

EltAnlagen 2020

Planung und Bau von elektrischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden

Empfehlung Nr. 159

Stand: 9. Oktober 2020

Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen

**Planung und Bau
von elektrischen Anlagen
in öffentlichen Gebäuden**

EltAnlagen 2020

lfd. Nr.: 159

Aufgestellt und herausgegeben vom Arbeitskreis
Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher
und kommunaler Verwaltungen (AMEV)
Berlin 2020

Geschäftsstelle des AMEV im Bundesministerium
des Innern, für Bau und Heimat (BMI)
Referat BW I 3

Alt-Moabit 140, 10557 Berlin
Besucheranschrift: Krausenstraße 17-20, 10117 Berlin

Tel.: 030 18 681 16860
E-Mail: amev@bmi.bund.de

Der Inhalt dieser Empfehlung darf für eigene Zwecke vervielfältigt werden. Eine Verwendung in nicht vom AMEV herausgegebenen Medien wie z. B. Fachartikeln oder kostenpflichtigen Veröffentlichungen ist vor der Veröffentlichung mit der AMEV-Geschäftsstelle zu vereinbaren.

Informationen über Neuerscheinungen erhalten Sie unter <http://amev-online.de> oder bei der AMEV-Geschäftsstelle

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	6
1	Planungsgrundlagen	7
1.1	Allgemein	7
1.2	Planungsunterstützende Software	8
1.3	Elektrische Anschlussleistung	10
1.3.1	Bedeutung	10
1.3.2	Ermittlung und Berechnung	10
1.4	Leistungsbedarfsmeldung, Anschlusskosten	14
1.5	Jahresbenutzungsstunden und -energiebedarf	14
2	Mittelspannungsanlagen	17
2.1	Transformatorstationen	17
2.1.1	Allgemein	17
2.1.2	Eigentumsverhältnisse	17
2.1.3	Planungsgrundlagen	17
2.1.4	Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen (26. BImSchV)	18
2.2	Mittelspannungsschaltanlage	19
2.2.1	Ausführung der Schaltfelder	19
2.2.2	Übergabeschaltanlage des Verteilnetzbetreibers	20
2.2.3	Übernahmeschaltfeld	20
2.2.4	Transformatorenschaltfelder	21
2.2.5	Kabelschaltfelder	21
2.2.6	Reserveschaltfelder	22
2.3	Transformatoren	22
2.3.1	Auswahl und Ausführung	22
2.3.2	Transformatorschutz	24
2.3.3	Parallelbetrieb von Transformatoren	24
2.4	Erdung	25
2.5	Zubehör	27
3	Niederspannungsanlagen	28
3.1	Netzform	28
3.2	Niederspannungs- und Gebäudehauptverteilung	29
3.3	Verteilungen	30
3.4	Kabel, Leitungen und Schienenverteilersysteme	31
3.5	Verlegesysteme	34
3.6	Stromkreise	35
3.6.1	Allgemein	35
3.6.2	Maßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag	36
3.6.3	Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich	37
3.7	Brandschutz, Schutz gegen thermische Auswirkungen und Funktionserhalt	38
3.7.1	Brandschutz	38
3.7.2	Schutz gegen thermische Auswirkungen	38
3.7.3	Funktionserhalt	40
4	Blitz- und Überspannungsschutz, Erdungssystem und Elektromagnetische Verträglichkeit	42
4.1	Blitz- und Überspannungsschutzsystem (LPS)	42
4.1.1	Notwendigkeit	42
4.1.2	Äußerer Blitzschutz	43
4.1.3	Trennungsabstand	43
4.1.4	Innerer Blitzschutz	45
4.2	Erdungssystem	46
4.2.1	Erdungsanlage	46
4.2.2	Potenzialausgleichsanlage	47

4.3	Elektromagnetische Verträglichkeit	48
5	Elektrische Betriebsräume	52
5.1	Definition	52
5.2	Allgemeine bauliche Anforderungen	52
5.3	Anforderungen an elektrische Betriebsräume für Schaltanlagen bis 1 kV	53
5.4	Anforderungen an elektrische Betriebsräume für Transformatoren und Schaltanlagen über 1 kV	54
5.5	Berechnungen und Beispiele für elektrische Betriebsräume	56
5.6	Zusätzliche Anforderungen an Batterieräume	58
6	Abnahme, Dokumentation, Prüfung und Instandhaltung	60
6.1	Planungs- und Berechnungsunterlagen	60
6.2	Abnahmeprüfungen/Erstprüfungen	60
6.3	Konformitätsnachweise, Zertifikate	61
6.4	Technische Unterlagen	62
6.5	Betrieb und Instandhaltung	63
7	Nutzungsspezifische elektrische Anlagen	64
7.1	Blindstromkompensation	64
7.2	Mess- und Verbrauchswernerfassung	66
7.3	Photovoltaikanlagen	67
7.3.1	Allgemein	67
7.3.2	Aufbau und Randbedingungen	67
7.3.3	Gesetzliche und normative Vorgaben	70
7.3.3.1	Allgemein	70
7.3.3.2	Bauaufsichtliche Einordnung	70
7.3.3.3	Standsicherheit	71
7.3.3.4	Verwendbarkeitsnachweis von Bauprodukten und Bauarten, Bauaufsichtliche Zulassung	71
7.3.3.5	Brandschutz	72
7.3.3.6	Blendwirkung	73
7.3.4	Weitere technische Anforderungen	74
7.3.4.1	Blitzschutz	74
7.3.4.2	Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit	74
7.3.4.3	Netzeinspeisung	76
7.3.4.4	Einspeisemanagement	76
7.3.4.5	Erstprüfung	77
7.3.4.6	Wiederholungsprüfung	77
7.3.5	Instandhaltung	77
7.3.6	Funktionsüberwachung	78
7.3.7	Visualisierung	79
7.3.8	Marktstammdatenregister	79
7.3.9	Recycling von PV-Modulen	80
7.3.10	Checkliste zur Planung und Errichtung von PV-Anlagen	81
7.4	Ladeinfrastruktur Elektromobilität	82
7.4.1	Öffentlich rechtliche Anforderungen	82
7.4.2	Begriffsdefinitionen	83
7.4.2.1	Allgemein	83
7.4.2.2	Ladeverfahren	83
7.4.2.3	Normal- und Schnellladen	84
7.4.2.4	Ladebetriebsarten (Lademodi)	84
7.4.3	Planung und Errichtung	85
7.4.3.1	Bedarf an Anschlussleistung und Ladepunkten	85
7.4.3.2	Installationsort	86
7.4.3.3	Netzanschluss	86
7.4.3.4	Errichten der elektrischen Anlage	87
7.4.3.5	Blitz- und Überspannungsschutz	88
7.4.3.6	Besonderheiten für Ladestationen	88

7.4.4	Übergabe/Übernahme	89
7.4.5	Qualifikation Personal	89
7.5	Energieeffizienz und -optimierung	89
7.6	Sonnenschutz	90
7.7	Beheizen von Dachrinnen und Dachabläufen	93
8	Anhang	94
8.1	Planungshilfe für elektrische Leistungsbilanzen für das Normal- und Ersatznetz	94
8.2	Checkliste für die Abnahme von elektrischen Anlagen durch den Auftraggeber	97
8.3	Kabel und Leitungen gemäß europäischer Bauproduktenverordnung (BauPVO)	100
8.4	Risiko-/Sicherheitsbewertung zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen	101
9	Auswahl wichtiger Vorschriften, Regelwerke und Arbeitshilfen	106
9.1	Öffentlich-rechtliche Vorschriften des Bundes	106
9.2	Öffentlich-rechtliche Vorschriften der Länder	106
9.3	Regeln der Technik	107
9.4	Richtlinien, Schriften, Arbeitsblätter	107
10	Glossar- und Abkürzungsverzeichnis	109
11	Mitarbeiter	112

Vorwort

Die hier vorliegende AMEV-Empfehlung „Planung und Bau von elektrischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden“ (EltAnlagen 2020) ersetzt die 2015 veröffentlichte „EltAnlagen 2015“.

Die umfassend überarbeitete und erweiterte AMEV-Empfehlung „EltAnlagen 2020“ berücksichtigt die seit 2015 eingetretenen normativen Änderungen und die technischen Weiterentwicklungen. Aktualisiert und ergänzt wurden die praktischen Erfahrungen aus einer Vielzahl unterschiedlicher öffentlicher Baumaßnahmen. Stellvertretend sind hier die neugefassten Empfehlungen für die Planung, die Errichtung, den Betrieb und die Instandhaltung gebäudebezogener Photovoltaikanlagen zu nennen.

Herauszustellen sind die auf der Grundlage einer bundesweiten mehrstufigen Abfrage ermittelten Ergebnisse des Projektes „Objekt- und Leistungswerte für öffentliche Gebäude“, die in das neugefasste Kapitel 1 der „EltAnlagen 2020“ eingeflossen sind. Neueste Kennwerte für den elektrischen Leistungsbedarf und für die Jahresbenutzungstunden unterstützen und qualifizieren die Planung von elektrischen Anlagen in den ersten Planungsphasen.

Neu in der „EltAnlagen 2020“ sind Empfehlungen für die Planung, die Errichtung und den Betrieb der Ladeinfrastruktur für Elektromobilität. Diese Hinweise sollen die Baudienststellen und die Verwaltungen der Öffentlichen Hand unterstützen, die zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms 2030 erforderliche Ladeinfrastruktur in ihren Liegenschaften aufzubauen.

Neu aufgenommen wurden zudem Leitlinien zur Auswahl, Festlegung und Dokumentation besonderer Maßnahmen zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen in Endstromkreisen in Niederspannungsanlagen. Mit Bezug auf DIN VDE 0100-420, Abschnitt 421.7 werden die Vorgehensweise und eine Praxishilfe für die Risiko-/Sicherheitsbewertung vorgestellt, die nunmehr für ausgewählte Räume und Orte durchzuführen und zu dokumentieren ist. In diesem Kontext werden zudem einschlägige und geeignete bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen erläutert, um den Sicherheitswert an einen ggf. erhöhten Risikowert anzupassen.

Besonders hervorzuheben sind auch die Hinweise für das qualifizierte Vorgehen zur Umsetzung der Vorgaben der unter die Bauproduktenverordnung fallenden europäisch harmonisierten Produktnorm DIN EN 50575. Die für öffentliche Gebäude bestehenden bauordnungsrechtlichen Vorgaben an Starkstromkabel und -leitungen für die dauerhafte Installation in Bauwerken werden erläutert und die im deutschen Baurecht einschlägigen Regelwerke dargestellt.

Hinweise zur Energieeffizienz und Angaben zu den Folgekosten sollen dazu beitragen, den Blick noch stärker als bisher auf eine ganzheitliche Betrachtung zu richten. Bauliche und technische Lösungen, die über den gesamten Lebenszyklus - von der Planung über den Bau und Betrieb bis zur Demontage und Entsorgung - das Optimum darstellen, sollen damit gefördert werden.

Rechenbeispiele und die beiden Excel-Tools zur Ermittlung der elektrischen Anschlussleistung sowie zur Risiko-/Sicherheitsbewertung zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen runden die AMEV-Empfehlung ab und unterstreichen deren Praxisbezug.

Die AMEV-Empfehlung „EltAnlagen 2020“ und die beiden Excel-Tools sind auf der AMEV-Homepage www.amev-online.de veröffentlicht. Anregungen und Verbesserungsvorschläge zur vorliegenden AMEV-Empfehlung sind willkommen und können der AMEV-Geschäftsstelle zugeleitet werden.

Dipl.-Ing. Walter Arnold
Vorsitzender des AMEV

Dipl.-Ing. Matthias Schreiber
Obmann AG „EltAnlagen“

1 Planungsgrundlagen

1.1 Allgemein

Zu den wesentlichen Planungsgrundlagen zählen Art, Nutzung und Form der baulichen Anlagen einschließlich der Unterbereiche, die Lage der Nutzungsbereiche, die betriebstechnischen Abläufe sowie die Gliederung, Abgrenzung und Struktur der Versorgungsbereiche.

Wichtige bauliche Kennwerte nach DIN 277-1 sind:

- BRI Bruttorauminhalt,
- BGF Bruttogrundfläche,
- NRF Nettraumfläche, (entspricht ehem. Nettogrundfläche NGF)
- NF Nutzfläche.

Bei der Planung sind insbesondere die bauordnungsrechtlichen Anforderungen des jeweiligen Bundeslandes, z. B. für Sonderbauten sowie weitergehende Vorschriften u. a. für Arbeitsschutz und Umweltschutz zu beachten.

Darüber hinaus sind zu berücksichtigen:

- die allgemein anerkannten Regeln der Technik und Normen, z. B. International Electrotechnical Commission (IEC), Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung (CENELEC), Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V. (VDE), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN),
- die Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung – NAV),
- die Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Grundversorgung von Haushaltskunden und die Ersatzversorgung mit Elektrizität aus dem Niederspannungsnetz (Stromgrundversorgungsverordnung – StromGVV) und
- die Technischen Anschlussregeln (TAR) des VDE Forums Netztechnik/Netzbetrieb (VDE-FNN), welche als Basis/Anwendungsregel für die Erstellung der Technischen Anschlussbedingungen (TAB) des jeweiligen Verteilungsnetzbetreibers (VNB) gelten.

Zu den Technischen Anschlussregeln gehören u. a.:

- „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen am Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)“ (VDE-AR-N 4100)
- „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ (VDE-AR-N 4105)
- „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)“ (VDE-AR-N 4110)

Technische Anlagen müssen sowohl den funktionellen Anforderungen des Nutzers entsprechen, als auch wirtschaftlich betrieben werden können. Architekten¹, Fachplaner, Nutzer, Betreiber sowie Genehmigungs-/Aufsichtsbehörden und im Einzelfall Sachverständige sind frühzeitig bereits in der Konzeptphase zu beteiligen und in den Planungsprozess einzubinden. Konzeption und Planung, die in hohem Maße bereits die Kosten für Nutzung und Bewirtschaftung der baulichen Anlage bestimmen, sollten grundsätzlich den Endausbau berücksichtigen. Teure Zwischenlösungen sind zu vermeiden. Mit Blick auf die steigenden Kos-

¹ Aus Gründen der besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit wird hier und im Folgenden auf die Verwendung von Paarformen verzichtet. Stattdessen wird die grammatisch maskuline Form verallgemeinernd verwendet (generisches Maskulinum). Diese Bezeichnungsform umfasst gleichermaßen weibliche und männliche Personen, die damit selbstverständlich gleichberechtigt angesprochen sind.

ten für Rohstoffe und Energie sowie die Begrenztheit dieser Ressourcen nehmen die verbrauchs- und betriebsgebundenen Kosten baulicher Anlagen einen immer größeren Stellenwert ein. Daher sind die elektrischen Betriebsmittel so auszuwählen und zu bemessen, dass sie auch in ihrem Zusammenwirken ein wirtschaftliches und technisches Optimum darstellen.

Optimale Lösungen sollen folgende Kriterien vereinigen:

- Niedrige Betriebskosten,
- Angemessene Investitionskosten,
- Hohe Verfügbarkeit,
- Einfacher Anlagenaufbau im Hinblick auf Herstellung und Betriebsführung und
- Leichte Anpassung an sich ändernde Betriebsverhältnisse.

Zur Senkung der Bau- und Betriebskosten können beitragen:

- Vermeidung von Überdimensionierungen (sofern diese nicht als wirtschaftlicher nachgewiesen),
- Einsatz energieeffizienter Anlagentechnik (Energieeffizienzklasse, Stand-by-Verbrauch),
- Reduzierung der Teilevielfalt und Ersatzteilverhaltung,
- Leichte Zugänglichkeit und Austauschbarkeit von Bauteilen,
- Verwendung von Anlagen/Bauteilen mit geringer Wartungsintensität
- Einsatz recyclefähiger Bauteile (Vermeidung von Sondermüll) und
- Überwachung und Absenkung der elektrischen Leistungsspitze.

1.2 Planungsunterstützende Software

Aufgrund des Erlasses des Bundesbauministeriums vom 16. Januar 2017 findet das Building Information Modeling (BIM) für Baumaßnahmen des Bundes ab einem geschätzten Baukostenvolumen von 5 Mio. € brutto zunehmend Anwendung. Das BIM beschreibt eine Methode mit der die Planung, Ausführung und Bewirtschaftung von Gebäuden digitalisiert und vernetzt werden kann. Alle Bauwerksdaten werden mittels Software modelliert, zusammengefasst und können gewerkeübergreifend miteinander ausgetauscht und iterativ zusammengeführt werden. Im Ergebnis entsteht ein virtuelles Bauwerk, welches geometrisch als Computermodell visualisiert werden kann. Viele CAD Hersteller bieten hierfür softwaretechnische Unterstützungen an. BIM-Software ist ebenfalls für Projektsteuerungsaufgaben erhältlich.

Moderne Fachplanungssoftware für elektrotechnische Anlagen kann Fachplaner, Bauherren, Nutzer und Betreiber bei der Planung und Projektierung, den Fachprüfungen, der Bestandführung und der Dokumentation der elektrischen Anlagen unterstützen. Die Vorteile der Datenverarbeitung (DV) gestützten Planung der elektrischen Anlagen liegen in der Qualitätssicherung und -verbesserung, der Erhöhung der Produktivität und der mittelfristig größeren Wirtschaftlichkeit.

CAE/CAD-Software (Computer Aided Engineering/Computer Aided Design) ermöglicht nicht nur zeichnerische Darstellungen. Sie berechnet und dimensioniert Anlagen auf der Grundlage alphanumerischer Werte und prüft die Berechnungsergebnisse nach den Normen des IEC, CENELEC, VDE und DIN. CAE/CAD-Systeme können aus CAD-Zeichnungen die erforderlichen Werte - soweit vorhanden und möglich - auslesen und die Ergebniswerte zurückschreiben. Sie speichern die für den gesamten Lebenszyklus einer Anlage erforderlichen Daten in digitaler Form und schaffen damit eine dauerhafte Datengrundlage z. B. für spätere Umbauten oder Erweiterungen.

Im praktischen Einsatz bei den Bauverwaltungen und -betrieben haben sich Zeichen- und Berechnungsprogramme für den Bereich Elektro- und Informationstechnik mit modularem

Programmaufbau bewährt. Das gemeinsame Merkmal dieser Planungstools (z. B. Elaplan® und elcoCAD®) ist eine datenbankbasierte Anwendung, d. h. alle Projektdaten werden in einer Projektdatenbank verwaltet und stehen hier zentral für alle Systemmodule zur Verfügung. Die Art und Anzahl der einzelnen Module sind in den Programmen unterschiedlich. Sie sollten jedoch an die jeweilige Planungsaufgabe angepasst werden können. Weniger geeignet sind Nischentools, die für sich alleine betrachtet gute Ergebnisse erzeugen können, aber nicht mit anderen Tools auf einer gemeinsamen Datenbank kommunizieren. Bei Projektänderungen müssen die Daten an mehreren Stellen - beispielsweise bei der Stromkreisdimensionierung, Schutzorganauswahl und Selektivitätsbetrachtung - eingearbeitet werden.

Bei Einsatz von herstellernerutralen Tools ist u. a. zu beachten, dass der Vertragspartner der Software auch die Stammdaten für Geräte und Anlagen, wie beispielsweise Kennliniendaten von Schutzgeräten für die Selektivitätsbeurteilung in Geräteherstellerqualität bereitstellen und aktualisieren muss.

Für Dimensionierungstools (CAE) gab es im Gegensatz zu grafischen Austauschformaten (CAD) bisher keine allgemeingültigen Schnittstellen. Ein Austausch der Daten zwischen verschiedenen herstellereigenen CAE-Tools war nicht oder nur sehr aufwändig möglich. Inzwischen ermöglichen CAE-Softwarehersteller über allgemeingültige Standardschnittstellen (z. B. ecl@ss advanced) den herstellerübergreifenden Austausch von Projektdaten. Dabei erfolgt der Datenaustausch insbesondere für Katalogdaten sowie für Parameter und Kennlinien von Schutzgeräten im auf der XML-Technologie basierenden BMEcat-Format. Hierdurch entfällt ein aufwändiges und fehleranfälliges Übertragen und Anpassen der Datenstrukturen in das jeweilige CAE-Programm unterschiedlicher Hersteller.

Der Einsatz eines Softwaresystems sollte immer frühzeitig, d. h. vor Planungsbeginn zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer festgelegt und vertraglich vereinbart werden. Idealerweise können Auftraggeber und Auftragnehmer mit den gleichen Herstellerprogrammen arbeiten und Daten austauschen. Falls verschiedene CAE-Programme zum Einsatz kommen, sollte mindestens jedoch eine herstellereigene Standardschnittstelle für den Datenaustausch vertraglich vereinbart werden. Mehrere Bauverwaltungen und Nutzer haben dafür eigene CAE/CAD-Standards erstellt, die für ihren Bereich verbindliche Schnittstellenformate oder Softwaresysteme zur Planung und/oder zur Dokumentation vorgeben (z. B. CAE-CAD Standard des Bau- und Liegenschaftsbetrieb Nordrhein-Westfalen).

Bei der DV-gestützten Realisierung elektrischer Anlagen kommen Planungstools bzw. Planungsmodule für folgende Aufgabenbereiche in Frage:

- Anlagenkonfiguration (Festlegung verschiedener Netzarten und Versorgungen),
- Beleuchtung (Berechnung von Beleuchtungsstärken, Gleichmäßigkeiten und Blendungswerten),
- Stromkreisdimensionierung (Auslegung elektrischer Zu- und Versorgungsleitungen),
- Netzbetrachtung/-berechnung (Lastverteilung und Kurzschlussberechnung für Niederspannung/Mittelspannung (NS/MS)),
- Erdung/Blitzschutz (Berechnung von Erdungsanlagen und Blitzschutzbedürftigkeit),
- Gebäudeautomation (Auslegung Gebäudeleittechnik),
- Kommunikation (Auslegung komplexer Netze für die Informations- und Kommunikationstechnik (IuK)),
- Kosten/Wirtschaftlichkeit (Betrachtung unterschiedlicher Ausführungsvarianten),
- Planung, Ergebnisdarstellung und Dokumentation im CAD-Modell.
- Mengenauswertung (Automatisch generierte Mengenermittlung, Erstellung Leistungsverzeichnis (LV)),
- Kostenverfolgung, -prüfung (Angebote, Rechnungen, Nachträge).

1.3 Elektrische Anschlussleistung

1.3.1 Bedeutung

Mit Hilfe von spezifischen Kennwerten für den elektrischen Leistungsbedarf können Bauherren, Fachplaner und Betreiber die elektrische Anschlussleistung von öffentlichen Gebäuden und Liegenschaften bereits in frühen Planungsphasen mit einem verhältnismäßig geringen Aufwand abschätzen.

Diese Kennwerte unterstützen in der Vor- und Entwurfsplanung das Erarbeiten eines Planungskonzeptes, eines Variantenvergleichs zur Art der elektrischen Einspeisung sowie des elektrotechnischen Versorgungskonzeptes (Netzanschluss). Sie ermöglichen die Voranfragen beim Netzbetreiber (Bedarfsanmeldung), die Vorauswahl der Art der Messung, die Einschätzung des Flächenbedarfs für Elektro-Hausanschluss-/Technikräume sowie das Abschätzen des Anschlusskostenbeitrages und Baukostenzuschusses.

In allen Planungsphasen und im Betrieb dient der elektrische Leistungsbedarf der Plausibilitätskontrolle und dem Benchmarking.

Die Kennwerte für den elektrischen Leistungsbedarf unterstützen insofern das wirtschaftliche Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden.

Die elektrische Anschlussleistung der Liegenschaft, der Gebäude, der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel muss frühzeitig, sachgerecht und verantwortungsvoll über alle Netzarten (Normalnetz, Ersatznetz, Sondernetz) ermittelt werden.

Fehlende oder qualitativ unzureichende Berechnungen des Leistungsbedarfes können dazu führen, dass unwirtschaftliche elektrotechnische Versorgungsanlagen geplant und ausgeführt werden, erhöhte Investitions- und Verbrauchskosten auftreten oder die Verfügbarkeit der Elektroenergie bzw. die Versorgungssicherheit nicht den Bedarfsanforderungen entspricht.

Die elektrische Anschlussleistung ist im Rahmen jeder Baumaßnahme zu ermitteln bzw. fortzuschreiben, sofern diese nicht nur geringfügige Leistungen der Kostengruppe 400 (DIN 276) umfasst. Die Leistungsbedarfsermittlung ist eine Grundleistung der Planungsphasen 2 (Vorplanung) und 3 (Entwurfsplanung) nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI). Die Ergebnisse sind wesentlicher Bestandteil der Entwurfsunterlage Bau (EW-Bau) bzw. Haushaltsunterlage Bau (HU-Bau) und in diesen qualifiziert zu dokumentieren.

Im Zuge der Ausführungsplanung detailliert und präzisiert der Fachplaner für Elektrotechnik die Leistungsbedarfsermittlung. In enger Abstimmung mit den an der Planung und am Bau Beteiligten koordiniert er auch den fachgerechten elektrischen Anschluss der versorgungstechnischen Anlagen der weiteren Fachbereiche. Der Bauherr beantragt mit Unterstützung der Fachplaner den Netzanschluss beim VNB. Dazu werden benötigt: Angabe der elektrischen Anschlussleistung, Lageplan (1:500) und bemaßte Zeichnungen des Anschlussraumes.

1.3.2 Ermittlung und Berechnung

Die elektrische Anschlussleistung eines Gebäudes bzw. einer elektrischen Anlage entspricht nur in Ausnahmefällen der Summe der installierten Verbraucherleistungen.

Die elektrische Anschlussleistung errechnet sich unter Berücksichtigung des Wirkleistungsfaktors $\cos \varphi$ aus der Summe der Bemessungsleistungen aller installierten Verbraucher, multipliziert mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor.

Der Gleichzeitigkeitsfaktor nimmt mit zunehmender Anzahl der elektrischen Verbraucher und gleichartiger elektrischer Anlagen bzw. Betriebsmittel tendenziell ab.

Wegen der Bedeutung des Gleichzeitigkeitsfaktors ist dieser grundsätzlich an die örtlichen Bedingungen anzupassen. Dies gilt in besonderem Maße für Steckdosen, IuK-Geräte und leistungsstarke Einzelverbraucher.

Die elektrische Anschlussleistung eines Gebäudes oder einer Liegenschaft kann durch Erfahrungswerte und diverse Berechnungsmethoden ermittelt werden.

Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich im Berechnungsaufwand, im Detaillierungsgrad und in der Genauigkeit.

In den ersten Planungsstufen eines Projektes ist es häufig ausreichend den Anschlusswert über spezifische Flächenlasten bei einem geschätzten mittleren Wirkleistungsfaktor zu ermitteln (überschlägiger Leistungsbedarf).

Die Tabelle 1 enthält Kenn- bzw. Orientierungswerte für die spezifische 1/4-Stunden-Leistung öffentlicher Gebäude in Abhängigkeit von Art und Nutzung des Gebäudes.

Zur Klassifizierung von Art und Nutzung des Gebäudes wurden die Bauwerkskennungen aus dem Bauwerkszuordnungskatalog (BWZK) mit Stand 2011 des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg verwendet.

Die spezifische elektrische 1/4-Stunden-Leistung in der Tabelle 1 wurde aus dem 1/4-Stunden-Lastgang ermittelt. Die Ergebnisse stellen somit einen Mittelwert über dieses Zeitintervall dar. Innerhalb dieses Zeitintervalls können höhere Momentanwerte der elektrischen Leistung auftreten.

Für die spezifische 1/4-Stunden-Leistung wurden verschiedene statistische Kennwerte ermittelt. Der statistische Kennwert aus der Tabelle 1 sollte auch unter Berücksichtigung der objektkonkreten Besonderheiten einschließlich Ausstattung und Energieeffizienz des Gebäudes bzw. Objektes ausgewählt werden.

Kleinere Gebäude haben tendenziell einen höheren spezifischen Leistungsbedarf als größere Gebäude.

Mit zunehmender Gebäudegröße steigen in der Regel auch die Jahresnutzungsstunden (Vollbenutzungsstunden).

Eine Abhängigkeit zwischen der spezifischen elektrischen 1/4-Stunden-Leistung und dem Bau- bzw. Sanierungsjahr eines Gebäudes wurde bisher nicht festgestellt.

Bei Verwendung der Kennwerte in Tabelle 1 ist zudem zu beachten, dass die Elektromobilität bei der spezifischen elektrischen 1/4-Stunden Leistung noch nicht berücksichtigt ist.

Sofern Ladestationen an die Energieversorgung eines Gebäudes angeschlossen werden, kann die elektrische Anschlussleistung in erheblichem Maße durch die Ladeinfrastruktur beeinflusst sein. Der elektrische Anschlusswert des Gebäudes kann sich hierdurch erheblich erhöhen.

