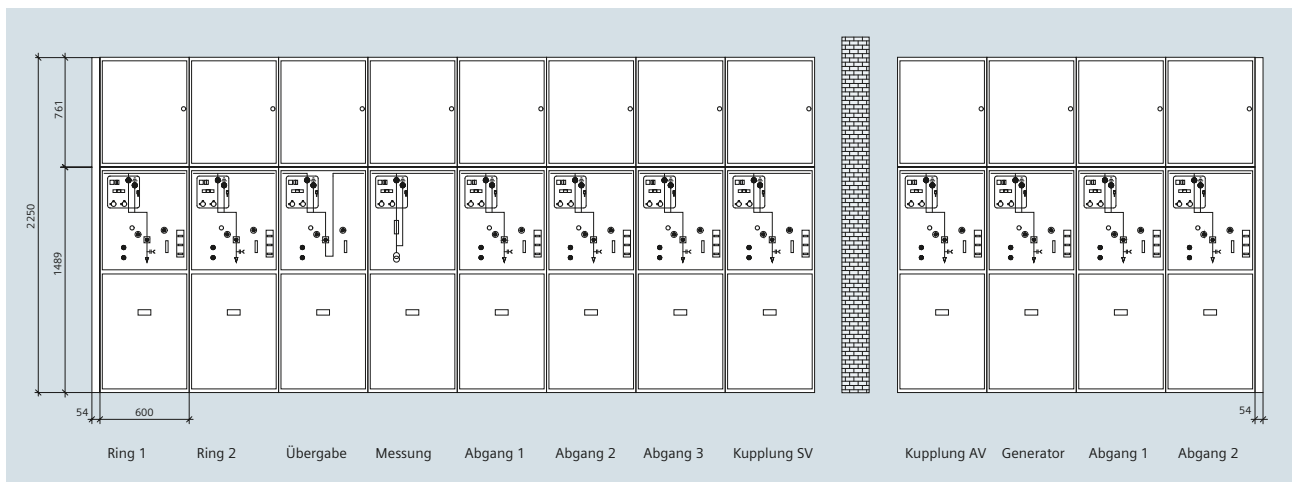


Abb. 5/1: Mittelspannung-Schaltanlagen NXPLUS C mit Einzelsammelschienenfeldern für die AV- und SV-Verteilung im Energiecenter des 20-kV-Konzepts

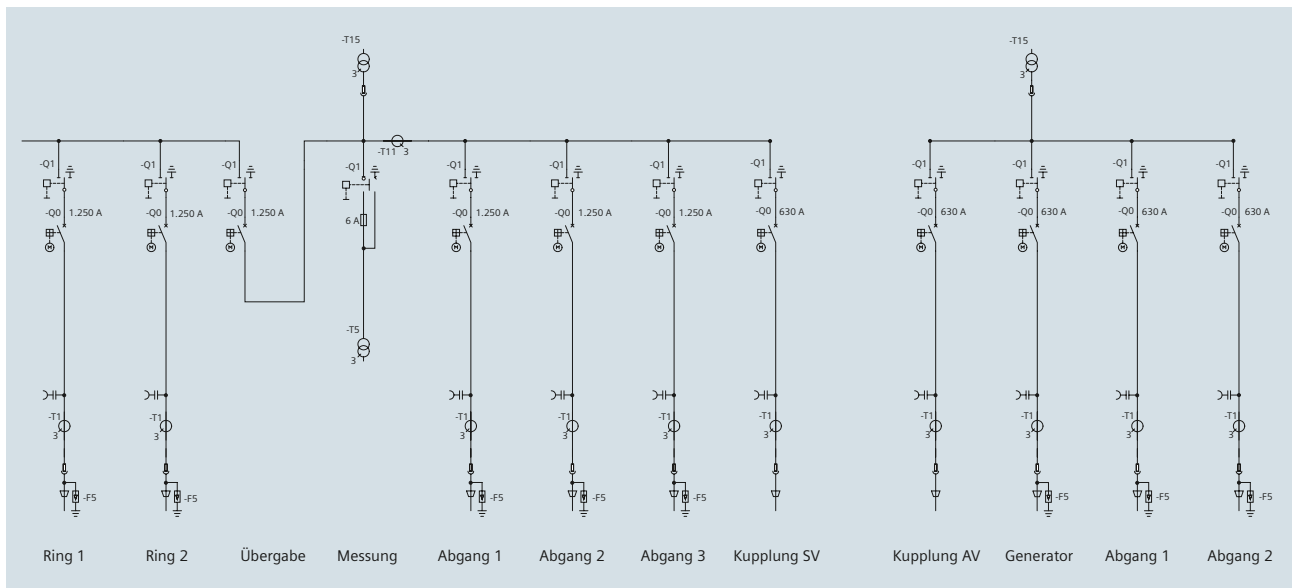


Abb. 5/2: Liniendiagramm für die Mittelspannung-Schaltanlagen NXPLUS C für die AV- und SV-Verteilung im Energiecenter des 20-kV-Konzepts



- Kompakte Abmessungen  
üblicherweise zwischen 25 % und 50 % kleiner (je nach Spannungsebene) als eine vergleichbare luftisolierte Anlage
- Wartungsfreiheit  
Dichtigkeit auf Lebensdauer (hermetisch abgeschlossenes Drucksystem) nach IEC 62271-200 (VDE 0671-101) ermöglicht Aufstellung, Betrieb, Erweiterung und Tausch ohne SF<sub>6</sub>-Gasarbeiten und reduziert so die Betriebskosten
- Hohe Personensicherheit  
Berührsichere Primärkapselung und störlichtbogengeprüfte Schaltfelder bis 31,5 kA
- Betriebssicherheit  
Unabhängigkeit von Umgebungseinflüssen, wie Schmutz, Feuchtigkeit und Eindringen von Kleintieren; minimale Brandlast
- Zuverlässigkeit  
Typ- und stückgeprüft; Qualitätssicherung nach ISO 9001



Abb. 5/3: Frontansicht der Mittelspannungs-Schaltanlagen NXPLUS C für die Gegenstation im 10-kV-Konzept

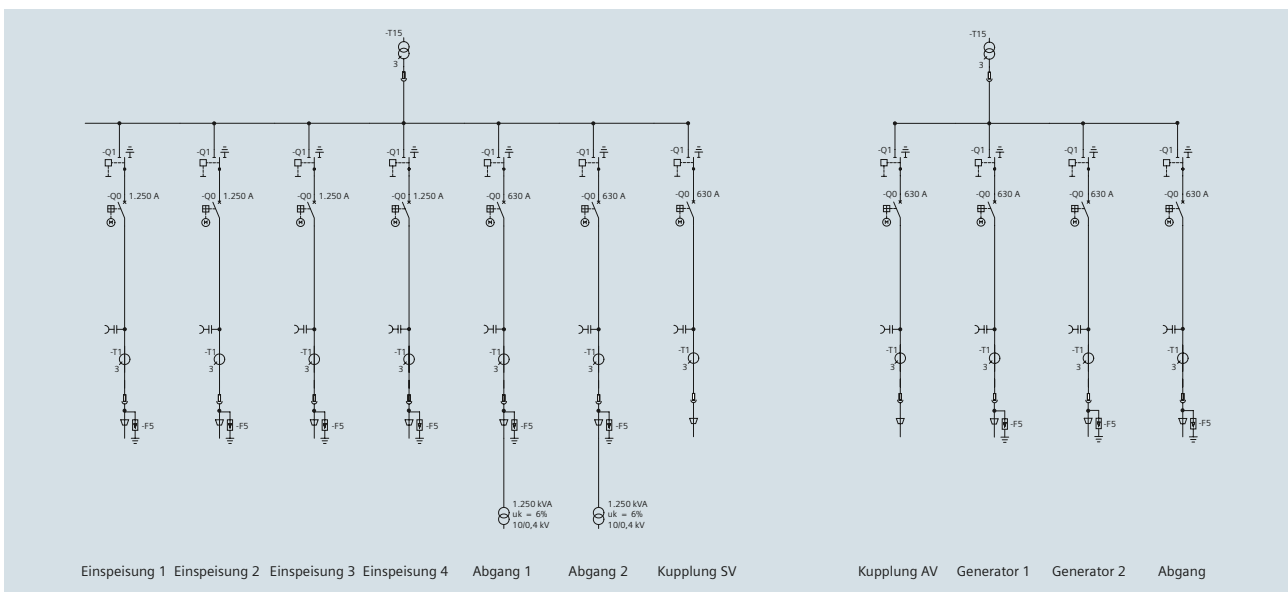


Abb. 5/4: Liniendiagramm für die Mittelspannungs-Schaltanlagen NXPLUS C mit Einfachsammschienenfeldern für die AV- und SV-Verteilung in der Gegenstation des 10-kV-Konzept

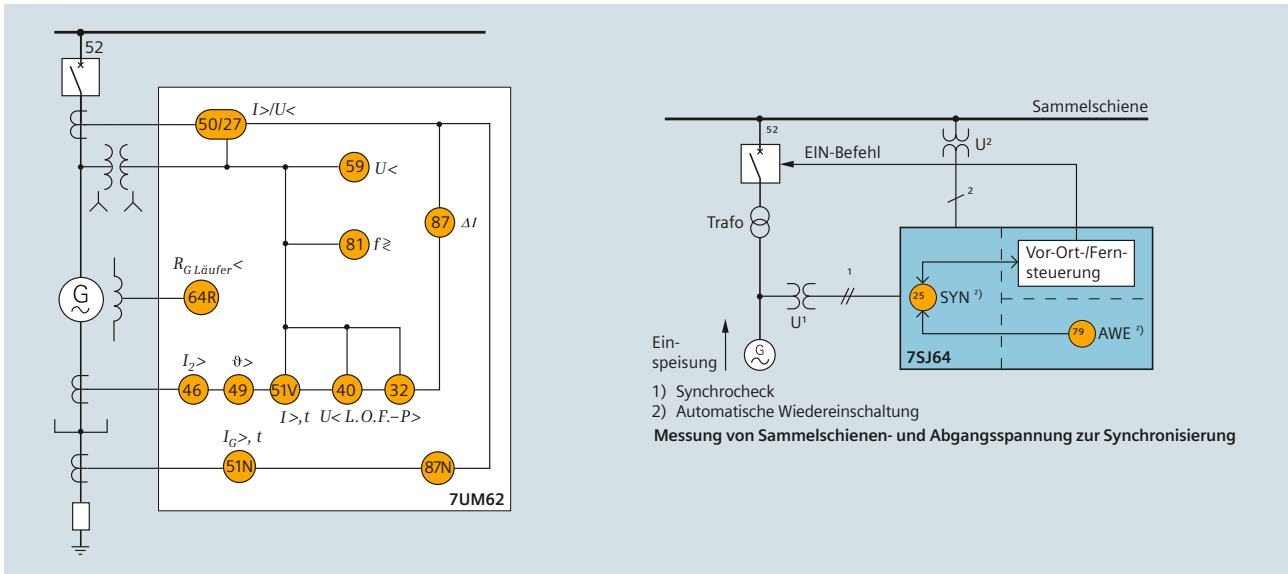


Abb. 5/5: Blockschema für den Generatorschutz (L.O.F. = Loss of field / Untererregung) und den Synchrocheck mit der Messung von Sammelschienen- und Abgangsspannung zur Synchronisierung

- Nutzungsdauer  
Mindestens 35 Jahre unter normalen Betriebsbedingungen; wahrscheinlich 40 bis 50 Jahre (Begrenzung durch maximale Schalthäufigkeit der eingesetzten Schaltgeräte)
- Einfachere Gebäudeintegration  
Im Störlichtbogenfall beträgt der Druckanstieg nur ca. 30 % gegenüber dem bei der Luft-Schalttechnik, so dass entsprechend kleinere Druckausgleichsöffnungen geplant werden können (siehe Kap. 5.2)
- Modularität  
Feldtausch ohne SF<sub>6</sub>-Gasarbeiten möglich; steckbare Ringleitungen.

- Beide Schutzrelais können oben in den Schaltanlagenfeldern der NXPLUS C Schaltanlage integriert werden. Bei der Planung einer solchen Überwachungseinrichtung können Siemens TIP Fachleute den Planer unterstützen.

Als Hauptschutz für die Mittelspannungs-Schaltanlagen in den Ringstationen können Schutzgeräte des Typs SIPROTEC Compact 7SJ80 verwendet werden und zwar für den Leitungsschutz von Hoch- und Mittelspannungsnetzen mit geerdeter, niederohmig geerdeter, isolierter oder kompensierter SternpunktAusführung. Ein Frequenzänderungsschutz oder ein Rückleistungsschutz lässt sich damit ebenso realisieren sowie die Steuerung des Leistungsschalters.

Für die SV-Versorgung über die Generator-Trafo-Blöcke ist ein Maschinendifferenzialschutz vorzusehen (Abb. 5/5). Hierzu eignen sich die Schutzgeräte SIPROTEC 4 7UM62 mit Vollschutz in Verbindung mit dem Synchrocheck durch SIPROTEC 4 7SJ64 zur Zu- und Abschaltung des Generators (Abb. 5/6). Wichtig ist, dass die SIPROTEC Überstromzeitschutzgeräte die Richtungsselektivität garantieren und die Gesamtausschaltzeit klein gehalten wird. Durch eine Signalverbindung lässt sich ein Richtungsvergleichsschutz aufbauen, der die Kabelverbindungen von normal geschlossenen Ringnetzen in Schnellzeit schützt.

(Die Beschreibung der ANSI-Nomenklatur der einzelnen Überwachungsfunktionen können Sie bei den Leistungsbeschreibungen für die SIPROTEC Schutzrelais in Kap. 6.1.2 nachlesen)



Abb. 5/6: SIPROTEC 4 Familie

## 5.2 Mittelspannungs-Schaltanlagen für die Ringstationen der Verteilungsebenen

Mittelspannungs-Schaltanlagen zur Versorgung von Niederspannungsnetzen aus dem vorgelagerten Mittelspannungsnetz werden zur sekundären Energieverteilung gezählt. Da hierfür die gleichen Voraussetzungen gelten wie für die in Kap. 5.1 beschriebene primäre Schaltanlage, wird für die Ringstationen in den Verteilungsebenen eine gasisolierte Mittelspannungs-Schaltanlage 8DJH eingesetzt (Abb. 5/7). Für die Wahl der Schaltanlage 8DJH sprechen die gleichen, wie in Kap. 5.1 aufgeführten, Gründe.

Beim Einsatz von Mittelspannungs-Schaltanlagen müssen Druckausgleichsöffnungen im Raum vorgesehen werden, die im Störlichtbogenfall einen ausreichenden Druckabbau gewährleisten. Werden bei den gasisolierten

SF<sub>6</sub>-Schaltanlagen Absorber verwendet, ist der Druckanstieg im Fehlerfall weitaus geringer als bei luftisolierten Schaltanlagen.

Im Fall einer Störung innerhalb einer gasisolierten Schaltanlage kann ein Störlichtbogen entstehen, der das umgebende Gas sehr stark erwärmt, was zu einem extremen Druckanstieg führt. Die Größe des Druckanstiegs ist abhängig von der Raumgeometrie, Entlastungsöffnungen sowie der Störlichtbogenenergie.

Die Folgen eines solchen (seltenen) Fehlers können sowohl für das Bedienungspersonal als auch für den Raum äußerst schwerwiegend sein. Deshalb müssen Maßnahmen zur Druckentlastung getroffen werden, wie zum Beispiel Druckentlastungsöffnungen und -kanäle, Absorber oder Kühler (siehe Abb. 5/8). Die tatsächliche Druckbelastbarkeit des Bauwerks und seine Konstruktionsmerkmale sind durch den Baustatiker zu überprüfen und freizugeben.

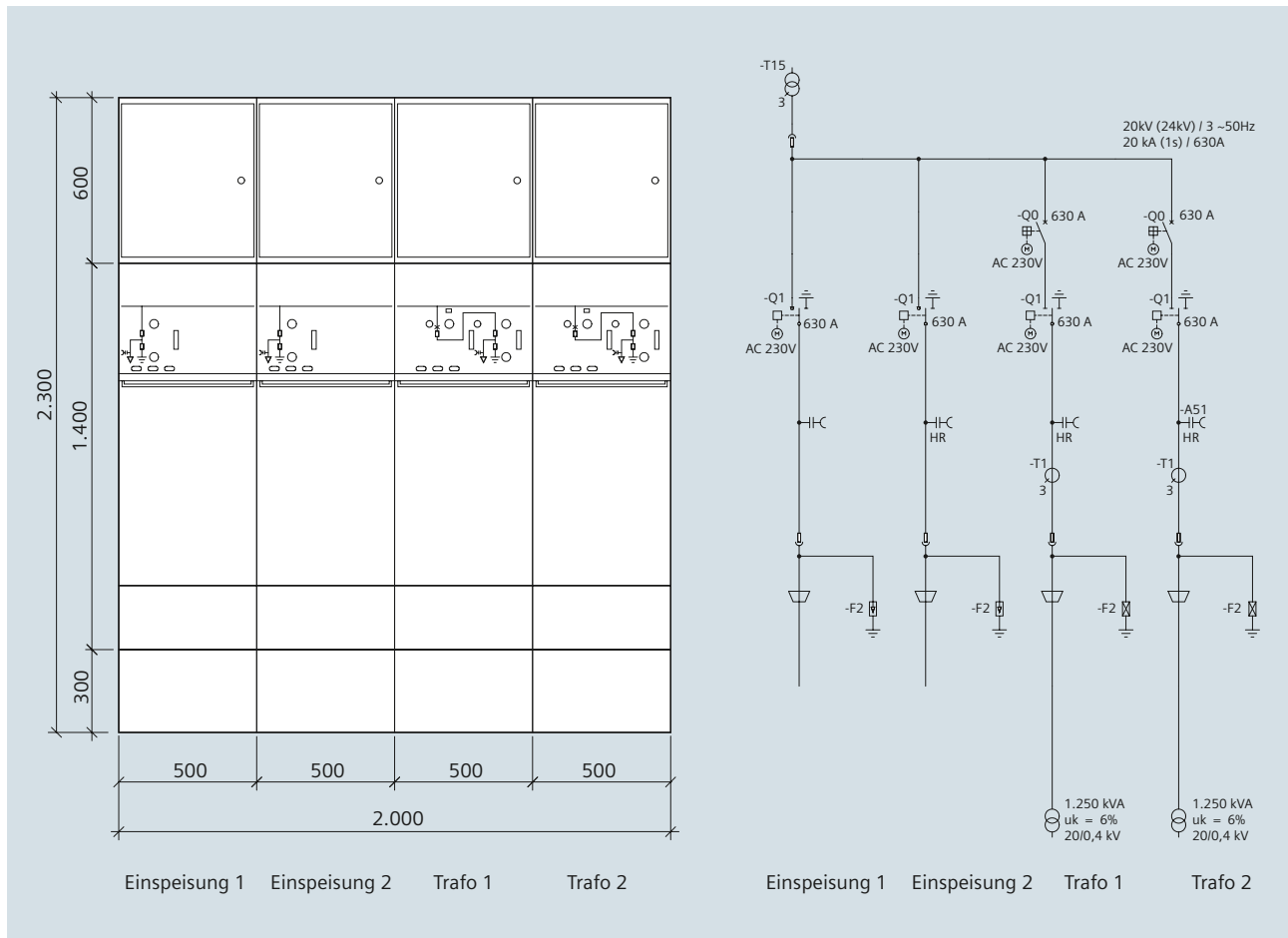


Abb. 5/7: Mittelspannungs-Schaltanlage 8DJH und zugehöriges Liniendiagramm für die sekundäre Energieverteilung der AV-Verteilung in den Verteilungsebenen