Auch Photovoltaikanlagen, Blockheizkraftwerke oder Ersatzstromversorgungsanlagen können den Lastgang, den Lastfluss und den Leistungs- und Energiebedarf aus dem öffentlichen Versorgungsnetz beeinflussen. Bei der Planung und Dimensionierung der elektrischen Anlage für ein Gebäude oder ggf. auch für eine Liegenschaft sind Eigenstromversorgungsanlagen daher immer gesondert zu betrachten.

Zudem sollten auch Großverbraucher in Gebäuden - wie z. B. Küchen, Wäschereien, Rechnerpools, Labore, Ladeinfrastruktur für Elektromobilität und Prüfstände - zur Erhöhung der Ergebnisgenauigkeit ggf. zusätzlich berücksichtigt werden.

Elektrische Anlagen, die im Hinblick auf die Versorgungssicherheit redundant ausgelegt werden müssen, sind gesondert zu betrachten.

In Passivhäusern (als Nichtwohngebäude) werden mechanische Lüftungsanlagen zur Gewährleistung der Luftqualität eingesetzt (kontrollierte Raumlüftung). Diese Lüftungsanlagen, gleich ob mit oder ohne Wärmerückgewinnung, werden elektrisch angetrieben. Hierdurch steigen der elektrische Leistungsbedarf und der Energieverbrauch des Gebäudes.

Der durchschnittliche zusätzliche spezifische elektrische Leistungsbedarf beträgt bei Einsatz einer kontrollierten Lüftungsanlage in einem Verwaltungsgebäude bis zu 8 W/m² NRF. Abhängig von der Qualität und Ausführung der Lüftungsanlage ist mit einer hohen Standardabweichung zu rechnen.

BWZK	Gebäudeart	Anzahl Datensätze	spezifischer Leistungsbedarf in W/m ² NRF (1/4 Stunden-Leistung)						
			Bereich	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Modalwert	Mittelwert nach AMEV "EltAnlagen 2015" Tab. 1	
AB00 ABC0 ABCD									
1200	Gerichtsgebäude	95	4,76 - 35,91	11,14	4,99	10,19	11,25	15	
	1210 Gerichtsgebäude normale techn. Ausstattung	53	5,71 - 25,26	10,42	4,19	9,67	10,75		
1300	Verwaltungsgebäude	309	0,42 - 76,94	13,14	6,87	11,84	10,75		
	1320 Verwaltungsgeb. einfache techn. Ausstattung	240	1,65 - 51,59	12,74	5,65	11,76	11,55	15	
	1323 Verwaltungs-, Amtsgebäude, nur Finanzamt	83	6,95 - 29,09	11,80	3,85	10,80	9,60	15	
	1330 Verwaltungsgeb. erhöhte techn. Ausstattung	42	0,42 - 76,94	21,62	15,41	15,75	16,50	20	
	1340 Polizeidienstgebäude Bund / Land	134	4,32 - 56,71	15,20	7,62	13,58	10,60		
	1341 Präsidien / Direktionen	35	5,03 - 29,83	14,35	5,59	13,82	15,00	15	
	1342 Kommissariate / Reviere / Inspektionen	49	8,08 - 56,71	16,04	8,25	13,77	10,00		
	4110 Schulen, allgemein, z.B. Grund-, Haupt-, Real-, Gesamtschulen, Gymnasien	220	3,55 - 46,36	10,03	4,70	8,91	6,50	12	
	4120 Ganztageschulen mit Verpflegungseinrichtung	94	2,02 - 31,25	10,97	4,74	9,89	9,50		
4200	Berufsbildende Schulen	48	2,44 - 39,98	13,44	8,65	10,53	8,70		
		<30							
	1310 Ministerien / Staatskanzleien / Landesvertretungen	23	6,33 - 37,52	13,61	7,01	12,03	9,50		
	1323 Verwaltungs- / Ämtergebäude, ohne Finanzamt	29	5,27 - 19,78	10,65	3,90	10,07		15	
	2110 Hörsäle	18	8,16 - 37,02	15,92	7,48	13,43	15,5	16	
	4140 Förder- / Sonderschulen	26	6,47 - 28,33	11,85	4,86	11,38	11,70		
	4410 Kindertagesstätten, z.B. Kindergärten, -horte, -krippen	15	4,02 - 53,97	28,41	12,86	29,62	35,00	8	
	4620 Museen	18	5,89 - 71,23	24,76	16,98	18,67	22,50	17	
4700	Veranstaltungsgebäude	16	15,12 - 70,19	34,47	15,30	28,36	34,00		
6500	Beherbergen im Justizvollzug	29	11,16 - 42,46	19,23	7,13	16,90	19,00		
	6510 Justizvollzugsanstalten Gesamtanlagen	21	11,16 - 29,52	17,88	4,90	16,90	16,50	17	

Tabelle 1: Spezifische 1/4-Stunden-Leistung für BWZK-Kategorien öffentlicher Gebäude

Für weiterführende Information wird auf den Abschlussbericht „Objekt- und elektrische Leistungswerte für öffentliche Gebäude“ der AMEV-Arbeitsgruppe „EltAnlagen“ vom 10. Mai 2019 hingewiesen.

Ist in den ersten Planungsstufen die installierte Leistung im Gebäude bereits bekannt, kann der Leistungsbedarf in Abhängigkeit der Gebäudeart alternativ zu Tabelle 1 auch unter Verwendung der Gesamt-Gleichzeitigkeitsfaktoren in der Tabelle 2 ermittelt werden.

Gebäudeart	Gesamt-Gleichzeitigkeitsfaktor
Verwaltungsgebäude	0,5 - 0,7
Verwaltungsgebäude als Passivhaus mit kontrollierter Lüftung	0,6 - 0,7
Schulen, Geisteswissenschaftliche Institute	0,5 - 0,7
Experimentieranlagen, Werkstätten	0,2 - 0,5
Hörsaalgebäude, Versammlungsräume	0,6 - 0,8
Krankenhäuser	0,5 - 0,75
Verkaufsstätten	0,6 - 0,8
Kindergarten/Kindertagesstätten	0,5 - 0,7
Wohngebäude	0,4 - 0,6
Unterkunftsgebäude Bundeswehr	0,4 - 0,6

Tabelle 2: Gesamt-Gleichzeitigkeitsfaktoren bei bekannter installierter Leistung

Quelle: Erfahrungswerte öffentlicher Baudienststellen

In Liegenschaften mit mehreren Gebäuden verschiedenartiger Nutzung ist der Leistungsbedarf zusätzlich unter Berücksichtigung von Gebäude-Gleichzeitigkeitsfaktoren zu ermitteln. Diese können je nach den Betriebsabläufen und der Nutzung 0,7 - 0,9 betragen.

Qualitativ gute Berechnungsergebnisse der elektrischen Anschlussleistung werden regelmäßig erreicht, wenn Verbraucher gleicher Art zu Gruppen zusammengefasst werden und deren installierte "Gruppenleistung" mit dem Gleichzeitigkeitsfaktor der Verbrauchergruppe multipliziert wird. Hierfür dienen die in Tabelle 3 aufgeführten Gleichzeitigkeitsfaktoren als Anhaltspunkt.

Verbrauchergruppe	Gleichzeitigkeitsfaktoren	Mittelwert
Absaugung, Digestorien	0,7	0,7
Aufzüge/Rolltreppen	0,2 - 0,7	0,5
Beleuchtungsanlagen	0,7 - 0,8	0,75
Beleuchtungsanlagen in innen liegenden Räumen	0,7 - 0,9	0,8
EDV Anlagen	1	1
Ladeinfrastruktur Elektromobilität (s. auch 7.4.3.1)	1	1
Experimentieranlagen	0,2 - 0,4	0,3
Heizung	0,7 - 1	0,85
Kälteanlagen	0,8 - 1	0,9
Küchen elektrisch ohne Energieoptimierung	0,3 - 0,8	0,6
Küchen elektrisch mit Energieoptimierung	0,2 - 0,6	0,4
Lastenaufzüge, Krananlagen	0,2	0,2
Lüftungsanlagen, kontrollierte Lüftung	0,7	0,7
Steckdosen 230 V allg. Verbr. (100 W/Steckdose)	0,1 - 0,3	0,2
Steckdosen 230 V für IuK (100 W/Steckdose)	0,7 - 0,9	0,8
Steckdosen 400 V (1000 W/Steckdose)	0,1 - 0,5	0,35
Schmutz-, Warmwasserpumpen	0,2 - 0,4	0,3
Umwälzpumpen	0,6 - 1	0,8
Werkstätten	0,2 - 0,4	0,3

Tabelle 3: Gleichzeitigkeitsfaktoren für Verbrauchergruppen

Die Summe der so ermittelten Gruppenleistungen, multipliziert mit dem Gesamt-Gleichzeitigkeitsfaktor der Sammelschiene, ergibt die Anschlussleistung der baulichen Anlage. Zu beachten ist hier eine eventuelle Verteilung der Gruppenlasten auf mehrere oder unterschiedliche Netzarten, wodurch sich der Gleichzeitigkeitsfaktor innerhalb einer Gruppe zusätzlich verändern kann.

Im Rahmen der Ausführungsplanung sollte der Leistungsbedarf grundsätzlich über Gleichzeitigkeitsfaktoren der Verbrauchergruppen ermittelt werden. Dieses zu relativ genauen Ergebnissen führende Verfahren ist jedoch häufig sehr zeitaufwändig.

In diesem Zusammenhang wird auch auf das im Abschnitt 8.1 beschriebene Excel-Programm zur Leistungsberechnung hingewiesen.

1.4 Leistungsbedarfsmeldung, Anschlusskosten

Die ermittelte Anschlussleistung ist wesentliche Grundlage für die Abstimmungen mit dem VNB. Hierbei wird festgelegt:

- Art der Einspeisung (NS oder MS),
- Netzform,
- Aufbau der Übergabestation,
- Art der Messung,
- Zugänglichkeit der Räume für das Personal des VNB,
- Besondere Anforderungen an die Versorgungssicherheit,
- Anschlusskostenbeiträge und Baukostenzuschüsse.

Der Stromliefervertrag ist inhaltlich mit dem Lieferanten abzustimmen.

1.5 Jahresbenutzungsstunden und -energiebedarf

Über die Jahresnutzungsstunden können der Jahresenergiebedarf und nachfolgend auch die Jahresenergiekosten ermittelt werden.

Tabelle 4 enthält Orientierungswerte für die Jahresnutzungsstunden von öffentlichen Gebäuden in Abhängigkeit der Gebäudeart. Für die Jahresnutzungsstunden sind der arithmetische Mittelwert, die Standardabweichung und der Median angegeben.

Für die Anwendung der Kenn- bzw. Orientierungswerte in der Tabelle 4 gelten gleichlautend die Angaben und Hinweise zur Tabelle 1 in Kapitel 1.3.2.

BWZK	Gebäudeart	Anzahl Datensätze	Jahresnutzungstunden in h/a			
			Mittelwert	Standardabweichung	Median	Mittelwert nach AMEV "EltAnlagen 2015" Tab. 4
AB00 ABC0 ABCD						
1200	Gerichtsgebäude	95	2.589	549	2.555	
1210	Gerichtsgebäude normale techn. Ausstattung	53	2.491	540	2.455	
1300	Verwaltungsgebäude	309	2.676	739	2.546	1.000-5.000
1320	Verwaltungsgeb. einfache techn. Ausstattung	240	2.554	695	2.463	1.000-5.000
1323	Verwaltungs-, Amtsgebäude, nur Finanzamt	83	2.475	386	2.474	1.000-5.000
1330	Verwaltungsgeb. erhöhte techn. Ausstattung	42	3.515	1.051	3.409	1.000-5.000
1340	Polizeidienstgebäude Bund / Land	134	3.598	989	3.782	3.600-5.100
1341	Präsidien / Direktionen	35	3.975	840	4.123	3.600-5.100
1342	Kommissariate / Reviere / Inspektionen	49	3.275	1.047	3.443	3.600-5.100
4110	Schulen, allgemein, z.B. Grund-, Haupt-, Real-, Gesamtschulen, Gymnasien	220	2.066	854	1.903	800-2.400
4120	Ganztagesschulen mit Verpflegungseinrichtung	94	1.888	994	1.758	1.800-2.400
4200	Berufsbildende Schulen	48	2.098	932	1.876	
		<30				
1310	Ministerien / Staatskanzleien / Landesvertretungen	23	3.025	500	2.971	
1323	Verwaltungs- / Ämtergebäude, ohne Finanzamt	29	2.627	729	2.507	1.000-5.000
2110	Hörsäle	18	2.671	1.118	2.417	
4140	Förder- / Sonderschulen	26	2.018	1.202	1.771	
4410	Kindertagesstätten, z.B. Kindergärten, -horten, -krippen	15	1.218	421	973	800-2.400
4620	Museen	18	3.650	985	3.764	2.000-2.600
4700	Veranstaltungsgebäude	16	2.231	934	1.937	
6500	Beherbergen im Justizvollzug	29	2.924	794	2.911	
6510	Justizvollzugsanstalten Gesamtanlagen	21	3.006	702	3.042	3.000-3.500

Tabelle 4: Jahresnutzungsstunden für BWZK-Kategorien öffentlicher Gebäude

Ein Verfahren zur Berechnung des Jahresenergiebedarfs ist die Ermittlung über die gebäudespezifischen Jahresbenutzungsstunden und die flächenbezogene elektrische Anschlussleistung.

$$W_a = t_a \times A \times P_{\text{spez}}$$

W_a Jahresenergiebedarf
 t_a Jahresbenutzungsstunden
 A Nettoraumfläche (NRF)
 P_{spez} spezifische Anschlussleistung

Beispiel für Verwaltungsgebäude mit erhöhter technischer Ausstattung:

t_a = 3.409 h (Tabelle 4, BWZK 1330, Medianwert)
 A = 12.000 m²
 P_{spez} = 15,75 W/m² (Tabelle 1, BWZK 1330, Medianwert)

$W_a = 3.409 \text{ h} \times 12.000 \text{ m}^2 \times 15,75 \text{ W/m}^2$
 $W_a = 644.301 \text{ kWh}$

Die jährlichen Stromkosten für die Nutzungsart „Dienstleistung/Verwaltung“ können über ein sehr vereinfachtes Verfahren abgeschätzt werden. Es basiert auf dem personenbezogenen elektrischen Energieverbrauch. Statistische Erhebungen der letzten Jahre haben einen durchschnittlichen elektrischen Energieverbrauch von ca. 2.000 kWh im Jahr pro Beschäftigten ergeben. Dieser personenbezogene Wert berücksichtigt auch den Energieverbrauch zentraler Einrichtungen. Wird dieser Wert mit der Anzahl der beschäftigten Personen und dem Energiepreis pro kWh multipliziert, erhält man die überschlägigen Jahreskosten für die elektrische Arbeit.

$$K_a = B \times (P_B \times t_a) \times K_{\text{kWh}}$$

K_a jährliche Stromkosten
 B Anzahl beschäftigte Personen
 $(P_B \times t_a)$ Energieverbrauch eines Beschäftigten pro Jahr
 K_{kWh} Kosten pro kWh

Beispiel:

B = 300
 $(P_B \times t_a)$ = 2.000 kWh (vereinfachte Annahme)
 K_{kWh} = 0,24 €/kWh

$K_a = 300 \times 2.000 \text{ kWh} \times 0,24 \text{ €/kWh}$
 $K_a = 144.000 \text{ €}$

Für weiterführende Informationen - u. a. auch zum Jahresenergiebedarf und zur Leistung für luK - wird auf Publikationen der Deutschen Energie-Agentur (dena), des Fraunhofer-Instituts für System- und Innovationsforschung (ISI) und des Instituts für Future Energy Customers and Behaviors (FCN) am E.ON Energy Research Center der RWTH-Aachen verwiesen.

2 Mittelspannungsanlagen

Für die Errichtung von Mittelspannungsanlagen gelten insbesondere die Normen IEC 62271-200 (DIN EN 62271-200 VDE 0671-200) und IEC 61936-1 (DIN EN 61936-1 VDE 0101-1).

Die Mittelspannungsschaltanlage muss die Zulassung des VNB besitzen und entsprechend den Vorschriften des VNB, wie z. B. den Technischen Anschlussbedingungen (TAB) oder den Richtlinien für kundeneigene Mittelspannungsanlagen (RKM), errichtet werden.

Bereits in der Entwurfsplanung ist Aufbau und Einrichtung der Mittelspannungsanlage - insbesondere die Übergabeschaltanlage - mit dem VNB abzustimmen.

2.1 Transformatorenstationen

2.1.1 Allgemein

Transformatorenstationen sind zu errichten, wenn es technisch notwendig oder wirtschaftlich sinnvoll ist den Bedarf an elektrischer Leistung aus dem Mittelspannungsnetz zu decken. Dies ist im Allgemeinen mit dem VNB abzustimmen.

In der Regel sollte ab einem ermittelten Leistungsbedarf von 250 kW ein Mittelspannungsanschluss mit einer abnehmereigenen Trafostation vorgesehen werden. Die Erfahrungen der Liegenschaftsverwaltung bezüglich der Preisgestaltung in Stromlieferungsverträgen sind zu berücksichtigen. Die Entscheidung ist aufgrund einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung im Einvernehmen mit dem zuständigen VNB zu treffen.

Bei der Planung ist zu prüfen, ob umliegende eigene Gebäude von der neuen Trafostation versorgt werden können und künftige Erweiterungen bzw. Neubauten berücksichtigt werden müssen.

2.1.2 Eigentumsverhältnisse

Bei der Versorgung aus dem Netz des VNB sind folgende Varianten zu prüfen:

- Netzstation im Eigentum des VNB mit niederspannungsseitiger Übergabe und Messung der Energie oder
- kundeneigene Station mit mittelspannungsseitiger Übergabe und mittelspannungsseitiger Messung der Energie.

In enger Abstimmung mit dem VNB ist im Rahmen der Planung zu prüfen, welche Eigentumsform am wirtschaftlichsten ist. Vor Ausschreibung einer kundeneigenen Station ist mit dem Betreiber bzw. Nutzer zu klären, ob dieser die Inspektions- und Wartungsarbeiten mit eigenem Personal durchführen kann oder ein Wartungsvertrag mit einem entsprechend qualifizierten Unternehmen abgeschlossen werden muss. Diese Abstimmung muss bereits in einem frühen Planungsstadium erfolgen, um die sach- und fachgerechte Betriebsführung der geplanten Anlagen zu gewährleisten. Auf die diesbezüglich bestehenden Regelungen, z. B. Vergabehandbuch (VHB-Formblatt 112) wird hingewiesen.

2.1.3 Planungsgrundlagen

Bei der Planung ist möglichst genau der Leistungsbedarf anhand der unter Abschnitt 1.3 beschriebenen Berechnungsgrundlagen zu ermitteln.

Ist als Folge absehbarer Nutzungsänderungen oder baulicher Erweiterungen ein Zuwachs an elektrischer Leistung zu erwarten, ist dieser zusätzliche Leistungsbedarf überschlägig zu ermitteln und bei der Anlagenbemessung zu berücksichtigen. Bei nicht abschätzbarem Leistungszuwachs empfiehlt es sich, eine angemessene Raumreserve für weitere Abgangsfelder und Transformatoren einzuplanen.

Weiterhin ist festzulegen, in welchem Umfang eine Ausfallreserve vorzuhalten ist. Diese ist abhängig von den Ansprüchen an die Versorgungssicherheit und unter Berücksichtigung einer evtl. vorhandenen oder geplanten Ersatzstromversorgungsanlage zu bemessen. In der Regel ist keine 100%ige Redundanz erforderlich.

Die Ausfallreserve ergibt sich dadurch, dass mehrere Transformatoren vorgesehen werden. Bei Ausfall eines Transformators kann hierdurch noch ein wesentlicher Teil bis hin zum gesamten Leistungsbedarf gedeckt werden. In diesem Zusammenhang kann auch die Überlastfähigkeit von Transformatoren bei Zwangsbelüftung betrachtet werden. Eine dauernde Überlastung der Transformatoren soll jedoch aufgrund der überproportional ansteigenden Stromverluste vermieden werden.

Die Reserveleistung der auszuwählenden Transformatoren sollte im Normalfall den Leistungsbedarf unter Berücksichtigung des zu erwartenden Zuwachses und der festgelegten Ausfallreserve um nicht mehr als 30% übersteigen. Bei besonderen Nutzungsarten, wie z. B. Rechenzentren oder naturwissenschaftlichen Institutsgebäuden kann die Reserveleistung aufgrund des zu erwartenden Zuwachses höher gewählt werden.

Bis zu einer Transformatorennennleistung von 400 kVA ist ein Transformator zu verwenden. Darüber hinaus sind bis zu einem ermittelten Leistungsbedarf von etwa 1.200 kVA zwei Transformatoren einzusetzen. Werden mehrere Transformatoren eingebaut, so soll deren Einzelnennleistung 400 kVA nicht unterschreiten und 1.000 kVA nicht übersteigen. Die Gesamtleistung einer Trafostation ist auf 4 x 1.000 kVA zu begrenzen.

Transformatorstationen sollen im Lastschwerpunkt bzw. in den Lastschwerpunkten der Liegenschaft errichtet werden. Kann die Station nicht in der Nähe leistungsstarker Verbraucher eingerichtet werden, so ist zu prüfen, diese Verbraucher über einen so genannten „abgesetzten“ Transformator zu versorgen.

Im Allgemeinen ist es nicht erforderlich, bestimmten Verbrauchergruppen, z. B. Heizungs- und Lüftungsanlagen sowie Röntengeräten einen gesonderten Transformator zuzuordnen.

2.1.4 Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen (26. BImSchV)

Der Schutz gegen schädliche Umwelteinwirkungen in Hoch- und Niederfrequenzanlagen ist in der Verordnung über elektromagnetische Felder, der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV), gesetzlich geregelt. Niederfrequenzanlagen im Sinne dieser Verordnung sind u. a. Freileitungen, Erdkabel und Elektromessspannungsanlagen einschließlich der Schaltfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz und einer Nennspannung von 1.000 V und höher.

Für zu errichtende Mittelspannungsanlagen ist somit die Unterschreitung der in der Verordnung genannten Grenzwerte für elektrische Feldstärke und magnetische Flussdichte zu gewährleisten. Diese Grenzwerte gelten für Orte, die nicht nur zum vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind.

Als effektivste Maßnahme zur Umsetzung des Minimierungsgebotes sollten elektrische Betriebsräume so geplant werden, dass diese nicht unmittelbar an Räume angrenzen, in denen sich Menschen dauerhaft aufhalten. Des Weiteren kann durch die Wahl der Anordnung der Schaltanlagen im Betriebsraum, der Kabelabstände bei Erdkabeln, der Leiteranordnung oder

der Verlegegeometrie von Kabeln eine Reduzierung elektromagnetischer Felder erreicht werden. Auf die Ausführungen im Abschnitt 5.4 wird hingewiesen.

Weitere Planungshinweise können der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchVVwV) entnommen werden.

2.2 Mittelspannungsschaltanlage

2.2.1 Ausführung der Schaltfelder

Die Ausführung der Schaltfelder erfolgt im Allgemeinen luftisoliert, fabrikfertig, typgeprüft, metallgekapselt, wartungsfrei oder wartungsarm mit Einfach- oder Doppelsammelschienen (Einfachsammelschienen bis 630 A) und mit fest eingebauten Geräten. Für Leistungsschalter kann Einschubtechnik oder Festeinbau vorgesehen werden. Die Kurzschlussfestigkeit ist nach Angaben des VNB festzulegen bzw. bei kundeneigenem Netz durch Kurzschlussstromberechnung zu ermitteln.

Die Schaltfelder sind mit abschließbaren Vollblechtüren, bei luftisolierten Anlagen mit Sichtscheiben aus Sicherheitsglas, auszustatten. Schaltfelder mit Schaltwagen sind nicht erforderlich. Die Teilung der Schaltzellen soll etwa 0,7 bis 1,0 m betragen. Bei beengten Raumverhältnissen oder Erweiterung bestehender Anlagen können Schaltanlagen mit einer Teilung von 0,6 m und weniger, wie sie bei Kompaktstationen und gasisolierten Schwefelhexafluorid-Anlagen (SF₆-Anlagen) anzutreffen sind, im besonderen Einzelfall eingesetzt werden, soweit nicht lokale Regelungen dem entgegenstehen. Eine rechtzeitige Abstimmung mit dem VNB ist zweckmäßig.

Im Allgemeinen soll luftisolierten Anlagen mit Blick auf die Lebenszykluskosten und die klimaschädlichen Auswirkungen von SF₆-Gas der Vorzug gegeben werden. In einem Wirtschaftlichkeitsvergleich sind neben den Beschaffungskosten auch die Kosten für Wartung, Rückbau und Entsorgung der Schaltanlage im angemessenen Umfang zu berücksichtigen. Sofern Schaltanlagen mit SF₆ eingesetzt werden, sollen diese über ein hermetisch abgeschlossenes Drucksystem nach DIN EN 62271-200 mit einer Leckrate deutlich unter 0,1% pro Jahr verfügen.

Für Lasttrennschalter und die Kombination aus Last- und Trennschaltern sind in der Regel Handantriebe vorzusehen. Leistungsschalter oder Lasttrennschalter, die aus betrieblichen Gründen häufiger bedient werden müssen oder über eine Gebäudeleittechnik geschaltet werden sollen, sind mit Motorantrieb und Handbedienung auszurüsten.

Bei luftisolierten Schaltanlagen ist die Betriebsverfügbarkeit LSC2A bzw. LSC2B nach DIN EN 62271-200 (VDE 0671-200) zu gewährleisten.

In kleineren Mittelspannungsschaltanlagen, d. h. Anlagen mit ein bis zwei Transformatoren der Nennleistung bis 630 kVA beschränkt sich der Schutz im Normalfall auf Maßnahmen in den Kabelschaltfeldern der Übergabestation und in den Transformatorenschaltfeldern. Dort werden Hochspannungs-Hochleistungs-Sicherungen (HH-Sicherungen) eingesetzt. Diese können neben den Transformatoren auch Kabel, Kondensatoren oder Schaltanlagen vor thermischen und dynamischen Kurzschlussauswirkungen, nicht aber vor Überlast, schützen.

Aus Selektivitätsgründen kann der Einsatz von Leistungsschaltern in den Transformatorenschaltfeldern erforderlich sein. Mit dem Einsatz von Leistungsschaltern sind besondere Maßnahmen für die Auslösung der Schalter im Störfall zu treffen. Übergabe-/Übernahmeschalter, Transformatorenschalter oder Netzschalter in offenen Ring- oder Strahlennetzen, die als Leistungsschalter ausgeführt sind, benötigen Überstrom- bzw. Überstromzeitschutzeinrichtungen. Art und Ausführung der Schutzrelais sind nach den Netzverhältnissen, Kurzschlussleistungen, Abschaltzeiten und Schutzobjekten zu bestimmen. Darüber hin-

aus sind in besonderen Fällen Differentialschutzrelais erforderlich, z. B. für Kabelstrecken oder für speziell zu schützende Mittelspannungsverbraucher. Erdschlussrelais, Distanzschutz, Kurzunterbrechungsrelais oder ähnliche netzspezifische Schutzeinrichtungen sind in kundeneigenen Mittelspannungsnetzen selten erforderlich und im Bedarfsfall mit dem VNB abzustimmen.

Im Vergleich zum Differentialschutz ist der Schutz durch **unabhängigen Maximalstrom-Zeit-Schutz (UMZ-Schutz)** kostengünstiger, einfacher zu konfigurieren und störungsunempfindlicher. Aufgrund seiner Wirkungsweise eignet sich dieser auch sehr gut für kurze Kabellängen.

2.2.2 Übergabeschaltanlage des Verteilnetzbetreibers

Aufbau und Ausstattung der Übergabeschaltanlage regeln die regional unterschiedlichen Richtlinien der VNB. In Abhängigkeit der Transformatorenleistung besteht sie in der Regel aus den Einspeisefeldern sowie ggf. einem Mess- und Übergabefeld.

Grundsätzlich sind zwei Einspeisefelder für die zweiseitige Einbindung (Einschleifung) der Übergabeschaltanlage ins Mittelspannungsnetz des VNB vorzusehen. Wird zunächst nur ein Stichanschluss eingerichtet, aber ein späterer Ringschluss erwartet bzw. in Erwägung gezogen, sollte das zweite Einspeisefeld bereits betriebsfertig ausgeführt werden. Im Vergleich zu dem alternativ möglichen Vorhalten des Reservefeldes entfallen das nochmalige Freischalten, Prüfen und Inbetriebnehmen der Mittelspannungsschaltanlage.

Die Übergabe zur Mittelspannungsschaltanlage des Kunden ist abhängig von den Vorgaben des VNB unterschiedlich auszuführen:

- Weiterführung der Sammelschiene bei gemeinsamer Nutzung des Transformatorenschaltfeldes durch VNB und Kunden oder
- Einrichtung eines Übergabefeldes
 - mit Lastschalter oder
 - mit Leistungsschalter und Schutzeinrichtung.

Die Wandler eines Mittelspannungsverrechnungsmesssatzes werden entweder in das Messfeld oder Übergabefeld des VNB eingebaut. Sind keine separaten Mess- oder Übergabefelder vorgesehen, wird der Mittelspannungsverrechnungsmesssatz im Transformatorenschaltfeld angeordnet. Mit dem VNB ist abzustimmen, wer die Wandler beschafft und einbaut. Wird die Messeinrichtung von einem Dritten betrieben, sind vorgenannte Abstimmungen mit dem Messstellenbetreiber zu führen.

Wird nur ein Transformator geplant, ist in Abstimmung mit dem VNB aus wirtschaftlicher Sicht zu prüfen, ob eine niederspannungsseitige Messung vorzusehen ist. Der Einbau von Mittelspannungswandlern ist vorzubereiten, wenn perspektivisch mit einem Übergang von niederspannungsseitiger auf mittelspannungsseitige Messung zu rechnen ist.

Der VNB bestimmt, wie die Übergabeschaltanlage eingerichtet wird und wer die Ausführung übernimmt. Die Kostenbeteiligung an der Übergabeschaltanlage beschränkt sich ausschließlich auf Anlagenteile, die für die Versorgung der Abnahmestelle erforderlich sind.

2.2.3 Übernahmeschaltfeld

Ob ein Übernahmeschaltfeld im kundeneigenen Teil der Mittelspannungsschaltanlage notwendig ist und wie dieses gegebenenfalls ausgestattet wird, ist mit dem VNB zu klären.

Bei ungleichen Mittelspannungsschaltanlagen für den VNB-Teil (Übergabeschaltanlage des VNB) und den Kunden-Teil können ggf. zusätzliche Mittelspannungs-Felder, z. B. ein Kabel-

hochführungsfeld erforderlich werden. Bei typgleichen Mittelspannungs-Schaltfeldern sind diese Felder nicht notwendig.

Die kundeneigene Mittelspannungsschaltanlage muss für Instandhaltungsarbeiten frei geschaltet werden können. Aus organisatorischen Gründen ist mit dem VNB zu klären, ob hierzu

- der Schalter im Übergabeschaltfeld des VNB benutzt werden kann,
- die Schalter in den Einspeisefeldern des VNB verwendet werden können oder
- im Übernahmeschaltfeld Lasttrennschalter oder ggf. Leistungsschalter mit Sekundärschutzeinrichtungen vorzusehen sind.

Der Zugang zur Schaltanlage und die Schaltberechtigung sind mit dem VNB abzustimmen.

Wird die Mittelspannungsschaltanlage in ein kundeneigenes Mittelspannungsnetz eingebunden, entfallen Übergabe- und Übernahmeschaltfeld.

Bei Einsatz von Leistungsschaltern im kundeneigenen Teil der Mittelspannungsschaltanlage (Übernahme-, Kabel-, Transformatorenschaltfeld) ist mit dem VNB die Einstellung der Sekundärschutzeinrichtungen abzustimmen. Staffelzeiten sind zu beachten. Eventuell sind hierzu Netzberechnungen erforderlich.

2.2.4 Transformatorenschaltfelder

Die Schaltfelder zum Anschluss von Transformatoren sind mit Lasttrennschaltern mit unten angebauten HH-Sicherungen mit Schlagstiftauslösung nach DIN VDE 0670-402 und Erdungsschalter auszustatten. Lasttrennschalter und Erdungsschalter sind gegenseitig verriegelt.

Anstelle von Lasttrennschaltern mit Sicherungen können Leistungsschalter mit einem UMZ-Schutz bzw. AMZ-Schutz (**abhängiger Maximalstrom-Zeit-Schutz**) eingesetzt werden, wenn die Transformatorennennleistung 630 kVA übersteigt. Bei Verwendung des AMZ-Schutzes sind jedoch die eingeschränkten Möglichkeiten der Staffelung bzw. der Selektivität zu beachten. Wenn im Betrieb eine erhöhte Schalthäufigkeit zu erwarten ist, sollten gleichfalls Leistungsschalter vorgesehen werden.

Bei Parallelbetrieb von Transformatoren sind die Transformatorenschalter auf der Mittelspannungsebene und die Niederspannungsleistungsschalter mit einer Mitnahmeschaltung zu versehen. Die Mitnahmeschaltung soll sicherstellen, dass beim Auslösen des Mittelspannungsschalters der zugehörige Schalter auf der Niederspannungsseite ebenfalls ausschaltet und somit der Transformator beidseitig spannungsfrei ist.

2.2.5 Kabelschaltfelder

Die Kabelschaltfelder sind vorzugsweise auszustatten mit:

- Lasttrennschalter mit angebautem Erdungsschalter (gegenseitig verriegelt) oder bei Selektivitäts-Erfordernis,
- Leistungsschalter mit UMZ-Relais (UMZ-Schutz) mit angebautem Erdungsschalter (gegenseitig verriegelt) und
- Kurzschlussanzeiger.

Mehrere Leitungszüge, die hintereinandergeschaltet sind, können über ein Schutzrelais geschützt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass zur Auslösung der minimale Kurzschlussstrom beachtet werden muss.

Bei vermaschten Netzen sollte das UMZ-Relais mit einem **Richtungsschutz** ausgestattet (UMZ-R-Schutz) oder ein Differentialschutz eingesetzt werden. Als Reserveschutz ist ein UMZ-Schutz vorzusehen.

Die Einstellwerte des UMZ-Schutzes sind mit dem VNB abzustimmen.

2.2.6 Reserveschaltfelder

Grundsätzlich ist für jeden Abgang ein Schaltfeld einzuplanen. Für zunächst noch unbestückte Transformatorenkammern oder für den späteren Anschluss von abgesetzten Transformatoren bzw. den weiteren Ausbau des eigenen Mittelspannungsnetzes sind bei Bedarf Reserveschaltfelder vorzusehen. In Abhängigkeit der Randbedingungen sind diese bereits komplett zu bestücken.

2.3 Transformatoren

2.3.1 Auswahl und Ausführung

Es sind Transformatoren einzusetzen mit

- maximal zulässigen Leerlauf- und Kurzschlussverlusten gemäß Ökodesign-Richtlinie und EU-Verordnung Nr. 548/2104 (Hinweis: Grenzwertreduzierung zum 01.07.2021),
- Mindestwirkungsgrad gemäß Ökodesign-Richtlinie und EU-Verordnung Nr. 548/2014 (Hinweis: Wirkungsgraderhöhung zum 01.07.2021),
- Kurzschlussspannung $u_k = 6\%$ ($u_k = 4\%$ bei $S \leq 630$ kVA),
- Schaltgruppe Dyn 5 und
- Anzapfungen (i. d. R. $\pm 2 \times 2,5\%$).

Da bereits Transformatoren am Markt verfügbar sind, die den Anforderungen der Ökodesign-Richtlinie ab dem 1. Juli 2021 entsprechen, wird deren Einsatz bei Neubeschaffungen auch vor diesem Stichtag empfohlen.

Mit dem VNB ist zu klären, ob perspektivisch eine Änderung der Betriebsspannung vorgesehen ist und daher die Transformatoren in der Oberspannung veränderbar ausgeführt werden sollen. Dies ist vor allem dann zu berücksichtigen, wenn die Betriebsspannung des Mittelspannungs-Netzes von den üblichen Spannungswerten (10 kV oder 20 kV) abweicht. Dabei ist zu überlegen, ob die Oberspannung und die Wicklungsanzapfungen der Transformatoren abweichend von den Normwerten gewählt werden sollen.

In Liegenschaften mit mehreren Transformatorenstationen oder Transformatoren sind die Transformatoren möglichst einheitlich auszuführen. In einer Liegenschaft sollten maximal zwei Leistungsgrößen zum Einsatz kommen. Der Einsatz von Großtransformatoren größer 1.000 kVA ist in begründeten Einzelfällen möglich.

Aufgrund der aktuellen Vorgaben zu Leerlauf- und Kurzschlussverlusten sowie zum Wirkungsgrad von Transformatoren kann es bei Bestandsanlagen wirtschaftlich sinnvoll sein, eine Transformatorerneuerung vor Erreichung der technischen Lebensdauer durchzuführen.

Grundsätzlich können folgende Arten von Transformatoren zum Einsatz kommen:

- Öltransformatoren,
- Hermetiktransformatoren und
- Gießharztransformatoren.

Bei der Auswahl der Transformatorart sind u. a. folgende Aspekte und Besonderheiten zu beachten:

Öltransformatoren

Vorteil:

- kostengünstiger als Gießharztransformator
- niedrigere Leerlauf- und Kurzschlussverluste
- langsamere Erwärmung bei Überlast
- Schäden im Isolierstoff (Luftblasen, unreines Öl) sind reversibel

Nachteil:

- Ölverlust durch Korrosion des Trafokessels
- Ölundichtigkeiten an Flanschen, Durchführungen, Dichtungen
- Teilentladungen durch Luftblasen möglich
- Ölwechsel bei sehr stark belasteten Trafos nach 20 Jahren
- erhöhter baulicher Aufwand, z. B. durch Ölauffangwanne (siehe auch Kapitel 5.4)
- Umweltschutzaufgaben am Aufstellungsort sind zu beachten
- erhöhte Brandgefahr
- Die Transformatoren dürfen nur in Räumen aufgestellt werden, deren Fußboden nicht tiefer als 4 m unterhalb der Geländeoberfläche liegt.
- Die Transformatoren dürfen nicht in Geschossen aufgestellt werden, die sich über dem Erdgeschoss befinden.

Hermetiktransformatoren

Hermetiktransformatoren sind eine besondere Bauform der Öltransformatoren. Der Kessel dieser hermetisch verschlossenen Öltransformatoren besitzt weder ein Luftpolster noch ein Ausdehnungsgefäß. Er verfügt über flexible, gewellte Wände (Rippen), die eine ausreichende Kühlung des Trafos ermöglichen und Veränderungen des Ölvolumens während des Betriebes ausgleichen. Die hermetische Abdichtung des Ölraumes schließt dauerhaft den Kontakt von Luft und Feuchtigkeit mit dem Öl aus. Die Alterung des Transformators wird damit stark reduziert. Die sonst in regelmäßigen Abständen vorzunehmenden Ölanalysen entfallen. Die längere Lebensdauer sowie die geringeren Betriebskosten gegenüber den Öltransformatoren sind in einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen.

Gießharztransformatoren

Vorteil:

- keine Korrosionserscheinungen
- wartungsfrei
- geringe Störanfälligkeit
- keine Ölauffangwanne erforderlich
- keine brandschutztechnischen Beschränkungen
- geringer hochbautechnischer Aufwand
- problemloser Einsatz in Wasserschutzgebieten
- hohe Überlastfähigkeit bei Querstromlüftung
- selbstverlöschend

Nachteil:

- 10 % bis 30 % teurer als Öltransformatoren
- höhere Leerlauf- und Kurzschlussverluste
- Schäden im Isolierstoff sind irreversibel
- schnellere Erwärmung bei Überlast
- höhere Entsorgungskosten

Können aufgrund von Bauvorschriften keine Öl- bzw. Hermetiktransformatoren eingebaut werden (Brandschutz, Umweltschutz, Wassereinzugsgebiet) oder ist deren Einsatz aus baulichen Gründen unwirtschaftlich, sind halogenfreie Gießharztransformatoren zu verwenden. Bei der Neuerrichtung von Trafostationen in Gebäuden ist aufgrund des geringeren baulichen Aufwandes davon auszugehen, dass der Einsatz von Gießharztransformatoren im Re-

gelfall die wirtschaftlichere Lösung ist. Aufgrund der geringeren Leerlauf- und Kurzschlussverluste von Öltransformatoren wird jedoch eine Wirtschaftlichkeitsuntersuchung empfohlen.

2.3.2 Transformatorschutz

Zum Schutz vor zu hoher Erwärmung der Öl- und Gießharztransformatoren sind zwei Temperaturüberwachungen für Warnung und Auslösung vorzusehen. Es sind Kontaktthermometer mit 2 Kontakten einzusetzen. Öltransformatoren mit Ausdehnungsgefäß sind zusätzlich mit Buchholzschutz auszurüsten. Hermetiktransformatoren sind mit Hermetik-Schutz auszustatten.

Die Schutzeinrichtungen im Transformatorenschaltfeld sind im Abschnitt 2.2.4 beschrieben.

Der Überlastschutz der Transformatoren erfolgt auf der Sekundärseite.

2.3.3 Parallelbetrieb von Transformatoren

Bei Parallelbetrieb von mehreren Transformatoren müssen folgende vier Bedingungen erfüllt sein:

1. gleiche Schaltgruppen
2. gleiche Übersetzungsverhältnisse
3. annähernd gleiche Kurzschlussspannungen (zulässige Abweichungen < 10 %)
4. Verhältnis der Bemessungsleistungen nicht größer als 3 : 1

Die erste und zweite Bedingung sorgen für gleiche Spannungen im Leerlauf, wodurch Ausgleichströme vermieden werden. Die dritte und vierte Bedingung führen zu einer sinnvollen Stromaufteilung bei Belastung.

Bei zeitlich veränderlicher Belastung mehrerer parallel geschalteter Transformatoren kann durch gezieltes Zu- oder Abschalten von Transformatoren eine Minimierung der Transformatorverluste erreicht werden.

Die Wärmeverluste eines Transformators setzen sich aus den Leerlaufverlusten P_L und den Kurzschlussverlusten P_k zusammen. Während die Leerlaufverluste spannungsabhängig und annähernd dem Quadrat der Spannung proportional sind, steigen die Kurzschlussverluste proportional mit dem Quadrat des Belastungsstromes.

Um im Betrieb eine Entscheidung über die Zu- bzw. Abschaltung paralleler Transformatoren treffen zu können, ist es erforderlich, den Umschaltstrompunkt I_u zu ermitteln. Ist die Strombelastung längere Zeit geringer als I_u , so ist es für einen verlustoptimalen Betrieb sinnvoll, einen der parallelen Transformatoren abzuschalten. Für Belastungen oberhalb I_u ist der Parallelbetrieb mit einem weiteren Transformator wirtschaftlicher. Sind mehr als zwei Transformatoren parallel installiert, müssen mehrere Umschaltpunkte berechnet werden. Der Umschaltpunkt berechnet sich bei gleichen Bemessungsleistungen der Transformatoren wie folgt:

$$I_u = I_n \times \sqrt{n \cdot \frac{(n-1) \cdot P_L}{P_k}}$$

I_u = Umschaltstrom

I_n = Nennstrom eines Transformators

P_L = Leerlaufverluste eines Transformators

P_k = Kurzschlussverluste eines Transformators

n = Anzahl der parallelgeschalteten Transformatoren

Beispiel:

Verlustoptimaler Betrieb für 2 parallel zu schaltende Transformatoren (mit gleichen Kennwerten, S= 630 kVA, Öltransformator)

Leerlaufverluste eines Transformators $P_L = 600 \text{ W}$

Kurzschlussverluste eines Transformators $P_k = 6.500 \text{ W}$

$$I_u = I_n \times \sqrt{2 \cdot \frac{600 \text{ W}}{6.500 \text{ W}}}$$

$$I_u = I_n \times 0,43$$

Der optimale Schaltpunkt für einen verlustoptimalen Parallelbetrieb liegt für diesen Beispielfall bei $0,43 \times I_n$.

Vorstehende Berechnung ist auch für die Dimensionierung von Transformatoren anwendbar, da neben den Investitionskosten insbesondere die Energieeffizienz ein wesentliches Entscheidungskriterium ist.

2.4 Erdung

Erdungsanlagen in Hochspannungsanlagen dienen der Sicherheit von Personen und der Funktionsfähigkeit von Betriebsmitteln, die an der Erdungsanlage angeschlossen sind.

Maßgebend ist dabei die Norm DIN EN 50522 (VDE 0101-2) - "Erdung von Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV".

Die Bemessung der Erdungsanlagen erfolgt sowohl nach mechanischen und thermischen Gesichtspunkten als auch nach Sicherheitsgesichtspunkten. Für die Bemessung der Erdungsanlage sind darüber hinaus auch die Vorgaben des VNB, z. B. zu Fehlerströmen, Erdungsimpedanzen und zur Sternpunktbehandlung zu beachten.

Die Erdungsanlage ist so aufzubauen, dass der Sternpunkt des Transformators bzw. die Sternpunkte bei mehreren Transformatoren bzw. Stromerzeugern nur einmal an zentraler Stelle mit der Haupterdungsschiene und der Erde des Gebäudes (z. B. Fundamenterder) verbunden werden.

Die Sternpunkte der Transformatoren bzw. Stromerzeuger sind über isoliert verlegte Leiter vorzugsweise in die Niederspannungshauptverteilung (NSHV) zu führen und zentral zu erden. Die Hochspannungs- bzw. Mittelspannungsschutzerde (z. B. Trafofahrgestell, MS-Schaltanlagen) ist direkt mit der Potenzialausgleichsschiene zu verbinden. Die Neutralleiter dürfen im weiteren Verlauf der Elektroinstallation keine weitere Verbindung mit Erde oder dem Schutzleiter haben. Ab dem zentralen Erdungspunkt in der NSHV entsteht damit ein elektromagnetisch verträgliches TN-S-System.

Gemäß DIN VDE 0100-100 (VDE 0100-100) muss der Zentrale Erdungspunkt (ZEP) in der NSHV angeordnet werden. Wegen möglicher hochspannungsseitiger Einflüsse sollte die Haupterdungsschiene (HES) zudem in Transformatornähe liegen. Alle Verbindungen zur Potenzialausgleichsschiene und von dort zum zentralen Erdungspunkt sind möglichst kurz und mit ausreichendem Querschnitt, insbesondere bezogen auf die Kurzschlussfestigkeit, auszuführen.

Bei einem TN-S-System mit einer gemeinsamen Erdungsanlage für die Mittelspannungsschutzerdung und die Niederspannungsbetriebserdung ist der in Abbildung 1 dargestellte Aufbau zu realisieren.

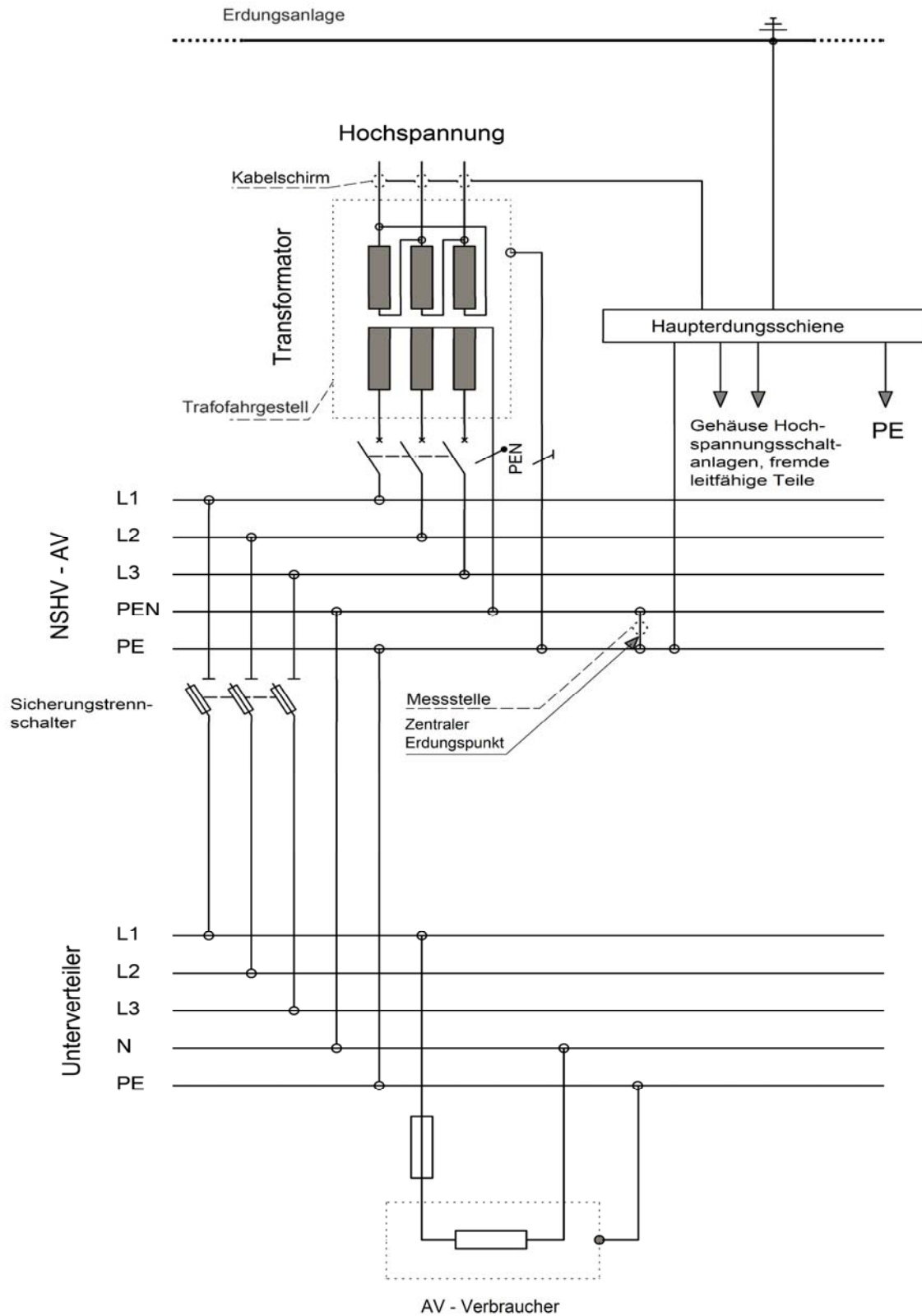


Abbildung 1: NS-Betriebserdung in der Transformatorstation, Auftrennung PEN in PE und N

In der Nähe der Transformatoren sind ober- und unterspannungsseitig Kugelfestpunkte zum Erden und Kurzschließen vorzusehen.

Im Trafoparallelbetrieb ist zusätzlich zu beachten, dass der PE-Leiter im Falle des einpoligen Kurzschlusses zwischen einer Phase und dem Trafofahrgestell mit dem Kurzschlussstrom

aus allen parallel geschalteten Trafos belastet wird. So kann z. B. bei vier parallelgeschalteten Trafos mit einer Leistung von jeweils 1.000 kVA der Kurzschlussstrom je nach Netzverhältnis ca. 50 kA - 80 kA betragen. Der Stromwärmewert gemäß der Formel „ $I^2 \times t$ “ beläuft sich bei Abschaltzeiten im Bereich von ca. 0,5 s dann z. B. bei 50 kA auf ca. $1.250 \times 10^6 \text{ A}^2\text{s}$. Zur Erreichung einer thermisch kurzschlussfesten Verkabelung ist in diesem Fall ein Kabelquerschnitt von ca. 400 mm² erforderlich. Es ist zu gewährleisten, dass dieser Kabelquerschnitt durchgehend vom Trafofahrgestell bis zur NSHV-PE-Schiene verlegt wird. Im Hinblick auf die Kurzschlussfestigkeit ist zu prüfen, ob im Einzelfall mehrere Erdungsanschlüsse am Trafofahrgestell vorzusehen sind.

Bei Einspeisung aus dem Freileitungsnetz sind weitere Auflagen des VNB zu erfüllen.

2.5 Zubehör

In Transformatorstationen sind folgende Zubehöerteile ordnungsgemäß zu lagern, auszuhängen bzw. anzubringen:

- Übersichtsschaltplan (hinter Glas),
- Erdungsplan,
- Stationsbuch,
- Schalthebel für Trenner, Lasttrenner, Erdungsschalter,
- Kurzschlussfeste Erdungs- und Kurzschlussvorrichtungen, mindestens 150/50 mm² (Auslegung gemäß Kurzschlussstrom), $l=2.400 \text{ mm}$, in ausreichender Zahl, mindestens zweifach,
- HH-Sicherungen einschließlich Zange,
- Einschubplatten zur Abschottung freigeschalteter Anlagensegmente,
- Schaltfeldtürschlüssel,
- Warn- und Hinweisschilder gemäß DIN 4844-2 (geerdet und kurzgeschlossen, Hochspannung! Vorsicht Lebensgefahr! Nicht schalten! Gefahr vorhanden),
- Isolations-Fußbodenmatten,
- HS/MS-Spannungsprüfer mit elektrischer und optischer Anzeige, selbstüberwachend,
- Schreib- oder Wandpult,
- Akku-Handleuchte mit eingebautem Ladegerät, Notlichtdauer 3,5 h,
- Gebotsschildersatz (Sicherheitsvorschriften für Hochspannungsschaltanlagen, Betrieb von Starkstromanlagen, Merkblatt Brandbekämpfung, Erste Hilfe bei Unfällen durch elektrischen Strom).

3 Niederspannungsanlagen

Niederspannungsanlagen sind nach der Normenreihe DIN VDE 0100 zu errichten.

Die Verteilung der elektrischen Energie erfolgt bei mittelspannungsseitiger Einspeisung über die Niederspannungshauptverteilung (NSHV), die Gebäudehauptverteilung (GHV) und die Unterverteilungen (UV) bzw. Verteilungen für besondere Abnehmer (z. B. Aufzüge, Kältemaschinen, Lüftungsgeräte) zu den Stromkreisen für die Endverbraucher. In Liegenschaften mit niederspannungsseitigem Hausanschluss übernimmt die durch den Verteilnetzbetreiber (VNB) eingespeiste GHV gleichzeitig die Funktion der NSHV.

Bei Planung, Bau und Betrieb der elektrischen Betriebsmittel und Anlagen sind die Unfallverhütungsvorschriften, u. a. im Bereich der Berufsgenossenschaften die DGUV Vorschrift 3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (alt BGV A3), sowie im Bereich der Unfallversicherung Bund und Bahn (UVB) die DGUV Vorschrift 4 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (alt GUV-V A3) zu beachten.

Gemäß §13 Abs. 2 der Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) dürfen Arbeiten (ordnungsgemäße Errichtung, Erweiterung und Änderung) an elektrischen Anlagen grundsätzlich außer durch den Netzbetreiber nur durch ein in ein Installateurverzeichnis eines Netzbetreibers eingetragenes Installationsunternehmen durchgeführt werden. Im Interesse des Anschlussnehmers darf der Netzbetreiber eine Eintragung in das Installateurverzeichnis nur von dem Nachweis einer ausreichenden fachlichen Qualifikation für die Durchführung der jeweiligen Arbeiten abhängig machen.

3.1 Netzform

Um eine bestmögliche elektromagnetische Verträglichkeit des Gebäudes sicherzustellen, ist grundsätzlich ab der NSHV ein TN-S-System aufzubauen. Abweichungen hiervon können sich durch Forderungen des VNB (TT-System) oder aus der besonderen Nutzung (IT-System) ergeben.

Das häufig in älteren Liegenschaften noch vorzufindende TN-C-S-System kann bei Gebäuden die mit umfangreichen Anlagen der Informations- und Kommunikationstechnik (IuK) ausgerüstet sind zu erheblichen Störungen dieser IuK-Netze führen. Die Ursachen sind in der Beeinflussung der Netze durch elektromagnetische Felder zu suchen. Beim TN-C-S-System werden in der Regel 4-adrige Kabel von der NSHV zu den UV verlegt. Die Aufteilung in PE und N erfolgt erst in der UV. Bei einem zusätzlichen Potenzialausgleich zwischen dem PEN-Leiter und den geerdeten Metallteilen des Gebäudes werden diese Metallteile für den Betriebsstrom des PEN-Leiters zu Parallelstrompfaden. Dadurch wird der Neutralleiterstrom auf den PEN-Leiter, die Schirme von Kabeln und Leitungen der IuK-Anlagen sowie auf fremde leitfähige Teile verteilt. Die Größe des Stroms, der über die geerdeten Metallteile des Gebäudes fließt hängt von den Widerstandswerten zwischen diesen Metallteilen des Gebäudes und dem PEN-Leiter ab. Das dabei entstehende elektromagnetische Feld führt häufig zu Störungen bei IuK-Anlagen.

Gemäß DIN VDE 0100-444 wird für neue Anlagen das TN-S-System vorgeschrieben. Demzufolge dürfen TN-C-Systeme in neu errichteten Gebäuden, die eine wesentliche Anzahl von Betriebsmitteln enthalten oder wahrscheinlich enthalten werden, nicht verwendet werden. Ferner wird empfohlen, in bestehenden Gebäuden TN-C-Systeme nicht beizubehalten, wenn diese Gebäude eine wesentliche Anzahl von informationstechnischen Betriebsmitteln enthalten oder wahrscheinlich enthalten werden. Die Anlagen in neu zu errichteten Gebäuden müssen ab der Gebäudeeinspeisung als TN-S-Systeme errichtet werden. Gleiches ist in bestehenden Gebäuden anzustreben.