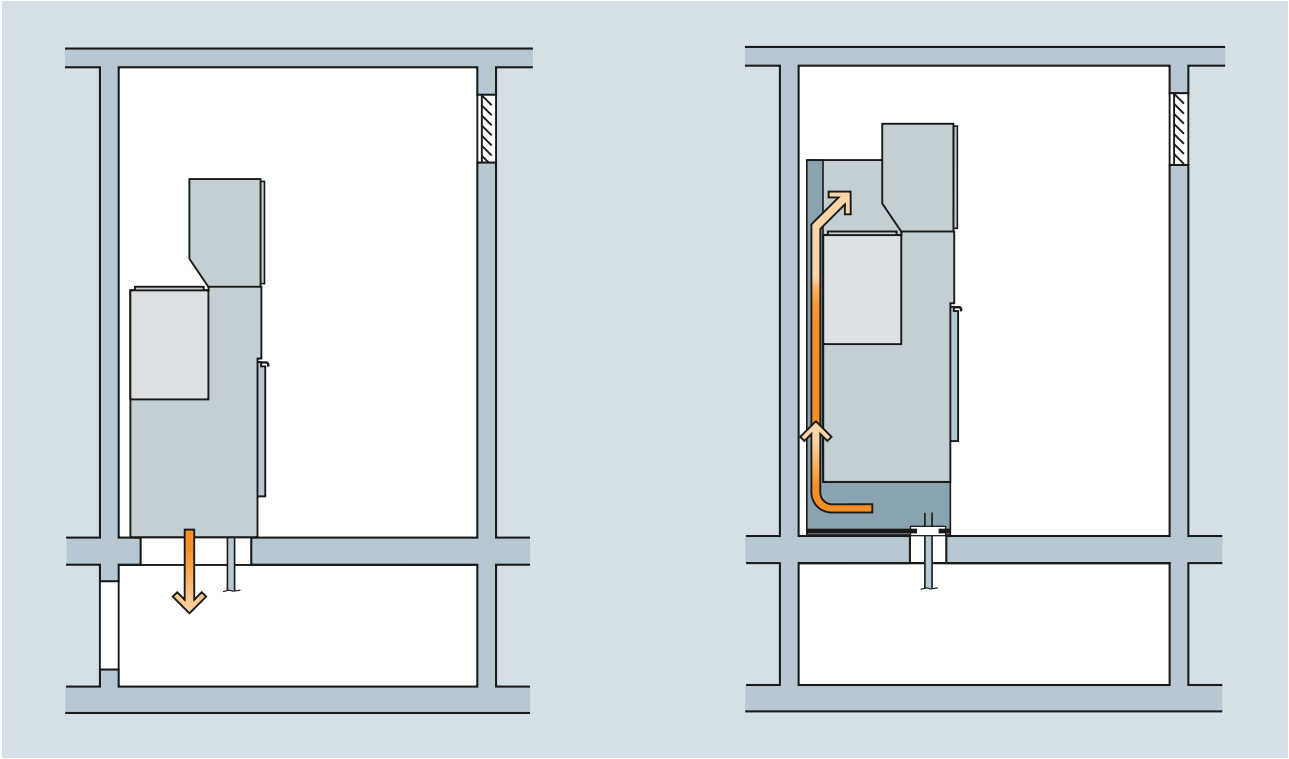


Abb. 5/8: Druckentlastung nach unten (li.) und nach oben mit Druckabsorber

Für die Schaltanlagen 8DJH gibt es eine vereinfachte Druckberechnung nach Pigler (Abb. 5/9). Sie liefert für geschlossene Räume eine gute Näherung, wenn sich der Druck im Raum überall gleich verhält. Das Ergebnis der Druckberechnung liefert aber keine Aussagen über die Druckbelastbarkeit des Bauwerks und seiner Konstruktionsbauteile (z. B. Türen und Fenster). Deren Auslegung muss durch den Baustatiker erfolgen. Eine Verantwortung für Folgeschäden eines Störlichtbogenereignisses kann nicht übernommen werden.

Für sehr komplexe Raumgeometrien oder höhere Kurzschlussleistungen ist es notwendig, eine detaillierte Druckbestimmung mit einer numerischen Computerberechnung mittels der 3-D-Finite-Elemente-Methode durchzuführen, die auch die dynamische Druckentwicklung berücksichtigt. Die Siemens TIP Ansprechpartner informieren Sie gern darüber.

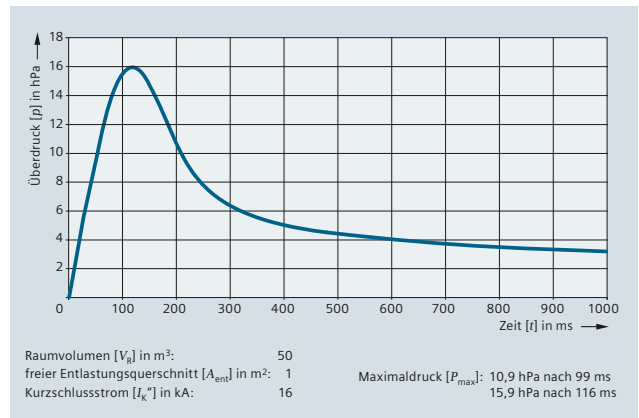


Abb. 5/9: Grafische Auswertung einer Druckberechnung nach Pigler für den Anlagentyp 8DJH ohne Absorber

## 5.3 Verteilungstransformatoren

In den Ringstationen auf den Verteilungsebenen wird die Mittelspannung von 10 kV beziehungsweise 20 kV auf eine Niederspannung für 3~ 400/230 V transformiert. Da diese Versorgungsschwerpunkte in einem geschlossenen Gebäude mit Personenverkehr liegen, kommen bevorzugt Trockentransformatoren nach IEC 60076-11 (VDE 0532-76-11) zum Einsatz. Darüberhinaus werden in den Generator-Trafo-Blöcken der SV-Versorgung weitere GEAFFOL Transformatoren mit jeweils 2,5 MVA Leistung verwendet, um die Generatorspannung auf 10 kV beziehungsweise 20 kV anzuheben.

GEAFOL Gießharztransformatoren (Abb. 5/10) haben sich seit Jahrzehnten bewährt und zeichnen sich durch folgende Vorteile aus:

- Sicherheit: erfüllen die Anforderung für Bauten mit Menschenansammlungen, für Arbeitsstätten und elektrische Betriebsräume
- Umweltfreundlichkeit: geräuscharm, keine Isolierflüssigkeiten, Recyclingfähigkeit, Vorteile bei der EMV, effizient
- Flexibel einsetzbar: GEAFFOL Transformatoren erfüllen Vorschriften zum Brand- und Gewässerschutz (schwerbrennbar und selbstverlöschend); anpassbar an besondere klimatische Verhältnisse (feuchte- und tropenfest, geeignet für hohe und tiefe Temperaturen)
- Leistungsfähigkeit: Leistungssteigerung durch Zusatzbelüftung möglich (Abb. 5/11)
- Wirtschaftlichkeit/Langlebigkeit: Ausführungen mit unterschiedlichen Verlustcharakteristiken; Verwendung von Aluminiumwicklungen möglich
- Betriebsfreundlichkeit: wartungsfreier Betrieb, kleine Aufstellfläche.

Für das Netzkonzept des superhohen Wolkenkratzers werden GEAFFOL Transformatoren mit einer Nennleistung von 1.250 kVA gewählt, da die Abmessungen und das Gewicht der Transformatoren den räumlichen Gegebenheiten (z. B. Bodenlast) angepasst sein sollten. GEAFFOL Transformatoren sind praktisch wartungsfrei. Ein Reservetransformator für Wartungsarbeiten braucht daher nicht berücksichtigt werden.

**ACHTUNG:** Eine mögliche zusätzliche Leistungsreserve von 40 % durch die optionalen Querlüfter muss bei der Auswahl der Schaltgeräte berücksichtigt werden. Bei der Projektierung sind entsprechend höhere Nennströme anzusetzen. Auch auf die Belüftung des Transformators kann die längerfristige Nutzung solcher Leistungserhöhungen Einfluss nehmen, da die Verluste überproportional steigen. Alternativ sollte bereits bei der Planung über ein Energiemanagement zur Absenkung von Leistungsspitzen im Betrieb nachgedacht werden, wenn

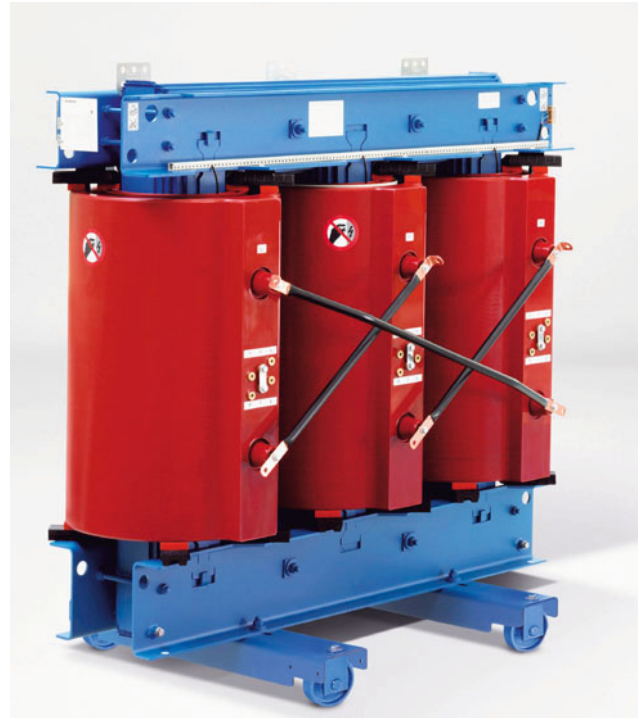


Abb. 5/10: GEAFFOL Gießharz-Trockentransformator

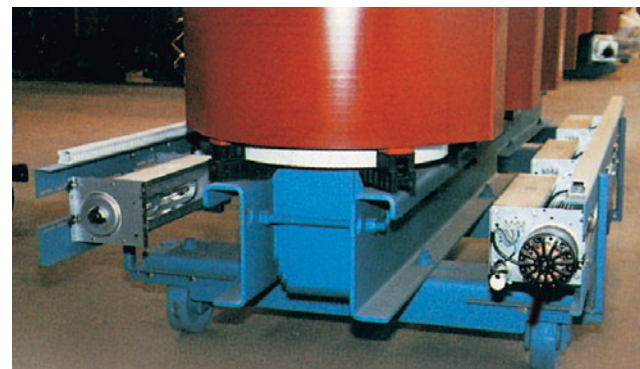


Abb. 5/11: Querlüfter für GEAFFOL-Transformatoren

dadurch möglicherweise spätere Zusatzanschaffungen wie Querlüfter für die Transformatoren vermieden werden können. Zu beachten ist, dass bei Verwendung der Querlüfter die Abmessungen um etwa 10 cm in der Breite und in der Länge zunehmen können.

Zahlreiche Einhausungen für die Verwendung der Transformatoren in Gebäuden sind in unterschiedlichen Schutzklassen erhältlich. Für die Errichtung kompakter

Unterstationen in geschlossenen Gebäuden gibt es vorkonfektionierte Schutzgehäuse (Abb. 5/12) in denen Transformator und Nieder- beziehungsweise Mittelspannungs-Schaltanlage in Kombination aufgestellt werden können.

Hinsichtlich der Belüftung der Transformatoren bedarf es der frühzeitigen Abstimmung mit dem Architekten und dem Statiker für die Klimatechnik, da ausreichende Abluftöffnungen und die Kanalführung für die Abluft zu planen sind. Eine überschlägige Berechnung kann durch die Siemens TIP Ansprechpartner durchgeführt werden. Sie schafft schnell einen Überblick über die notwendigen Abmessungen (Abb. 5/13).



Abb. 5/12: Schutzgehäuse mit Schutzklasse IP 20/40 für GEAFFOL Transformator

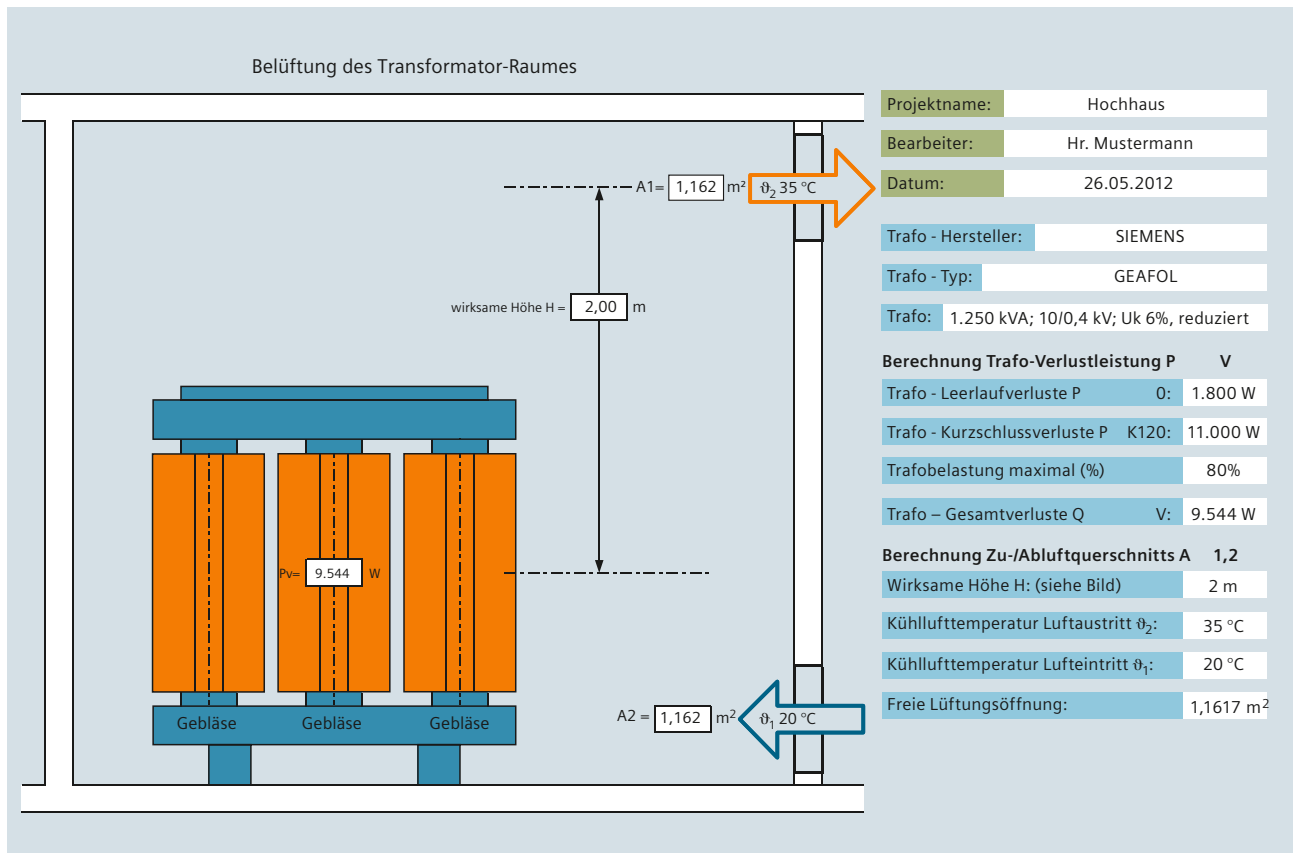


Abb. 5/13: Berechnung der Lüftungsöffnungen für den Transformatorraum am Beispiel eines 1.250-kVA-Transformators

## 5.4 Niederspannungshauptverteilung

Die in den Verteileretagen eingesetzten Niederspannungshauptverteilungen müssen entsprechend den Vorgaben der IEC 61439-1/-2 (VDE 0660-600-1/-2) entwickelt, gefertigt und geprüft sein. Dazu sind Bauart- und Stücknachweise erforderlich. Die Niederspannungsschaltanlage SIVACON S8 (Abb. 5/14) ist eine der Norm entsprechende bauartgeprüfte Energie-Schaltgerätekombination (Power Switchgear and Controlgear(PSC)-Schaltgerätekombination); der Bauartnachweis erfolgt durch Prüfung.

Da die Niederspannungsschaltanlage der am häufigsten bediente Teil der Energieversorgung im Gebäude ist, muss für besondere Versorgungssicherheit und Schutz des Bedienungspersonals gesorgt werden. Der Nachweis der Prüfung unter Störlichtbogenbedingungen nach IEC/TR 61641 (VDE 0660-500-2) gewährleistet maximale Personensicherheit. Aktive Schutzmaßnahmen wie hochwertige Isolierungen von spannungsführenden Teilen (z. B. Sammelschienen), einheitliche und einfache Bedienung, integrierter Bedienfehlerschutz und zuverlässige Anlagendimensionierung verhindern Störlichtbögen und somit Personenschäden. Passive Schutzmaßnahmen erhöhen die Personen- und Anlagensicherheit um ein Vielfaches. Dazu gehören: störlichtbogensichere Scharnier- und Verschlussysteme, sichere Bedienung von Einschüben oder Leistungsschaltern bei geschlossener Tür und patentierte Ruckschlagklappen hinter frontseitigen Lüftungsöffnungen, Lichtbogenbarrieren oder ein Störlichtbogenerfassungssystem verbunden mit der schnellen Abschaltung von Störlichtbögen.