3.2 Niederspannungs- und Gebäudehauptverteilung

Bei mittelspannungsseitig versorgten Liegenschaften befindet sich die Niederspannungshauptverteilung in unmittelbarer Nähe zur Transformatorstation. Als erste Verteilung nach dem Transformator (ggf. Stromerzeugungsaggregaten) verteilt sie die Energie über das Niederspannungskabelnetz zu den Gebäudehauptverteilungen. Diese wiederum versorgen die nachgeordneten Unterverteilungen. Versorgt die Transformatorstation nur das Gebäude in dem sie untergebracht ist, bilden NSHV und GHV eine Einheit.

Es sind bauartgeprüfte Schaltgerätekombinationen gemäß DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600-1) und Energie-Schaltgerätekombinationen (PSC) gemäß DIN EN 61439-2 (VDE 0660-600-2) zu verwenden.

Die Einspeisungen sollen nicht nebeneinander, sondern gleichmäßig verteilt (z. B. Anfang, Mitte und Ende der Schaltanlage) angeordnet werden, damit die Schaltanlage thermisch und elektrisch (auch bei Kurzschluss) möglichst gering beansprucht wird. Ferner ist auf eine gleichmäßige Auslastung der Abgänge zu achten.

Für die Einspeisungen sind Leistungsschalter mit Trennstrecken einzusetzen. Für die Abgänge sind in der Regel Sicherungslasttrennschalter/-leisten zu verwenden. Zur Absicherung von Abgängen größer 500 A werden jedoch aus Selektivitätsgründen Leistungsschalter (ACB) bzw. Kompaktleistungsschalter (MCCB) mit LSI Auslösecharakteristik (Überstromauslösung: L - langzeitverzögert, S - kurzzeitverzögert, I - unverzögert) empfohlen. Auch Ersatzstromquellen sind über Leistungsschalter einzuspeisen. Eine Sammelschienenlängstrennung ist zwischen Netz- und Ersatzstromschiene vorzusehen. Ansonsten sind Sammelschienenlängstrennungen in der Regel nicht erforderlich.

Bei der Errichtung elektrischer Anlagen ist auf die Selektivität bei Überlast und Kurzschluss zu achten. Normative Forderungen bezüglich der Auslegung dieser Anlagen auf Überstromselektivität sind in DIN EN 60269-1 (VDE 0636-1), DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101) und zum medizinischen Bereich in DIN VDE 0100-710 enthalten. Darüber hinaus wird empfohlen, dass der Auftragnehmer/Planer anhand einer rechnerischen Netzanalyse den Nachweis der Selektivität erbringt und die dazugehörige Dokumentation liefert. Dies ist vertraglich festzulegen.

Die Schaltanlage muss so ausgeführt sein, dass eine Ersatzstromquelle im Probebetrieb mit Nennlast belastet werden kann. Der Schutz bei indirektem Berühren, Kurzschluss und Überlast muss auch dann gewährleistet sein, wenn die Ersatzstromanlage im Inselbetrieb arbeitet. Bei der Auslegung auf Kurzschlussfestigkeit ist die Kurzschlussleistung von Stromerzeugungsaggregaten im Netzparallelbetrieb zu berücksichtigen.

Platzreserven für künftige Erweiterungen sind in angemessenem Umfang (ca. 25 %) vorzusehen.

Im Hinblick auf eine sichere Betriebsführung und eine wirkungsvolle Energieverbrauchskontrolle kommt der Erfassung von Messdaten und Verbrauchswerten eine wichtige Bedeutung zu. In den Einspeisefeldern sind Vielfachmessgeräte für Spannung, Strom, Frequenz, Wirkleistungsfaktor $\cos \varphi$ und für die Leistung einzubauen. Darüber hinaus sind folgende Störmeldungen zu erfassen und bei Vorhandensein einer Gebäudeautomation mit Managementebene auf der Bedienstation zu visualisieren:

- Schutzeinrichtungen des Transformators,
- Auslösen der Leistungsschalter,
- Ausfall der Spannung,
- Ausfall der Hilfsspannung.

Hinweise zur Mess- und Verbrauchserfassung enthält Abschnitt 7.2.

3.3 Verteilungen

Verteilungen sind als bauartgeprüfte Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen nach DIN EN 61439-1/-2 (VDE 0660-600-1/-2) auszuführen. Im Speziellen sind

- Stromkreisverteiler nach DIN EN 60670-24 (VDE 0606-24) und
- Zählerplätze nach DIN VDE 0603-2-1 (VDE 0603-2-1) für Direktmessung bzw. nach DIN VDE 0603-2-2 (VDE 0603-2-2) für indirekte Messung

auszuführen.

Für spätere Erweiterungen ist eine Platzreserve von etwa 25 % vorzuhalten.

Verteilungen sind grundsätzlich mit Hauptschaltern auszurüsten.

Die Zu- und Abgänge sind wie folgt auf Klemmen zu legen:

- bis 10 mm² schraubenlos,
- bis 50 mm² auf Schraubklemmen,
- ab 70 mm² auf Schraubklemmen mit abnehmbarem Oberteil.

Davon abweichend soll die Elektroinspeisung direkt auf das Schaltgerät geführt werden.

Die Klemmstelle für den Neutralleiter muss sicherstellen, dass die Trennung leicht, schnell und ohne Abschrauben der Leitung durchgeführt werden kann, z. B. durch den Einsatz von Neutralleiter-Trennklemmen.

Die Kabel und Leitungen sind mit Reihenschellen auf Profilschienen zu befestigen. Zum Rangieren und Ordnen der Zu- und Abgänge ist über der oberen Klemmenreihe (soweit vorhanden) genügend Platz vorzuhalten.

Die einzelnen Stromkreise sind für eine symmetrische Belastung gleichmäßig auf die drei Phasen aufzuteilen.

Die Betriebsmittel und Klemmen sind dauerhaft und gut lesbar zu bezeichnen.

Ist eine betriebsnotwendige Ersatzstromversorgung vorgesehen, so sind in den Verteilungen Sammelschienenabschnitte zu bilden. Diese sind so voneinander zu trennen, dass eine gegenseitige Gefährdung durch Lichtbögen zuverlässig vermieden wird.

Bei bauordnungsrechtlich geforderter Versorgungseinrichtung für Sicherheitszwecke (früher Sicherheitsstromversorgung) sind neben der (Muster-)Leitungsanlagen-Richtlinie (M)LAR einschlägige DIN- und VDE-Normen, wie z. B. DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718, zu beachten.

Bei geringen bis ggf. mittleren Anforderungen an die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und die Versorgungssicherheit - wie z. B. in Bürogebäuden mit einfacher technischer Ausstattung, unterdurchschnittlichen Anforderungen an die Technik und wenigen Funktionsbereichen - können alle Verbraucher grundsätzlich gemeinsam über ein NS-Verteilnetz versorgt werden. In diesen Fällen erfolgt keine Trennung bei den Steigleitungen und den Endstromkreisen für Steckdosen.

Bei mittleren bis hohen Anforderungen an die Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und die Versorgungssicherheit sowie bei einer differenzierten Ersatzstromversorgung wird empfohlen, die Stromkreise der Starkstrominstallation konsequent wie folgt zu trennen:

- allgemeine Verbraucher (z. B. Steckdosen für Reinigungsgeräte, Heißwasserbereiter, Kühlschränke) und
- IuK-Verbraucher.

Bei dieser Ausführungsvariante werden beide Verbrauchergruppen ab der GHV - als getrennt aufgebaute Systeme - durch jeweils eigene NS-Verteilnetze versorgt. Die Schutzgeräte für die allgemeinen und IuK-Verbraucher sind in separaten NS-Unterverteilungen einzubauen. Beide, nach Möglichkeit aneinander gereihten, Verteiler speisen die den Verbrauchergruppen zugeordneten Endstromkreise im Versorgungsbereich. Auf die Trennung der Verteiler ist zu verzichten, wenn alle Schutzgeräte vorteilhaft in einem gemeinsamen Verteiler und die Schutzgeräte für die IuK-Verbraucher in einem von den allgemeinen Verbrauchern abgetrennten Feld im Verteiler untergebracht werden können. Die Felder sind eindeutig zu kennzeichnen.

Je nach Anlagenkonfiguration und Erfordernis ist in den Verteilungen ausreichend Platz für den Einbau von Verbrauchsmesseinrichtungen vorzuhalten, um mit diesen größere Verteilerabschnitte, Abgänge mit leistungsstarken Verbrauchern, wie Aufzüge, Großküchengeräte, Kältemaschinen, messtechnisch separat erfassen und auswerten zu können. Bei vorhandener Gebäudeautomation mit Managementebene sind diese Messwerte in der Bedienstation zu visualisieren (siehe auch Abschnitt 7.2).

3.4 Kabel, Leitungen und Schienenverteilersysteme

Die Anforderungen der DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520) sind zu beachten.

Grundsätzlich ist der Netzaufbau im Gebäude sternförmig als TN-S-System oder gemäß Forderung des VNB bzw. in Sonderfällen als TT-System zu realisieren. Wegen der günstigeren EMV-Eigenschaften sind für Steigleitungen bevorzugt Kabel des Typs NYCWY zu verwenden. Bei Verbindungen mit Lastströmen größer 1.000 A, wie z. B. Transformatoreinspeisungen, Verbindung Hauptverteilung zur Verteilung der Ersatzstromversorgung, bieten Stromschienenverteilersysteme eine platzsparende und u. U. kostengünstigere Lösung. Insbesondere bei schwierigen Platzverhältnissen, der Forderung nach geringer Brandlast und definierten EMV Eigenschaften und Kurzschlussfestigkeit sind Schienenverteilersysteme in Betracht zu ziehen. Bei Verwendung von Schienenverteilersystemen ist auf deren EMV-Eigenschaften zu achten.

Für Schienenverteilersysteme gelten die Vorgaben der europäisch harmonisierten Produktnorm DIN EN 61439, Teil 1 und 6.

Bei bauordnungsrechtlich geforderter Sicherheitsstromversorgung (elektrische Anlage für Sicherheitszwecke) im Geltungsbereich der Bestimmungen DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 0100-718 sind für die Netz- und die Sicherheitsstromversorgung gesonderte Hauptleitungen zu verlegen. Bei betriebsnotwendigen Ersatzstromanlagen bestehen nicht derartig hohe Anforderungen an die Sicherheit der Stromversorgung, so dass Vereinfachungen möglich sind (z. B. keine getrennten Trassen).

Sofern der Aufbau von separaten Netzen für die Allgemeinversorgung und Sicherheitsstromversorgung aus technischen oder wirtschaftlichen Gründen ausnahmsweise nicht möglich sein sollte, kann der Anschluss aller Verbraucher an die Ersatzstromanlage vorgesehen werden. Diese Ersatzstromvollversorgung soll allerdings die Ausnahme sein.

Die zulässige Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen für feste Verlegung in und an Gebäuden ist anhand der DIN VDE 0298-4 festzulegen. Diese Norm ist insbesondere bei der Häufung von Kabeln und Leitungen zu beachten.

Auch im Hinblick auf die zunehmende Belastung der Neutralleiter sind grundsätzlich Kabel, Leitungen und Schienenverteilersysteme ohne Querschnittsreduzierung beim N-Leiter einzusetzen.

Die Trassen für Kabel und Leitungen sind von den Fachplanern für die Technische Ausrüstung und Objektplanung gemeinsam festzulegen. Auf die besondere Problematik der Brandlast in Flucht- und Rettungswegen wird hingewiesen. Die Vorgaben der (M)LAR sind einzuhalten.

Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken fallen seit 10. Juni 2016 unter die Bauproduktenverordnung (Bau-PVO). Die BauPVO legt Bedingungen für die Vermarktung von Bauprodukten fest, so dass deren Leistung anhand wesentlicher Merkmale unter Verwendung europäisch harmonisierter Regeln zu erklären ist.

Die Vorgaben der europäisch harmonisierten Produktnorm DIN EN 50575 (VDE 0482-575) gelten für folgende Kabel- und Leitungstypen:

- Starkstromkabel und -leitungen, isolierte Leiter und Kabel zur Verwendung bei z. B. der Elektrizitätsversorgung,
- Steuer- und Kommunikationskabel, Drähte, symmetrische Kabel und Koaxialkabel mit metallischen Leitern zur Verwendung in z. B. der Telekommunikation, der Datenübertragung, der Funkfrequenz- und Videokommunikation sowie Signalgebungs- und Steuereinrichtungen und
- Glasfaserkabel zur Verwendung z. B. in der Telekommunikation, der Datenübertragung, der Funkfrequenz- und Videokommunikation sowie Signalgebungs- und Steuereinrichtungen.

Die Anforderungen der DIN EN 50575 (VDE 0482-575) gelten nicht für folgende Kabel- und Leitungstypen:

- Kabel und Leitungen mit Funktionserhalt,
- Kabel innerhalb von Maschinen (Maschinenrichtlinie Nr. 2006/42/EG),
- Kabel für Aufzüge (Aufzugrichtlinie Nr. 2014/33/EU) und
- Kabel, die speziell für den industriellen Einsatz gefertigt wurden.

Die europäisch harmonisierte Produktnorm DIN EN 50575 (VDE 0482-575) enthält Vorgaben zur Klassifizierung des Brandverhaltens von elektrischen Kabeln. Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken sind in Bezug auf ihr Brandverhalten zu prüfen und zu kennzeichnen.

Klassifizierung des Brandverhaltens

Die DIN EN 13501-6 definiert ein harmonisiertes Verfahren für die Klassifizierung des Brandverhaltens von elektrischen Kabeln. Sie beschreibt die Grundlagen, das Prüfverfahren und die Klassen des Brandverhaltens für die Einordnung der Kabel entsprechend ihrem Brandverhalten in die sieben neuen Brandklassen (Euroklassen) Aca, B1ca, B2ca, Cca, Dca, Eca und Fca.

Für die Euroklassen B1ca, B2ca, Cca und Dca ist eine zusätzliche Klassifikation bezüglich Rauchentwicklung (s), Abtropfen (d) und dem Säurewert der Brandgase (a) möglich.

Eine Gegenüberstellung der bisherigen und der entsprechenden neuen Brandklassen für Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel, als auch Aussagen zu den ggf. entstehenden Mehrkosten im Vergleich zum Einsatz von normalentflammbaren Kabeln enthält Anhang 8.3.

Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken müssen seit dem 1. Juli 2017 entsprechend der europäisch harmonisierten Produktnorm DIN EN 50575 (VDE 0482-575) geprüft und CE-gekennzeichnet sein. Dazu müssen notifizierte Stellen für die Prüfungs- und Fertigungsinspektionen in Anspruch genommen werden. Für entsprechende Kabel und Leitungen erstellt der Hersteller eine Leistungserklärung (im Engl. Declaration of Performance: DoP) und kann auf dieser Grundlage das Bauprodukt mit einer CE-Kennzeichnung versehen.

Bei der Ausschreibung von Bauleistungen nach VOB Teil C, DIN 18382 ist die Leistungserklärung (DoP) für Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken abzufordern. Die Leistungserklärung des Herstellers der elektrischen Kabel und Leitungen ist nochmals mit den Bauwerksanforderungen abzugleichen und zu den Bestandsunterlagen (Bauakte) zu nehmen.

Bauordnungsrechtliche Vorgaben

Die Implementierung der Sicherheitsstandards für Gebäude mit einem erhöhten Sicherheitsbedarf einschließlich Fortschreiben der untergesetzlichen Vorgaben obliegt den für Bauaufsicht/Bauordnungsrecht zuständigen Stellen in den Bundesländern (oberste Bauaufsichtsbehörde).

Die Vorgabe/Festlegung von Bauwerksanforderungen an Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken liegt ausschließlich in der Zuständigkeit der Bundesländer (ARGEBAU).

Derzeit gibt es unmittelbar keine direkte Vorschrift für die Verwendung der einzelnen Euro-klassen des Brandverhaltes von Starkstromkabeln und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabeln für die dauerhafte Installation in Bauwerken nach Gebäudeklassen.

Im deutschen Baurecht sind folgende Regelwerke einschlägig:

- a) jeweilige Landesbauordnung (LBO) (LBOen werden sukzessive auf der Grundlage der aktuellen Musterbauordnung (MBO) in das Landesrecht eingeführt)
 - analog § 16c MBO: „Anforderungen für die Verwendung von CE-gekennzeichneten Bauprodukten“
 - analog § 26 Absatz 1 Satz 2 MBO: „Allgemeine Anforderungen an das Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“
- b) Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (VVTB) nach Landesrecht auf der Grundlage der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB) (*zum aktuellen Stand MBO- und VVTB-Umsetzung siehe www.dibt.de*)
 - analog Anhang 4: „Bauaufsichtliche Anforderungen, Zuordnung der Klassen, Verwendung von Bauprodukten, Anwendung von Bauarten“, Abschnitt 2 „Elektrische Leitungen und elektrische Leitungsanlagen“, insbesondere: Punkt 2.1.2: „Mindestens erforderliche Leistungen zum Brandverhalten“
 - (Muster)-Leitungsanlagen-Richtlinie ((M)LAR), insbesondere:
 - Punkt 2.2: „Elektrische Leitungen mit verbessertem Brandverhalten“
 - Punkt 3.2.1: „Elektrische Leitungsanlagen“
 - Punkt 4: „Führung von Leitungen durch raumabschließende Bauteile“

Gemäß diesen Vorschriften wird für Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken grundsätzlich nur Normalentflammbarkeit vorausgesetzt. Die Anforderung der Normalentflammbarkeit für Starkstrom-

kabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken entspricht der Klassifizierung Eca.

Für Leitungsanlagen in notwendigen Treppenträumen, in Räumen zwischen notwendigen Treppenträumen und Ausgängen ins Freie, in notwendigen Fluren ausgenommen in offenen Gängen vor Außenwänden legt die (M)LAR teilweise höhere brandschutztechnische Anforderungen fest. Zudem sind im Geltungsbereich der (M)LAR diverse Detailregelungen zu beachten. Kabel und Leitungen dürfen beispielsweise auch offen verlegt werden, wenn sie:

- nichtbrennbar sind (z. B. Leitungen nach DIN EN 60702-1(VDE 0284-1)),
- ausschließlich der Versorgung notwendiger Treppenträume und Flure und von Räumen zwischen notwendigen Treppenträumen und Ausgängen ins Freie dienen oder
- Leitungen mit verbessertem Brandverhalten sind in notwendigen Fluren von Gebäuden der Gebäudeklassen 1 bis 3, deren Nutzungseinheiten eine Fläche von jeweils 200 m² nicht überschreiten und die keine Sonderbauten sind.

Zusätzlich sind die Vorgaben zu brandschutztechnischen Sicherheitsanforderungen für Starkstromkabel und -leitungen sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken bei konkreten Bauvorhaben zu beachten, u. a. aus der Baugenehmigung und dem Brandschutzkonzept.

Im Fall der Fremdversicherungspflicht sind zudem die Vorgaben des jeweiligen Gebäudesachversicherers zu prüfen, die Auswirkungen zu ermitteln und objektbezogen zu entscheiden, ob bzw. in welchen Bereichen Starkstromkabel und -leitungen, sowie Steuer- und Kommunikationskabel für die dauerhafte Installation in Bauwerken mit höheren Anforderungen an das Brandverhalten einzusetzen sind.

Die Verwendung von Kabel und Leitungen mit verbessertem Brandverhalten (halogenfreie Kabel und Leitungen) ist nur bei Vorliegen einer konkreten Auflage durch die baugenehmigende Behörde, des Schadenversicherers oder aufgrund einer begründeten Bauherrenfestlegung erforderlich. Die halogenfreie Installation darf sich dabei aber nicht nur auf Kabel und Leitungen beschränken, sondern muss auch die übrigen Installationssysteme mit einbeziehen. In der Regel sind jedoch nur Gebäude, die einer besonderen Nutzung unterliegen (große Menschenansammlungen) und in einer besonderen Bauweise errichtet wurden, sowie Bereiche mit unwiederbringlichen oder hohen Sach- und Vermögenswerten von derartigen Auflagen betroffen.

3.5 Verlegesysteme

Die Anforderungen der DIN VDE 0100-520 (VDE 0100-520) und der DIN EN 50174-2 (VDE 0800-174-2) sind zu beachten.

Die Verlegesysteme und die Installationsbereiche sind so auszuwählen und festzulegen, dass die energie- und informationstechnischen Kabel und Leitungen weitestgehend auf gleichen Leitungswegen verlegt werden können. Sofern eine längere Parallelverlegung von energie- und informationstechnischen Kabeln und Leitungen mit Stromversorgungsleitungen besonders leistungsstarker elektrischer Verbraucher nicht zu vermeiden ist, müssen auch hier entsprechende Maßnahmen die EMV sicherstellen. Starkstrom- und informationstechnische Kabel sind über den gesamten Verlauf elektromagnetisch voneinander getrennt, in Bündeln (mit maximal 24 informationstechnischen Kabeln je Bündel, siehe AMEV-Empfehlung PoE 2020) zusammengefasst, zu verlegen.

Die metallenen Kabelbehältnisse und Installationskanäle sind mit Trennstegen aus Stahlblech auszustatten. Die Mindestabstände zwischen den Starkstrom- und IuK-Leitungen sind auch bei einer Verlegung in Sammelbefestigungen, z. B. im Deckenhohlraum über abge-

hängen Decken einzuhalten. Die brandschutztechnische Behandlung der Kabeltrassen ist zu beachten.

Im Etagenbereich können prinzipiell mehrere Installationssysteme eingesetzt werden (z. B. Brüstungs-, Unterflur-, Aufboden-, Decken-, Wandkanal). Auswahl und Einsatz erfolgen nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten unter Berücksichtigung gebäudespezifischer Voraussetzungen. In den mit einem oder zwei Arbeitsplätzen besetzten Büros ist der Brüstungskanal (Fensterbankkanal) meist die wirtschaftlichste Lösung. Er zeichnet sich durch niedrige Investitions- und Betriebskosten aus und birgt die geringsten Unfallgefahren. Der Brüstungskanal soll daher dort bevorzugt werden. Unterflurssysteme (estrichüberdeckt bzw. -bündig) können zu Brandschutz- und Statikproblemen führen und zur Stolperfalle werden. Sie sind nur in begründeten Ausnahmefällen einzusetzen.

Der Brüstungskanal ist grundsätzlich aus Stahlblech zu wählen. Fensterbankkanäle aus Aluminium sollten aus wirtschaftlichen und umweltpolitischen Gesichtspunkten (hoher Energie- und Rohstoffbedarf bei der Herstellung) nicht eingesetzt werden.

Bei der Dimensionierung der Trassen sind alle zum Planungszeitpunkt bekannten und absehbaren Maßnahmen zu berücksichtigen. Für alle Verlegesysteme ist eine Platzreserve von ca. 25 % zur späteren Nachrüstung einzuplanen. Eine ausreichende Stabilität des Verlegesystems muss gewährleistet sein.

3.6 Stromkreise

3.6.1 Allgemein

Die Anforderungen der DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530) sind zu beachten.

Zur Erfüllung der Kennwerte des Gesetzes zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz) (GEG) werden besondere Anforderungen an die Planung und Errichtung elektrischer Anlagen bei Neubauten und Sanierungen gestellt, die eine dauerhafte Luftdichtheit der Gebäudehülle sicherstellen.

Die Luftdichtheit orientiert sich an den Vorgaben des GEG. Eine luftdichte Gebäudehülle darf folglich durch Elektroinstallationen nicht unzulässig beeinträchtigt werden.

Elektrische Anlagen sind in Anlehnung an die DIN 18015-5: „Luftdichte und wärmebrückenfreie Elektroinstallation“ zu errichten.

Aus diesem Grund werden bei Elektroinstallationen an der Gebäudehülle (Innen- und Außenseite) luftdichte Geräte- und Verteilerdosen eingesetzt. Erforderliche Leerrohrverbindungen vom Rauminnen nach außen (z. B. für den Anschluss von außenliegenden Rollläden, Jalousien) sind dabei nach Installationsabschluss luftdicht zu schließen.

Die Erstellung einer luftdichten Elektroinstallation, inklusive deren Dokumentation und Prüfung erfordert eine detaillierte Abstimmung der verschiedenen am Bau beteiligten Gewerke.

Bei unsichtbar verlegten Kabeln und Leitungen sollen die Installationszonen in Anlehnung an die diesbezüglichen Vorgaben in der DIN 18015-3 festgelegt werden. Vorstehendes gilt sinngemäß auch für die Anordnung der Betriebsmittel.

Für Schalter und Steckdosen sollen Standardausführungen verwendet werden. In Räumen mit Anforderungen bzgl. der Barrierefreiheit (DIN 18040-1, DIN 32975), wie z. B. einer kontrastreichen Gestaltung, sind diese bei der Auswahl der Bedienelemente zu berücksichtigen.

Leuchten und Steckdosen sind grundsätzlich an getrennte Stromkreise anzuschließen.

Für Steckdosen auf Fluren, die dem Anschluss von Reinigungsgeräten dienen, sind eigene Stromkreise vorzusehen. In diese Stromkreise sind auch die Kochendwassergeräte der Putzräume einzubeziehen, es sei denn, diese Warmwasserbereiter sollen aus energetischen Gründen separat gesteuert werden.

In Gebäuden ohne Trennung der Stromkreise zwischen allgemeinen und IuK-Verbrauchern sind pro Arbeitsplatz vier Steckdosen 230 V zu installieren.

In Gebäuden mit getrennten Netzen (siehe Abschnitt 3.3) sind pro Arbeitsplatz zwei Steckdosen 230 V für allgemeine Verbraucher und zwei bis drei Steckdosen 230 V für Geräte der IuK vorzusehen.

Bei der Stromkreisaufteilung und Querschnittsbemessung ist darauf zu achten, dass der maximal zulässige Spannungsfall (4 % zwischen Gebäudeverteilung und Endverbraucher) nicht überschritten wird. Darüber hinaus sollten an einem 230 V Stromkreis 8 - 12 Steckdosen für allgemeine Verbraucher bzw. für IuK-Verbraucher angeschlossen werden.

Durch unterbrechungsfreie Stromversorgung (USV) gespeiste Steckdosen sind rot oder orange und mit Schriftzug „USV“ zu kennzeichnen. Bei nach allgemeinen Verbrauchern und IuK-Verbrauchern getrennten Stromkreisen sollen die Steckdosen für den Anwender einfach voneinander zu unterscheiden sein. Auch hier haben sich verschiedenfarbige Zentralplatten und Rahmen bewährt.

In Räumen, in denen sich Kleinkinder oder Menschen mit Behinderung aufhalten, sollten die Steckdosen grundsätzlich mit erhöhtem Berührungsschutz (DIN VDE 0620-1) ausgestattet werden. Hierfür bieten sich Steckdosen mit integriertem erhöhten Berührungsschutz an. Diese Maßnahme alleine reicht jedoch nicht aus um Kleinkinder oder Menschen mit Behinderung vor gefährlichen Stromschlägen zu schützen. Diesbezüglich wird empfohlen nach Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung zusätzliche organisatorische Maßnahmen zu ergreifen.

3.6.2 Maßnahmen für den Schutz gegen elektrischen Schlag

Schutzmaßnahmen in elektrischen Anlagen sind zum Schutz von Personen und Sachen gegen gefährliche Wirkungen des elektrischen Stromes während des ordnungsgemäßen Betriebs und im Fehlerfall erforderlich. Die Auswahl der Schutzmaßnahmen ist stets im Einzelfall anhand der örtlichen Gegebenheiten und der betrieblichen Anforderungen auf der Grundlage der DIN VDE und ggf. zusätzlich gesetzlicher und behördlicher Vorgaben zu treffen. Gleiches gilt für die Auswahl der elektrischen Betriebsmittel bezüglich der Schutzklasse (DIN VDE 0100-Reihe) und der Schutzart (DIN VDE 0100-510).

In TN-Systemen ist als Schutzmaßnahme der Schutz durch automatische Abschaltung der Stromversorgung mit Überschutzeinrichtungen (gemäß DIN VDE 0100-410: Absatz 411.3.2.1 mit Trenneigenschaften) anzuwenden.

Gemäß DIN VDE 0100-410 muss ein zusätzlicher Schutz durch RCDs (**R**esidual **C**urrent protective **D**evice = Fehlerstrom-Schutzeinrichtung) mit einem Bemessungsdifferenzstrom nicht größer als 30 mA vorgesehen werden für:

- a) Steckdosen in Endstromkreisen für Wechselstrom (AC) mit einem Bemessungsstrom nicht größer als 32 A, die für die Benutzung durch Laien und zur allgemeinen Verwendung bestimmt sind, und
- b) Endstromkreise mit fest angeschlossenen ortsveränderlichen Betriebsmitteln für Wechselstrom (AC) zur Verwendung im Außenbereich mit einem Bemessungsstrom nicht größer als 32 A.

Zur Umsetzung vorgenannter Vorgaben der DIN VDE 0100-410 wird empfohlen,

- die Steckdosen für IuK-Verbraucher in Büroräumen oder büroähnlicher Umgebung über kombinierte zweipolige RCDs mit Leitungsschutzschalter (RCBO) und
- die Steckdosen für den Anschluss von allgemeinen Verbrauchern einschließlich Reinigungsgeräten durch vierpolige RCDs (RCCB) für eine Gruppe Leitungsschutzschalter

zu schützen. Bei geringen Anforderungen an die Verfügbarkeit der Steckdosen für IuK-Verbraucher können diese, wie die Steckdosen für die allgemeinen Verbraucher, geschützt werden.