Das Thema Störlichtbogenerkennung beziehungsweise -abschaltung wird am Markt intensiv diskutiert und gegenwärtig werden technisch aufwendige Lösungen propagiert. Siemens bevorzugt seit Jahren, einen Lichtbogen durch die vollständige Isolation aller stromführenden Teile innerhalb der Anlage beziehungsweise der Felder zu verhindern. Durch eine solche passive Vorkehrung entsteht kein Lichtbogen, der detektiert und gelöscht werden muss. Das heißt, dass keine teuren Einrichtungen installiert werden müssen, die regelmäßig geprüft und gewartet werden müssen sowie nach jedem Auslösen einen teureren Austausch erforderlich machen. Dies wirkt sich auch vorteilhaft auf die Verfügbarkeit der Anlage aus.

### 5.4.1 Niederspannungsschaltanlage SIVACON S8

SIVACON Niederspannungsschaltanlagen

- bieten höchste Anlagensicherheit durch bauartgeprüfte Schaltgerätekombinationen
- sind platzsparend mit Aufstellflächen ab 400 bis 500 mm<sup>2</sup>
- ermöglichen eine variable Sammelschienenlage (oben/hinten)
- ermöglichen den Kabel-/Stromschienenanschluss von oben, unten oder hinten
- ermöglichen die Kombination unterschiedlicher Einbautechniken in einem Feld
- verfügen über eine Test- und Trennstellung bei geschlossener Tür unter Beibehaltung der Schutzart (bis IP54)
- bieten maximale Personensicherheit durch ein störlichtbogensicheres Verschlussystem
- ermöglichen eine flexible Anpassung der inneren Unterteilung an individuelle Bedürfnisse
- haben eine einheitliche Bedienoberfläche für alle Einschübe



Abb. 5/14: Niederspannungsschaltanlage SIVACON S8

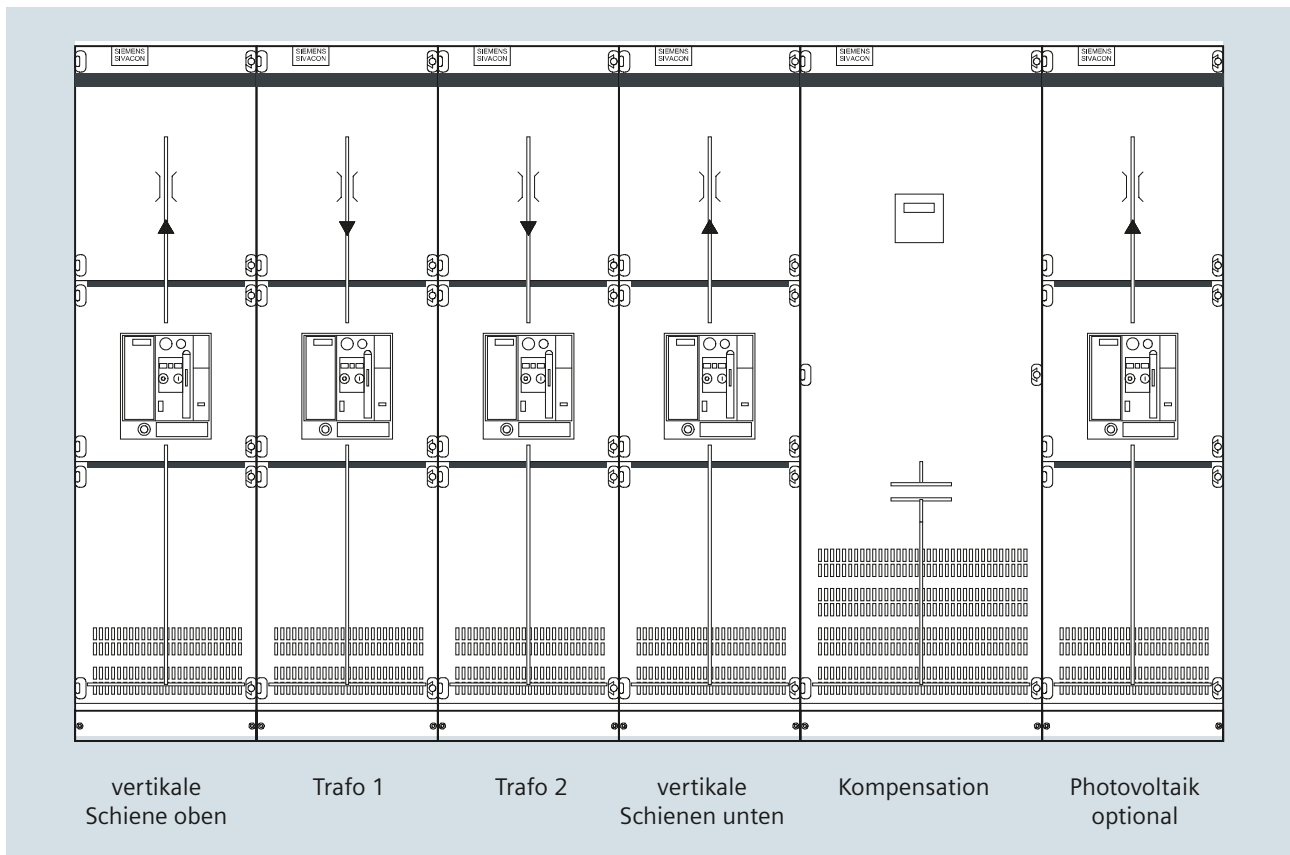


Abb. 5/15: Frontansicht für die SIVACON S8 Schaltanlage

- haben einen Universalanschlag zum einfachen nachträglichen Ändern des Türanschlags (links/rechts)
- haben ein Belüftungssystem mit hohem Wirkungsgrad und Wartungsvorteilen
- haben ein hochwertiges Industriedesign zur passgenauen Integration in moderne Raumkonzepte
- bieten ein weltweites Netz von SIVACON Nachbupartnern, das Service und Verfügbarkeit sichern hilft.

## 5

Für unser Beispiel wählen wir je Verteileretage eine 4.000-Ampere-Anlage mit Einschub-Leistungsschalter-technik und Kompensationsanlage (Abb. 5/15, 5/16).



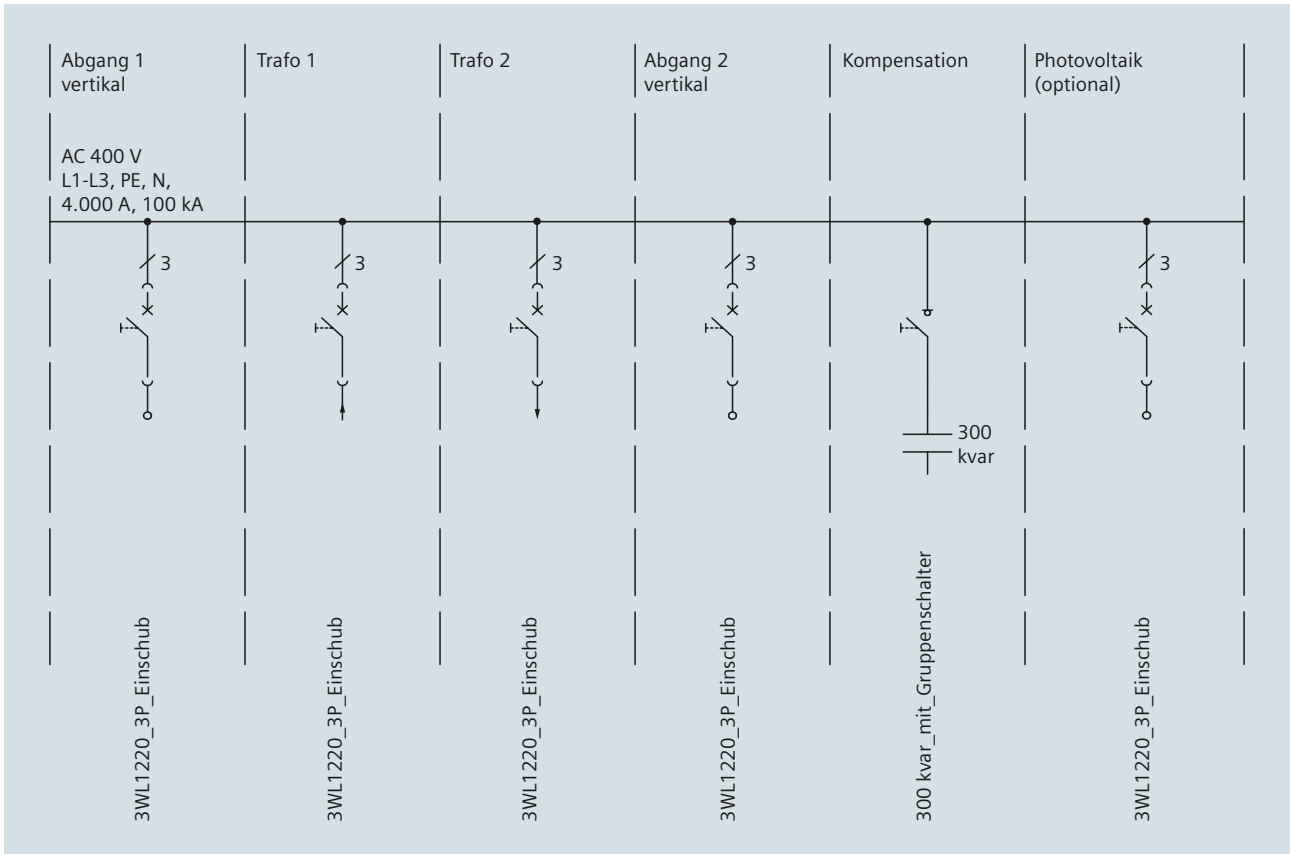


Abb. 5/16: Liniendiagramm für die Schaltanlage SIVACON S8

## 5.4.2 Schienenverteiler-Systeme

Durch die Aufteilung der Spannungswandlung auf einzelne Verteileretagen erfolgt die vertikale Versorgung der Etagen abschnittsweise über Stromschienenverteiler (Abb. 5/17). Zusätzlich wird eine horizontale Energieverteilung mit Stromschienen in den Etagen geplant. Insbesondere die große Flexibilität der Schienensysteme bei Änderungen des Raumbelagungsplanes sichert langfristig die Wirtschaftlichkeit einer solchen Lösung. Weitere Vorteile der Schienenverteiler-Systeme SIVACON 8PS gegenüber einer Kabelverlegung sind:

- eine um ca. 20 % geringere Brandlast als bei Kabeln
- einfache Montage- und Erweiterungsmöglichkeiten – keine aufwendigen Tragekonstruktionen (Pritschen, Gestelle) und Befestigungstechniken; Biegeradien bei Kabeln werden durch Winkel- und Versatzstücke verringert; geprüfte Bauteile zur Brandschottung sind ab Werk verfügbar
- günstigere EMV
- geringes Gewicht (Aluminiumleiter)
- Wirtschaftlichkeit durch einfache Installation und Verwendung von Aluminium- statt Kupferleitern
- Klare, im Betrieb erkennbare, Stromführung
- Standardmäßige Kurzschlussfestigkeit entspricht kurzschlussfester Verkabelung – keine Zusatzmaßnahmen im Vergleich zu Kabeln erforderlich
- hohe Betriebssicherheit
- hohe Flexibilität durch geringe Abstände der Abgänge (alle 0,5 m möglich) und durch den einfachen Einsatz von Mess- und Kommunikationseinrichtungen (Profibus, Ethernet)
- Bestandteil der durchgängigen Energieversorgung von Siemens als Einheit.

Für die vertikale Energieverteilung von den Verteileretagen zu den einzelnen Etagen wird das Stromschienensystem LXA eingesetzt. Das 5-Leiter-Aluminiumsystem überträgt bis zu 5.000 A. Für den Anschluss an die Verteiltransformatoren und Verteiler gibt es Anschlussstücke für die Schienenanbindung von der Seite und von oben (Abb. 5/18).

Für die Verteilung zu den Unterverteilern auf den einzelnen Etagen können BD2A-Stromschienenverteiler genutzt werden, die bis zu einem Bemessungsstrom von 1.000 A belastet werden können. Auch hier wird Aluminium als Leitermaterial verwendet.

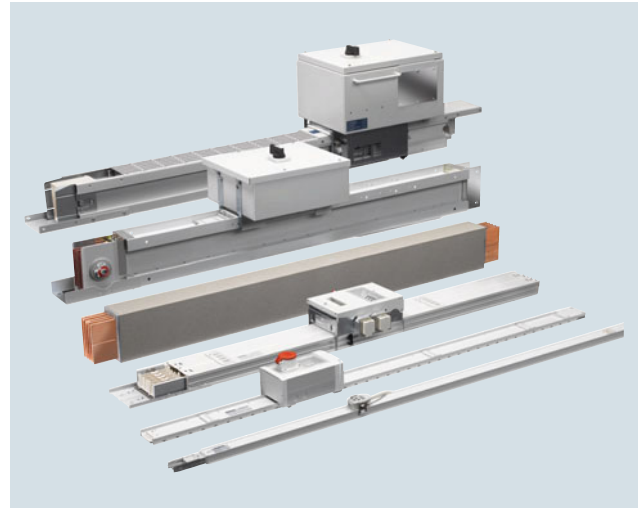


Abb. 5/17: Schienenverteiler-Systeme SIVACON 8PS

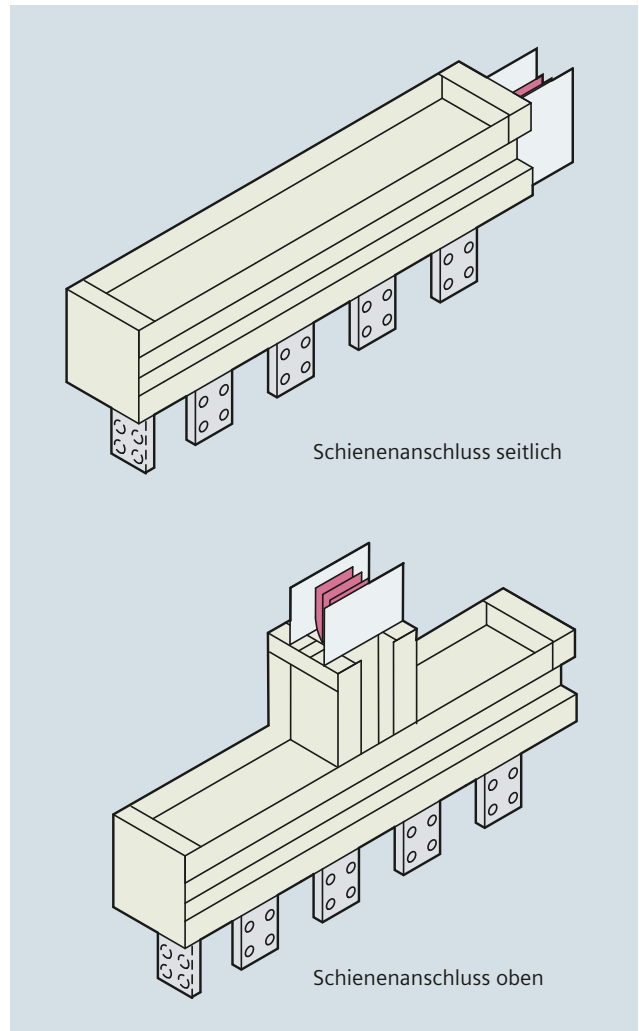


Abb. 5/18: Anschlussstücke für LX-Schienensystem

## 5.5 Unterverteilungen und Installationsverteiler

Für die Aufteilung der elektrischen Energie auf den einzelnen Etagen werden Unterverteilungen vorgesehen, die entsprechend den angeschlossenen Anwendungen und Verbrauchern mit Schutzgeräten (Leitungsschutzschalter, Fehlerstromschutzeinrichtungen, Überspannungsschutz usw.) und Messgeräten ausgestattet werden können. Abhängig von der Platzierung und der gewünschten Ausstattung können Wandverteiler oder Standverteiler genutzt werden. Dabei sind die gängigen Normen wie IEC 60364-1 (VDE 0100-100) und IEC 60364-5-51 (VDE 0100-510) einzuhalten.

Zur Veranschaulichung wird im SIMARIS Modell für die Etagenverteilung ein Siemens-Standverteiler ALPHA 630 verwendet (Abb. 5/19, Abb. 5/20). Von Vorteil sind die offenen Seitenwände, so dass Sammelschienen durch mehrere Schrankteile geführt werden können.



Abb. 5/19: Ansicht eines offenen Unterverteilerschranks ALPHA 630

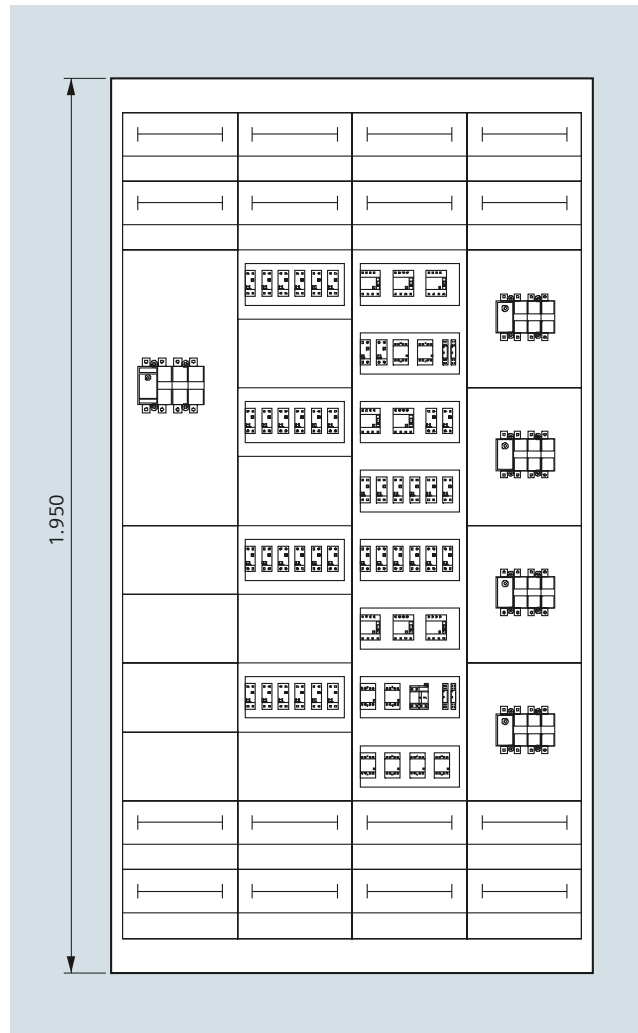


Abb. 5/20: ALPHA 630 Verteilerschrank aus den SIMARIS Tools

## 5.6 Installations-Schutzgeräte

Bei der Schutztechnik für die Elektroinstallation eines Hochhauses ist besonders auf den Fehler- und Brandschutz zu achten. Der Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen wird als Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren) bezeichnet. Für diesen Schutz bei Kontakt eines Menschen mit einem unter Spannung stehenden Teil, das betriebsmäßig nicht unter Spannung steht, wird gefordert, dass die automatische Abschaltung der Stromversorgung erfolgt, wenn durch einen Fehler aufgrund der Größe und Dauer der auftretenden Berührungsspannung ein Risiko entstehen kann.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD = Residual current protective device) können einen durch Isolationsfehler oder unbeabsichtigten Kontakt spannungsführender Teile entstehenden Ableitstrom erkennen und so zum Personen- und Brandschutz beitragen. Mittels eines Summenstromwandlers erfolgt ein Vergleich der Ströme durch den stromdurchflossenen Leiter oder der Differenz zwischen dem Strom in Phase und Neutralleiter mit einem Auslöseschwellenwert.

Der überwiegende Anteil von elektrischen Unfällen wird durch Fehler im Endstromkreis verursacht. Gründe hierfür sind eine hohe Beanspruchung der Leitungen (zu den Endgeräten, fehlende Zugentlastungen, Biegeradien, ...) als auch unsachgemäßer Umgang und fehlende Wartung. Durch den Einsatz von Fehlerstrom-Schutzschaltern und den von Siemens neu entwickelten Brand-

schutzschaltern wird die Sicherheit für Personen und für das bauliche Umfeld wesentlich erhöht.

### 5.6.1 Fehlerstrom-Schutzschalter

Die Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag werden in der IEC 60364-4-41 (VDE 0100-410) beschrieben. Im täglichen Einsatz werden überwiegend Fehlerstrom-Schutzschalter des Typs A (Wechselstrom und pulsierende Gleichströme) verwendet. Durch verstärkten



Abb. 5/21: Fehlerstrom-Schutzeinrichtung Typ F

Stromart	Typ							Typ Auslösestrom
	Stromform	AC	A	F	B	B+	kHz	
Wechselstrom		■	■	■	■	■	■	0,5 ... 1,0 $I_{\Delta n}$
Pulsierende Gleichfehlerströme (pos. oder neg. Halbwellen)			■	■	■	■	■	0,35 ... 1,4 $I_{\Delta n}$
Angeschnittene Halbwellenströme			■	■	■	■	■	Anschnittwinkel 90°: 0,25 ... 1,4 $I_{\Delta n}$ Anschnittwinkel 135°: 0,11 ... 1,4 $I_{\Delta n}$
Halbwellenstrom bei Überlagerung mit glattem Gleichstrom			■	■	■	■	■	max. 1,4 $I_{\Delta n}$ + DC
Fehlerstrom aus Mischfrequenz				■	■	■	■	0,5 ... 1,4 $I_{\Delta n}$
Glatte Gleichstrom					■	■	■	0,5 ... 2,0 $I_{\Delta n}$









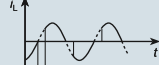
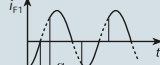
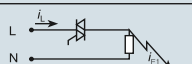
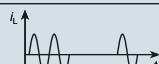
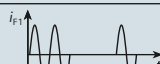
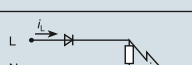


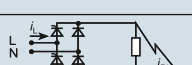



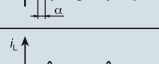
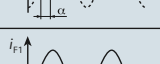
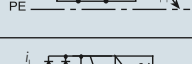

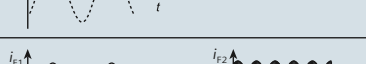
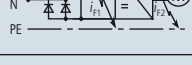


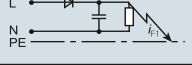


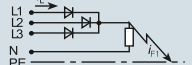
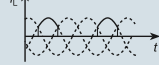
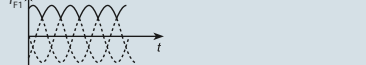


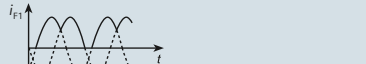
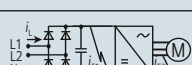


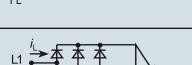
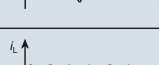

Tab. 5/1: Typen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen und deren Auslösebereiche

Einsatz von Verbrauchern mit Leistungshalbleitern (z.B. Computernetzteile, Ladegeräte, Frequenzumformer) bietet jedoch dieser Typ A keinen ausreichenden Schutz.

Je nach Anforderungen muss ein Typ gemäß Tab. 5/1 ausgewählt werden, da sonst die Gefahr besteht, dass keine Abschaltung des Fehlers oder zumindest nicht innerhalb der vorgegebenen Werte erfolgt. Neben dem

Typ B ist jetzt auch der Typ F (Abb. 5/21) bei Siemens verfügbar, der zusätzlich Mischfrequenzen, wie sie beim Einsatz von Frequenzumrichtern im Einphasenwechselstromnetz vorkommen, sicher erkennt und abschaltet.

Eine Einteilung der Typen entsprechend den unterschiedlichen Formen von Fehlerströmen, die auftreten können, ist in Tab. 5/2 gegeben.

Geeigneter RCD-Typ		Schaltung	Laststrom	Fehlerstrom
<p><b>B</b></p>  <p><b>F</b></p>  <p><b>A</b></p>  <p><b>AC</b></p> 	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10			
	11			
	12			
	13			

Tab. 5/2: Typen der Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) und mögliche Fehlerstromformen

## 5.6.2 Brandschutzschalter

Mehr als hunderttausend Brände werden jährlich in Europa gemeldet. Die erschreckende Bilanz: viele Tote und Verletzte sowie Sachschäden in Milliardenhöhe. Mehr als ein Viertel dieser Brände sind auf Mängel in der Elektroinstallation zurückzuführen – verursacht meist durch gefährliche Störlichtbögen.

Diese können unter anderem bei beschädigten Kabelisolierungen, gequetschten Leitungen, abgeknickten Steckern oder losen Kontaktstellen in der Elektroinstallation entstehen. Die Folge ist eine starke Erhitzung, die schließlich zum Kabelbrand und als Folge davon auch zum Brand des Gebäudes führen kann.

Glimmende Verbindungen oder Fehlerlichtbögen können mit konventionellen Schutzgeräten nicht erkannt werden, da sie wenig Einfluss auf den Laststrom haben. Um diese zu erkennen, misst der Brandschutzschalter permanent das Hochfrequenzrauschen von Spannung und Strom sowie deren Intensität, Dauer und den dazwischen liegenden Lücken. Integrierte Filter mit intelligenter Software werten diese Signale aus und veranlassen bei Auffälligkeiten innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde das Abschalten des angeschlossenen Stromkreises.

Harmlose Störquellen, wie sie zum Beispiel beim Betrieb von Bohrmaschinen oder Staubsaugern vorkommen können, differenziert der Brandschutzschalter zuverlässig von gefährlichen Lichtbögen. Als Ergänzung zu Fehlerstrom- und Leitungsschutzschaltern erhöht der Brandschutzschalter 5SM6 (Abb. 5/22) die Sicherheit von Personen und Vermögenswerten und schließt eine Lücke beim Schutz vor elektrisch verursachten Bränden. Diese Lücke wird zukünftig auch im Normenwerk der IEC durch den Entwurf für die IEC 62606 (Entwurf VDE 0665-10).

Der Brandschutzschalter reagiert auf folgende Fehler:

- Serieller Fehlerlichtbogen
- Paralleler Fehlerlichtbogen
- Überspannung (allerdings Eigenschutz bei einer Spannung größer 275 V)

Wird ein solcher Fehler erkannt, so löst der Brandschutzschalter den angebauten Leitungsschutzschalter LS bzw. kombinierten Fehlerstrom-/Leitungsschutzschalter FI/LS aus. Der detektierte Fehler wird an der Status-LED des Brandschutzschalters angezeigt. Ein Reset der Fehleranzeige kann über ein Ein-Aus-Ein-Schalten des Gerätes erfolgen.

Mehr Informationen: [www.siemens.de/sentron](http://www.siemens.de/sentron)



Abb. 5/22: Brandschutzschalter 5SM6

## 5.7 Power Management

In Schalträumen und in den Verteilungseinrichtungen nahe den Applikationen werden die Messwerte über kommunikationsfähige Leistungsschalter, Multifunktionsmessgeräte PAC beziehungsweise dezentrale Peripherie erfasst und mittels der Energiemanagement-Software vornehmlich zur Visualisierung weiter verarbeitet (Abb. 5/23).

Abhängig von den Anforderungen beim Power Management bietet Siemens applikationsgerechte Lösungen für Monitoring, Datenübertragung, Archivierung, Überwachung und Auswertung aller relevanten Größen der elektrischen Energieverteilung im Gebäude an. Die Software powermanager ist ein PC-basiertes System, das über die PAC-Messgeräte mit Gateway von Modbus RTU (RS485) auf Modbus TCP (Ethernet) auch Daten von kommunikationsfähigen Schutzgeräten wie 3WL und 3VL einbinden kann (Abb. 5/24).



Abb. 5/23: Komponenten für die Power Management-Lösung

Zur Visualisierung und Steuerung in industrieller Umgebung bietet Siemens eine robuste, SIMATIC basierte Lösung mit SIMATIC powerrate an (Abb. 5/25). Zur kompletten Einbindung von Verbrauchern, Schalt- und Schutzkomponenten der Niederspannungsverteilung in Prozess- und SCADA-Systeme stehen Profibus DP-Schnittstellen und Bausteinbibliotheken zur Verfügung wie zum Beispiel die Bausteinbibliothek 7KM PAC3200 für SIMATIC WinCC und SIMATIC PCS 7 oder die Bausteinbibliothek 3WL/3VL für SIMATIC PCS 7. So lassen sich mit den Softwareoptionen alle von den Geräten gelieferten Daten ohne großen Engineering-Aufwand anzeigen. Außerdem können die Messgeräte 7KM PAC3200/4200 über Profinet auch in Totally Integrated Automation (TIA) eingebunden werden.

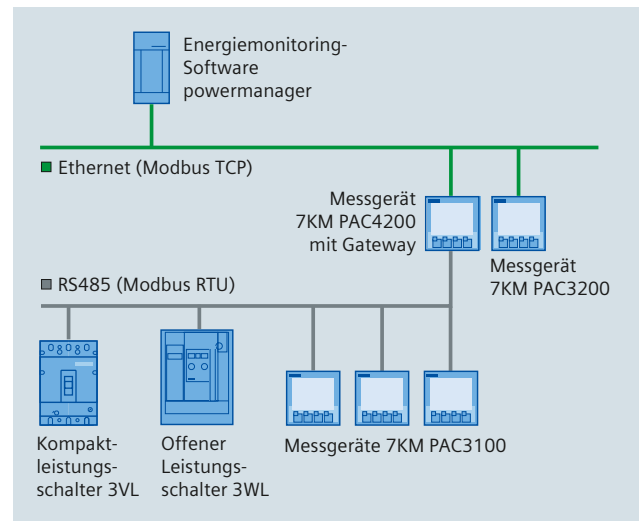


Abb. 5/24: Übersichtsdiagramm für ein Power Management-System mit der Software powermanager

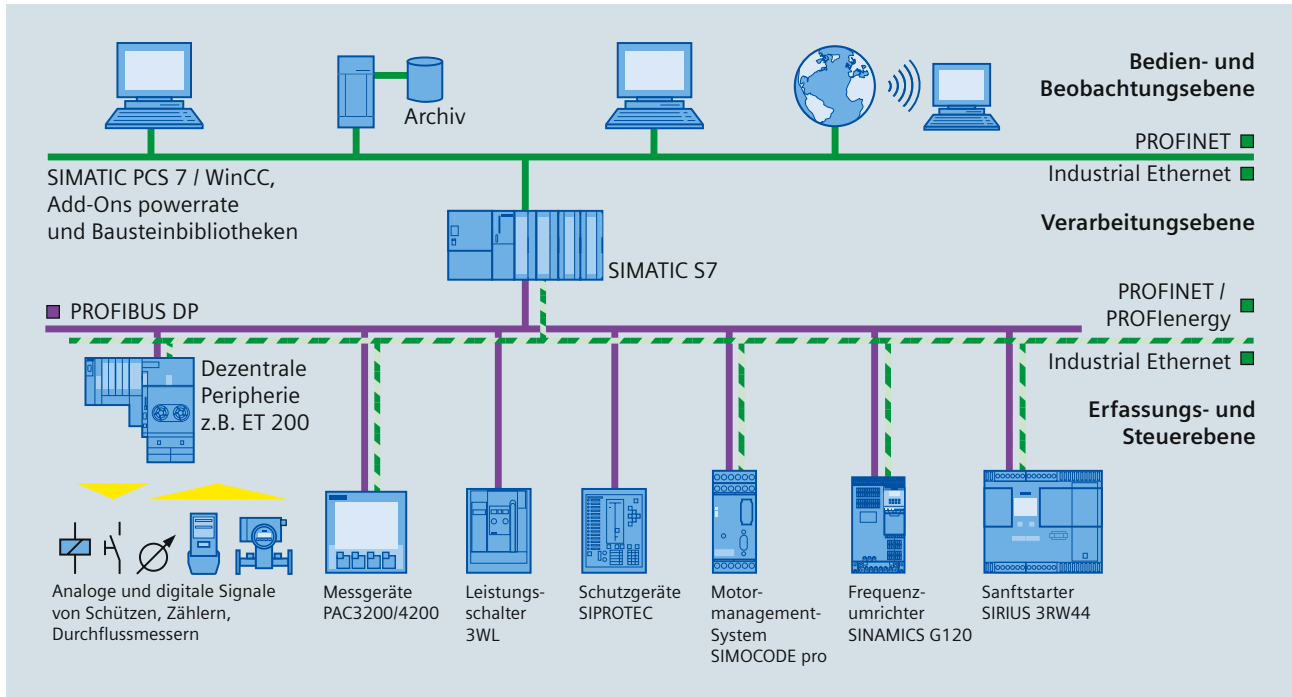


Abb. 5/25: Übersichtsdiagramm für ein Power Management-System auf SIMATIC Basis





# Kapitel 6

## Leistungsbeschreibung für die Anlagenteile der Energieversorgung

6.1	Mittelspannungs-Schaltanlagen	74
6.2	Verteilungstransformatoren	79
6.3	Schienenverteiler-Systeme	80
6.4	Niederspannungs-Schaltanlage	82
6.5	Installationsverteiler	84
6.6	Energiemanagementsystem	85
6.7	Netzberechnung, Selektivitätsnachweis	86
6.8	Druckberechnung bei inneren Fehlern	86

# 6 Leistungsbeschreibung für die Anlagenteile der Energieversorgung

Als Vorbereitung für die Entwurfsplanung und die zugehörige funktionale Ausschreibung werden die einzelnen Komponenten der elektrischen Energieversorgung in einer kurzen Leistungsbeschreibung aufgeführt. Solche Leistungsbeschreibungen sind produktspezifisch und können als Grundlage zur Erstellung von Leistungsverzeichnissen verwendet werden.

## 6.1 Mittelspannungs-Schaltanlagen

### 6.1.1 Schaltanlagen für Energiecenter und Gegenstation

#### Schaltanlagen NXPLUS C (Tab. 6/1)

- Kompakte Mittelspannungs-Schaltanlagen für die primäre und sekundäre Verteilungsebene
- Fabrikgefertigte typ- und stückgeprüfte Schaltanlage für den Leistungsschalter-Festeinbau
- SF<sub>6</sub>-isoliert und metallgekapselt beziehungsweise metallgeschottet
- Hermetisch dicht verschweißte Anlagenbehälter aus Edelstahl sowie einpolige Feststoffisolierung machen die unter Hochspannung stehenden Teile der Primärstrombahn der Schaltanlage unempfindlich gegen bestimmte aggressive Umgebungsbedingungen (salzhaltige Luft, Luftfeuchtigkeit, Betauung usw.), dicht

gegen Eindringen von Festkörpern (Staub, Kleintiere, Feuchtigkeit, usw.) und ermöglichen die Aufstellung in beliebiger Meereshöhe

- Sammelschienen-Betriebsstrom bis 2.500 A
- Einfach- und Doppelsammelschienenanwendung bei Innenraumaufstellung
- Wand- oder Freiaufstellung
- Zugang zum Kabelanschluss von vorn
- Montage und Erweiterung ohne Gasarbeiten durch modularen Aufbau
- Personen- und Versorgungssicherheit durch hermetisch abgeschlossenes Drucksystem, wartungsfreie Schaltgeräte und gekapselte Kabelstecker (Dichtigkeit auf Lebensdauer nach IEC 62271-200, VDE 0671-200)
- Wartungsfrei bei Innenraumklima (IEC 62271-1, VDE 0671-1)
- Bedienung systembedingt nur bei geschlossener Anlagenkapselung möglich
- Einschaltfestes Erden mit Hilfe des Leistungsschalters
- Schottungsklasse PM (metallic partition)
- Störlichtbogenqualifikation:
  - für 7,5 kV bis 15 kV: IAC A FL 31,5 kA, 1 s
  - für 17,5 kV bis 24 kV: IAC A FLR 25 kA, 1 s
- Standard-Schutzart IP65 für alle Hochspannungsteile der Primärstrombahn, IP3XD für die Anlagenkapselung nach IEC 60529 (VDE 0470-1)
- Verriegelungen nach IEC 62271-200 (VDE 0671-200)
- Optionen: Erdbebensicherheit; flexible Druckentlastungssysteme, elektromagnetische Verriegelungen usw.