Die Ausnahme zu Punkt a) sollte nur im Einzelfall bei besonderer Begründung in Anspruch genommen werden. Die Begründung einschließlich der zugehörigen Maßnahmen, die eine Benutzung durch Laien und die allgemeine Verwendung dauerhaft ausschließen, ist im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung nach Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) zu dokumentieren und zu den Bestandsunterlagen zu nehmen.

Werden die im TN-System nach DIN VDE 0100-410 vorgegebenen Abschaltbedingungen nicht erfüllt, sind zusätzliche Maßnahmen vorzusehen. In TT-Systemen wird die erforderliche Abschaltung mit RCDs erreicht. In bestimmten Fällen ist aufgrund der hohen Ableitströme der Einsatz von RCDs nur bedingt möglich (z. B. in Küchen, siehe auch DIN VDE 0100-530). Zur Sicherstellung der Selektivität und Vermeidung größerer Betriebsstörungen sind RCDs selektiver Bauart einzusetzen.

In Gebäuden und Räumen sowie Bereichen besonderer Art und Nutzung, wie z. B.

- in Krankenhäusern und medizinisch genutzten Räumen,
- in Versammlungsstätten,
- in explosionsgefährdeten Bereichen,
- in Werkstätten zur Instandsetzung elektrischer und elektronischer Geräte oder
- im Außenbereich

sind ggf. andere oder ergänzende Schutzmaßnahmen anzuwenden. Dazu gehören beispielsweise doppelte oder verstärkte Isolierung, Schutztrennung, Schutz durch Kleinspannung mittels SELV oder PELV sowie Anwendung des IT-Systems mit Isolationsüberwachungseinrichtung (DIN VDE 0100-410).

Bezüglich des Schutzes von Kabeln und Leitungen bei Überstrom wird auf DIN VDE 0100-430 und DIN VDE 0298-4 verwiesen.

Für Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen thermische Auswirkungen wird auf Abschnitt 3.7.2 hingewiesen.

3.6.3 Zusätzlicher Schutzpotenzialausgleich

Unter bestimmten Voraussetzungen ist ein zusätzlicher Potenzialausgleich (PA) erforderlich. Bei dieser auch „örtlicher Potenzialausgleich“ genannten Schutzmaßnahme müssen alle gleichzeitig berührbaren Körper fest angebrachter Betriebsmittel und alle gleichzeitig berührbaren fremden leitfähigen Teile wie Rohrleitungen, metallene Träger, Heizkörper usw. in den Potenzialausgleich mit einbezogen und unmittelbar miteinander verbunden werden.

Ein zusätzlicher Potenzialausgleich ist u. a. erforderlich in:

- Schwimmbädern und Springbrunnen (DIN VDE 0100-702),

- den Räumen der Gruppen 1 und 2 in Krankenhäusern und medizinisch genutzten Räumen (DIN VDE 0100-710),
- Unterrichtsräumen mit Experimentierständen (DIN VDE 0100-723),
- explosionsgefährdeten Bereichen (DIN EN 60079-14 (VDE 0165-1)),
- Zentralen und Verteilerräumen der IuK-Anlagen (DIN VDE 0100-540, DIN VDE V 0800-2),
- Großküchen im Bereich der Großküchengeräte.

3.7 Brandschutz, Schutz gegen thermische Auswirkungen und Funktionserhalt

3.7.1 Brandschutz

Die Installation der elektrischen Anlagen in Gebäuden ist abhängig vom baulichen Brandschutz des Gebäudes. Die gesetzlichen und untergesetzlichen (z. B. Rechtsverordnungen, Erlasse, Satzungen) Vorgaben sind zu beachten. Sofern Brandschutzkonzepte vorliegen, dienen diese als verbindliche Vorgabe auch für die Elektroinstallation. Folgende Gesichtspunkte sind insbesondere zu berücksichtigen:

- Kabel und Leitungen dürfen nicht zu einer Ausbreitung eines Brandes in andere Brandabschnitte beitragen oder diese begünstigen,
- elektrische Anlagen notwendiger Sicherheitseinrichtungen müssen im Brandfall über eine vorgegebene Zeit funktionsfähig bleiben und
- die Entstehung von Rauch, Brand und Feuer muss in den Flucht- und Rettungswegen durch bauliche Maßnahmen verhindert werden (siehe (M)LAR).

Dem baulichen und anlagentechnischen Brandschutz dienen folgende Maßnahmen:

- Zuordnung von Unterverteilungen und Installationsbereichen zu Brandabschnitten,
- Normgerechte Berechnung und Installation der elektrischen Betriebsmittel (DIN VDE 0100-420 und DIN VDE 0298-4),
- Vermeidung von hohen Überströmen und damit hohen Temperaturen durch Schutzeinrichtungen gegen Überlast und Kurzschluss (DIN VDE 0100-430 und DIN VDE 0100-520),
- Vermeidung von unnötigen Brandlasten innerhalb der elektrischen Anlage,
- Abschottung mit Produkten mit Bauartzulassung und
- Einsatz von Verlegesystemen ohne oder geringer Brandlast.

Bauaufsichtliche Zulassungen sind auf evtl. eingeschränkte Nutzungszeiträume zu überprüfen. Es sollten ausschließlich Produkte ohne begrenzte Nutzungszeiträume verwendet werden.

3.7.2 Schutz gegen thermische Auswirkungen

DIN VDE 0100-420 beschreibt Maßnahmen zum Schutz gegen thermische Auswirkungen in Niederspannungsanlagen. Die Maßnahmen dienen dem Schutz von Personen, Nutztieren und Sachen gegen

- thermische Einflüsse sowie Brandgefahr, ausgehend von elektrischen Betriebsmitteln,
- die Verbreitung von Flammen und Rauch im Brandfall und
- die Beeinträchtigung der sicheren Funktion elektrischer Einrichtungen.

Insbesondere wird hingewiesen auf DIN VDE 0100-420 Abschnitt 421.7.

Abschnitt 421.7 beschreibt den Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen in Endstromkreisen. Für folgende Räume und Orte werden besondere Maßnahmen zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen in Endstromkreisen empfohlen:

- a) Räumlichkeiten mit Schlafgelegenheiten,
- b) Räume oder Orte mit besonderem Brandrisiko – Feuergefährdete Betriebsstätten (nach MBO): Bauliche Anlagen, deren Nutzung durch Umgang mit oder Lagerung von Stoffen mit Explosions- oder erhöhter Brandgefahr verbunden ist,
- c) Räume oder Orte aus Bauteilen mit brennbaren Baustoffen, wenn diese einen geringeren Feuerwiderstand als feuerhemmend aufweisen und
- d) Räume oder Orte mit Gefährdungen für unersetzbare Güter.

Zur Erkennung von besonderen Risiken durch Auswirkungen von Fehlerlichtbögen in Endstromkreisen für die Räume und Orte gemäß a) bis d) ist in der Planungsphase eine Risiko- und Sicherheitsbewertung durchzuführen und das Ergebnis zu dokumentieren. Bei Vorliegen von besonderen Risiken durch Auswirkungen von Fehlerlichtbögen in Endstromkreisen sind geeignete bauliche, anlagentechnische oder organisatorische Maßnahmen vorzusehen.

Zur Umsetzung der Empfehlung in DIN VDE 0100-420 Abschnitt 421.7 wird vorgeschlagen, in einem 1. Schritt zu bewerten, ob Räume oder Orte gemäß a) bis d) entsprechend obiger Aufzählung in baulichen Anlagen vorhanden bzw. geplant sind. In einem 2. Schritt ist für Räume oder Orte, die unter a) bis d) subsumiert werden, eine Risiko-/Sicherheitsbewertung projektspezifisch auf der Grundlage eines gebäude- und nutzungsbezogenen Schutzkonzeptes anhand objektiver Kriterien und anerkannter Regeln der Technik durchzuführen, um

- besondere Risiken durch Auswirkungen von Fehlerlichtbögen zu erkennen und
- im Bedarfsfall weitere geeignete Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheit auszuwählen.

Ergibt die Risiko-/Sicherheitsbewertung ein besonderes Risiko (ausgedrückt durch einen erhöhten Risikowert), dann sind geeignete bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen zu prüfen, um den Sicherheitswert an den erhöhten Risikowert anzupassen.

Werden die besonderen Risiken durch geeignete Maßnahmen ausgeglichen, können weitere zusätzliche bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen entfallen.

Mit der Risiko-/Sicherheitsbewertung wird somit abschließend festgestellt, ob ein besonderes Risiko durch die geplanten und aufeinander abgestimmten baulichen, technischen und organisatorischen Maßnahmen ausgeglichen ist.

Sofern das besondere Risiko wirtschaftlich nicht durch andere geeignete, aufeinander abgestimmte, bauliche, anlagentechnische und/oder organisatorische Maßnahmen ausgeglichen werden kann, sind Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDDs) vorzusehen.

Im Fall der Fremdversicherungspflicht sind zudem ggf. bestehende Vorgaben des jeweiligen Gebäudesachversicherers zum Einsatz von AFDDs zu prüfen.

Abbildung 2 visualisiert den vorbeschriebenen Verfahrensablauf zur Prüfung von besonderen Maßnahmen zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen in Endstromkreisen gemäß DIN VDE 0100-420 Abschnitt 421.7.

Die Risiko-/Sicherheitsbewertung nach DIN VDE 0100-420 Abschnitt 421.7 ist vom Bauherren bzw. der von ihm beauftragten Fachplaner unter Einbeziehung des künftigen Betreibers der betroffenen Räume und Orte gemäß a) bis d) vorzunehmen.

Die Risiko-/Sicherheitsbewertung ist qualifiziert und normenkonform durchzuführen. Für öffentliche Gebäude wird empfohlen, die Praxishilfe im Anhang 8.4 und die entsprechende Methodik anzuwenden. Auf das hierzu vorliegende Excel-Tool und die Beispiele wird hingewiesen.

Das Ergebnis der Risiko-/Sicherheitsbewertung ist zu dokumentieren und dauerhaft zu den Bauunterlagen (Bauakte) zu nehmen.

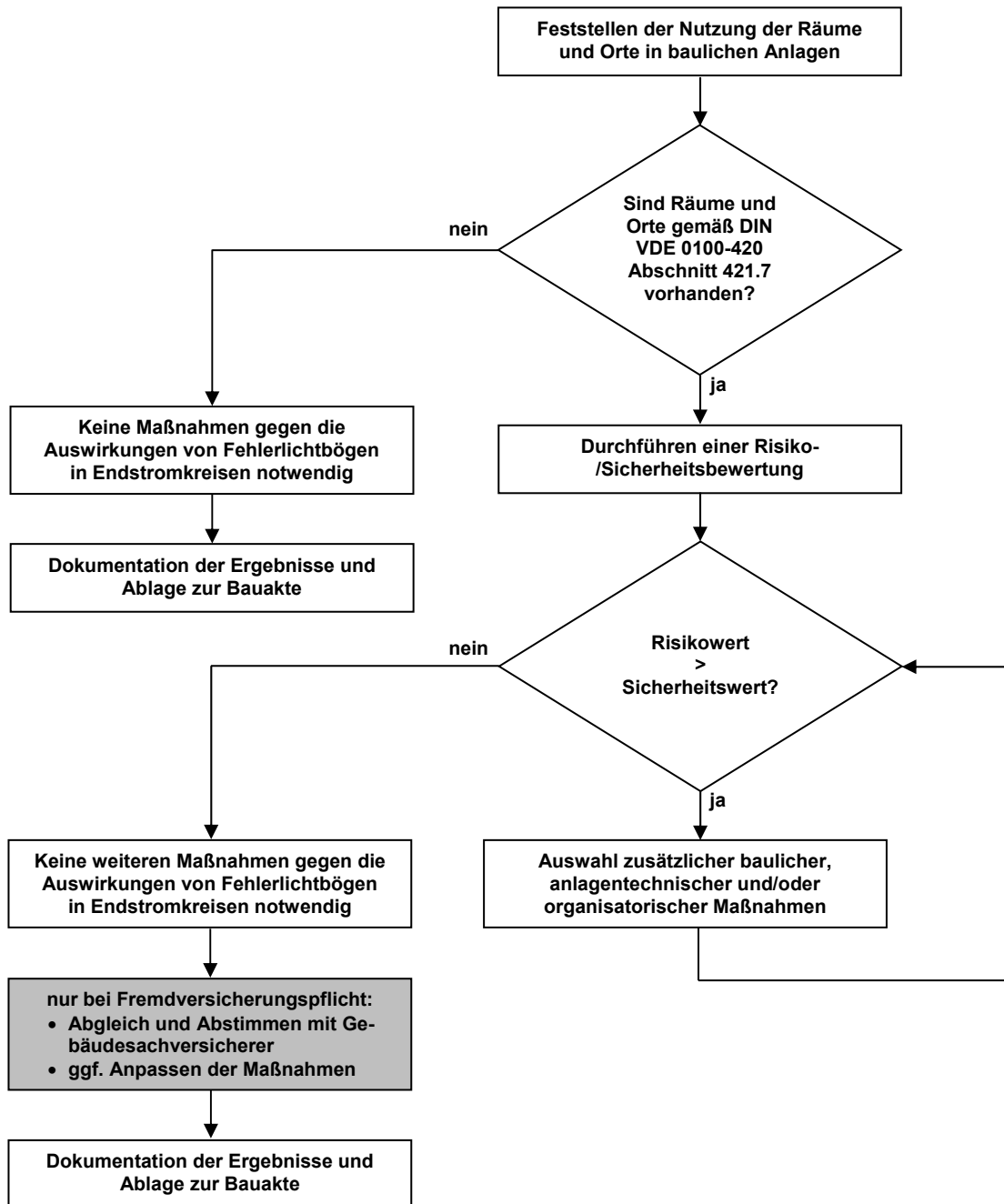


Abbildung 2: Flussdiagramm - Verfahrensablauf zur Prüfung von besonderen Maßnahmen gemäß DIN VDE 0100-420 Abschnitt 421.7

3.7.3 Funktionserhalt

Der Funktionserhalt umfasst die Gesamtheit der Maßnahmen (inklusive Berücksichtigung des Spannungsfalls), welche die Funktion von wichtigen betriebstechnischen Anlagen, wie

z. B. bauordnungsrechtlich vorgeschriebenen Sicherheitseinrichtungen, im Brandfall für eine bestimmte Zeit aufrechterhalten. Er erstreckt sich auf alle Komponenten der Sicherheitsstromversorgung von der Stromquelle über das Verteilungsnetz bis zum Betriebsmittel. Die Zeit, in der die Kabel- bzw. Leitungsanlage funktionstüchtig bleibt, d. h. kein Kurzschluss oder keine Leiterunterbrechung auftritt, gilt als Kennzeichnung für die geprüften Kabel und Leitungen.

Hinsichtlich des Funktionserhalts werden in der (M)LAR zwei Gruppen unterschieden:

- Funktionserhalt von mindestens 30 Minuten (E 30) für Sicherheitseinrichtungen, die zur Rettung von Menschen notwendig sind. Erforderlich bei
 - Sicherheitsbeleuchtungsanlagen,
 - Personenaufzügen mit Brandfallsteuerung,
 - Brandmeldeanlagen,
 - Anlagen zur Alarmierung und Erteilung von Anweisungen,
 - natürlichen Rauchabzugsanlagen und
 - maschinellen Rauchabzugsanlagen (sofern nicht E 90).
- Funktionserhalt von mindestens 90 Minuten (E 90) für Sicherheitseinrichtungen, die auch für die Brandbekämpfung notwendig sind. Erforderlich bei
 - Wasserdruckerhöhungsanlagen zur Löschwasserversorgung,
 - maschinellen Rauchabzugsanlagen und Rauchschutz-Druckanlagen,
 - Feuerwehraufzügen und
 - Bettenaufzügen in Krankenhäusern.

Für die Sicherstellung des Funktionserhalts von Kabeln, Leitungen und Schienenverteilersystemen gibt es verschiedene Möglichkeiten:

- getrennte Kabel- und Leitungstrassen,
- Beschichtungen und Bekleidungen,
- Verteiler mit Funktionserhalt oder
- Kabel- und Leitungsanlagen mit integriertem Funktionserhalt.

Für Brandschotts und Leitungstrassen mit Funktionserhalt sind die vom Hersteller vorgegebenen Montageanweisungen zu befolgen. Es dürfen nur die im Prüfzeugnis vorgeschriebenen Komponenten ausgewählt und entsprechend montiert werden.

Hinweise:

Die Kennzeichnung FE (z. B. FE 90 nach DIN VDE 0472-814) bedeutet Isolationserhalt und darf nicht mit der Kennzeichnung E (Funktionserhalt) gleichgesetzt werden. Auch halogenfreie Mantelleitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall nach DIN VDE 0250-214 und halogenfreie Kabel mit verbessertem Verhalten im Brandfall nach DIN VDE 0266 bieten keinen Funktionserhalt.

Nach Abschluss der Arbeiten muss der Errichter der Kabel- und Leitungsanlage gemäß DIN 4102-12 eine Übereinstimmungserklärung ausfüllen. Damit bestätigt er, dass die Kabel- und Leitungsanlage gemäß den in den Prüfungszeugnissen aufgeführten Bestimmungen errichtet wurde. Der Schott der Kabel- und Leitungsanlage ist beidseitig mit einem Schild mit folgenden Angaben dauerhaft zu kennzeichnen:

- Name des Errichters,
- Bezeichnung des Systems gemäß Prüfzeugnis,
- Funktionserhaltsklasse, z. B. E 90,
- Prüfzeugnisnummer,
- Herstellungsjahr.

Für bestimmte Gebäude sind in den Bauordnungen der einzelnen Bundesländer (LBO) bzw. den geltenden Sonderbauverordnungen und -richtlinien zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit Blitzschutzanlagen gefordert (siehe hierzu auch das Merkblatt des Verbands Deutscher Blitzschutzfirmen e. V. „Rechtliche und normative Grundlagen für den Blitzschutz an baulichen Anlagen“ Stand 04/2018). Soweit die baurechtlichen Vorgaben der Bundesländer keine Blitzschutzmaßnahmen fordern, ist ein Blitzschutzsystem mit einer Schutzklasse entsprechend der Risikoanalyse nach DIN EN 62304-2 (VDE 0185-305-2) erforderlich. Sollte nach qualifizierter Risikoabschätzung und Prüfung versicherungsrechtlicher Fragen zweifelsfrei kein Blitzschutz für vorgenannte Gebäude notwendig sein, kann dieser entfallen.

Das Schadensrisiko des zu schützenden Gebäudes und dessen Blitzschutzklasse ist vor Beginn der Planung mittels einer Risikoanalyse gemäß DIN EN 62305-2 (VDE 0185-305-2) zu ermitteln.

4.1.2 Äußerer Blitzschutz

Der Äußere Blitzschutz hat die Aufgabe, alle Blitzeinschläge „aufzufangen“, den Blitzstrom vom Einschlagpunkt aus zur Erde abzuleiten und in der Erde zu verteilen, ohne dass thermische, mechanische und elektrische Wirkungen das Leben und die Gesundheit von Personen und Tieren gefährden und Schäden an den zu schützenden baulichen Anlagen verursachen.

Der Äußere Blitzschutz, bestehend aus Fangeinrichtung, Ableitungseinrichtung und Erdungsanlage, ist entsprechend DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) zu planen und auszuführen.

Die Fangeinrichtung hat die Aufgabe, mögliche Einschlagpunkte und Blitzstromwege zu definieren, unkontrollierte Blitzstromwege zu vermeiden und das zu schützende Volumen vor direkten Einschlägen zu bewahren. Umfang und Art der Fangeinrichtungen sollen mit Hilfe der Blitzkugel-, Maschen- und Schutzwinkelverfahren einzeln oder in Kombination festgelegt werden.

Die Ableitungseinrichtung ist die elektrisch leitende Verbindung zwischen der Fangeinrichtung und der Erdungsanlage. Die Ableitungen sollen den Blitzstrom zur Erdungsanlage ableiten. Die geometrische Anordnung der Ableitungen und der maximale Abstand werden von der ermittelten Schutzklasse vorgegeben. Bei entsprechenden Voraussetzungen können auch die „natürlichen Bestandteile“ einer baulichen Anlage, wie metallene Installationen, das metallene Gebäudeskelett oder die durchverbundene Bewehrung als Ableitungseinrichtung genutzt werden.

Die Erdungsanlage leitet und verteilt den Blitzstrom in die Erde. DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) unterscheidet zwischen Erderanordnung Typ A und Typ B. Die Erderanordnung Typ A besteht aus dem Oberflächenerder und/oder Tiefenerder. Die Erderanordnung Typ B besteht aus dem Ringerder oder Fundamenterder. Die Mindestlängen der Erder richten sich nach der ermittelten Schutzklasse.

4.1.3 Trennungsabstand

Um gefährliche Funkenbildungen durch Spannungsüberschläge sowie induktive Einkopplungen zwischen der Blitzschutzanlage und den leitfähigen Teilen des Gebäudes und dessen technischen Einrichtungen (z. B. Rohrleitungen, Elektroanlage, Kommunikationsnetz) zu vermeiden, muss der Abstand zwischen Fangeinrichtung/Ableitung und (baulichen) metallenen Installationen größer als der Trennungsabstand sein.

Die Einhaltung des Trennungsabstandes kann den Installationsaufwand bzw. die Anlagenkonfiguration erschweren. Die Thematik ist daher von Beginn an bei der Planung zu berücksichtigen.

Die Berechnung des Trennungsabstandes erfolgt gemäß DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) nach dem detaillierten Knotenpunktverfahren oder der vereinfachten Berechnungsformel für den Trennungsabstand und den zugehörigen Tabellen für die Koeffizienten.

Der Trennungsabstand ist abhängig von:

- Stromaufteilung im LPS-System (abhängig von der geometrischen Anordnung der Fangeinrichtung/Ableitung),
- der gewählten Schutzklasse des LPS-Systems,
- dem Material zwischen Fangeinrichtung/Ableitung zu metallenen und elektrischen Installationen (Isolationseigenschaft: Luft < Holz < Beton, Ziegel) und
- der Länge der Fangeinrichtung oder der Ableitung von dem Punkt, an dem der Trennungsabstand ermittelt werden soll, bis zum nächstliegenden Punkt des Potenzialausgleichs oder der Erdung.

Folgende Maßnahmen zur Gewährleistung bzw. Einhaltung des Trennungsabstandes sind primär zu prüfen und vollständig auszuschöpfen:

- Verlegung elektrischer Installationen, die den Trennungsabstand zu den Ableitungen der Fangeinrichtung nicht einhalten,
- Vermaschung des Fangleitungsnetzes,
- Erhöhung der Anzahl der Ableitungen,
- geringer Abstand zur nächsten Ableitung und
- Verringerung des Abstandes zum nächstliegenden Punkt des Potenzialausgleichs oder der Erdung.

Kann der notwendige Trennungsabstand auf Grund der Gebäudeform (z. B. hohe Gebäude), der vorgegebenen Lage, Abstände und Materialien (z. B. im Bestand) oder der Ästhetik (z. B. Denkmalschutz) nicht eingehalten werden, so sind folgende Ersatzmaßnahmen zu prüfen:

1. Einsatz hochspannungsfest isolierter Ableitungen und/oder
2. Einbinden metallener Installationen (z. B. Rohrleitungen für Wasser/Heizung) in den Blitzschutz durch Herstellen einer blitzstromtragfähigen Verbindung.

Bei hochspannungsfest isolierten Blitzschutzableitungen gemäß Nr. 1 handelt es sich gemäß DIN EN 62305-3 (VDE 0182-305-3) entweder um blanke Leitungen in Kombination mit isolierten Abstandshaltern oder um Leitungen für Blitzschutzzwecke mit einer hochspannungsfesten Isolierung nach DIN IEC/TS 62561-8 (VDE V 0185-561-8). Diese Leitungen ermöglichen die Einhaltung des Trennungsabstandes nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) zu elektrisch leitenden Teilen. Insbesondere bei architektonisch anspruchsvollen Fassaden und Dächern sollte diese technische Lösung in Erwägung gezogen werden.

Bei der Planung eines solchen Systems ist zu beachten, dass durch die Verwendung von hochspannungsfesten Leitungen keine Reduzierung von induktiv eingekoppelten Spannungen erfolgt. Überspannungsschutzmaßnahmen sind weiterhin erforderlich. Hochspannungsfeste Leitungen sind in verschiedenen Ausführungen und mit unterschiedlichen äquivalenten Trennungsabständen erhältlich (z. B. 0,45 m, 0,75 m, 0,9 m). Daher muss bei der Planung eines solchen Systems der Trennungsabstand ebenfalls genau berechnet werden.

Die jeweiligen Herstellervorgaben sind bei Planung und Ausführung unbedingt zu beachten und zu dokumentieren. Montageanleitungen sind der Dokumentation beizufügen und die Einhaltung ist durch den Errichter zu bescheinigen.

Bei den Ersatzmaßnahmen gemäß Nr. 2 werden innerhalb des errechneten Trennungsabstands liegende metallene Installationen sowie elektrische und informationstechnische Leitungen blitzstromtragfähig über Blitzstrom-Ableiter SPD Typ 1 (SPD = **S**urge **P**rotective **D**e-

vice) mit dem Schutzpotenzialausgleich (Haupterdungsschiene) verbunden. Durch diese Maßnahme werden die Trennungsabstände am Installationsort des Blitzstrom-Ableiters (SPD) auf „0“ gesetzt.

Die Ersatzmaßnahme Nr. 2 hat den Nachteil, dass im Falle eines Blitzeinschlages ein Teil des Blitzstroms durch das Gebäudeinnere fließt. Metallene Installationen und Leitungen im Gebäude können Blitzstrom führen. Der zu den Erdungssystemen im Gebäude fließende Blitzstrom bewirkt neu einzuhaltende Trennungsabstände zu benachbarten Installationen und Leitungen. Weiterhin können elektromagnetische Beeinträchtigungen auftreten. Bei der Konzeption des inneren Blitzschutzes (siehe DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4)) sind daher die Auswirkungen auf elektrische und elektronische Systeme in der Nähe blitzstromführender „Ableitungen“ zu berücksichtigen. Deutliche Mehrkosten - u. a. für den Überspannungsschutz - sind nicht auszuschließen.

Die Ersatzmaßnahme Nr. 2 sollte - soweit machbar und aus architektonischen/gestalterischen Gründen vertretbar - nur im Einzelfall angewendet werden.

4.1.4 Innerer Blitzschutz

Der Innere Blitzschutz umfasst die Gesamtheit der Maßnahmen, die zum Schutz gegen Auswirkungen elektromagnetischer Einwirkung auf metallene Konstruktionen, elektrische und informationstechnische Einrichtungen an einer technischen Anlage selbst und ihren Wirkungsbereich getroffen werden müssen. Alle Einzelmaßnahmen wie Potenzialausgleich, Schirmung, Führung und Anordnung von metallenen Leitern in Kabel und Leitungen, Einsatz von Überspannungsschutzgeräten sollen Bestandteile eines Gesamtkonzeptes sein.

Der Blitzschutz-Potenzialausgleich wird erreicht durch das Verbinden der Leiter des Äußeren Blitzschutzes einschließlich Erdungsanlage mit dem Metallgerüst der baulichen Anlage, mit den metallenen Rohrleitungen und Installationen innerhalb des Gebäudes, den geerdeten Teilen von energie- und informationstechnischen Anlagen und das indirekte Verbinden aller in die bauliche Anlage hineinführenden und abgehenden aktiven Leiter von energie- und informationstechnischen Kabeln und Leitungen durch Überspannungsschutzgeräte.

Der Innere Blitzschutz einschließlich Blitzschutz-Potenzialausgleich ist fachgerecht entsprechend DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) auszuführen. Er kann auch in Gebäuden ohne Äußeren Blitzschutz erforderlich sein, sofern der über Kabel und Leitungen in die bauliche Anlage einfließende Blitzstrom Schäden verursachen kann.

Der Schutz von elektrischen und elektronischen Systemen in Gebäuden gegen Überspannungen, die durch den elektromagnetischen Blitzimpuls (**L**ightning **E**lectro **M**agnetic im **P**ulse = LEMP) verursacht werden, beruht auf dem Prinzip der Blitzschutz-zonen (engl.: **L**ightning **P**rotection **Z**ones = LPZ). Danach ist die zu schützende bauliche Anlage in innere Blitzschutz-zonen mit unterschiedlichen LEMP-Bedrohungswerten zu unterteilen. Insbesondere in Gebäuden mit umfangreichen und komplexen informationstechnischen Anlagen und Einrichtungen (z. B. Rechenzentren) ist das Blitz-Schutz-zonen-Konzept gemäß DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) konsequent umzusetzen.