Bemessungs-Spannung	kV	7,2	12	15	17,5	24
Bemessungs-Frequenz	Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60
Bemessungs-Kurzzeit-Stehwechselfspannung	kV	20 <sup>1)</sup>	28 <sup>2)</sup>	36	38	50
Bemessungs-Stehblitzstoßspannung	kV	60 <sup>1)</sup>	75 <sup>2)</sup>	95	95	125
Bemessungs-Stoßstrom	kA	80	80	80	63	63
Bemessungs-Kurzschlusseinschaltstrom	kA	80	80	80	63	63
Bemessungs-Kurzzeitstrom, 3 s	kA	31,5	31,5	31,5	25	25
Bemessungs-Kurzschlussausschaltstrom	kA	31,5	31,5	31,5	25	25
Bemessungs-Betriebsstrom für Sammelschiene	A	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500
Bemessungs-Betriebsstrom der Abzweige	A	2.500	2.500	2.500	2.000	2.000
Teilung	mm	600 <sup>3)</sup>	600 <sup>3)</sup>	600 <sup>3)</sup>	600 <sup>3)</sup>	600 <sup>3)</sup>
Tiefe						
– ohne rückseitigen Druckentlastungskanal	mm	1.100	1.100	1.100	1.100	1.100
– mit rückseitigen Druckentlastungskanal	mm	1.225	1.225	1.225	1.225	1.225
Höhe						
– Felder 600 mm	mm	2.250	2.250	2.250	2.250	2.250
– Felder 900 mm	mm	2.550	2.550	2.550	2.550	2.550

<sup>1)</sup> 32 kV/60 kV entsprechend einiger nationaler Anforderungen

<sup>2)</sup> 42 kV/75 kV entsprechend einiger nationaler Anforderungen

<sup>3)</sup> 900 mm für Bemessungs-Betriebsströme der Abzweige mit 2.000 A und 2.500 A

Tab. 6/1: Elektrische Daten und Maße der Schaltanlage NXPLUS C

## 6.1.2 Mittelspannungs-Schutzrelais für Generator-Trafo-Blöcke

Für den multifunktionalen Maschinenschutz SIPROTEC 4 7UM62 gilt:

Das multifunktionale Maschinenschutzgerät soll durch die Auswahl verschiedener Funktionspakete an unterschiedliche Einsatzbereiche anpassbar sein. Die Schutzalgorithmen sollen wirksam sein im Frequenzbereich von 11 Hz bis 60 Hz, um bereits beim Hochlauf der Generatoren eventuelle Fehler zu erkennen.

Beim Funktionspaket „Generator Basis“ soll das Gerät mit den folgenden Schutzfunktionen ausgestattet sein:

- Stromdifferentialschutz (87G/M/T)
- Ständererdschlussschutz ungerichtet, gerichtet (59N, 64G, 67G)
- Empfindlicher Erdstromschutz (auch als Läufererdschlussschutz) (50/51 GN (64R))
- Empfindlicher Erdstromschutz  $I_{EEb} >$  (z. B. als Wellenstrom) (50/51 GN)
- Überlastschutz (49)
- Überstromzeitschutz mit Unterspannungshaltung (51)
- Überstromzeitschutz, gerichtet (50/51/67)
- Abhängiger Überstromzeitschutz (51V)
- Überspannungsschutz (59)
- Unterspannungsschutz (27)
- Frequenzschutz (81)
- Rückleistungsschutz (32R)
- Übererregungsschutz (24)
- Erkennen eines Messspannungsausfalls (FFM = Fuse failure monitor 60FL)
- Einkopplung von Auslösungen
- Auslösekreisüberwachung (74TC)
- Vorwärtsleistungsüberwachung (32F)
- Untererregungsschutz (40)
- Schieflastschutz (46)
- Schalterversagerschutz (50BF)
- Anlaufzeitüberwachung (48)
- Wiedereinschaltsperre (66, 49 Rotor)
- Läufererdschlussschutz mit netzfrequenter Spannung (64R (fn))
- Erdstromdifferentialschutz (87GN/TN)
- Außertrittfallschutz (78)
- Empfindlicher Läufererdschlussschutz mit 1 Hz bis 3 Hz Rechteckspannung (64R) optional für alle Funktionspakete wählbar
- 100-Prozent-Ständererdschlussschutz mit 20-Hz-Spannung (64G) optional für alle Funktionspakete wählbar
- Frequenzänderungsschutz (81) optional für alle Funktionspakete wählbar
- Vektorsprung (Spannung) optional für alle Funktionspakete wählbar
- Drehfeldüberwachung (47)
- Unterstrom über Continuous Function Chart(CFC)-Programmierung (37)
- Externe Temperaturüberwachung über Schnittstelle (38)

Das Gerät soll beim Funktionspaket „Generator Standard“ mit den folgenden Schutzfunktionen ausgestattet sein:

- Stromdifferentialschutz (87G/M/T)
- Ständererdschlussschutz ungerichtet, gerichtet (59N, 64G, 67G)
- Empfindlicher Erdstromschutz (auch als Läufererdschlussschutz) (50/51)
- GN (64R))
- Empfindlicher Erdstromschutz  $I_{EEb} >$  (z. B. als Wellenstrom) (50/51 GN)
- Überlastschutz (49)
- Überstromzeitschutz mit Unterspannungshaltung (51)
- Überstromzeitschutz, gerichtet (50/51/67)
- Abhängiger Überstromzeitschutz (51V)
- Überspannungsschutz (59)
- Unterspannungsschutz (27)
- Frequenzschutz (81)
- Rückleistungsschutz (32R)
- Übererregungsschutz (24)
- Fuse failure monitor FFM (60FL)
- Einkopplung von Auslösungen
- Auslösekreisüberwachung (74TC)
- Vorwärtsleistungsüberwachung (32F)
- Untererregungsschutz (40)
- Schieflastschutz (46)
- Schalterversagerschutz (50BF)
- Anlaufzeitüberwachung (48)
- Wiedereinschaltsperre (66, 49 Rotor)
- Läufererdschlussschutz mit netzfrequenter Spannung (64R (fn))
- Zuschaltsschutz (inadvertent energization) (50/27)
- 100 % Ständererdschlussschutz mit 3. Harmonischer (59TN, 27TN (3.H))
- Impedanzschutz mit ( $I > + U <$ )-Anregung (Überstromanregung mit Unterspannungshaltung) (21)
- Windungsschlussschutz (59N(IT))
- Erdstromdifferentialschutz (87GN/TN)
- Außertrittfallschutz (78)
- Empfindlicher Läufererdschlussschutz mit 1 bis 3 Hz Rechteckspannung (64R)

als getrennte Option für alle Funktionspakete auswählbar

- 100-Prozent-Ständererdschlussschutz mit 20-Hz-Spannung (64G)
- Frequenzänderungsschutz (81)
- Vektorsprung (Spannung)
- Drehfeldüberwachung (47)
- Unterstrom über CFC (37)
- Externe Temperaturüberwachung über Schnittstelle (38)
- Die Implementierung des IEC 61850-Protokolls soll durch ein KEMA-Zertifikat<sup>1</sup> Klasse A zertifiziert sein

Gehäuse Bauform:

- Einbaugeschäule 1/2 und 1/1 19" mit Schraubklemmen oder
- Aufbaugeschäule 1/2 und 1/1 19" mit Doppelstockklemmen oben/unten

Für den multifunktionalen Maschinenschutz des Typs SIPROTEC 4 7SJ64 gilt:

Das multifunktionale Überstromzeitschutzgerät soll folgende Merkmale aufweisen:

- Das Gerät soll ein großes grafisches Display mit Hintergrundbeleuchtung besitzen
- Als Option kann das Gehäuse auch mit abgesetztem Display geliefert werden
- Das Gerät soll mindestens über 16 LEDs verfügen, 14 davon sollen frei programmierbar sein
- Das Gerät soll mindestens 4 Spannungseingänge haben
- Das Gerät soll mindestens 20 frei programmierbare binäre Eingänge und 8 frei programmierbare Ausgangskontakte besitzen. Am Gerät sollen mindestens 4 Leistungsrelais vorhanden sein
- Das Gerät soll über 2 Schlüsselschalter verfügen, die eine schnelle und sichere Umschaltung zwischen Vor-Ort- und Fernsteuerung sowie zwischen verriegeltem und unverriegeltem Zustand gewährleisten
- Zusätzlich soll das Gerät über eine Schnittstelle verfügen, an der maximal 2 Temperaturerfassungsgeräte angeschlossen werden können
- Das Gerät muss mindestens einen Leistungsschalter steuern können. Hierzu muss das Gerät über eine vom Benutzer definierbare Schutzverriegelung verfügen

Das Schutzgerät soll mit den folgenden Schutzfunktionen ausgestattet sein:

- Überstromzeitschutz (50, 50N, 51, 51N)
- Die minimale Auslösezeit für die Schnellauslösestufe soll 25 ms betragen
- Richtungsbestimmung für Überstrom Phasen und Erde (67, 67N)
- Schalterversagerschutz (50BF)
- Automatische Wiedereinschaltung (79)

Es müssen unterschiedliche Programme für Phase- und Erdfehler einstellbar sein.

- Synchronisierungsfunktion (25)
- Schiefastschutz (46)
- Überlastschutz (49)
- Wiedereinschaltsperrung (66)
- Anlaufzeitüberwachung, fest gebremster Rotor (48/14)
- Unterstromüberwachung (37)
- Temperaturüberwachung über Thermobox (38)
- 1-phasiger Überstromzeitschutz (87N)

Das Gerät soll über einen 1-phasigen unabhängigen Maximalstromzeitschutz (UMZ) verfügen mit dem unter Verwendung des empfindlichen Erdeingangs ein Hochimpedanz Differentialschutz realisiert werden kann.

- Intermittierender Erdfehlerschutz
- Auslösekreisüberwachung (74TC)
- EIN-Befehl-Verriegelung (86)
- Überspannungsschutz (59)
- Unterspannungsschutz (27)
- Fehlerort (21FL)
- Frequenzschutz (81O/U) für Lastabwurfprogramme
- Empfindliche Erdschlussrichtungserfassung (67N/67Ns), mit der Erdfehlerströme bis zu einer Empfindlichkeit von 1 mA erfasst werden können. Die Funktion soll auch unempfindlich als zusätzlicher gerichteter Kurzschlussschutz betrieben werden können.

Die Implementierung des IEC 61850-Protokolls soll durch ein KEMA-Zertifikat<sup>1</sup> Klasse A nachgewiesen sein.

**Gehäuse Bauform**

- Einbaugeschäule 1/2 und 1/1 19" mit Schraubklemmen oder
- Aufbaugeschäule 1/2 und 1/1 19" mit Doppelstockklemmen oben/unten

<sup>1</sup> Zertifikat der DNV KEMA Energy & Sustainability: Weltweit führendes Unternehmen in den Bereichen wirtschaftliche und technische Beratung, Prüfung, Inspektion und Zertifizierung sowie Risikomanagement und Verifizierung entlang der gesamten Wertschöpfungskette in der Energiewirtschaft

### 6.1.3 Mittelspannungs-Schutzrelais für sekundäre Mittelspannungsverteilungsanlagen

Für das Multifunktionsschutzgerät SIPROTEC 4 7SJ80 gilt:

Das Schutzgerät soll mindestens einen Leistungsschalter steuern können. Hierzu muss das Gerät über eine benutzerdefinierbare Schutzverriegelung verfügen. Bis zu 30 Betriebsmeldungen und bis zu 8 Störschriebe können aufgezeichnet werden. Das Gerät besitzt steckbare Strom- und Spannungsklemmen.

Die folgenden Schutzfunktionen sollen mindestens zur Ausstattung gehören:

Überstromzeitschutz ( 50, 50N, 51, 51N)

- Schalterversagerschutz (50BF)
- Automatische Wiedereinschaltung (79)
- Schieflastschutz (46)
- Überlastschutz (49)
- Wiedereinschaltsperre (66)
- Anlaufzeitüberwachung, fest gebremster Rotor (48/14)
- Unterstromüberwachung (37)
- Temperaturüberwachung über externe Thermobox (38)
- 1-phasiger Überstromzeitschutz (87N)
- Auslösekreisüberwachung (74TC)
- EIN-Befehl-Verriegelung – Lock out (86)
- Überspannungsschutz (59)
- Unterspannungsschutz (27)
- Synchrocheck (25)
- Frequenzschutz (81O/U) für Lastabwurfprogramme
- Empfindliche Erdschlussrichtungserfassung (67N/67Ns)

Besondere Merkmale:

- Steckbare Strom- und Spannungsklemmenblöcke
- Binäreingangsschwellen mit DIGSI einstellbar (3 Stufen)
- Sekundärer Stromwandlerwert (1A/5A) mit DIGSI einstellbar
- neun parametrierbare Funktionstasten
- Sechszelliges Display
- Pufferbatterie auf der Frontseite austauschbar
- USB-Port auf der Frontseite
- zwei weitere Kommunikationsschnittstellen
- IEC 61850 mit integrierter Redundanz (elektrisch oder optisch)
- Querkommunikation zwischen Geräten über Ethernet (IEC 61850 GOOSE)
- Millisekundengenaue Zeitsynchronisierung über Ethernet mit SNTP
- Schutzart nach IEC 60529 vorne IP51/hinten IP50

**Gehäuse Bauform:**

- Einbaugeschäuse 1/6 19" mit Schraubklemmen oder
- Aufbaugeschäuse 1/6 19" mit Schraubklemmen

### 6.1.4 Mittelspannungs-Schaltanlagen für Ringstationen

**8DJH Schaltanlagen (Tab. 6/2, Tab. 6/3)**

- Kompakte Mittelspannungs-Schaltanlagen für die sekundäre Verteilungsebene bis 24 kV
- Fabrikgefertigte, typ- und stückgeprüfte Schaltanlage
- SF<sub>6</sub>-isolierte und metallgekapselte Einfachsammlerschienenanlage für Innenraumaufstellung nach IEC 61936 (VDE 0101)
- Dichtungsfrei verschweißte Anlagenbehälter aus Edelstahl mit eingeschweißten Durchführungen für elektrische Anschlüsse und mechanische Bauteile machen die hermetisch geschlossene Primärkapselung unempfindlich gegen bestimmte aggressive Umgebungsbedingungen (salzhaltige Luft, Luftfeuchtigkeit, Betauung), dicht gegen Eindringen von Festkörpern (Staub, Kleintiere, Feuchtigkeit usw.) und ermöglichen beliebige Aufstellungshöhen
- Sammelschienen-Bemessungsbetriebsstrom bis 630 A
- Wandaufstellung, optional Freiaufstellung
- Kabelanschluss für Durchführungen mit Außenkonus
- Montage und Erweiterung ohne Gasarbeiten durch modularen Aufbau
- Personen- und Betriebssicherheit durch 3-polige, feldweise hermetisch geschlossene Primärkapselung (Dichtigkeit auf Lebensdauer nach IEC 62271-200, VDE 0671-200), wartungsfreie Antriebsteile (IEC 62271-1, VDE 0671-1) und gekapselte Kabelstecker
- Erden von Abzweigen durch einschaltfeste Erdungsschalter
- Verwendung von Vakuum-Leistungsschaltern
- Dreistellungs-Lasttrennschalter mit Lasttrennfunktion und einschaltfester Erdungsfunktion
- Verwendung von metallbeschichteten oder metallgekapselten Spannungswandlern und Dreiphasen-Stromwandlern als Ringkernwandler
- Druckentlastung nach unten (optional über Absorbersysteme nach oben)
- Schottungsklasse PM
- Niederspannungsschränke in vier Bauhöhen lieferbar
- In störlichtbogengeprüfter Ausführung (IAC A FL bei Wandaufstellung beziehungsweise FLR bei Freiaufstellung)
- Standard-Schutzart IP65 für gasgefüllten Anlagenbehälter; IP2X/3X für die Anlagenkapselung und IP3X/4X für optionale Niederspannungsschränke (je nach Ausführung)
- Optionen: Erdbebensicherheit; Druckabsorbersystem nach oben, steckbare Spannungswandler, abschließbare Betätigungsöffnungen, Motorbetätigung für Dreistellungsschalter usw.

Bemessungs-Spannung		kV	7,2	12	15	17,5	24	
Bemessungs-Frequenz		Hz	50/60	50/60	50/60	50/60	50/60	
Bemessungs-Kurzzeit-Stehwechselfspannung		kV	20	28 <sup>1)</sup>	36	38	50	
Bemessungs-Stehblitzstoßspannung		kV	60	75	95	95	125	
Bemessungs-Betriebsstrom für Ringkabelabzweige		A	400 or 630					
Bemessungs-Betriebsstrom für Sammelschiene		max. A	630					
Bemessungs-Betriebsstrom für Leistungsschalterabzweige		A	250 or 630					
Bemessungs-Betriebsstrom für Transformatorabzweige		A	200 <sup>2)</sup>					
Bemessungs-Kurzzeitstrom, 1 s		50 Hz	max. kA	25	25	25	25	20
Bemessungs-Kurzzeitstrom, 3 s	max. kA		20	20	20	20	20	
Bemessungs-Stoßstrom	max. kA		63	63	63	63	50	
Bemessungs-Kurzschlusseschaltstrom für Ringkabelabzweige für Leistungsschalterabzweige für Transformatorabzweige	max. kA		63	63	63	63	50	
	max. kA		63	63	63	63	50	
	max. kA		25	25	25	25	25	
Bemessungs-Kurzzeitstrom, 1 s	60 Hz		max. kA	21	21	21	21	20
Bemessungs-Kurzzeitstrom, 3 s			max. kA	21	21	21	21	20
Bemessungs-Stoßstrom			max. kA	55	55	55	55	52
Bemessungs-Kurzschlusseschaltstrom für Ringkabelabzweige für Leistungsschalterabzweige für Transformatorabzweige			max. kA	55	55	55	55	52
		max. kA	55	55	55	55	52	
		max. kA	26	26	26	26	26	

<sup>1)</sup> 42 kV entsprechend nationalen Anforderungen  
<sup>2)</sup> abhängig vom HH-Sicherungseinsatz

Tab. 6/2: Elektrische Daten der Schaltanlage 8DJH

Abmessungen für 8DJH in Blockbauweise (auszugsweise)		Abmessungen in mm
Breite	Anzahl der Abzweige	
	2 Abzweige (z. B. Ring-Ring)	620
	3 Abzweige (z. B. Ring-Ring-Trafo)	1.050
	4 Abzweige (z. B. 3 Ringe + 1 Trafo)	1.360
Höhe	Blöcke ohne Niederspannungsschrank	1.200/1.400/1.700
	Blöcke mit Niederspannungsschrank (Option)	1.400 – 2.600
	Schaltanlage mit Druckabsorber Option)	1.800 – 2.600
Tiefe	Standardschaltanlage	775
	Schaltanlage mit Druckabsorber Option)	890

Abmessungen für 8DJH Einzelfelder (auszugsweise)		Abmessungen in mm
Breite	Ringkabelabzweig	310/500
	Transformatorabzweig	430
	Leistungsschalterabzweig	430/500
	Sammelschienen-Längstrennfeld	430/500/620
	Verrechnungsmessfelder	430/500/840
Höhe	Blöcke ohne Niederspannungsschrank	1.200/1.400/1.700
	Blöcke mit Niederspannungsschrank (Option)	1.400 – 2.600
	Schaltanlage mit Druckabsorber Option)	1.800 – 2.600
Tiefe	Standardschaltanlage	775
	Schaltanlage mit Druckabsorber Option)	890

Tab. 6/3: Abmessungen der Schaltanlage 8DJH

## 6.2 Verteilungstransformatoren

Gießharzisierte Trockentransformatoren GEAFOLE mit Aluminiumwicklung für die Innenraumaufstellung weisen folgende Charakteristika auf:

- Sie sind schwer entflammbar und selbstverlöschend nach IEC 60076-11 (VDE 0532-76-11) und erfüllen die Anforderungen C2 (Klimaklasse), E2 (Umgebungs-klasse) und F1 (Brandklasse). Im Brandfall entstehen keine toxischen oder explosiven Gase (ausgenommen Kohlenmonoxid). Ein Brandgutachten mit Rauchgas-analyse ist verfügbar
- Die Kurzschlussfestigkeit entspricht IEC 60076-5 (VDE 0532-76-5)
- Die Wicklungen sind bis  $2 \cdot U_r$  frei von innerer Teilent-ladung; d. h. der Grundstörpegel überschreitet dabei nicht 5 pC
- Hochwertiger Wicklungsaufbau
  - Oberspannung (OS): Unter Vakuum in Gießharz vergossene Aluminiumfolienwicklung in der Isolierstoffklasse F mit einer zulässigen Übertemperatur von 100 K;
  - Unterspannung (US): Isolierung der Aluminiumbandwicklung mit Prepreg<sup>1</sup> in der Isolierstoffklasse F mit einer zulässigen Übertemperatur von 100 K
- Eine Leistungssteigerung auf bis zu 150 % der Bemessungsleistung wird durch den Anbau von Querstrom-lüftern zur effektiven Beblasung möglich
- Die Lage der OS- und US-Anschlüsse ist oben
- Mit umsetzbaren Rollen für Längs- und Querfahrt
- Durch die Verwendung eines Transformatorgehäuses ab IP23, das als Berührungsschutz in frei zugänglichen elektrischen Betriebsräumen eingesetzt wird, reduziert sich der Schalleistungspegel um bis zu 3 %
- Typgeprüfte Stromschieneanschlüsse ermöglichen eine flexible Anbindung an die Niederspannungs-verteilung.

<sup>1</sup> Kurzform für englisch: preimpregnated fibres; Gewebe aus Endlosfasern zur Verringerung der axialen Kurzschlusskräfte

Typ	Bemessungsleistung in kVA	Primär-bemessungs-spannung in kV	Sekundär-bemessungs-spannung in kV	Leerlauf-verluste in W	Verluste bei Trafo-Nenn-leistung in W	Schall-leistungs-pegel in dB	Länge x Breite x Höhe in mm x mm x mm	Gesamt-gewicht in kg
GEAFOL	630	10	0,4	1.370	9.620	70	1.520 x 830 x 1.305	1.710
				1.100	9.350	62	1.560 x 835 x 1.330	1.850
		20		1.650	9.130	70	1.560 x 860 x 1.365	1.750
				1.250	8.730	62	1.600 x 865 x 1.385	1.900
		30		2.200	9.460	71	1.620 x 940 x 1.640	2.090
				2.400	14.500	75	1.740 x 990 x 1.635	2.780
	1.250			10	1.800	13.900	67	1.770 x 990 x 1.675
		20		2.700	15.020	75	1.780 x 990 x 1.645	2.740
		30		2.100	14.420	67	1.810 x 990 x 1.645	3.010
	2.500	10		3.600	16.250	75	1.870 x 1.065 x 1.895	3.580
				4.300	24.870	81	2.090 x 1.280 x 2.070	4.840
		20		3.000	23.570	71	2.160 x 1.280 x 2.135	5.940
			5.000	24.800	81	2.150 x 1.280 x 2.165	5.200	
		30	3.600	24.500	71	2.190 x 1.280 x 2.180	6.020	
			5.800	27.800	81	2.280 x 1.280 x 2.215	5.920	

Tab. 6/4: Technische Daten (Auszug) und Maße GEAFOLE

## 6.3 Schienenverteiler-Systeme

Die Schienenverteiler-Systeme SIVACON 8PS sind typgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen (TSK) nach IEC 61439-1 (VDE 0600-660-1) und IEC 60439-2 (VDE 0660-502). Den Systemen ist gemeinsam:

- unter Spannung steckbare Abgangskästen ermöglichen eine Nach- und Umrüstung ohne die laufende Produktion zu unterbrechen
- Blechgehäuse (aus Stahl für BD2A 400 A und aus Aluminium für LXA 2000 A) gewährleisten hohe Kurzschlussfestigkeit und geringe Brandlast
- Systemspezifische Bauteile vermeiden Kabelverbindungen für Richtungsänderungen
- Zertifizierte, asbestfreie Brandschottungen, die der Feuerwiderstandsklasse S90 (BD2A)/S120 (BD2A und LXA) der DIN 4102-9 entsprechen, erlauben bei Bedarf eine sichere Mauerdurchführung der Leitungssysteme
- Nur ein „echtes“ 5-Leiter-System gewährleistet eine sichere Abschaltung des Schutzorgans im 1-poligen Kurzschlussfall bei Schiefast; der PE ist als separater Leiter zu führen
- Strahlwasserschutz durch hohe Schutzart bis IP55
- für horizontale wie auch vertikale Montage ohne Bemessungsstromreduzierung geeignet
- Betriebstransparenz durch kommunikationsfähige Schienensysteme zur Verbraucher-Erfassung, Fernschaltung und -überwachung

Die Abgangskästen haben die folgenden, gemeinsamen Merkmale:

- Sie sind gegen fehlerhafte Montage gesichert
- Die Lastfreiheit bei der Demontage wird durch erzwungene Bedienvorgänge sichergestellt
- Stahlblechkapselung lackiert
- Bis 630 A unter Spannung montier- und demontierbar

Für das Schienenverteiler-System BD2A (s. a. Tab. 6/5) gilt zusätzlich zu den gemeinsamen Merkmalen:

- Der Schienenverteiler muss aus listenmäßigen und werkmäßig gefertigten Systembausteinen bestehen; Wahllängen sind als werkmäßig gefertigte Systembauteile bestellbar; ein Zuschneiden der Wahllängen vor Ort ist nicht nötig
- Die Aluminiumleiter sind über ihre gesamte Länge vernickelt und verzinkt
- Der Dehnungsausgleich ist in jedem Schienenkasten integriert
- Plombierbare Abgangsstellen können in regelmäßigen Abständen beidseitig am Schienenverteiler angebracht werden
- Die Verbindung der Schienenkästen erfolgt durch eine schnell und einfach zu montierende Einbolzenklemme, die so ausgeführt ist, dass die richtige Schienenverbindung durch den abschließend richtigen Sitz des Flanschdeckels gewährleistet ist
- Sichere Montage durch Verdrehenschutz.

<b>Bemessungsisolationsspannung</b>	$U_i$	<b>690 V AC</b>
Bemessungsbetriebsspannung	$U_e$	690 V AC
Schutzart		IP52, IP54, IP55
Bemessungsstrom	$I_e$	400 A
Bemessungsstoßstromfestigkeit	$I_{pk}$	40 kA
Bemessungskurzzeitstromfestigkeit	$I_{cw}$	(1 s) 16 kA
Anzahl der Leiter		5
Brandlast		1,32 kWh/m
Brandlast (pro Abgangsstelle)		–
Abgangsstelle		einseitig je 0,5 m, beidseitig versetzt je 0,25 m
Abgangskästen		bis 400 A
Verbindungstechnik		mit integriertem Dehnungsausgleich, Steckklemme
Kommunikationsfähigkeit		GAMMA instabus KNX, AS-Interface
Werkstoff Leiter		Al
Werkstoff Gehäuse		Stahlblech verzinkt und lackiert
Gehäuseabmessungen		68 × 167 mm <sup>2</sup>

Tab. 6/5: Technische Daten BD2A-2-400



Für das Schienenverteiler-System LXA (s. a. Tab. 6/6) gilt zusätzlich zu den gemeinsamen Merkmalen:

- Alle Kästen sind in Standardlängen und Wahllängen ab Werk lieferbar. Neben den Standardlängen kann der Anwender beliebige Längen auswählen, um den baulichen Gegebenheiten gerecht zu werden.
- Einspeisekästen für Transformator-, Verteiler- und Kabeleinspeisungen
- Richtungsänderungen sind mit Winkel, versetztem Winkel, Knie, versetztem Knie, Z-Kästen und T-Kästen möglich
- Lage und Anzahl der Abgangsstellen ist wählbar; es sind 10 Abgangsstellen je 3 m realisierbar. Die Abgangskästen (80 bis 630 A) sind gegen fehlerhafte Montage gesichert.
- Die fest installierbaren Abzweigkästen (800 A und 1.250 A) sind nur an den Abgangsklemmblocken montier- und demontierbar sowie gegen fehlerhafte Montage zu sichern.
- Niedrige Brandlast und hohe Korrosionsfestigkeit durch Aluminiumgehäuse
- Einfache und schnelle Montage durch Bolzenklemmblock mit Abschermutter
- Transport von hohen Strömen mit niedrigem Spannungsfall durch die Sandwichbauweise

Bemessungsisolationsspannung	$U_i$	690/1.000 V AC
Bemessungsbetriebsspannung	$U_e$	400/690 V AC
Schutzart		IP54/IP55
Bemessungsstrom	$I_e$	2.000 A
Bemessungsstoßstromfestigkeit	$I_{pk}$	158 kA
Bemessungskurzzeitstromfestigkeit	$I_{cw}$	75 kA/1 s
Anzahl der Leiter		5
Brandlast für Schienenkästen ohne Abgangsstellen		5,33 kWh/m für LXA 0651
Brandlast (pro Abgangsstelle)		2,9 kWh
Abgangsstelle		je 0,5 m beidseitig
Abgangskasten unter Spannung veränderbar		bis 630 A
Verbindungstechnik		Bolzenklemmblock mit Abschermutter
Kommunikationsfähigkeit		instabus KNX, AS-Interface
Werkstoff Leiter		Al isoliert
Werkstoff Gehäuse		Al lackiert

Tab. 6/6: Technische Daten LXA 0651

## 6.4 Niederspannungs-Schaltanlage

Die Niederspannungs-Schaltanlage SIVACON S8 ist eine bauartgeprüfte Energie-Schaltgerätekombination (PSC-Schaltgerätekombination: PSC = Power Switchgear and Controlgear), die entsprechend den Vorgaben der IEC 61439-1/-2 (VDE 0660-600-1/-2) entwickelt, gefertigt und geprüft wird (Tab. 6/7, Tab. 6/8). Der Bauartnachweis ist durch Prüfung entsprechend IEC 61439-2 (VDE 0660-600-2) zu erbringen. Der Prüfnachweis ist für die Kombination aus Schienenverteileranbindung an Transformator

und Niederspannungs-Hauptverteilung zu erbringen. Die Prüfung unter Störlichtbogenbedingungen erfolgt nach IEC/TR 61641 (VDE 0660-500-2). Beim Schutz gegen elektrischen Schlag erfüllt die Anlage die Norm DIN EN 50274 (VDE 0660-514).

Die eingesetzten Schutzorgane sind hinsichtlich ihrer Kennlinien sowie ihres Selektivitäts-, Kurzschluss- und Abschaltverhaltens aufeinander abgestimmt. Die Netzbeurteilung und Selektivitätsbetrachtungen erfolgen mit Hilfe der SIMARIS Softwaretools.

Konfigurationsmatrix SIVACON S8		Leistungsschalter-technik	Universal-einbau-technik	Fest-einbau-technik	Leisten-technik 3NJ6	Leisten-technik 3NJ4	Blind-leistungs-kompensation
Einbautechnik	Festeinbau	x	x			x	x
	Einschubtechnik	x	x <sup>1)</sup>	x <sup>2)</sup>			
	Stecktechnik		x		x		
Funktionen	Einspeisung	x					
	Motorabgang	x	x				
	Kabelabgang	x	x	x	x	x	
	Kupplung	x					
	zentrale Kompensation						x
Anschlussart	frontseitig			x	x	x	x
	front- oder rückseitig	x	x				
Feldbreite	400 mm	x					
	600 mm	x	x			x	
	800 mm	x				x	x
	1.000 mm	x	x	x	x	x	
	1.200 mm		x	x	x		
	1.400 mm	x					
Innere Unterteilung	1	x		x	x	x	x
	2b	x	x	x		x	x
	3a	x					
	3b		x	x	x		
	4a		x	x			
	4b	x	x	x	x		
	4 Type 7 (BS)	x	x				
Sammelschienenlage	hinten	x	x	x	x	x	x
	oben	x	x	x	x		x
	ohne						x
Sammelschienen vertikal (3- und 4-polig)	Bemessungsstrom	bis 6.300 A	bis 1.600 A	bis 1.600 A	bis 2.100 A	bis 1.600 A	<sup>5)</sup>
	Bemessungsstoßstromfestigkeit	bis 220 kA	bis 143 kA	bis 143 kA	bis 110 kA	-	
	Bemessungskurzzeitstromfestigkeit, 1s	bis 100 kA	bis 65 kA <sup>3)</sup>	bis 65 kA <sup>3)</sup>	bis 50 kA <sup>3)</sup>	<sup>4)</sup>	

<sup>1)</sup> Festeinbau mit Fachtüren <sup>2)</sup> Festeinbau mit Frontblenden <sup>3)</sup> Bedingter Bemessungskurzschlussstrom bis 100 kA  
<sup>4)</sup> Bedingter Bemessungskurzschlussstrom bis 50 kA <sup>5)</sup> Bemessungsstrom: bis 600 kvar unverdrosselt; bis 500 kvar verdrosselt

Tab. 6/7: Konfigurationsmatrix SIVACON S8

Bei der Störlichtbogensicherheit können folgende Stufen gewählt werden:

- Stufe 1 Personensicherheit
- Stufe 2 Begrenzung auf ein Feld
- Stufe 3 Begrenzung auf Funktionsraum
- Stufe 4 Begrenzung auf Entstehungsort

Die stahlblechgekapselte Niederspannungs-Schaltanlage wird anschlussfertig geliefert für

- Reihenaufstellung
- Doppelfrontaufstellung
- Rücken-an-Rücken-Aufstellung
- Eckaufstellung
- sowie in Mehrfachschrankbauform.

Weitere wesentliche Merkmale sind:

- Variable Sammelschienenlagen oben oder hinten
- Kombination unterschiedlicher Einbautechniken in einem Feld
- Flexible Anpassung der Form der inneren Unterteilung an individuelle Bedürfnisse
- Einfache nachträgliche Änderung des Türanschlages durch Universalanschlag
- Belüftungssystem mit hohem Wirkungsgrad und Wartungsvorteilen

- Kabel-/Schienenanschluss von oben, unten oder hinten
- Anforderungsorientierte Unterteilung der Funktionsräume von Form 1 bis Form 4 entsprechend IEC 61439-2 (VDE 0660-600-2) (bis Form 4 Type 7 nach British Standard EN 61439-2)
- Anlagenhöhe wahlweise 2.000 mm oder 2.200 mm
- Sockel mit 100 mm oder 200 mm Höhe optional wählbar
- Optionen wie Erdbebenertüchtigung, Schaltschrankheizung, isolierte Hauptsammelschiene und vielfältige Kommunikationsmöglichkeiten (Profibus DP, Profinet oder Modbus) wählbar
- Alle Einspeisungen, Kupplungen und Abgänge größer und gleich 630 A sind mit einem Multifunktionsmessgerät 7KM PAC 3200, wie unter Kapitel 6.6 beschrieben, auszustatten
- Das Blindleistungskompensationsfeld kann an die Hauptsammelschiene angeschlossen werden; modularer Aufbau mit einzelnen Kondensator-Baugruppen (MKK-Kondensatoren bis 200 kvar); ein Multifunktionsdisplay dient zur Anzeige von  $U$ ,  $I$ ,  $f$ ,  $\cos \varphi$ ,  $P$ ,  $S$ ,  $Q$ , Oberwellen und Einstellung; Der  $\cos \varphi$  kann von 0,8 ind. bis 0,8 kap. eingestellt werden;

<b>Geräte-Bemessungsströme</b>	Leistungsschalter 3WL/3VL	bis 6 300 A
	Kabelabgänge	bis 630 A
	Motorabgänge	bis 250 kW
<b>Hauptsammelschienen</b>	Bemessungsströme	bis 7.000 A
	Bemessungsstoßstromfestigkeit ( $I_{pk}$ )	bis 330 kA
	Bemessungskurzzeitstromfestigkeit ( $I_{cw}$ )	bis 150 kA, 1 s

Tab. 6/8: Technische Daten für SIVACON S8

## 6.5 Installationsverteiler

Für den Aufbau einer Verteileranlage der Schutzklasse 1 oder Schutzklasse 2 mit Bemessungsstrom bis 630 A und Bemessungsspannung 690 V für die eingebauten Geräte und zu deren Bedienung Laien Zugang haben können Standverteiler oder Wandverteiler (Auf- oder Unterputz) nach IEC 61439-1/-3 (VDE 0660-600-1 und VDE 0660-504) verwendet werden.

- Beim modularen System ALPHA DIN kann aus drei Typen gewählt werden (Tab. 6/9).
- Das Stahlblech ist elektrolytisch verzinkt und pulverbeschichtet. Die Einbausätze bestehen aus sendzimirverzinktem Stahlblech und Isolierstoffabdeckungen.