Die Überspannungs-Schutzgeräte (SPDs) zur Einbeziehung der energie- und informationstechnischen Kabel und Leitungen in den Potenzialausgleich sind bezüglich ihres Schutzpegels und Ableitvermögens gestaffelt gemäß DIN VDE 0100-534 vorzusehen.

- Im Bereich der festen Gebäudeinstallation werden entsprechend den Anforderungen und Belastungen SPDs vom Typ 1, 2 und 3 verwendet.
- SPDs vom Typ 1 (Blitzstromableiter) sind an der Schnittstelle der inneren Blitzschutzzone 0_A auf 1 (möglichst in der Nähe des Gebäudeeintritts bzw. in der Gebäudehauptverteilung (GHV)) einzusetzen.

- Am Übergang der Blitzschutzzone 1 auf 2 (Verteilungsstromkreise/Unterverteiler) sind SPDs vom Typ 2 (Überspannungsableiter) zu installieren.
- Am Übergang der Blitzschutzzone 2 auf 3 (Endgeräte, Schutzkontaktsteckdosen) sind SPDs vom Typ 3 zu verwenden.

SPDs vom Typ 3 sind jedoch nur für Steckdosen und Steckdosenleisten für die aktiven Komponenten der LuK im zentralen Technikraum, im Systembetriebsraum bzw. in den Etagenverteilteräumen und für Anschlüsse von besonders kostenintensiven Einzelgeräten (z. B. Teilnetzserver) zu verwenden.

4.2 Erdungssystem

Das Erdungssystem besteht aus

- der Erdungsanlage (in Kontakt mit der Erde) und
- der Potenzialausgleichsanlage (nicht in Kontakt mit der Erde).

4.2.1 Erdungsanlage

Die Erdungsanlage soll einen möglichst großen Anteil des Blitzstromes in die Erde ableiten, ohne dass gefährliche Potentialdifferenzen in der Erdungsanlage entstehen. Dies wird durch ein vermaschtes Netzwerk unterhalb und ggf. um die bauliche Anlage (Fassade) herum erreicht. Für die verschiedenen elektrischen Systeme (Blitzschutz, NS-Anlagen, LuK) ist eine gemeinsame Erdungsanlage zu bevorzugen. Diese muss mit dem Potenzialausgleich verbunden werden. Da die DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) von einem konsequenten Blitzschutz-Potenzialausgleich ausgeht, wird für den Erdungswiderstand kein besonderer Wert gefordert. Im Allgemeinen wird jedoch ein Erdungswiderstand kleiner 10 Ohm empfohlen.

Bei allen neu zu errichtenden Bauten schreiben die technischen Anschlussregeln Niederspannung (TAR, VDE-AR-N 4100), sowie die Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAB) der Verteilnetzbetreiber (VNB) und die Planungsnorm DIN 18014 eine Erdungsanlage vor. Die Ausführung der Erdungsanlage ist ebenfalls in der DIN 18014 geregelt.

Die Erdungsanlage ist auch unter Beachtung der Kriterien Funktionalität, Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit zu planen. Bei Nichtwohngebäuden wird die Erdungsanlage regelmäßig als Fundamenterder ausgeführt. Der Begriff Fundamenterder bezieht sich gemäß DIN VDE 0100-540 sowohl auf den Erder in Beton verlegt, als auch auf den „Fundamenterder in Erde“ (sog. Ringerder). Bei Ausführung der Verlegung in Erde ist korrosionsfester Stahl (z. B. Edelstahl: V4A, W-Nr. 1.4571) gemäß DIN 18014 vorzusehen.

Werkstoffe und Mindestmaße für die gebräuchlichsten Erder sind der DIN VDE 0100-540, Tabelle 54.1 zu entnehmen. Hierbei sind die unterschiedlichen Minstdurchmesser für senkrechte und waagerechte Errichtung zu beachten.

Um einen ausreichenden Korrosionsschutz gewährleisten zu können, muss bei der Verlegung im Beton eine Überdeckung von mindestens 5 cm vorhanden sein. Der Fundamenterder darf nicht ohne zusätzliche Maßnahmen (z. B. Überbrückung mittels Dehnungsband) über Bewegungsfugen geführt werden.

Bei baulichen Anlagen mit Bodenplatte sowie Perimeter- und Sockeldämmung hat ein im Fundament angeordneter Fundamenterder keine Erdungswirkung und wird daher als Funktions-Potenzialausgleichsleiter bezeichnet. Bodenplatte und Sockel sind hier vollflächig gegen Erde isoliert. In diesen Fällen ist unterhalb der Bodenplatte ein korrosionsfester Ringerder einzubringen. Gleiches gilt bei der Verwendung von Noppenbahnen als Ersatz für die Sauberkeitsschicht.

In Gegenden mit hohem Grundwasserstand oder Hanglagen mit "drückendem" Wasser werden in der modernen Bautechnik die erdumschlossenen Außenwände und die Fundamentplatte nach den Verfahren "Schwarze- bzw. Weiße Wanne" abgedichtet.

Bei sachgerechter Ausführung der "Schwarzen Wanne" ist durch die hochohmige Isolation nach außen eine Erderwirkung durch den Fundamenterder im Fundament nicht gegeben. Für das Einhalten der Erdungsanforderungen ist die Installation z. B. eines korrosionsfesten Ringerders unterhalb aller Abdichtungen in der Sauberkeitsschicht oder außen um das Gebäude herum erforderlich. Das Einführen des äußeren Erders in das Gebäudeinnere sollte dabei nach Möglichkeit oberhalb der Gebäudeabdichtung erfolgen.

Bei der "Weißen Wanne" (WU-Beton) ist die Erderwirkung, d. h. die notwendige Erdfähigkeit durch den Fundamenterder im Fundament ebenfalls nicht gegeben. Daher ist ein Ringerder erdfähig außerhalb der "Weißen Wanne", z. B. in der Sauberkeitsschicht oder im durchfeuchteten, frostfreien Bereich zu installieren. Ist für die Einhaltung der Schutzmaßnahme gegen gefährliche Körperströme ein bestimmter Wert des Erdungswiderstandes gefordert, so ist dieser durch Erdungsmessung nachzuweisen. Werden die Anforderungen auf Grund des Personenschutzes nicht erfüllt, sind zusätzliche Erder vom Typ A (Tiefenerder, Strahlenerder) oder Ringerder einzubringen.

Wird ein Ringerder außerhalb der Gebäudefundamente errichtet, ist ein zusätzlicher Funktions-Potenzialausgleichsleiter zur Potenzialsteuerung innerhalb der Gebäudefundamente notwendig.

Werden mehrere bauliche Anlagen leitungstechnisch miteinander verbunden, so sind ihre Erdungsanlagen ebenfalls über möglichst viele parallele Pfade miteinander zu verbinden.

Die fachgerechte Ausführung der Erdungsanlage ist gemäß DIN 18014 durch den Errichter mittels Formblatt (DIN 18014 – Anhang A „Formblatt für die Dokumentation der Erdungsanlage“) zu dokumentieren.

4.2.2 Potenzialausgleichsanlage

Die Hauptaufgabe der Potenzialausgleichsanlage ist es, im Inneren einer baulichen Anlage gefährliche Potenzialdifferenzen zwischen allen Geräten zu vermeiden und das magnetische Feld zu reduzieren. Eine niederinduktive Potenzialausgleichsanlage wird durch möglichst kurze, mehrfache Verbindungen zwischen den metallenen Bauteilen innerhalb und außerhalb der baulichen Anlage erreicht.

In Gebäuden, in denen der Einbau von Anlagen der LuK vorgesehen oder zumindest zu erwarten ist, ist eine niederinduktive Potenzialausgleichsanlage zwingend erforderlich und durch folgende Maßnahmen sicherzustellen:

- In jedem Geschoss oder Gebäudeabschnitt, in dem relevante elektro- und informationstechnische Anlagen errichtet werden sollen oder vorhanden sind, ist ein Potenzialausgleich zu errichten, in den - soweit vorhanden - vom jeweiligen Geschoss oder Gebäudeabschnitt die Schutzleiter, metallene Rohrleitungen und Verlegesysteme, wie z. B. Kabeltrassen und Brüstungskanäle sowie - sofern möglich - die Metallteile der Gebäudekonstruktion einzubeziehen sind.
- Ab NSHV bzw. Hausanschlusskasten ist ein TN-S-System bzw. TT-System auszuführen (kein PEN-Leiter, siehe DIN VDE 0100-444).
- Alle Potenzialausgleichsschienen sind miteinander zu verbinden, so dass ein engmaschiges Netz von Potenzialausgleichsleitern entsteht (vermaschter Potenzialausgleich).

- Bei Verwendung von (elektrisch) leitenden Kabelführungssystemen für die Verlegung von informationstechnischen Kabeln müssen die Teilstücke mit Erde verbunden werden, damit das Kabelführungssystem als paralleler Erdungsleiter (PEC) gemäß DIN EN 50174-2 (VDE 0800-174-2) fungiert.
- Leitfähige Teile von Anlagen der IuK, wie z. B. Schränke, Gehäuse und Gestelle müssen gemäß DIN EN 50310 (VDE 0800-2-310) in das Potenzialausgleichs-Netzwerk einbezogen werden.
 - Hierfür sollte je Datenverteilteraum ein Erdungspunkt (PAS) vorgesehen werden, der mit mindestens 25 mm² Cu mit der Haupterdungsschiene des Gebäudes verbunden wird.
 - Falls keine direkte Verbindung zur Haupterdungsschiene möglich ist, sollte eine Verbindung mit 16 mm² Cu zur nächsten Etagen-PAS erfolgen.
 - Für die Verbindung von Datenverteilerschränken mit der PAS ist ein Mindestquerschnitt von 10 mm² Cu vorzusehen.
 - Für die Verbindung der Einbauten und Bauteile in den Datenverteilerschränken ist ein Mindestquerschnitt von 2,5 mm² Cu vorzusehen.

Bezüglich des zusätzlichen Potenzialausgleichs wird auf Abschnitt 3.6.3 verwiesen.

4.3 Elektromagnetische Verträglichkeit

Die Elektromagnetische Verträglichkeit ist die Fähigkeit einer elektrischen Einrichtung, z. B. eines Bauelements, einer Baugruppe, eines Betriebsmittels, Gerätes oder Anlagenteils, in einer vorgegebenen elektromagnetischen Umgebung in beabsichtigter Weise zu arbeiten und andere elektrische Einrichtungen nicht unzulässig zu beeinflussen.

Tabelle 5 benennt für ausgewählte Anlagenarten potentielle Störquellen und deren Auswirkungen.

Geräte, die elektromagnetische Störungen verursachen können oder deren Betrieb durch solche Störungen beeinträchtigt werden kann, müssen die Schutzanforderungen des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) erfüllen.

Der Schutz gegen schädliche Umwelteinwirkungen in Hoch- und Niederfrequenzanlagen ist gemäß der Verordnung über elektromagnetische Felder, der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV), einzuhalten (siehe 2.1.4.).

Schutzmaßnahmen gegen elektromagnetische Störungen in Anlagen von Gebäuden sind in DIN VDE 0100-444 festgelegt. Darüber hinaus sind Vorgaben für besondere Anlagen in verschiedenen Normen oder Richtlinien zu finden, z. B. für medizinisch genutzte Bereiche in DIN VDE 0100-710 und für IuK-Netzkomponenten in DIN EN 55024 (VDE 0878).

Geräte und Maschinen bieten mit der Anwendung des EMV-Gesetzes und den damit verbundenen Prüfungen bereits einen differenzierten Schutz (Festigkeitspegel) gegen Überspannungen, Stoßspannungen und elektromagnetische Felder. Bei der Neubeschaffung von Geräten und Maschinen ist auf das Vorhandensein des CE-Zeichens zu achten.

Anlagenart	Störquellen	Art der Einkopplung	Frequenzbereich
Aufzugsanlagen	Motoren, Zuleitungen, Leistungssteuerung, Schaltvorgänge	Magnetisches Feld (M-Feld), leitungsgebundene Störungen, elektromagnetische Wellen (EM-Wellen)	50 Hz bis 20 MHz, impulsförmige Störungen, Magnetfeld bis 10 kHz
EDV	Netzteile, Takterzeugung	leitungsgebunde, elektromagnetische Wellen (EM-Wellen)	50kHz bis 5 GHz
Leistungssteuerung	Netz, Motoren, etc.	M-Feld, leitungsgebunde EM-Wellen	Grundwellen bis 300 Hz, Oberwellen bis einige MHz
Leuchtstofflampen	Gasentladung, elektronische Vorschaltgeräte	leitungsgebunden, M-Feld, EM-Wellen	25 kHz bis 3 MHz
Mittelspannungsversorgung	Schaltvorgänge, Leitungen	leitungsgebunden, M-Feld	leitungsgebunden bis in den MHz-Bereich, 50 Hz (M-Feld)
Motoren	Leitungen, Leistungssteuerung, Schaltvorgänge, Kommutierung	leitungsgebunden, E-Feld, M-Feld, EM-Wellen	50 Hz bis 20 MHz, M-Feld bis 10 kHz
Niederspannungsnetz	Leistungskabel, Schaltvorgänge, Spannungseinbrüche	leitungsgebunden, M-Feld	leitungsgebunden bis in den MHz-Bereich, 50 Hz (M-Feld)
Schaltvorgänge (mechanisch)	Schalter, Relais, Schütze	leitungsgebunden, EM-Wellen	bis in den MHz-Bereich
Sendeanlagen	Rundfunk- u. Fernsehsender, Funkanlagen, Sprechfunkgeräte	EM-Wellen	bis in den GHz-Bereich
Transformatoren		M-Feld	50 Hz

Tabelle 5 Potentielle Störquellen und deren Auswirkungen

Wesentliche Maßnahmen zur Verbesserung der EMV und zum Schutz von elektrischen, elektronischen und informationstechnischen Einrichtungen vor elektromagnetischen Strahlungseinflüssen sind:

- Einhalten großer Abstände zu Störquellen
Alternativ: SPD-Einbau so nah wie möglich an der Störquelle (DIN VDE 0100-534), z. B. bei von außen eingeführten Leitungen anderer Gebäude,
- Einhaltung des Trennungsabstandes (siehe Abschnitt 4.1.3),
- Aufstellung und Umsetzung des Blitz-Schutzzonen-Konzeptes nach DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) und zugehörige Beiblätter mit Beispielen zur Umsetzung,
- Eintritt der energie- und informationstechnischen Kabel und Leitungen möglichst dicht zusammen in eine Blitzschutzzone und gemeinsamer Anschluss an eine Potenzialausgleichschiene,
- Koordinierter Einsatz von Überspannungsschutzgeräten (SPD) nach DIN EN 62305-4 (VDE 0185-305-4) entsprechend den Anforderungen und Belastungen an den gewählten Installationsorten,
- Mögliche Störungseinkopplungen über das Stromnetz sind im Überspannungsschutzkonzept gemäß DIN VDE 0100-443 zu berücksichtigen,

- Anwendung der Netzform TN-S oder ggf. TT im gesamten elektrischen Verteilungssystem (keine generelle Nachrüstpflicht bei Bestandsanlagen),
- Herstellung und Erhaltung eines stromtragfähigen, niederinduktiven Erdungssystems,
- Vermaschter Zusammenschluss aller bauseits vorhandenen metallenen Komponenten, wie Stahlarmierung, metallene Gitter und Tragkonstruktionen etc.,
- Verwendung von metallenen Kabelführungssystemen (EN 50174),
- Trennung der Leitungstrassen für allgemeine und IuK-Verbraucher,
- Trennung der Stromkreise für allgemeine und IuK-Verbraucher,
- Verwendung von geschirmten Kabeln und Leitungen (z. B. NYCWY) bei Haupt- und Steigleitungen,
- Einsatz von Entstörfiltern, z. B. bei Schirmmaßnahmen,
- Verwendung von geschirmten und/oder verdrehten Adernpaaren bei Signalkabeln und -leitungen,
- Beidseitiges Erden der Kabel- und Leitungsschirme, umfängliche Kontaktierung des Schirmes,
- Auslegen der Kabelquerschnitte für Oberschwingungslasten nach VDE 0298-4,
- Keine Querschnittsreduzierung beim N-Leiter,
- PE-Anschluss mit mindestens gleichem Querschnitt wie L1/L2/L3/N ausführen (Angaben zu Querschnitt und Vorsicherung, siehe u. a. DIN VDE 0100-534),
- Keine Einzeladern vom Transformator zur NSHV,
- Einsatz von Geräten mit Differenzstromüberwachung (RCM), Durchführen eines permanenten Energiemonitorings,
- EMV-gerechter Aufbau der Elektro-Verteilungen (Sammelschienen als 5-Leiter-System mit L1, L2, L3, N sowie PE; gleiche Stromtragfähigkeit von N, L1, L2, L3; die im Normalbetrieb stromführenden L1, L2, L3 und N sind räumlich „zusammenzufassen“),
- Aufbau prüffähiger Verteilungen, Sicherstellen der Zugänglichkeit der Messpunkte,
- Anschluss des Trafofahrgestells an Haupterdungsschiene,
- Realisierung eines EMV-gerechten Netzaufbaus bei Mehrfacheinspeisung u. a. durch:
 - Keine direkte Verbindung der Sternpunkte der Stromerzeuger mit Erde,
 - Verbindung der Sternpunkte der Stromerzeuger mit der NSHV über isoliert verlegte, als N-Leiter gekennzeichnete Leiter,
 - Verbindung der N-(PEN-)Schiene in der NSHV mit Erde, d. h. nur eine zentrale Verbindung der N-(PEN-)Schiene im Gesamtsystem einer Einspeisegruppe,
 - Verbindung der PE-Schiene in beliebiger Anzahl mit der Erde (siehe auch Abbildung 3).

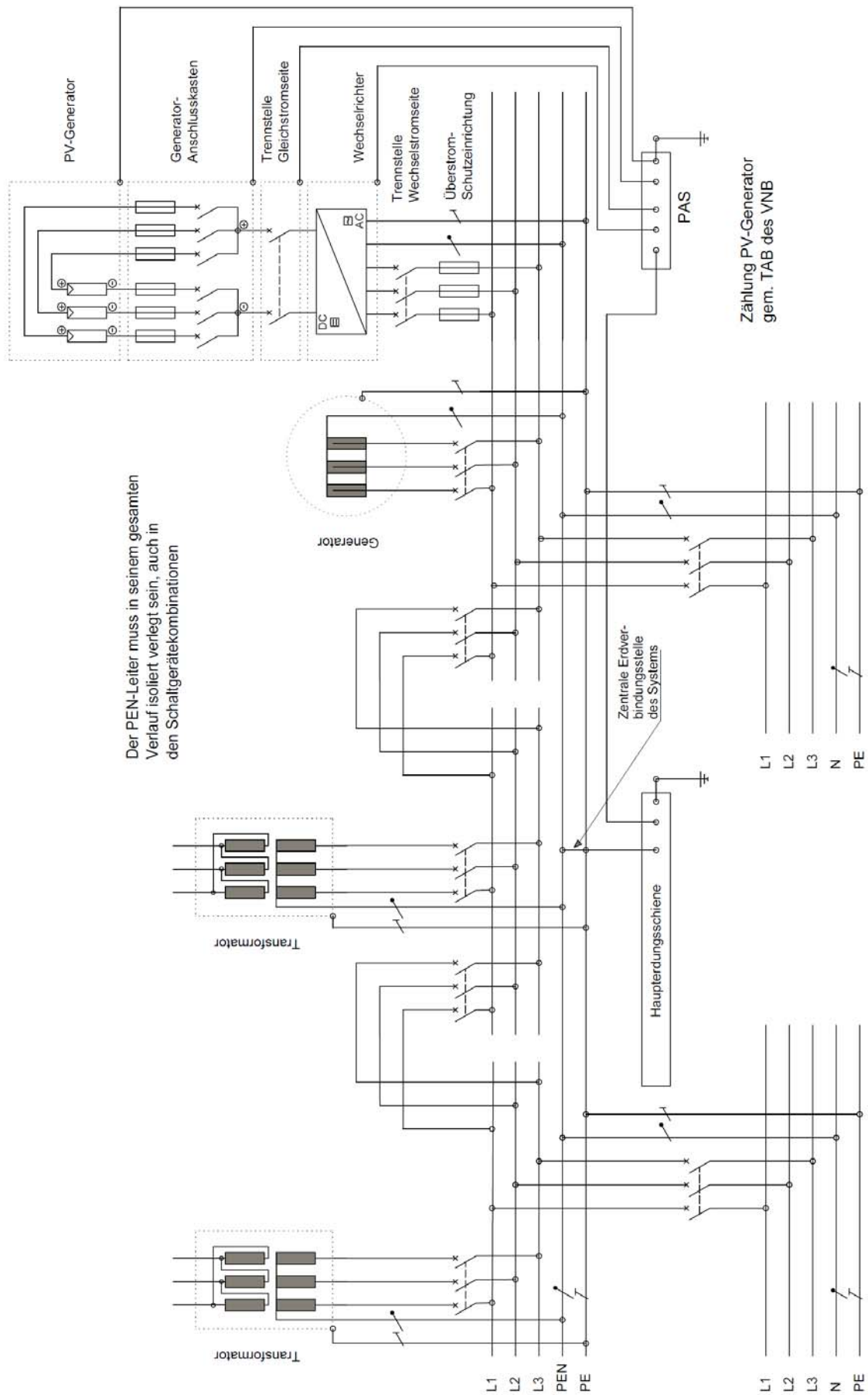


Abbildung 3: EMV-gerechter Netzaufbau bei Einspeisung mehrerer Transformatoren bzw. Generatoren sowie PV-Anlage

5 Elektrische Betriebsräume

5.1 Definition

Betriebsräume für elektrische Anlagen (elektrische Betriebsräume) sind Räume, die ausschließlich zur Unterbringung von Einrichtungen zur Erzeugung oder Verteilung elektrischer Energie oder zur Aufstellung von Batterien dienen.

Folgende elektrische Betriebsmittel sind in jeweils eigenen elektrischen Betriebsräumen unterzubringen:

- Transformatoren und Schaltanlagen über 1 kV,
- Ortsfeste Stromerzeugungsaggregate für die sicherheitstechnischen Anlagen und Einrichtungen und
- Zentralbatterien der sicherheitstechnischen Anlagen und Einrichtungen.

Die landesspezifischen Richtlinien und Verordnungen über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen (EltBauVO) sowie die (M)LAR sind zu beachten.

Für besondere bauliche Anlagen gelten zusätzliche Bestimmungen, wie die DIN VDE 0100-710 und DIN VDE 100-718.

In medizinisch genutzten Bereichen (z. B. Krankenhäusern und Kliniken) sind zusätzlich folgende elektrische Betriebsmittel in jeweils eigenen, abgeschlossenen Betriebsräumen unterzubringen:

- Hauptverteiler für die Allgemeine Stromversorgung,
- Hauptverteiler der Sicherheitsstromversorgung und
- Umrichter und Steuerschränke für die zusätzliche Sicherheitsstromversorgung.

Mit dem VNB sind die elektrischen Betriebsräume für die Übergabeschaltanlage, z. B. in Transformatorenstationen oder die Hausanschlusseinrichtungen, abzustimmen.

5.2 Allgemeine bauliche Anforderungen

Elektrische Betriebsräume müssen leicht erreichbar und ungehindert verlassen werden können. Ein unmittelbarer Zugang aus notwendigen Treppenhäusern ist unzulässig. Der Rettungsweg innerhalb elektrischer Betriebsräume darf bis zu einem Ausgang nicht länger als 40 m (35 m) betragen. (Hinweis: Die Länge der Rettungswege ist bundeslandspezifisch geregelt, siehe z. B. EltBauVO.)

Die Betriebsräume sollen vorzugsweise ebenerdig und unter technischen Aspekten, einschließlich der Lage zu anderen Betriebsräumen, zweckmäßig in das Gebäude eingeordnet sein. Sie sollen möglichst im Lastschwerpunkt liegen und eine gute Einbringmöglichkeit, z. B. von Schaltanlagen und Transformatoren, aufweisen. Zur Verringerung der äußeren Wärmelasten sollen sie möglichst nach Norden oder Nordosten orientiert sein.

Darüber hinaus sind folgende Anforderungen an elektrische Betriebsräume zu stellen:

- gute und möglichst direkte Erreichbarkeit,
- nach technischer Anlage ausgelegte ausreichende Innenfläche bzw. auch -höhe,
- Gebäudetrockenheit, Grund- und Hochwasserfreiheit sowie Überflutungssicherheit,
- Raumtemperatur zwischen 5° und 30° Celsius (optimal 20° Celsius),
- Schutz vor Witterung und Vandalismus,

- Schutz vor spannungsführenden Teilen,
- ausschließliche Nutzung als elektrischer Betriebsraum (u. a. keine Verwendung als Abstellraum),
- grundsätzlich frei von Leitungen und Einrichtungen, die nicht zum Betrieb der elektrischen Anlagen erforderlich sind,
- Einhalten der TAB,
- Konstruktion muss der zu erwartenden mechanischen Belastung und dem durch einen Kurzschluss-Lichtbogen verursachten Innendruck standhalten (Berechnung z. B. nach Pigler),
- Fenster und Öffnungen ins Freie sind gegen unbefugtes Eindringen zu sichern (Verwendung bruchsicherer Baustoffe, Schutzgitter oder entsprechend hohe Umzäunung, sofern Unterkante der Fenster oder Öffnungen nicht mindestens 1,80 m über Zugangsebene),
- Türen nach außen aufschlagend, selbstschließend und mit Sicherheitsschlössern mit Anti-Panikfunktion ausgerüstet,
- Öffnungen ins Freie sind gegen Wasser, Regen- und Spritzwassereinfall zu sichern,
- Vermeidung von gefährlichen Annäherungen und Eindringen von Fremdkörpern an spannungsführende Teile,
- Vermeidung von Höhenunterschieden (Stufen und Rampen),
- Vermeidung von Kondensation,
- Wände und Decken mit glatter oder verputzter Oberfläche,
- Fußboden druckfest, gleitsicher, abriebfest, leicht zu reinigen (z. B. durch geeigneten Anstrich),
- Gewährleistung einer ständig wirksamen Be- und Entlüftung (möglichst natürlich),
- Gewährleistung der natürlichen Entrauchung vorzugsweise durch Querlüftung,
- Elektrische Einrichtungen (z. B. Beleuchtung, Brandmelder) sind so anzuordnen, dass sie während des Betriebes gefahrlos bedient und gewartet werden können.

5.3 Anforderungen an elektrische Betriebsräume für Schaltanlagen bis 1 kV

Für die Errichtung und Aufstellung von Anlagen und Verteilern in elektrischen Betriebsräumen sind u. a. die DIN VDE 0100-729 und DIN VDE 0100-731 zu beachten.

Die Räume sollten in möglichst geringer Entfernung zu der Einspeisung bzw. den Transformatoren angeordnet werden. Bei Einspeisungen größer 100 kVA (150 A) sind auch in Gebäuden, die nicht medizinisch genutzt werden, eigene abgeschlossene elektrische Betriebsräume vorzusehen. Rohrleitungen und andere in elektrischen Anlagen zulässige Einrichtungen dürfen in ihrem Schadensfall die elektrische Anlage nicht gefährden. Landespezifische Regelungen schließen ggf. Leitungen und Einrichtungen, die nicht zum Betrieb der jeweiligen elektrischen Anlage erforderlich sind, aus.

Die Länge des Betriebsraumes der NS-Schaltanlage ergibt sich aus der Anzahl und Breite der vorgesehenen Schaltfelder zuzüglich einer Platzreserve. Bei kleineren und mittleren Schaltanlagen sind die Schaltfelder an der Wand, bei großen Schaltanlagen freistehend mit rückwärtigem Wartungsgang aufzustellen. Werden Schaltfelder an zwei gegenüberliegenden Wandflächen aufgestellt, soll die Raumbreite ca. 3,2 m betragen. Eine größere Raumbreite kann bei Einsatz von Schaltschränken mit größerer Tiefe (> 0,8 m) notwendig werden. Bei freistehender Aufstellung der Schaltfelder in zwei Reihen soll die Raumbreite 5,0 m bis 5,5 m betragen. Diese Maße erlauben ausreichende Breiten der Bedien- und Wartungsgänge.

In Bestandsgebäuden muss die Raumhöhe meist als gegeben hingenommen werden. In Neubauten sollte eine Rohbauhöhe von 2,8 m angestrebt werden. Für eine einfache Installation, Instandhaltung und Erweiterung wird ein ca. 0,5 m hoher Doppelboden empfohlen, al-

ternativ ein Kabelbodenkanal. Eine lichte Höhe von 2,3 m sollte vorhanden sein. In Ausnahmefällen kann diese bis 2,0 m lichte Höhe minimiert werden.

Wenn die Länge von Wartungs- und Bediengängen 6,0 m übersteigt, sollte der Zugang von beiden Seiten möglich sein. Bei einer Länge der Wartungs- und Bediengänge größer 10,0 m ist die beidseitige Zugänglichkeit zwingend.

Bei Betriebsräumen mit einer Länge größer 20,0 m muss der Zugang von zwei Seiten über Türen erfolgen.