Abmessungen ALPHA		Höhe in mm	Breite in mm	Tiefe in mm	Lieferform	Schutzart IEC 60529	Nennstrom in A
ALPHA 630 DIN	Schrankmaße	1.950 mit Sockel (100 mm)	300	210	vormontierter Leerschrank	IP43 / IP55	630
			550	250			
			800		Flat Pack		
			1.050	320			
			1.300				
ALPHA 400 DIN	Aufputzverteiler (Außenmaße)	800	550	210	vormontierter Leerschrank	IP43 / IP55	400
		950					
		1.250	800				
		1.400					
	Unterputzverteiler (Außenmaße / Nischenmaße)	858 / 860	608 / 610	210 / 215	Flat Pack	IP31	
		1.008 / 1.010					
		1.308 / 1.310	858 / 860				
		1.458 / 1.460					
ALPHA 160 DIN	Aufputzverteiler (Außenmaße)	500	300	140	vormontierter Leerschrank	IP43 / IP55	160
		650					
		800	550				
		1.100					
	Unterputzverteiler (Außenmaße)	558	358	140	vormontierter Leerschrank	IP31	
		708					
		858	608				
		1.158					

Tab. 6/9: Abmessungen und technische Daten von ALPHA Systemverteilerschränken

## 6.6 Energiemanagementsystem

Die PC-Software powermanager für das Energiemanagementsystem erlaubt durch eine moderne Server-Client-Struktur einen parallelen Zugriff von Windows- oder Web-Clients auf die Messgeräte. Die physikalische Verbindung zu den Messgeräten erfolgt über Ethernet, entweder direkt oder über ein Gateway (Protokollumsetzer). Eine Anbindung von bis zu 200 Messgeräten ist hierbei möglich.

Für den Austausch von Daten mit anderen Systemen stehen standardisierte OPC-Schnittstellen zur Verfügung:

- OPC-DA (Data Access) Server und Client für den Zugriff auf Online-Wert (Client mittels Option Expert)
- OPC-AE (Alarm and Events) Server und Client für den Zugriff auf Alarme/ Ereignisse (mittels Option Expert)

Die Erfassung der Energiedaten erfolgt durch direkten Anschluss der Geräte über Modbus TCP an den PC. Geräte mit Modbus RTU können über ein Gateway wie zum Beispiel über die Messgeräte 7KM PAC 4200 an die Energiemanagementsoftware angebunden werden. Erfasst werden hierbei Messgrößen von Multifunktionsmessgeräten (z. B. 7KM PAC3200 usw.), Leistungsschaltern sowie von beliebigen Modbus-fähigen Erfassungsgeräten. Es können hierbei neben Stromkenngrößen auch andere Medien erfasst werden. Neben reinen Messgrößen können Status-Bits erfasst sowie Gerätespeicher (zum Beispiel Eventspeicher für im Gerät generierte Meldungen) oder Datenlogs für im Gerät archivierte Messgrößen (zum Beispiel Leistungsmittelwerte) ausgelesen werden. Die Daten sollen mindestens im 2-Sekunden-Raster von den Geräten abgefragt werden.

Für ein vereinfachtes Engineering werden die Daten (zum Beispiel Arbeits- und Leistungswerte) per Voreinstellung archiviert. Es können jedoch beliebige Messwerte in die Archivierung einbezogen oder ausgenommen werden. Die Archivierung erfolgt in einer integrierten Datenbank ohne separate Lizenz und ohne separate Engineering-Tools.

Messgrößen werden in vordefinierten technologischen Gruppen angezeigt. Es stehen folgende Gruppierungen zur Verfügung:

- Übersicht mit den wichtigsten Messgrößen
- Spannungswerte
- Stromwerte
- Leistungsfaktor
- THD
- Leistung/Leistungsmittelwerte
- Energiewerte
- Gerätedaten

Die Anzeige der Werte kann entweder nach IEC- oder UL-Notation, jeweils mit der zugehörigen Einheit, erfolgen.

Ganglinien können entweder auf der Basis von archivierten Messgrößen unter Vorgabe eines frei wählbaren Zeitraums, angezeigt werden oder über Werte, die online im System erfasst werden. Zur Anzeige können hierbei alle verfügbaren Messwerte gebracht werden. Dargestellte Ganglinien können ausgedruckt sowie die Werte daraus exportiert werden.

Neben der Erfassung, Anzeige und Archivierung von Messgrößen können diese auch überwacht werden. Folgende Funktionen sind möglich:

- Überwachung von vordefinierten Grenzwerten (z. B. Stromgrenzwerten)
- Überwachung von Statusbits und Generierung von entsprechenden Meldungen
- Übernahme von Meldungen aus den Geräten durch Auswertung des Ereignisspeichers
- Anzeige von anomalen Systemzuständen
- Meldungen können quittierpflichtig sein
- Meldungen enthalten Zusatzinformationen wie:
  - Kurzzeichen
  - Priorität
  - Zeitstempel
  - Beschreibung
  - Alarmtext
  - Kommend/Gehend
  - Wert
  - Quittierung (ja/nein)
  - Quittierzeit

Die Zuordnung des Verbrauchs auf frei definierbare Kostenstellen erfolgt unter Berücksichtigung der jeweils geltenden Tarife. Rechenoperationen (Summen, Differenzen) sind unter Einbeziehung von Konstanten und archivierten Messwerten möglich. Die Ausgabe der Verbrauchswerte je Kostenstelle erfolgt tabellarisch und als Balkendiagramm.

Mit der Option „Expert“ sind folgende Hilfsmittel nutzbar:

- Bildgestaltungstools wie
  - Grafikobjekte (Kreise, Rauten usw.)
  - Layout-Werkzeuge zur Ausrichtung der grafischen Objekte
  - Formatierungswerkzeuge zur Gestaltung der grafischen Objekte
  - Mittels dieser Werkzeuge können auch eigene Grafikobjekte erstellt und in die Bilder eingebunden werden.
- Grafikobjekte können mittels Skripten animiert und damit zur Laufzeit den Gegebenheiten angepasst werden. Diese Skripte können über sogenannte

Wizards generiert werden, ohne dass die Skriptsprache verwendet werden muss.

- Die direkte Verwendung der Skriptsprache über den integrierten Editor ist ebenfalls möglich.
- Eigene Programme für die Integration allgemeiner Funktionen können mittels einer Skriptsyntax erstellt werden, die der Programmiersprache C ähnelt. Solche Programme können ereignis- oder zeitgesteuert ausgeführt werden. Ein eigener Skripteditor und Interpreter, der auch die Erstellung von Multithread-Anwendungen unterstützt, ist vorhanden.

Siemens bietet Telefon- und E-Mail-Support, Informationen im Internet, Schulungen sowie weltweiten technischen 24/7-Support für den gesamten Software-Umfang. Über das Internet ist ein technischer Support abrufbar, der unter anderem folgende Leistungen beinhaltet:

- E-Mail-Kontakt zum technischen Support
- Wissensbasis mit Suchfunktion
- Produktkataloge und Handbücher
- Häufig gestellte Fragen (frequently asked questions, FAQs) zu den Produkten
- Software-Updates
- Anwendungsbeispiele
- Anwendungstipps

Als Option kann ein umfassender Software-Wartungsplan mit folgenden Eigenschaften genutzt werden:

- Ständig neueste Produktversion(en)
- Laufend aktualisierte Wissensbasis
- Laufend aktualisierte elektronische Handbücher

Zudem werden für die Energiemanagementsoftware regelmäßig angelegte Kurse in Schulungszentren angeboten.

## 6.7 Netzberechnung, Selektivitätsnachweis

Für die Planung der elektrischen Energieverteilung ist der rechnerische Nachweis für die Auswahl der Schutzgeräte und Kabelquerschnitte, die Selektivitätsbewertung für das Versorgungsnetz (mittelspannungsseitiger Transformatorabgang bis Endstromkreis) und eine Energiebilanzierung für alle angeschlossenen Verbraucheranlagen erforderlich. Angaben über die Netzstruktur (1-polige Darstellung), Kabellängen und Verbraucherdaten erfolgen durch die Bauleitung. Schnittstelle der Selektivitätsbetrachtung sind die Abgangsklemmen der Hauptverteiler.

Der Nachweis muss nachstehende Teile enthalten:

- Energiebilanz in tabellarischer Form

- 1-poliges Netzbild mit Geräteparametern (für die Quellen, Schutzgeräte, Kabelstrecken)
- 1-poliges Netzbild mit Lastfluss- und Spannungsfalldarstellung je Stromkreis
- 1-poliges Netzbild mit Darstellung der minimalen und maximalen Kurzschlussbelastung
- I<sup>2</sup>t-Kennliniendiagramme aller Leistungsschalter und der größten NH-Abgangssicherungen je Schaltanlage und Netz (hierbei müssen die Kennlinien der Leistungsschalter die tatsächlich eingestellten Parameter wiedergeben)
- Tabellarische Auflistung aller Schutzgeräte einschließlich der Einstellbereiche und Einstellwerte (dient auch der späteren Inbetriebnahmedokumentation)

Der Nachweis ist mit einem anerkannten Software-Tool zu erbringen. SIMARIS design dimensioniert aus der Vielfalt des Produktportfolios, nach anerkannten Regeln der Technik und gültigen Normen (VDE, IEC), eine sichere Lösung für die Anforderungen der spezifizierten elektrischen Energieverteilung. Die Auswahl der jeweils passenden Komponenten für Einspeisestromquellen, Kabel und Stromschienen sowie von Schalt- und Schutzgeräten für alle Stromkreishierarchieebenen erfolgt automatisch. Die Software berechnet zudem Kurzschlussstrom, Lastfluss, Spannungsfall sowie Energiebilanz. Automatisch werden die Einstellungen bezüglich des Personen-, Kurzschluss- und Überlastschutzes entsprechend den Berechnungen vorgenommen. SIMARIS design kann unter den Betriebssystemen Windows XP (SP3), Windows Vista und Windows 7 installiert werden und ist als Internet-Download verfügbar. Ein Online-Update ist möglich.

## 6.8 Druckberechnung bei inneren Fehlern

Für die Planung des vom Auftraggeber vorgegebenen Schaltanlagegebäudes ist für den Fall eines Störlichtbogens innerhalb der Schaltanlage eine Druckberechnung beziehungsweise 3-D-Simulation der örtlichen auftretenden Drücke durchzuführen. Die Darstellung der zeitlichen Druckverläufe nach einem Störfall für zehn vorgegebene Messpunkte ist erforderlich. Als Vorgabewerte dienen:

- Raumabmessungen
- Lage und Größe der Druckentlastungsöffnungen
- Standort und Abmessungen der Schaltanlage
- Anlagentyp

Für die Berechnungen ist ein Protokoll mit grafischer Darstellung vorzulegen, zuzüglich möglicher Hinweise zu entsprechenden baulichen Maßnahmen, falls eine Druckverteilung beziehungsweise die Druckentlastung ins Freie notwendig sein sollte.



# Kapitel 7

## Informationsquellen im Internet

7.1	Liste der aufgeführten Normen	88
7.2	Abkürzungsverzeichnis	90
7.3	Informationen im Internet	92

# 7 Anhang

## 7.1 Liste der aufgeführten Normen

International	Deutschland	Titel englisch	Titel deutsch
EN 15232	DIN EN 15232	Energy performance of buildings – Impact of Building Automation, Controls and Building Management	Energieeffizienz von Gebäuden – Einfluss von Gebäudeautomation und Gebäudemanagement
EN 50090	VDE 0829	Home and Building Electronic Systems (HBES)	Elektrische Systemtechnik für Heim und Gebäude (ESHG)
DIN EN 50274	VDE 0660-514	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Protection against electric shock – Protection against unintentional direct contact with hazardous live parts	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Schutz gegen elektrischen Schlag – Schutz gegen unabsichtliches direktes Berühren gefährlicher aktiver Teile
IEC 60076-5	VDE 0532-76-5	Power transformers – Part 5: Ability to withstand short circuit	Leistungstransformatoren – Teil 5: Kurzschlussfestigkeit
IEC 60076-11	VDE 0532-76-11	Power transformers – Part 11: Dry-type transformers	Leistungstransformatoren – Teil 11: Trockentransformatoren
IEC 60364-1	DIN VDE 0100-100	Low-voltage electrical installations – Part 1: Fundamental principles, assessment of general characteristics, definitions	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
IEC 60364-4-41	VDE 0100-410	Low-voltage electrical installations – Part 4-41: Protection for safety – Protection against electric shock	Elektrische Anlagen von Gebäuden – Teil 4-41: Schutzmassnahmen – Schutz gegen elektrischen Schlag
IEC 60364-4-43	VDE 0100-430	Low-voltage electrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-43: Schutzmassnahmen – Schutz bei Überstrom
IEC 60364-5-51	DIN VDE 0100-510	Electrical installations of buildings – Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment – Common rules	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-51: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Allgemeine Bestimmungen
IEC 60364-5-52	VDE 0100-520	Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen
IEC 60364-5-54	VDE 0100-540	Low-voltage electrical installations – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements and protective conductors	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-54: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Erdungsanlagen, Schutzleiter und Schutzpotentialausgleichsleiter
IEC 60364-5-56	VDE 0100-560	Low-voltage electrical installations – Part 5-56: Selection and erection of electrical equipment – Safety services	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-56: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Einrichtungen für Sicherheitszwecke
IEC 60364-7-710	DIN VDE 0100-710	Electrical installations of buildings – Part 7-710: Requirements for special installations or locations; Medical locations	Errichten von Niederspannungsanlagen – Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Teil 710: Medizinisch genutzte Bereiche
IEC 60364-7-712	DIN VDE 0100-712	Low-voltage installations – Part 7-712: Requirements for special installations or locations – Solar photovoltaic (PV) power supply systems	Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme
IEC 60364-7-718	DIN VDE 0100-718	Low-voltage electrical installations – Part 7-718: Requirements for special installations or locations – Communal facilities and workplaces	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 7-718: Anforderungen für Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art – Öffentliche Einrichtungen und Arbeitsstätten



International	Deutschland	Titel englisch	Titel deutsch
IEC 60439-2	VDE 0660-502	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Particular requirements for busbar trunking systems (busways)	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen – Teil 2: Besondere Anforderungen an Schienenverteiler
IEC 60529	VDE 0470-1	Degrees of protection provided by enclosures (IP code)	Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code)
IEC 60909-0	VDE 0102	Short-circuit currents in three phase AC systems	Kurzschlussströme in Drehstromnetzen
IEC 60947-2	VDE 0660-101	Low-voltage switchgear and controlgear – Part 2: Circuit-breakers	Niederspannungsschaltgeräte – Teil 2: Leistungsschalter
IEC 61439-1	VDE 0660-600-1	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 1: General rules	Niederspannungs-Schaltgeräte-kombinationen – Teil 1: Allgemeine Festlegungen
IEC 61439-2	VDE 0660-600-2	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 2: Power switchgear and controlgear assemblies	Niederspannungs-Schaltgeräte-kombinationen – Teil 2: Energie-Schaltgerätekombinationen
IEC 61439-3	VDE 0660-504	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Part 3: Distribution boards intended to be operated by ordinary persons (DBO)	Niederspannungs-Schaltgeräte-kombinationen – Teil 3: Besondere Anforderungen an Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, zu deren Bedienung Laien Zutritt haben; Installationsverteiler
IEC/TR 61641	VDE 0660-500-2	Enclosed low-voltage switchgear and controlgear assemblies – Guide for testing under conditions of arcing due to internal fault	Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen in geschlossener Bauform – Leitfaden für die Prüfung unter Störlichtbogenbedingungen durch einen inneren Fehler
IEC 61850	DIN EN 61850	Communication networks and systems in substations	Kommunikationsnetze und -systeme in Stationen
IEC 61936	VDE 0101	Power installations exceeding 1 kV a.c.	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV
IEC 61936-1	VDE 0101-1	Power installations exceeding 1 kV a.c. – Part 1: Common rules	Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV – Teil 1: Allgemeine Bestimmungen
IEC 62606	VDE 0665-10	General requirements for Arc Fault Detection Devices (AFDD)	Allgemeine Anforderungen an Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD)
IEC62271-1	VDE 0671-1	High-voltage switchgear and controlgear – Part 1: Common specifications	Hochspannungs-Schaltgeräte und -Schaltanlagen – Teil 1: Gemeinsame Bestimmungen
IEC62271-200	VDE 0671-200	High-voltage switchgear and controlgear – Part 200: AC metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 52 kV	Hochspannungs-Schaltgeräte und Schaltanlagen – Teil 200: Metallgekapselte Wechselstrom-Schaltanlagen für Bemessungsspannungen über 1 kV bis einschließlich 52 kV
ISO 9001	DIN ISO 9001	Quality management systems – Requirements	Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen
	DIN V VDE V 0108-100	Emergency escape lighting systems	Sicherheitsbeleuchtungsanlagen
	DIN EN 1838	Lighting applications – Emergency lighting	Angewandte Lichttechnik – Notbeleuchtung
	DIN 4102-9	Fire behaviour of building materials and elements; seals for cable penetrations; concepts, requirements and testing	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Kabelabschottungen; Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
	VDE 0298-4	Application of cables and cords in power installations – Part 4: Recommended current-carrying capacity for sheathed and nonsheathed cables for fixed wirings in and around buildings and for flexible cables and cords	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen – Teil 4: Empfohlene Werte für die Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden und von flexiblen Leitungen
	VDI 3807 Blatt 4	Characteristic values of energy and water consumption of buildings – Characteristic values for electrical energy	Energie- und Wasserverbrauchskennwerte für Gebäude – Teilkennwerte elektrische Energie
	VDI 4602 Blatt 1	Energy management – Terms and definitions	Energiemanagement – Begriffe

## 7.2 Abkürzungsverzeichnis

### A

AC	Alternate Current (Wechselstrom)
ACB	Offener Leistungsschalter (Air Circuit Breaker)
ANSI	Amerikanische Normungsstelle industrieller Verfahrensweisen (American National Standards Institute)
ASA	Advanced Signal Analysis
ATM	Asynchroner Übertragungsmodus (Asynchronous Transfer Mode)
AV	Allgemeine Stromversorgung

### B

BACS	Building Automation and Control Systems
BGV	Berufsgenossenschaftliche Vorschrift

### C

CFC	Continous function chart
CPS	Zentrales Stromversorgungssystem (Central Power System) (Notlichtsystem)

### D

DC	Direct Current (Gleichstrom)
DIN VDE	Deutsches Institut für Normung Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
DSP	durchschnittlicher Strompreis

### E

EG	Erdgeschoss
EIB	European Installation Bus
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EN	Europäische Norm
EnMS	Energie-Managementsystem
EPBD	Europäische Richtlinie über Gesamteffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive)
ETU	Electronic trip unit
EU	Europäische Union

### F

FI/LS	netzspannungsunabhängige Fehlerstrom-/ Leitungsschutzschalterkombination
FFM	Fuse Failure Monitor

### G

GA	Gebäudeautomation
----	-------------------

### H

HH	Hochspannung-Hochleistung
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure

### I

IAC	Internal Arc Classification
IEC	International Electrotechnical Commission
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IP	Schutz gegen Eindringen (Ingress protection)
IT	Informationstechnik
ISO	International Organization for Standardization