Die Zugangstüren sind mindestens 1,0 m breit und 2,0 m hoch auszuführen und mit Sicherheitsschildern zu versehen. Grundsätzlich sind Einbring- und Transportmaße für Schaltanlagen und elektrische Betriebsmittel zu beachten.

Die Mindestbreiten für Flucht-, Rettungs- oder Verkehrswege richten sich nach den staatlichen Arbeitsschutzvorschriften und den landesspezifischen Bauvorschriften. Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten geben für Fluchtwege eine lichte Breite von mindestens 0,875 m vor, sofern nicht mehr als 5 Personen den Fluchtweg im Bedarfsfall benutzen (siehe ASR A2.3).

Bediengänge müssen in NS-Anlagen eine freie Gangbreite von mindestens 0,7 m und eine freie Ganghöhe von 2,0 m besitzen. Schaltfeldtüren sollen sich mindestens um 90° öffnen lassen und in Fluchtrichtung schließen. Montagegänge in gekapselten Anlagen sind mindestens 0,7 m breit und 2,0 m hoch sowie in offenen Niederspannungsanlagen 0,9 m breit und 2,0 m hoch auszuführen. Die Maße dürfen durch in den Gang hineinreichende Teile, wie z. B. fest angebrachte Antriebe, Schaltwagen in Trennstellungen oder arretierbare Türen, auf 0,6 m reduziert werden.

Betriebsräume mit Einspeisungen größer 100 kVA sollen möglichst nicht an ständig besetzte Arbeitsplätze angrenzen. Die im Anhang 1 der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSCHV) angegebenen Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und magnetischen Flussdichte sind einzuhalten.

5.4 Anforderungen an elektrische Betriebsräume für Transformatoren und Schaltanlagen über 1 kV

Bei Betriebsräumen für Transformatoren und MS-Schaltanlagen gelten über Abschnitt 5.2 hinaus folgende Anforderungen:

- von anderen Räumen feuerbeständig getrennt,
- Türen mindestens Feuerwiderstandsklasse T 30 (DIN 4102-5) und selbstschließend, rauchdicht und aus nichtbrennbaren Baustoffen,
- Türen, die direkt ins Freie führen müssen selbstschließend und aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen,
- Fußboden, ausgenommen Fußbodenbeläge, aus nichtbrennbaren Stoffen,
- Frei von Leitungen und Einrichtungen, die nicht zum Betrieb der elektrischen Anlagen erforderlich sind,
- Zu-/Abluft unmittelbar oder über besondere Lüftungsleitungen ins Freie,
- Gewährleistung einer ausreichenden natürlichen Be- und Entlüftung (siehe auch Abschnitt 5.5).

Bei Räumen für Öltransformatoren ist zusätzlich Folgendes zu beachten:

- Kein Einsatz in Geschossen, deren Fußboden mehr als 4 m unter der festgelegten Geländeoberfläche liegt,
- Kein Einsatz in Geschossen über Erdgeschoss,
- ggf. von Fluren nur über Sicherheitsschleusen zugänglich (gilt für Sonderbauten, länderspezifisch geregelt, siehe EitBauVO),
- Sicherheitsschleusen mit mehr als 20 m³ Luftraum erfordern Rauchabzüge,
- Auffangwannen bzw. Sammelgruben sind erforderlich (die Sammelgrube muss die Flüssigkeit des größten Transformators aufnehmen können; einfließendes Wasser darf das Aufnahmevermögen der Sammelgrube nicht vermindern),
- Vermeidung der Brandübertragung bei Sammelgruben.

Die Betriebsräume für Transformatoren und MS-Schaltanlagen sollen horizontal und vertikal nicht an ständig besetzte Arbeitsplätze angrenzen.

Die Mindestgröße eines Transformatorenraumes entspricht dem Raumbedarf für einen 630 kVA Transformator. Bei Leistungen über 630 kVA ist für die Mindestgröße der Raumbedarf eines 1.600 kVA Transformators zu Grunde zu legen. Die Transformatoren-Auflagerschienen sollten so ausgeführt sein, dass verschiedene Transformatorengrößen aufgestellt werden können.

Unter Beachtung eines allseitigen Kontrollgangs von ca. 0,7 m Breite ergeben sich folgende Mindestraumgrößen:

- | | |
|---|-----------------|
| • Transformatoren bis 630 kVA | ca. 3,5 x 2,7 m |
| • Transformatoren von 800 kVA bis 1.600 kVA | ca. 4,1 x 3,2 m |

Die Mindestraumhöhe soll Transformatorhöhe zuzüglich 0,5 m betragen. Herstellerbedingte Größenunterschiede bei Transformatoren sind zu berücksichtigen. Auf ausreichende Flexibilität ist zu achten.

Mit dem VNB ist zu klären, ob dessen Übergabeschaltanlage und die kundeneigene MS-Schaltanlage in einem durch eine Gitterwand geteilten Betriebsraum oder in zwei gesonderten Betriebsräumen aufgestellt werden müssen und wie der Zugang zu den Räumen geregelt wird. Zugangstüren müssen ggf. mit Doppelschließung für zwei Schließzylinder vorgesehen werden, damit Betreiber und VNB ungehindert Zutritt haben.

Die Länge des Betriebsraumes der eigenen MS-Schaltanlage ergibt sich bei einer einreihigen Anordnung an einer Raumseite aus der Anzahl der vorgesehenen Schaltfelder einschließlich der Reservfelder. Dabei ist eine Breite von ca. 1,1 m je Schaltzelle zuzüglich einer festzulegenden Platzreserve zu berücksichtigen. Die Breite des Betriebsraumes muss bei einreihiger Anordnung etwa 2,8 m bis 3,0 m betragen. Bei zweireihiger Anordnung entsprechend mehr.

In Bestandsgebäuden muss die Raumhöhe meist als gegeben hingenommen werden. In Neubauten sollte eine Rohbauhöhe von 3,0 m angestrebt werden. Für eine einfache Installation, Instandhaltung und Erweiterung wird ein ca. 0,5 m hoher Doppelboden empfohlen, alternativ ein Kabelbodenkanal. Eine lichte Höhe von 2,3 m sollte vorhanden sein. In Ausnahmefällen kann diese bis 2,0 m lichte Höhe minimiert werden.

Auf ausreichende Druckentlastung im Kurzschlussfall ist zu achten. Es wird empfohlen, eine Abschätzung des Druckanstiegs im Störlichtbogenfall durchzuführen. Die Richtung der Druckentlastung ist in Abhängigkeit der Räumlichkeiten bzw. des Aufstellortes zu wählen.

Zugangstüren sind mindestens 1,1 m breit und 2,1 m hoch auszuführen (ungehindertes Einbringen von Transformatoren bzw. Schaltanlagen muss möglich sein). Bediengänge müssen

eine freie Gangbreite von mindestens 1,0 m und eine freie Ganghöhe von 2,1 m besitzen. Schalfeldtüren sollen in Fluchtrichtung schließen. Die Maße dürfen durch in den Gang hineinreichende Teile, wie z. B. fest angebrachte Antriebe, Schaltwagen in Trennstellungen, nicht unterschritten werden.

Der Schutz gegen schädliche Umwelteinwirkungen in Hoch- und Niederfrequenzanlagen ist gemäß der Verordnung über elektromagnetische Felder, der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV), einzuhalten. Auf die Ausführungen im Abschnitt 2.1.4 wird hingewiesen.

Die Mindestbreiten für Flucht-, Rettungs- oder Verkehrswege richten sich nach den staatlichen Arbeitsschutzvorschriften und den landesspezifischen Bauvorschriften.

Alle elektrischen Betriebsräume für Transformatoren und Schaltanlagen über 1 kV sind mit Zubehör gemäß Abschnitt 2.5 auszustatten. Die Zugangstüren dieser Betriebsräume sind mit Sicherheitsschildern zu versehen.

Kompaktstationen („Fabrikfertige Stationen für Hochspannung/Niederspannung“ nach DIN EN 62271-202) bestehend aus Baukörper, Mittelspannungsanlage, Transformator und Niederspannungshauptverteilung können eine Alternative zu gebäudeintegrierten Lösungen sein. Sie ermöglichen die Stromversorgung von baulichen Anlagen ohne in diesen hierfür Räume schaffen oder umbauen zu müssen.

5.5 Berechnungen und Beispiele für elektrische Betriebsräume

Räume von Transformatoren sollen grundsätzlich natürlich be- und entlüftet werden. Für in Innenräumen aufgestellte Transformatoren mit Selbstkühlung sind ausreichend große Zu- und Abluftöffnungen in Wänden und/oder Türen vorzusehen. Die Größe der Abluftöffnung kann bei einer in der Praxis relevanten Temperaturdifferenz von 20 K zwischen den Mittelwerten von Zu- und Ablufttemperatur nach Abbildung 4 überschlägig ermittelt werden. Dieser Wert erhöht sich durch Abdeckung mit einfachem Gitter um 10 % und durch Abdeckung mit Gitter und Jalousie um 50 %. Die Größe der Zuluftöffnung kann um etwa 10 % kleiner bemessen werden als die Abluftöffnung.

Beispiel:

Ermittlung der Zuluft- und Abluftöffnung bei Abdeckung mit einfachem Gitter
Transformator nach DIN EN 50464-1, Nennleistung 400 kVA
Höhe von Stationsboden bis Mitte der Abluftöffnung $H = 3,1$ m
Höhe von Stationsboden bis Mitte des Transformatorbessels $h = 0,6$ m

$\Delta h = H - h$ ($\Delta h =$ Höhenunterschied)

$\Delta h = 2,5$ m

Erforderliche Abluftöffnung nach Abbildung 4	0,90 m ²
Zuschlag für einfaches Gitter (10%)	0,09 m ²
Größe der Abluftöffnung	0,99 m ²
Größe der Zuluftöffnung (0,99 m ² abzüglich 10 %)	0,89 m ²

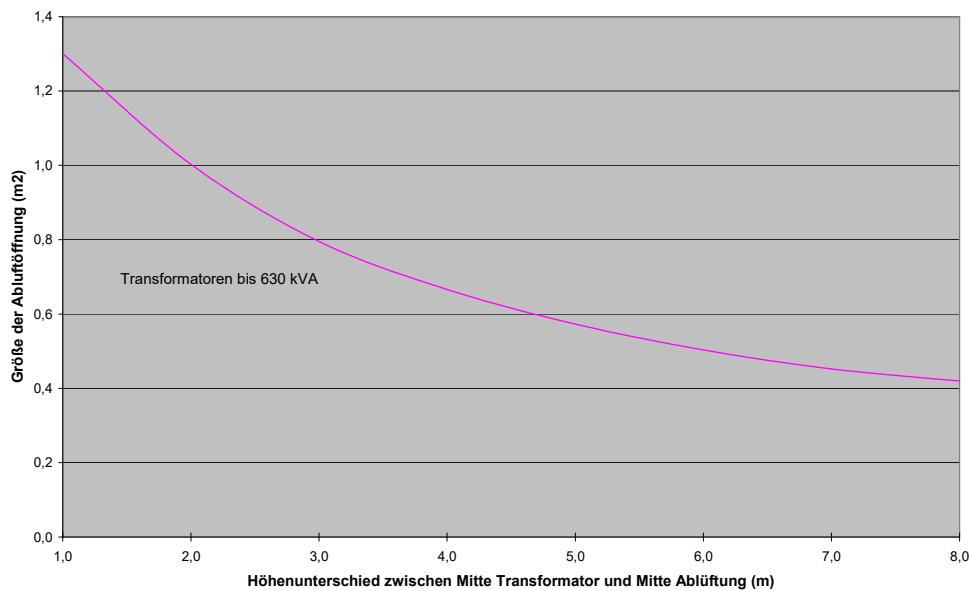


Abbildung 4: Mindestluftquerschnitt der Abluftöffnung bei natürlicher Lüftung von Traforäumen für Transformatoren nach DIN EN 50464-1 (VDE 0532-221) (zurückgezogen)

In Abbildung 5 sind Beispiele für die räumliche Anordnung von MS- und NS-Schaltanlagen sowie Transformatoren dargestellt.

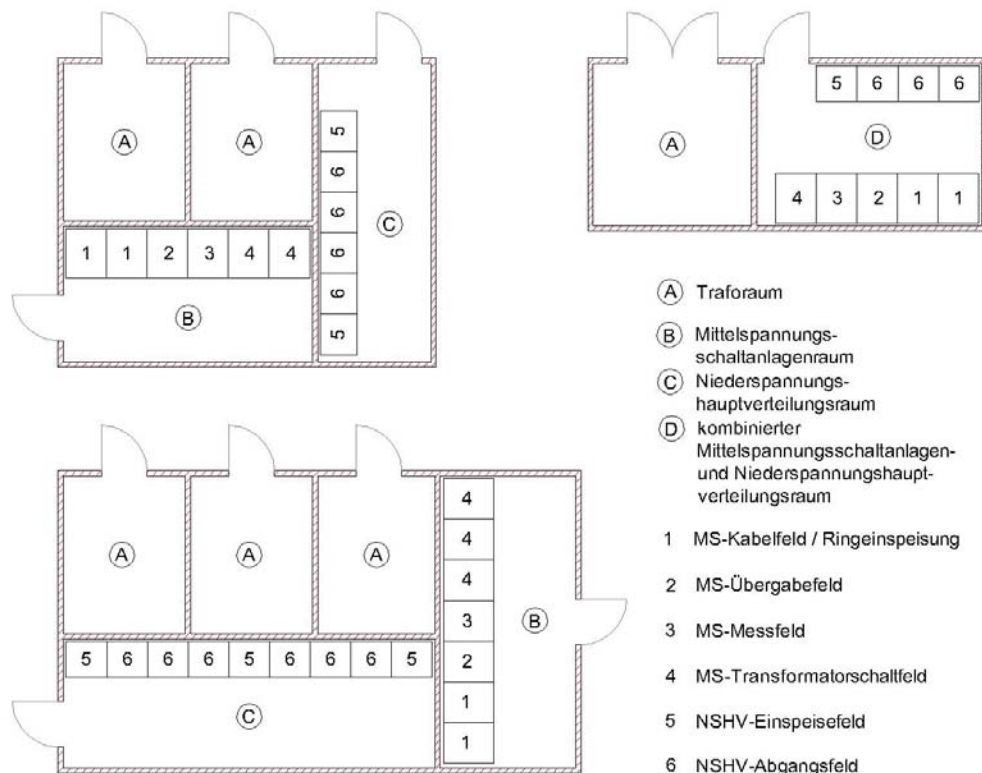


Abbildung 5: Beispiele für räumliche Anordnung von MS- und NS-Schaltanlagen sowie Transformatoren

5.6 Zusätzliche Anforderungen an Batterieräume

Die DIN EN IEC 62485-2 (VDE 0510-485-2) beschreibt die Sicherheitsanforderungen an stationäre Batterien und Batterieanlagen. Die EitBauVO enthält länderspezifische Regelungen für zentrale Batterieanlagen für bauordnungsrechtliche vorgeschriebene sicherheitstechnische Anlagen und Einrichtungen. Die damit ggf. verbundenen höheren Anforderungen sind zu beachten.

Räume für stationäre Batterien und Batterieanlagen müssen von Räumen mit erhöhter Brandgefahr feuerbeständig, von anderen Räumen mindestens feuerhemmend, getrennt sein. Dies gilt auch für Batterieschränke.

Türen müssen nach außen aufschlagen, in feuerbeständigen Trennwänden mindestens feuerhemmend und selbstschließend sein und in allen anderen Fällen aus nichtbrennbaren Baustoffen bestehen.

Batterieräume müssen frostfrei sein oder beheizt werden können. Sie sollen frei von Kabeln und Leitungen sowie Einrichtungen sein, die nicht zum Betrieb der elektrischen Anlagen erforderlich sind. Öffnungen zur Durchführung von Kabeln und Leitungen sind mit nichtbrennbaren Baustoffen zu schließen. Die optimale Betriebstemperatur der Batterieräume beträgt 20°C.

Fußböden sowie Sockel für Batterien müssen gegen die Einwirkungen von Elektrolyten widerstandsfähig sein. An den Türen muss eine Schwelle vorhanden sein, die auslaufende Elektrolyten zurück hält. Der Fußboden muss an allen Stellen für elektrostatische Ladungen einheitlich und ausreichend ableitfähig sein.

Das Rauchen und das Verwenden von offenem Feuer sind in Batterieräumen verboten. Hierauf ist durch Schilder an der Außenseite der Türen hinzuweisen.

Batterieräume und Batterieschränke sind grundsätzlich zu belüften, um eine mögliche Explosionsgefahr zu verhindern. Das während der Ladung und Entladung freigesetzte Wasserstoff/Sauerstoff-Gemisch muss verdünnt werden.

Die Zuluft für Batterieräume muss unmittelbar oder über besondere Lüftungsleitungen dem Freien entnommen, die Abluft unmittelbar oder über besondere Lüftungsleitungen ins Freie geführt werden. Lüftungsleitungen, die durch andere Räume führen, sind so herzustellen, dass Feuer und Rauch nicht in andere Räume übertragen werden können. Öffnungen von Lüftungsleitungen ins Freie müssen Schutzgitter haben. Die Lüftungsanlagen müssen gegen die Einwirkungen von Elektrolyten widerstandsfähig sein, Kanäle und Anlagenteile der Lüftungsanlage, die im Abluftstrom liegen, sind säurebeständig auszuführen.

Für die Dimensionierung der Lüftung ist die DIN EN IEC 62485-2 (VDE 0510-485-2) einschlägig. Der Luftvolumenstrom (Q) ist vorzugsweise durch eine natürliche Lüftung sicherzustellen. Sofern dies die baulichen Gegebenheiten nicht zulassen, ist eine technische Lüftung herzustellen, anzuschließen und zu überwachen.

Die Belüftung von Räumen, Schränken und Behältern, in denen Batterien betrieben werden, gilt als ausreichend, wenn mindestens der im Folgenden definierte Luftvolumenstrom sichergestellt ist. Türen und Fenster gelten nur dann als Zu- und Abluftöffnungen, wenn sichergestellt ist, dass sie während des Ladevorgangs ständig geöffnet sind und in diesem Zustand die notwendige Querschnittsfläche vorliegt. Sowohl die natürliche als auch die technische Lüftung sind so auszuführen, dass die Abluft ins Freie abgeführt wird. Bei der Verortung des Abluftauslasses ist die Nähe zu Ansaugöffnungen von Klimaanlage zu vermeiden.

Berechnung des Luftvolumenstroms (Q) von Bleibatterien:

$$Q = v \times q \times s \times n \times I_{\text{gas}} \times C_N / 1000 \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Faktoren:

- v = der erforderliche Verdünnungsfaktor von Wasserstoff
- q = freigesetzter Wasserstoff = 0,42 / 1000 (m³/Ah)
- s = allgemeiner Sicherheitsfaktor = 5
- v × q × s = 0,05
- n = Anzahl der Zellen (216V = 108 Zellen)
- I_{gas} = bewerteter Ladestrom in mA je Ah Nennkapazität
bei verschlossenen Batterien (z. B. OPzV) = 1 mA/Ah
bei geschlossenen Batterien (z. B. OPzS) = 5 mA/Ah
- C_n = Batteriekapazität C₁₀ bei 10 Stunden Nennbetriebsdauer und 1,8 V/Zelle [Ah]

Berechnung des freien Lüftungsquerschnitts (A) der Zu- und Abluftöffnungen bei natürlicher Lüftung:

$$A \text{ (cm}^2\text{)} > 28 \times Q$$

Beispiel:

Bleibatterie 216 V (108 Zellen)
Erhaltungsladen (nur gelegentliches Starkladen)

Erhaltungsladung

- U = 216 V
- n = 108 Zellen
- C = 100 Ah / I_{Gas} = 100 mA/Ah

Berechnung

$$Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{Ah} \times 108 \times 1 \text{ mA/Ah} \times 100\text{Ah}$$

Ergebnis

$$Q = 0,54 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 15,2 \text{ cm}^2$$

C _n	5,5 Ah	20 Ah	50 Ah	100 Ah
Verschlossene Bleibatterie (z. B. OGiV, OPzV)				
Luftvolumenstrom (Q) in m ³ /h	0,03	0,11	0,27	0,54
Lüftungsquerschnitt (A) der Zu- und Abluftöffnung in cm ²	0,83	3,02	7,56	15,2
Geschlossene Bleibatterie (z. B. OPzS)				
Luftvolumenstrom (Q) in m ³ /h	0,15	0,54	1,35	2,7
Lüftungsquerschnitt (A) der Zu- und Abluftöffnung in cm ²	4,16	15,2	37,8	75,6

6 Abnahme, Dokumentation, Prüfung und Instandhaltung

Wesentlicher Bestandteil einer ordnungsgemäß errichteten elektrischen Anlage sind folgende durch den Fachplaner und Errichter beizubringende Unterlagen:

- Planungs- und Berechnungsunterlagen,
- Nachweise über die durchgeführten Erstprüfungen einschließlich der zugehörigen Messergebnisse,
- Errichterbescheinigungen,
- Zertifikate, Konformitätsnachweise, Herstellererklärungen im erforderlichen Umfang und
- Technische Unterlagen.

Diese Forderungen basieren auf den mit den Fachplanern auf der Grundlage der jeweiligen Verwaltungsvorschriften (z. B. RBBau, RLBau, (D)ABau) zu vereinbarenden Planungsleistungen sowie mit den Errichtern (Ausführungsbetrieben) zu vereinbarenden Werkverträgen.

6.1 Planungs- und Berechnungsunterlagen

Auf der Grundlage des Planungsauftrages sind unter Beachtung der bautechnischen Vorschriften und Normen die Planungsleistungen zu erbringen, die für die inhaltliche Umsetzung der Aufgabenstellung erforderlich sind. Dazu gehören insbesondere auch folgende Berechnungen zur Dimensionierung der elektrischen Anlage:

- Berechnungsnachweise des Leistungsbedarfs aller Netze,
- Nachweise der erforderlichen Netzberechnungen nach DIN EN 60909-0 (VDE 0102) für das MS- und NS-System einschließlich der Berechnung der Kurzschlussströme,
- Berechnungsnachweise zur Dimensionierung der Zuleitungs- und Hauptstromkreise sowie Stromkreise kritischer Strecken und Großverbraucher und
- Berechnungsnachweise zur Auslegung der zugehörigen Schutzorgane einschließlich ggf. notwendiger Selektivitätsnachweise.

Mit Fertigstellung der Anlage ist die aktualisierte Bestandsdokumentation zu übergeben (siehe auch Abschnitt 6.4). Für besondere Baumaßnahmen ist zu prüfen, ob zusätzlich die VDI 6026 Blatt 1.1 als Vertragsbestandteil mit dem Fachplaner vereinbart werden soll.

6.2 Abnahmeprüfungen/Erstprüfungen

Der Errichter elektrischer Anlagen hat durch eine Errichterbescheinigung schriftlich zu erklären, dass die elektrische Anlage entsprechend den gesetzlichen Vorschriften und je nach Auftragserteilung entsprechend den allgemein anerkannten Regeln der Technik oder nach einem im Einzelfall vertraglich vereinbarten gesteigerten Anforderungsniveau (Stand der Technik) oder nach dem Stand der Wissenschaft und Technik (höchstes Schutzniveau) errichtet wurde und ihre ordnungsgemäße Funktion gewährleistet ist. Er hat dies anhand von Prüf- und Messprotokollen, die auch die entsprechenden Messwertergebnisse enthalten, nachzuweisen und in Kongruenz mit der Planung zu dokumentieren.

Prüfungen der elektrischen Anlagen sind vor der erstmaligen Inbetriebnahme und vor der Wiederinbetriebnahme nach Änderungen und Instandsetzungen erforderlich. Die Prüfungen dienen der Feststellung, ob der Schutz von Personen und Sachen sichergestellt ist. Sie erfolgen durch Besichtigen sowie Erproben und Messen.

Für besonders komplexe elektrische Anlagen mit vielfältigen Schnittstellen zu anderen Gewerken sowie ggf. in Gebäuden mit hohen brandschutztechnischen Anforderungen wird eine Prüfung durch ein unabhängiges Prüfinstitut bzw. Sachverständigen empfohlen. Darüber hinaus sind landesrechtliche Auflagen (Verordnung über Prüfungen von technischen Anlagen und Einrichtungen nach Bauordnungsrecht) zu berücksichtigen.

Auf folgende Prüfungen wird besonders hingewiesen:

- Prüfungen von Anlagen bis 1 kV nach DIN VDE 0100-600,
- Prüfungen von Anlagen über 1 kV nach DIN EN 61936-1 (VDE 0101-1),
- Prüfungen der elektrischen Ausrüstung von Maschinen nach DIN EN 60204-1 (VDE 0113-1) und
- Prüfung der Blitzschutzanlage nach DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) mit Beiblatt 3.

Zusätzliche Prüfungen der elektrischen Anlagen und Einrichtungen in Gebäuden, Räumen und Anlagen besonderer Art können erforderlich sein, wie z. B.

- in medizinisch genutzten Bereichen nach DIN VDE 0100-710,
- in öffentlichen Einrichtungen und Arbeitsstätten nach DIN VDE 0100-718,
- in bestimmten Räumen die Ableitfähigkeit von Bodenbelägen nach DIN EN 61340-4-1 (VDE 0300-4-1) bzw. isolierender Fußboden nach DIN VDE 0100-600,
- in explosionsgefährdeten Bereichen nach den Teilen der DIN VDE 0165, gemäß §15 und Anhang 2 Abschnitt 3 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) und § 6 Abschnitt 9 Punkt 6 der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV)
- von Zentralen Stromversorgungssystemen (insbesondere USV-Anlagen) nach DIN EN 50171 (VDE 0558-508), DIN EN 62040-1 (VDE 0558-510), DIN EN 62040-2 (VDE 0558-520) und DIN EN 62040-3 (VDE 558-530).

Auf weitere Prüfungen, die während des Betriebes bzw. der Nutzung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel durchzuführen sind, wird hier nicht eingegangen.

Folgende Nachweise sind bei Errichtung oder Änderung von elektrischen Anlagen vorzulegen:

- Nachweis von Funktion und Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen beim Betrieb von Sicherheitsstromversorgungsanlagen,
- Nachweis der Einhaltung der Forderungen hinsichtlich der EMV entsprechend der Richtlinie über die elektromagnetische Verträglichkeit 2004/108/EG,
- Konformitätserklärung für Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen und Verteiler,
- Nachweis der Maßnahmen für den inneren Blitzschutz entsprechend der festgelegten Blitzschutzzone,
- Nachweis der Brandschutz-Eigenschaften von Bauteilen (Zertifikate),
- Nachweis der Eignung der Schaltgeräte in Blindstromkompensationsanlagen für das Schalten von Kompensationskondensatoren (Spannungsfestigkeit),
- Zusammenstellung über notwendige wiederkehrende Prüfungen und
- Nachweise für Photovoltaikanlagen nach RAL GZ 966.

6.3 Konformitätsnachweise, Zertifikate

Wesentlicher Bestandteil der Nachweisführung über eine ordnungsgemäß durchgeführte Installation elektrischer Anlagen und Einrichtungen ist die Vorlage notwendiger Zertifikate, Kopien von Konformitätserklärungen, Errichterbescheinigungen und Herstellererklärungen.

Zertifikate bestätigen, dass das Produkt für den Einsatz am Einbauort geeignet ist und die geforderten Sicherheitskriterien erfüllt. Zumeist werden sie von anerkannten Prüforganisationen ausgestellt. Bei überwachungsbedürftigen Anlagen bestätigt eine zugelassene Überwachungsstelle durch die Prüfung vor Inbetriebnahme die richtige Anwendung.

Anlagen der Technischen Gebäudeausrüstung werden zumeist aus einzelnen Produkten zusammengesetzt. Für die einzelnen Produkte (Apparate, Systeme, Bauteile) gelten die Schutzanforderungen der EU-Richtlinien ihrer Kategorie. Durch den Hersteller müssen die Konformitätsbewertungen (EU-Konformitätserklärung) durchgeführt, durch die CE-Kennzeichnung nachgewiesen und für den Kunden zugänglich gemacht werden. Die Zugänglichkeit kann gemäß DIN EN ISO/IEC 17050-1 dadurch erfolgen, dass eine Kopie der Erklärung in anderen Dokumenten, wie z. B. in einer Mitteilung, einem Katalog, einer Rechnung, einer Gebrauchsanweisung oder in einer Internetseite, enthalten ist. Der Errichter der Anlage hat dem Auftraggeber die entsprechenden Unterlagen bei Bedarf und auf Anforderung zu übergeben.

Hersteller, die technische Anlagen als Bausatz, d. h. als unvollständige, am Einsatzort durch andere Baugruppen oder Maschinen zu vervollständigende Maschinen anbieten, haben der technischen Anlage eine Herstellererklärung nach Maschinenrichtlinie beizufügen. Für einzelne Produkte, die zur Vervollständigung der Maschine verwendet werden, gelten die Aussagen im vorherigen Absatz.