### K

KNX	Konnex; internationaler Standard für Gebäudeüberwachungs- und Gebäudemanagementsysteme (entsprechend IEC 14543-3, EN 50090 und EN 13321-1, sowie GB/Z 20965)
-----	--

### L

LON	Local Operating Network
LPS	Leistungsbegrenztes Stromversorgungssystem (Low Power System) (Notlichtsystem)

### M

MCCB	Strombegrenzter Leistungsschalter (Molded Case Circuit Breaker)
MHRD	Model High-rise Directive
MHHR	Muster-Hochhausrichtlinie
MKK	Kondensatortype für Kompensation (Metallisierte Kunststoffolie, Kompaktbauweise)

<b>N</b>	
n. c.	normally closed (normalerweise geschlossen)
NEA	Netzersatzanlage
NH	Niederspannung-Hochleistung
n. o.	normally open (normalerweise offen)

<b>O</b>	
OG	Obergeschoss
OPC	Ole for Prrocess Control
OS	Oberspannung

<b>P</b>	
PE	Protective Earth (Schutzleiter)
PEN	Protective Earth Neutral (Neutralleiter)
PM	Schutzklasse mit metallischen Schottwänden (Partitions metallic)
PSC	Energie-Schaltgerätekombination (Power Switchgear and Controlgear Assemblies)
PUE	Power Usage Efficiency
PV	Photovoltaik

<b>R</b>	
RCD	Residual current device (Fehlerstrom(FI)-Schutzeinrichtung)
RZ	Rechenzentrum

<b>S</b>	
SF <sub>6</sub>	Schwefelhexafluorid
SNTP	simple network time protocol
SV	Sicherheitsstromversorgung

<b>T</b>	
TAB	Technische Anschlussbedingungen
TBM	Technisches Gebäudemanagement (Technical Building Management)
TCP/IP	Internet Übertragungs- und Kontrollprotokoll (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
TGM	technisches Gebäudemanagement
THD	Total Harmonic Distortion (Summe aller Oberschwingungen)
TIP	Totally Integrated Power
TN	Transportnetz (Transport network) – Netzwerkstruktur
TN-S	frz.: Terre Neutre Séparé (Netzsystem)
TN-C	frz.: Terre Neutre Combiné (Netzsystem)
TSK	Typgeprüfte Schaltschrankkombination
TÜV	Technischer Überwachungsverein

<b>U</b>	
UG	Untergeschoss
UL	Underwriters Laboratories
UMZ	unabhängige Maximalstrom-Zeit-Auslösecharakteristik
US	Unterspannung
USB	Universal Serial Bus
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung

<b>V</b>	
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VNB	Verteilnetzbetreiber

<b>Z</b>	
ZEP	Zentraler Erdungspunkt

## 7.3 Informationen im Internet

### 7.3.1 Totally Integrated Power

<b>TIP-Homepage</b>	
<a href="http://www.siemens.de/tip">www.siemens.de/tip</a>	<a href="http://www.siemens.com/tip">www.siemens.com/tip</a>
<b>SIMARIS-Homepage</b>	
<a href="http://www.siemens.de/simaris">www.siemens.de/simaris</a>	<a href="http://www.siemens.com/simaris">www.siemens.com/simaris</a>
<b>Ausschreibungstexte (deutsch/englisch)</b>	
<a href="http://ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv">ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv</a>	<a href="http://ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv">ausschreibungstexte.siemens.com/tiplv</a>

### 7.3.2 Produkte und Systeme

Die nachfolgenden Weblinks, die Sie in den PDF-Dateien und den gedruckten Exemplaren dieser Broschüre finden, können nur den Stand zum Abschluss der redaktionellen Bearbeitung wiedergeben. Um stets aktuelle Links zu finden, sollten Sie die unmittelbar folgende Übersichtsseite im Internet aufsuchen:

<a href="http://www.siemens.de/tip/produkte">www.siemens.de/tip/produkte</a>	<a href="http://www.siemens.com/tip/products">www.siemens.com/tip/products</a>
<b>Mittelspannungs-Schaltanlagen</b>	
<a href="http://www.siemens.com/mittelspannungsschaltanlagen">www.siemens.com/mittelspannungsschaltanlagen</a>	<a href="http://www.siemens.com/medium-voltage-switchgear">www.siemens.com/medium-voltage-switchgear</a>
<b>Mittelspannungsschutztechnik</b>	
<a href="http://www.siemens.de/siprotec">www.siemens.de/siprotec</a>	<a href="http://www.siemens.com/siprotec">www.siemens.com/siprotec</a>
<b>Verteilungstransformatoren</b>	
<a href="http://www.siemens.de/verteilungstransformatoren">www.siemens.de/verteilungstransformatoren</a>	<a href="http://www.energy.siemens.com/hq/en/power-transmission/transformers/distribution-transformers">www.energy.siemens.com/hq/en/power-transmission/transformers/distribution-transformers</a>
<b>Niederspannungs-Schaltanlagen</b>	
<a href="http://www.siemens.de/sivacon">www.siemens.de/sivacon</a>	<a href="http://www.siemens.com/sivacon">www.siemens.com/sivacon</a>
<b>Schienenverteilungssysteme</b>	
<a href="http://www.siemens.de/sivacon">www.siemens.de/sivacon</a>	<a href="http://www.siemens.com/sivacon">www.siemens.com/sivacon</a>
<b>Installationsverteiler</b>	
<a href="http://www.siemens.de/alpha">www.siemens.de/alpha</a>	<a href="http://www.siemens.com/alpha">www.siemens.com/alpha</a>
<b>Schutz-, Schalt-, Mess- und Überwachungssysteme</b>	
<a href="http://www.siemens.de/sentron">www.siemens.de/sentron</a>	<a href="http://www.siemens.com/sentron">www.siemens.com/sentron</a>
<b>Gebäudesystemtechnik</b>	
<a href="http://www.siemens.de/gamma">www.siemens.de/gamma</a>	<a href="http://www.siemens.com/gamma">www.siemens.com/gamma</a>
<b>Photovoltaik und Solar</b>	
<a href="http://www.siemens.de/lowvoltage/photovoltaik">www.siemens.de/lowvoltage/photovoltaik</a>	<a href="http://www.siemens.com/lowvoltage/photovoltaic">www.siemens.com/lowvoltage/photovoltaic</a>

### 7.3.3 Konfiguratoren

Die nachfolgenden Weblinks können nur den Stand zum Abschluss der redaktionellen Bearbeitung wiedergeben. Um stets aktuelle Links zu finden, sollten Sie die unmittelbar folgende Übersichtsseite im Internet aufsuchen:

<a href="http://www.siemens.de/softwaretools">www.siemens.de/softwaretools</a>	<a href="http://www.siemens.com/softwaretools">www.siemens.com/softwaretools</a>
<b>Industry Mall mit Konfiguratoren u. a. für Schienenverteilersysteme CD-K, BD01, BD2 und Leistungsschalter 3VL, 3WL</b>	
<a href="http://www.siemens.de/industrymall">www.siemens.de/industrymall</a>	<a href="http://www.siemens.com/industrymall">www.siemens.com/industrymall</a>
<b>Planungs- und Projektierungssoftware ALPHA SELECT</b>	
<a href="http://www.siemens.de/alpha-select">www.siemens.de/alpha-select</a>	<a href="http://www.siemens.com/alpha-select">www.siemens.com/alpha-select</a>
<b>Planungssoftware Profix NXPLUS C</b>	
<a href="http://www.siemens.de/profixnxplusc">www.siemens.de/profixnxplusc</a>	<a href="http://www.siemens.com/profixnxplusc">www.siemens.com/profixnxplusc</a>
<b>Planungssoftware Profix 8DJH</b>	
<a href="http://www.siemens.de/profix8djh">www.siemens.de/profix8djh</a>	<a href="http://www.siemens.com/profix8djh">www.siemens.com/profix8djh</a>

### 7.3.4 Themenspezifische Links

<b>Total Building Solutions</b>	
<a href="http://www.siemens.de/tbs">www.siemens.de/tbs</a>	<a href="http://www.siemens.com/tbs">www.siemens.com/tbs</a>
<b>Totally Integrated Automation</b>	
<a href="http://www.siemens.de/tia">www.siemens.de/tia</a>	<a href="http://www.siemens.com/tia">www.siemens.com/tia</a>
<b>Brandschutz</b>	
<a href="http://www.siemens.de/brandschutz">www.siemens.de/brandschutz</a>	<a href="http://www.siemens.com/firesafety">www.siemens.com/firesafety</a>
<b>Sicherheit</b>	
<a href="http://www.siemens.de/sicherheit">www.siemens.de/sicherheit</a>	<a href="http://www.siemens.com/security">www.siemens.com/security</a>
<b>Energieeffizienz</b>	
<a href="http://www.siemens.de/energieeffizienz">www.siemens.de/energieeffizienz</a>	<a href="http://www.siemens.com/energyefficiency">www.siemens.com/energyefficiency</a>
<b>Power Management</b>	
<a href="http://www.siemens.de/powermanager">www.siemens.de/powermanager</a>	<a href="http://www.siemens.com/powermanager">www.siemens.com/powermanager</a>
<b>Smart Grid</b>	
<a href="http://www.siemens.de/smartgrid">www.siemens.de/smartgrid</a>	<a href="http://www.siemens.com/smartgrid">www.siemens.com/smartgrid</a>

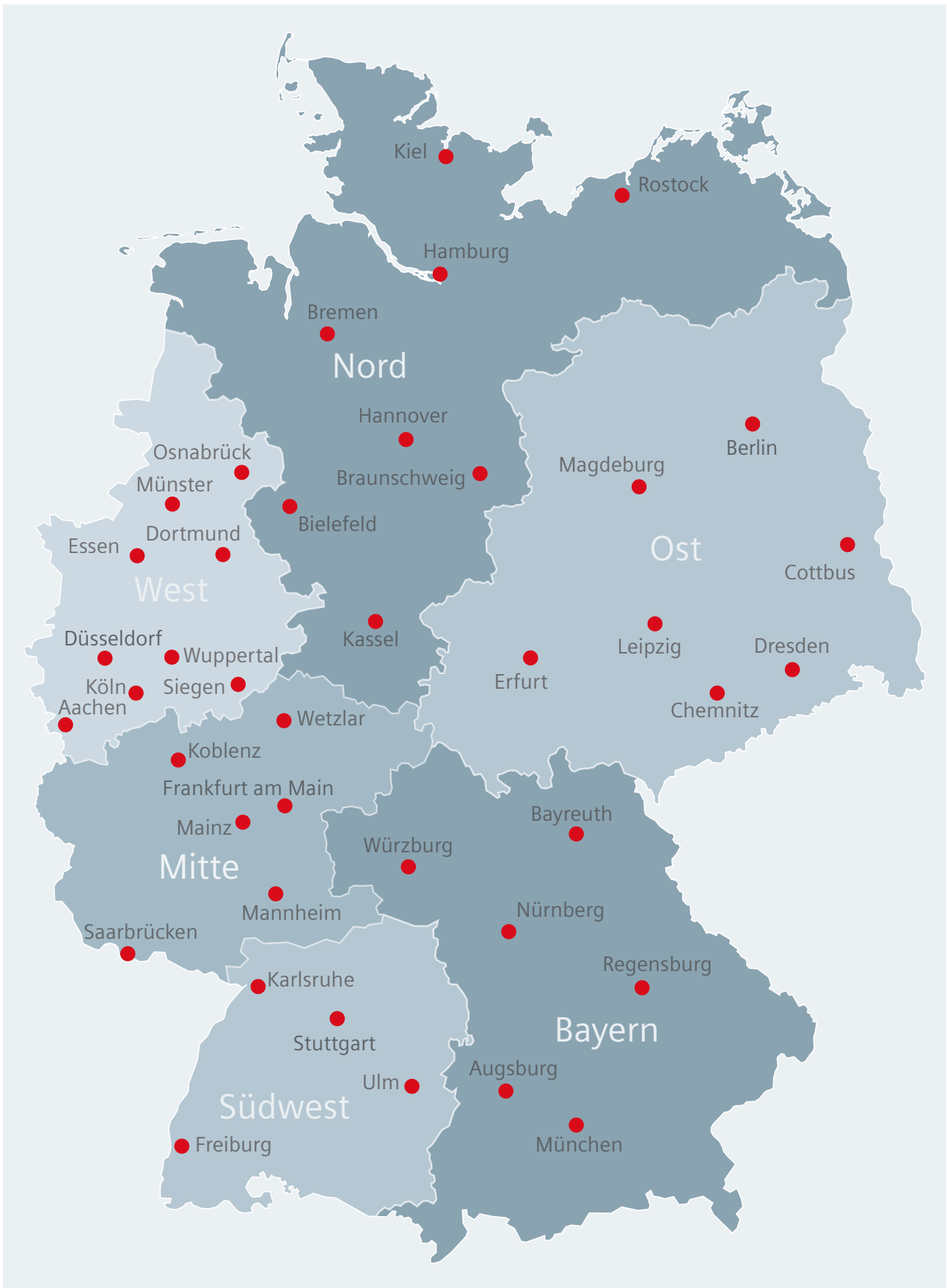


Abb. 7/1: Regionen Deutschland

# Siemens in Ihrer Nähe

## Consultant Support

### Region Nord

Dieter Drescher  
Telefon: 0 40 / 28 89 20 84  
E-Mail: drescher.dieter@siemens.com

Helmut Onken  
Telefon: 01 62 / 2 80 26 69  
E-Mail: helmut.onken@siemens.com

Peter Weidemeier  
Telefon: 05 11 / 8 77 24 32  
E-Mail: peter.weidemeier@siemens.com

Orhan Yilderim  
Telefon: 0 40 / 28 89 21 53  
E-Mail: orhan.yilderim@siemens.com

### Region West

Franz Ertzkus  
Telefon: 02 34 / 5 88 48 63  
E-Mail: franz.ertzkus@siemens.com

Jürgen Hupperich  
Telefon: 02 21 / 5 76 31 37  
E-Mail: juergen.hupperich@siemens.com

Rainer Müller  
Telefon: 02 31 / 5 76 14 16  
E-Mail: rainerrm.mueller@siemens.com

Frank Röhling  
Telefon: 0 27 39 / 30 15 30  
E-Mail: frank.roehling@siemens.com

### Region Ost

Ronald Franz  
Telefon: 0 30 / 38 63 30 21  
E-Mail: ronald.franz@siemens.com

Ralf Heinemann  
Telefon: 03 61 / 7 53 33 55  
E-Mail: ralf.heinemann@siemens.com

Roberto Gleixner  
Telefon: 03 51 / 8 44 43 51  
E-Mail: roberto.gleixner@siemens.com

### Region Mitte

Stephan Ludwig  
Telefon: 06 51 / 20 09 11  
E-Mail: ludwig.stephan@siemens.com

Ralph Samulowitz  
Telefon: 0 69 / 7 97 33 70  
E-Mail: ralph.samulowitz@siemens.com

Martin Windirsch  
Telefon: 0 69 / 7 97 50 13  
E-Mail: martin.windirsch@siemens.com

### Region Südwest

Klaus-Jürgen Häberlen  
Telefon: 07 11 / 1 37 22 21  
E-Mail: klaus.haerberlen@siemens.com

Andreas Herre  
Telefon: 0711 / 137-2219  
E-Mail: andreas.herre@siemens.com

Oskar Scherzinger  
Telefon: 07 61 / 2 71 21 51  
E-Mail: oskar.scherzinger@siemens.com

### Region Bayern

Wolfgang Bährle  
Telefon: 0 89 / 92 21 34 53  
E-Mail: wolfgang.baehrle@siemens.com

Wilhelm Ebentheuer  
Telefon: 09 11 / 6 54 39 69  
E-Mail: wilhelm.ebentheuer@siemens.com

Bernhard-Wilhelm Hartel  
Telefon: 0 89 / 92 21 69 78  
E-Mail: bernhard.hartel@siemens.com

### Österreich

Erich Thauer  
Telefon: +43 5 17 07 2 29 86  
E-Mail: erich.thauer@siemens.com

# Impressum

Totally Integrated Power  
Applikationen für die elektrische Energieverteilung  
Hochhäuser

## Herausgeber

Siemens Aktiengesellschaft  
Infrastructure & Cities Sector  
Low and Medium Voltage Division

## Schriftleitung und Redaktion

Siemens AG  
IC LMV MS CI TIP  
Dr. Siegbert Hopf  
E-Mail: siegbert.hopf@siemens.com

## Verlag

Publicis Publishing  
Nägelsbachstr. 33  
D-91052 Erlangen

## Bildrechte

Titel © Siemens AG; Seite 3 © Siemens AG;  
Seite 5 © Siemens AG Pressebilder; Seite 13 © Siemens AG;  
Seite 25 © Siemens AG Pressebilder; Seite 39 © Siemens AG  
Pressebilder; Seite 55 © Siemens AG; Seite 73 © Siemens  
AG Pressebilder; Seite 87 © Siemens AG

Alle anderen, nicht gekennzeichneten  
Bilder und Grafiken © Siemens AG.

## Druck

Kösel GmbH & Co. KG  
Am Buchweg 1  
D-87452 Altusried-Krugzell

© 2012 Siemens Aktiengesellschaft  
Berlin und München

Alle Rechte vorbehalten. Schutzgebühr 5,00 Euro  
Alle Angaben und Schaltungsbeispiele ohne Gewähr  
Änderungen vorbehalten.

Bestell-Nr. E10003-E38-2B-T0030  
Dispo 27612

Wenn Markenzeichen, Handelsnamen, technische Lösungen oder  
dergleichen nicht besonders erwähnt sind, bedeutet dies nicht,  
dass sie keinen Schutz genießen.



## **Siemens AG**

Sektor Infrastructure & Cities

Division Low and Medium Voltage

Freyeslebenstr. 1

91058 ERLANGEN

DEUTSCHLAND

Die Informationen in dieser Broschüre enthalten lediglich allgemeine Beschreibungen bzw. Leistungsmerkmale, welche im konkreten Anwendungsfall nicht immer in der beschriebenen Form zutreffen bzw. welche sich durch Weiterentwicklung der Produkte ändern können. Die gewünschten Leistungsmerkmale sind nur dann verbindlich, wenn sie bei Vertragsschluss ausdrücklich vereinbart werden.

Alle Erzeugnisbezeichnungen können Marken oder Erzeugnisnamen der Siemens AG oder anderer, zuliefernder Unternehmen sein, deren Benutzung durch Dritte für deren Zwecke die Rechte der Inhaber verletzen kann.