6.4 Technische Unterlagen

Für die Betriebsführung elektrischer Anlagen und Einrichtungen sind im Wesentlichen die nachfolgenden technischen Unterlagen und Hilfsmittel erforderlich. Sie sind durch den Ausführungsbetrieb (Errichter) auf der Grundlage des Werkvertrages und der Ausführungsplanung der elektrischen Anlage gemäß DIN EN 60848, DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1), DIN EN 61355-1 (VDE 0040-3), DIN EN 62027 (VDE 0040-7), DIN EN 82079-1 (VDE 0039-1) zu erstellen und spätestens zum Zeitpunkt der Abnahme dem Auftraggeber zur Verfügung zu stellen:

- Gebäudebestandszeichnungen mit Gebäudeinstallation (Installationspläne),
- Schalt- und Belegungspläne sowie Übersichtsschaltpläne,
- Pläne zur Trassenführung von Kabeln im Außenbereich (einschließlich exakter Vermaßung und technischer Angaben, wie Typ, Querschnitt, Länge, Anschaltpunkte, Muffen, Belastungen, Absicherung),
- Anlagenbeschreibungen,
- Abnahme-/Prüfbescheinigungen gemäß Abschnitt 6.2,
- Betriebs-/Bedienungs-/Wartungs-/Prüfanleitungen mit Nachweis der Einweisung des Nutzers bzw. des Betriebspersonals,
- Gefahrenhinweise,
- Ersatzteillisten und
- entsprechende Software (z. B. für Energieoptimierungsanlage, Gebäudeautomation).

Für Bundesbauten gibt die RBBau im Abschnitt H - Bauübergabe und Baubestandsdokumentation - hierzu weitere Hinweise. Zur digitalen Gebäudebestandsdokumentation wird weiterhin auf die vom für das Bauen zuständigen Bundesministerium herausgegebene Fachliche Richtlinie Gebäudebestandsdokumentation - BFR GBestand - hingewiesen. Zudem kann die VDI 6026 Blatt 1 Orientierungshilfe sein.

Die Dokumentation der elektrischen Anlagen und Einrichtungen sollte anhand einer Checkliste überprüft werden, die alle vom Fachplaner und Errichter zu erbringenden Leistungsanforderungen mit Quellenangabe enthält. Auf das Muster in Abschnitt 8.2 wird hingewiesen. Das Muster ist bei Bedarf zu ergänzen bzw. anzupassen.

6.5 Betrieb und Instandhaltung

Für Betrieb und Instandhaltung elektrischer Anlagen sind alle Teile der DIN VDE 0105, bei Blitzschutzanlagen die DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3), zu beachten.

Für die Wartung der elektrischen Anlagen sind die vom Arbeitskreis Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen (AMEV) aufgestellten Hinweise zu Wartungsarbeiten im Vertragsmuster „Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden“ (Wartung 2018) zu beachten.

Bereits in der Planungsphase ist zu klären, welche elektrischen Anlagen wartungspflichtig und -bedürftig sind. Mit der liegenschaftsverwaltenden Stelle ist verbindlich abzustimmen, ob Eigenwartung oder Fremdwartung erfolgen soll. Bei Fremdwartung sind Vertragsform und Vertragsdauer gemäß AMEV-Empfehlung festzulegen. In der Regel soll die Vertragsdauer 4 Jahre, ggf. maximal 6 Jahre betragen. Sofern Leistungen der Instandhaltung für Neuanlagen ausgeschrieben werden, muss die liegenschaftsverwaltende Stelle die Vergabestelle bevollmächtigen, den Instandhaltungsvertrag zusammen mit dem Bauauftrag zu vergeben. Auf einschlägige Regelungen (siehe u. a. Vergabehandbuch, VHB-Formblatt 112) wird hingewiesen.

Bei Fremdinstandhaltung ist im Wettbewerbsverfahren die Instandhaltung zusammen mit den Bauleistungen auszuschreiben. Die Instandhaltungsangebote sind in die Gesamtwertung einzubeziehen, um die Wirtschaftlichkeit sicherzustellen. Der vertragsvollziehenden Stelle ist das geprüfte Instandhaltungsangebot rechtzeitig vorzulegen.

Bei Betrieb und Instandhaltung der elektrischen Anlagen ist insbesondere die Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (DGUV Vorschrift 3 und/oder Vorschrift 4) zu beachten.

7 Nutzungsspezifische elektrische Anlagen

7.1 Blindstromkompensation

Blindstrom belastet elektrische Kabel und Leitungen, ohne einen Nutzeffekt zu erzielen. Zur Entlastung ihrer Verteilungsnetze geben VNB bestimmte, durch die Kunden sicherzustellende Grenzwerte für den Wirkleistungsfaktor $\cos \varphi$ vor. Insbesondere müssen Sondervertragskunden mit Kosten für Blindstrom induktiver Verbraucher rechnen, sofern diese Grenzwerte nicht eingehalten werden. Des Weiteren können Blindströme zur Überlastung von Kabeln und Leitungen bzw. bei Neuanlagen zu einer notwendigen höheren Dimensionierung von Kabel- und Leitungsquerschnitten führen. Bei vorhandenen induktiven Verbrauchern kann daher zur Reduzierung der Betriebs- und Investitionskosten der Einsatz von Blindstromkompensationsanlagen erforderlich werden. Der Einbau von Blindstromkompensationsanlagen ist somit von der Wirtschaftlichkeit (Leistungsabrechnung in kVA) und von vertraglichen ($\cos \varphi \geq 0,9$) oder technischen (Überlastung von Kabeln) Notwendigkeiten abhängig.

Bei neu errichteten Anlagen bzw. Gebäuden wird zur Vermeidung von Über- bzw. Unterdimensionierungen empfohlen, Kompensationsanlagen erst einzubauen, wenn eine Messung im Betrieb die Notwendigkeit bestätigt und Betriebserfahrungen vorliegen. Die Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird angeraten.

Folgende Ausführungsarten von Blindstromkompensationsanlagen werden unterschieden:

Festkompensation

Die Kondensatoren einer Festkompensation sind direkt einzelnen induktiven Verbrauchern, wie z. B. Leuchten mit konventionellen Vorschaltgeräten, Transformatoren oder Motoren, zugeordnet. Die Kondensatorleistung kann nicht geregelt werden.

Automatisch regelbare Kompensationsanlagen

werden als Zentral- oder Gruppenkompensationsanlagen eingesetzt. Sie bestehen aus mehreren stufenweise zuschaltbaren Kondensatoren und bieten über die Regelung die Möglichkeit, die Kompensationsleistung an veränderliche induktive Lasten anzupassen.

Dynamische Blindstromkompensationsanlagen

sind eine besondere Bauform automatisch regelbarer Kompensationsanlagen und werden in Netzen mit schnellen Laständerungen eingesetzt, wie z. B. bei Schweißmaschinen, Kranbahnen und Motoren mit hoher Leistung. Dynamische Anlagen werden mit Leistungselektronik und Thyristorsteller mit vorgeschalteter Elektronik im Nulldurchgang geschaltet. Die Schaltzeiten der Thyristorsteller liegen im Bereich von Millisekunden. Diese Steuerungen schalten verlustfrei und ermöglichen dadurch eine höhere Anzahl von Schaltspielen gegenüber Kondensatorschaltgeräten.

Unverdrosselte Blindstromkompensationsanlagen

werden eingesetzt, um eine lineare induktive Last zu kompensieren. Sie dürfen nicht in Industrienetzen eingesetzt werden, die eine der nachfolgenden Bedingungen erfüllen:

- Stromrichterleistung > 15% der Anschlussleistung,
- Kompensationsleistung > 35% der Transformatorennennleistung bzw. Anschlussleistung,
- Netze mit verdrosselten Kondensatoren,
- Netze mit Rundsteuerfrequenzen > 400 Hz.

Verdrosselte Blindstromkompensationsanlagen

werden eingesetzt, um Lasten mit erhöhtem Oberschwingungsanteil zu kompensieren. Mit verdrosselten Blindstromanlagen werden Resonanzerscheinungen im Netz vermieden. In

Netzen mit Rundsteuerfrequenzen sind mit dem VNB auf die Rundsteuerfrequenz abgestimmte, verdrosselte Blindstromkompensationsanlagen einzusetzen.

Blindstromkompensationsanlagen sollten in Abstimmung des VNB mit einer 7 % oder ggf. 14 % Vollverdrosselung ausgerüstet werden. Die Anlage ist mit einem Regler als Kreisregler auszurüsten, der es ermöglicht, zur gleichmäßigen Belastung und Alterung die Kondensatorstufen umlaufend zuzuschalten. Um Netzstörungen zu vermeiden, sollte die Zuschaltung der einzelnen Stufen in kleineren Schritten erfolgen.

Bei Notwendigkeit einer Blindstromkompensation kann die erforderliche Kondensatorleistung gemäß Kapitel 1.3 „Elektrische Anschlussleistung“ in Verbindung mit Anhang 8.1 „Planungshilfe für elektrische Leistungsbilanzen für das Normal- und Ersatznetz“ rechnerisch ermittelt werden.

Bei einer Mittelspannungsversorgung kann eine zentrale Kompensationsanlage anhand der einzelnen Trafogrößen vereinfacht ausgelegt werden. Dabei wählt man ca. 30 % der Transformatorleistung als Kondensatorleistung. Die Kompensation ist auf der Niederspannungsseite der Transformatoren durchzuführen.

Für eine Bedarfsabschätzung bei Bestandsanlagen kann die erforderliche Kondensatorleistung Q_{erf} ohne Messung rechnerisch ermittelt werden. Aus der Rechnung des Stromlieferanten werden der Wirkverbrauch in kWh, der Blindverbrauch in kvarh und die Leistung in kW benötigt.

Beispiel:

Ermittlung der erforderlichen Kondensatorleistung Q_{erf}

Blindarbeit $W_Q = 10.000 \text{ kvarh/Monat}$

Wirkarbeit $W_P = 16.660 \text{ kWh/Monat}$

$\frac{1}{4} \text{ h Leistung } P_{\text{max}} = 92,6 \text{ kW}$

gewünschter Wirkleistungsfaktor $\cos \varphi_2 = 0,95$

$$\tan \varphi_1 = W_Q / W_P = 0,60$$

$$\tan \varphi_2 = \tan(\arccos 0,95) = 0,33$$

$$Q_{\text{erf}} = P_{\text{max}} \times (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

$$Q_{\text{erf}} = 25 \text{ kvar}$$

Bei komplizierteren Bestandsanlagen ist zusätzlich eine Netzanalyse durchzuführen.

Die Festkompensation von Motoren kann gleichfalls in Betracht gezogen werden. Sie ist auf Basis der einzelnen elektrischen Daten auszulegen.

Bei der Montage und Installation von Leistungskondensatoren sind u. a. DIN VDE 0100 und DIN EN 61439-1 (VDE 0660-600) zu beachten.

Die Lebensdauer der Leistungskondensatoren wird entscheidend von der Umgebungstemperatur beeinflusst. Die entsprechend der Temperaturklassen höchst zulässigen Werte nach DIN VDE 0560-1 dürfen nicht überschritten werden. Die Temperaturverhältnisse sind besonders in niedrigen und engen Räumen zu überprüfen. Leistungskondensatoren sollen in trockenen und gut belüfteten Räumen aufgestellt werden.

Die Installation von Leistungskondensatoren erfordert besondere Aufmerksamkeit. Schaltgeräte, Schutzanlagen und Leitungen sind so auszulegen, dass sie den hohen thermischen und dynamischen Belastungen durch die Schaltströme gewachsen sind. Es sind Schaltgeräte einzusetzen, die ein schnelles Schalten ermöglichen, sowie Lichtbogenbildungen und schädliche Rückzündungen, die ein Aufschaukeln der Kondensatorspannung zur Folge haben, ausschließen.

Bei Aufzugs-, Hebezeug- und Bremsmotoren dürfen Kondensatoren nicht unmittelbar parallel zu den Motoren angeschlossen werden. Kondensatoren sind hier so anzuschließen, dass keine Selbsterregung auftritt.

In Liegenschaften mit Transformatorenstationen, in denen keine zentrale Blindleistungskompensationsanlage erforderlich ist, sind den Transformatoren Blindleistungskondensatoren fest zuzuordnen. Die Kondensatorleistung soll etwa 5 % bis 10 % der Transformatorenleistung betragen. Diese Kondensatoren sind auf der Niederspannungsseite der Transformatoren über Sicherungslasttrennschalter anzuschließen. Die Vorgaben des VNB und die Angaben der Transformatorenhersteller sind zu beachten.

Die Absicherung der Kondensatoren erfolgt, entsprechend DIN VDE 0560-1, nicht gegen Überlast sondern nur auf Kurzschlusschutz. Nach VDE 0560-41 müssen Kondensatoreinheiten für einen Dauer-Effektivstrom des 1,3fachen des Stromes geeignet sein, der sich bei sinusförmiger Nennspannung und Nennfrequenz einstellt. Unter Berücksichtigung der Kapazitätstoleranz von $1,1 \times C_N$ kann der maximal zulässige Stromwert bis $1,38 \times I_N$ erreichen. Es wird empfohlen, Einzelkondensatoren mindestens mit 1,7fachen Nennstrom, Kondensatorgruppen mindestens mit 2fachem Nennstrom abzusichern. Diese Überlastbarkeit und der hohe Einschaltstrom sind bei der Dimensionierung von Sicherungen und Zuleitungen zu berücksichtigen.

Die „Grundsätze für die Beurteilung von Netzurückwirkungen“ des Verbandes der Elektrizitätswirtschaft (VDEW) und die TAB des zuständigen VNB sind zu berücksichtigen.

7.2 Mess- und Verbrauchswernerfassung

Die Erfassung von Messdaten und Verbrauchswerten ist für den Betrieb technischer Anlagen und für die Überwachung und Abrechnung von Verbrauchswerten unumgänglich. Vor diesem Hintergrund ist im Einzelfall festzulegen, welche Daten

- ständig erfasst und vor Ort angezeigt,
- ständig erfasst, ggf. vor Ort angezeigt und auf ein zentrales Betriebsdatenmanagement aufgeschaltet oder
- nur bei Bedarf über einen festgelegten Zeitraum durch ein mobil einsetzbares Datenaufzeichnungsgerät (z. B. Datenlogger) erfasst

werden müssen.

In Liegenschaften mit mehreren Gebäuden ist der Medienverbrauch grundsätzlich gebäudebezogenen zu erfassen. Für die Zuordnung der Verbrauchskosten nach dem Verursacherprinzip sind neben den Verrechnungszählern regelmäßig auch geeignete Unterzähler/Messeinrichtungen notwendig. Aus den Zählerdaten lassen sich spezifische, auf das konkrete Gebäude bezogene Verbrauchs- und Kostenkennwerte berechnen. Diese sind wesentliche Grundlage der Betriebsüberwachung, um energetisch auffällige Gebäude und Liegenschaften ermitteln und bewerten zu können.

In Liegenschaften mit mehreren baulichen Anlagen sind in jedem Gebäude für das ein Stromverbrauch $> 3.000 \text{ kWh/a}$ erwartet wird, mindestens Messeinrichtungen für die elektrische Arbeit zu installieren. Darüber hinaus sollte für leistungsstarke Einzelverbraucher mit einer geschätzten Jahresarbeit $> 3.000 \text{ kWh/a}$ geprüft werden, ob Unterzähler vorzusehen sind.

Bei der Auswahl der Zähl- und Messeinrichtungen sind ggf. bereits vorhandene Gebäudeautomations- und Übertragungssysteme zu beachten. Die Zähl- und Messeinrichtungen sind in die Gesamtlösung zu integrieren. In Liegenschaften, deren Gebäudeautomationsanlage eine

Managementebene umfasst bzw. umfasst wird, sind die Verbrauchswerte auf der Bedienstation darzustellen.

Baumaßnahmen an betriebstechnischen Gebäudeanlagen sind zur Nachrüstung der gebäudebezogenen Verbrauchserfassung zu nutzen. Die Weitergabe und Fernübertragung der Verbrauchswerte an eine oder mehrere zentrale Auswertungs- oder Erfassungsstellen muss ohne größere Nachrüstungen umsetzbar sein.

Die AMEV-Broschüre „Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden“ (Energie 2010) enthält weiterführende Hinweise, u. a. zu den Möglichkeiten, Verbrauchswerte zu erfassen und zu übertragen.

7.3 Photovoltaikanlagen

7.3.1 Allgemein

Photovoltaikanlagen sind zunehmend integraler Bestandteil neuer oder sanierter Gebäude. Bei Neubau und Sanierung sollten sie frühzeitig in die Planung einfließen. PV-Anlagen können grundsätzlich auf allen Dachflächen oder auch als Fassadenverkleidungen angebracht werden.

Die erwartete Nutzungsdauer des Daches soll mindestens 20 Jahre betragen. Die Dachkonstruktion muss eine geeignete Befestigung der Module ermöglichen. Für die Aufnahme der Zusatzlasten ist ein statischer Nachweis zu erbringen.

Durch die nachträgliche Installation der Photovoltaikanlage darf sich keine Verschlechterung des bauphysikalischen Tauwassernachweises für den ursprünglich geplanten Bauteilaufbau ergeben.

Beim zuständigen Netzbetreiber (VNB) ist die mögliche Anschlusskapazität zu erfragen und je nach Größe der PV-Anlage eine Netzverträglichkeitsprüfung zu beantragen.

Die Rahmenbedingungen für die Errichtung von Photovoltaikanlagen werden insbesondere durch das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vorgegeben.

PV-Anlagen erfordern größere Investitionen, so dass jeweils neu zu prüfen ist, ob und wie eine Anlage wirtschaftlich für die jeweilige öffentliche Einrichtung einen Nutzen bringen kann. Die für die Wirtschaftlichkeit wesentlichen Parameter einer PV-Anlage sind die kapitalgebundenen Kosten, die betriebsbedingten Kosten, der erwartete Energieertrag, die Kostenersparnis durch Eigenverbrauch und ggf. die Vergütung nach dem EEG.

Der PV-Strom wird nach EEG 20 Jahre lang mit einem festen Preis vergütet. Die Einspeisevergütung ist abhängig vom Anlagentyp, der Nennleistung und dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme der PV-Anlage. Da die Einspeisevergütung nach EEG signifikant unter dem Strombezugspreis liegt, ist es in der Regel wirtschaftlich, den erzeugten Strom selbst zu verbrauchen. Der Eigenverbrauch ist für die Wirtschaftlichkeit die entscheidende Größe. Bei gebäudebezogenen PV-Anlagen ist die EEG-Einspeisevergütung kaum noch relevant.

7.3.2 Aufbau und Randbedingungen

Eine Photovoltaikanlage besteht im Wesentlichen aus Solarmodulen, Wechselrichter(n), der Verkabelung, dem Montagesystem und dem Stromzähler.

Die aktiven Elemente des Solarmoduls, die Solarzellen, wandeln die Energie der Sonneneinstrahlung in elektrische Energie um. Der erzeugte Gleichstrom (DC) wird durch Wechselrichter netzkonform in Wechselstrom (AC) umgeformt.

Die Solarzelle besteht aus Halbleiterelementen, überwiegend auf Siliziumbasis, welche die Energie des einfallenden Lichts in Strom umwandeln. Neben Silizium werden Solarzellen aus den Halbleiterelementen wie z.B. Kupfer-Indium-Disulfid (CuInS_2) auch als CIS bezeichnet, Galliumarsenid (GaAs), Cadmium-Tellurid (CdTe) oder aus organischen Werkstoffen hergestellt.

Von den zahlreichen Zelltypen kommen derzeit drei Technologien häufig zum Einsatz. Diese unterscheiden sich durch ihr Erscheinungsbild, den Wirkungsgrad und die Herstellungskosten.

- **Monokristalline Siliziumzellen:**
Durch einen aufwendigen Herstellungsprozess werden monokristalline Siliziumstrukturen in Stabform erzeugt und anschließend in einzelne Scheiben, sog. Wafer, gesägt. Aus diesen werden die Zellen gewonnen. Sie haben eine homogene Kristallstruktur und ein gleichmäßiges, schwarzes Erscheinungsbild. Durch das aufwändige Produktionsverfahren sind diese Zellen etwas teurer, bieten dafür aber einen höheren Modulwirkungsgrad von derzeit bis zu 22 %.
- **Polykristalline Siliziumzellen:**
Diese Zellen werden durch spezielle Gießverfahren hergestellt. Die so erzeugten Siliziumblöcke werden anschließend in Wafer gesägt. Aus den Wafern werden die Zellen gewonnen. Bedingt durch das einfachere Herstellungsverfahren sind die Kristallstrukturen dieser Zelltypen unregelmäßig angeordnet. Diese Zellen haben ein bläulich, schimmerndes, inhomogenes Muster und gutes Preis-/Leistungsverhältnis, sowie einen Modulwirkungsgrad von bis zu 20 %.
- **Dünnschichtzellen mit amorphem Silizium:**
Diese Zellen werden durch Aufdampfen von amorphem Silizium auf eine Trägerschicht hergestellt. Die Schichtdicke beträgt maximal 2 μm . Durch das sehr einfache Herstellungsverfahren sind diese Zellen sehr preiswert. Sie haben ein homogenes, bräunliches Erscheinungsbild und einen Modulwirkungsgrad von bis zu 10 %. Diese Module eignen sich besonders für dach- und fassadenintegrierte Anwendungen bei denen ein durchscheinender Tageslichtanteil gewünscht wird. Die Semitransparenz der Module ist frei wählbar.

Der Wirkungsgrad der Solarzellen bzw. PV-Module nimmt nach Inbetriebnahme durch Degradation ab. Hierbei sind zwei Arten zu unterscheiden:

- Die altersbedingte Degradation kann bei kristallinen PV-Modulen einen Leistungsverlust bis zu ca. 0,5 % pro Jahr verursachen. Bei Dünnschichtzellen gibt es eine starke Anfangsdegradation von bis zu 25 %. Anschließend altern diese Zellen aber kaum mehr.
- Die potenzialinduzierte Degradation (PID), welche durch Leckströme im Modul erzeugt wird, kann bis zu 30 % betragen.

Es wird empfohlen eine Leistungsgarantie für die PV-Module in das Leistungsverzeichnis bei den entsprechenden LV-Positionen verbindlich aufzunehmen. Die Leistungsgarantie für die PV-Module sollte mindestens 90 % der Nennleistung für einen Zeitraum von 10 Jahren und mindestens 80 % der Nennleistung für 25 Jahre betragen. Die Bieter müssen mit ihrem Angebot anhand eines Datenblatts die Leistungsgarantie bestätigen. Das Datenblatt wird im Auftragsfall Vertragsbestandteil.

Die gesetzlich vorgeschriebene Produktgarantie verpflichtet die Hersteller bzw. Verkäufer sicherzustellen, dass das Modul bei Auslieferung in einem einwandfreien Zustand bzw. frei von Mängeln war. Je nach Hersteller wird in der Regel eine freiwillige Produktgarantie bis zu

10 Jahren gewährt. Käufer können bei Bedarf auch eine kostenpflichtige Garantieverlängerung abschließen, um sich im Schadensfall abzusichern. Tritt am Modul innerhalb der Produktgarantie ein Schaden auf, muss der Hersteller bzw. Verkäufer diesen unentgeltlich beheben. Bei Insolvenz des Herstellers ist sowohl die Leistungs- als auch die Produktgarantie hinfällig, es sei denn, entsprechende Sicherheiten wurden vereinbart und hinterlegt.

Bei den Solarmodulen werden folgende Typen unterschieden:

- Glas-Folie-Module:
Die Einbettung der Solarzellen erfolgt zwischen zwei transparenten Kunststoffschichten.
- Glas-Glas-Module:
Die Einbettung der Solarzellen erfolgt zwischen zwei Gießharzschichten.
- Module in Kunststoffolie:
Die Solarzellen sind auf Metallbahnen aufgebracht und in einer Kunststoffolie eingebettet. Diese Module sind sehr leicht und flexibel.

Die Wahl des Modultyps ist abhängig von den örtlichen Gegebenheiten, der mechanischen Beanspruchung und finanziellen Möglichkeiten.

Die häufigsten Anordnungen und Montagearten der Solarmodule sind:

- Aufdachmontage der PV-Module auf geneigter Dachfläche,
- Aufgeständerte Modulanordnung auf Flachdach oder Freifläche,
- Fassadenintegrierte Module und
- Indachmontage der PV-Module in geneigter Dachfläche.

Sofern der solare Ertrag im Vordergrund steht, erfolgt die Ausrichtung der Modulflächen im Idealfall mit einer Neigung von ca. 30° nach Süden. Bei Eigenverbrauch ist die Ost-/West-Ausrichtungsvariante der Solarmodule zu prüfen, da diese - abhängig u. a. vom Lastgang der zu versorgenden elektrischen Anlagen – regelmäßig wirtschaftlicher ist als die Südausrichtung der Solarmodule.

Auf Flachdächern werden die Module üblicherweise auf speziellen Unterkonstruktionen montiert und gegen Windlasten gesichert.

Damit die aufgeständerten Modulreihen sich nicht gegenseitig verschatten, sind entsprechende Mindestabstände notwendig. Auch Teilverschattungen durch Bäume, andere Gebäudeteile oder Fangstangen etc. sind möglichst zu vermeiden, da diese den Ertrag der Gesamtanlage erheblich mindern können. Eine entsprechende Verschattungsanalyse einschließlich Ertragsprognose ist zu empfehlen.

Bei der Modulanordnung auf Flachdächern ist insbesondere darauf zu achten, dass die Begehbarkeit zwischen den Modulreihen gewährleistet ist. Außerdem sind auf Flachdächern entsprechende Maßnahmen zur Absturzsicherung einzuplanen. Dies können Attiken, Absperrungen mit Geländer, Seil oder Kette sowie geprüfte Anschlagpunkte für eine Schutzausrüstung (sogenannte Sekuranten) sein. Diese Maßnahmen zur Absturzsicherung sowie weitere Dachein- und -aufbauten müssen bei der Planung und Ausführung der Modulanordnung berücksichtigt werden.

Auch bei Fassadenanlagen hat sich die Wirtschaftlichkeit verbessert. Mit der Integration in die Gebäudehülle kann die Photovoltaik als multifunktionales Bauteil eingesetzt werden. Neben der Stromerzeugung und der Erfüllung von architektonischen Gestaltungsmerkmalen ermöglichen PV-Fassadenanlagen weitere bauphysikalische Funktionen wie Witterungsschutz, Schallschutz und Sonnenschutz.

Für eine überschlägige Ermittlung der erzeugten Leistung der Photovoltaikmodule kann ein Flächenbedarf von 5 bis 10 m² Modulfläche pro 1 kWp angenommen werden.

Bei der Planung der Wechselrichterstandorte sind insbesondere folgende Punkte zu beachten:

- gut zugänglicher, belüfteter, kühler Standort ohne direkte Sonneneinstrahlung,
- Montage auf nicht brennbarem Untergrund,
- kurze Leitungs-/Kabelwege zu den Modulen,
- rundum ausreichend Platz für Wartung und Bedienung,
- zulässiger Temperaturbereich und Montageabstände gem. Herstellervorgabe und
- ggf. Geräusentwicklung.

7.3.3 Gesetzliche und normative Vorgaben

7.3.3.1 Allgemein

Photovoltaikanlagen sind bauliche Anlagen im Sinne des Baurechts und fallen unter die Landesbauordnungen.

Planung, Bau und Betrieb der Photovoltaikanlagen sind so durchzuführen, dass Standsicherheit und Brandschutz der Photovoltaikanlagen dauerhaft sichergestellt sind. Das Bauproduktengesetz sowie die bautechnischen Regeln sind einzuhalten.

Die Planung, Montage, Inbetriebnahme und Wartung von PV-Anlagen ist auf der Grundlage der DIN VDE 0100-712 „Solar-Photovoltaik-(PV)-Stromversorgungssysteme“ und der VDI Richtlinie 6012 Blatt 1.1 „Regenerative und dezentrale Energiesysteme für Gebäude – Grundlagen – Projektplanung und -durchführung“, sowie auf Basis der RAL-GZ 966 auszuführen.

PV-Module müssen mit den Anforderungen der entsprechenden Betriebsmittelnormen übereinstimmen. Der Standard DIN EN 61215-1 (VDE 0126-31-1) legt die Anforderungen für die Bauartegnung und -zulassung für die PV-Module fest. Darüber hinaus müssen die PV-Module über die elektrische Sicherheit nach Schutzklasse II verfügen und den Sicherheitsstandard nach DIN EN IEC 61730-1 (VDE 0126-30-1) erfüllen.

Die Wechselrichter müssen den Sicherheitsanforderungen nach DIN EN 62109-1 (VDE 0126-14-1) entsprechen.

Es dürfen nur Steckverbinder nach DIN EN 50521 (VDE 0126-3) und DIN EN 62852 (VDE 0126-300) verwendet werden.

Das Errichten von PV-Anlagen und der Anschluss an die elektrische Anlage darf nur von Elektrofachkräften durchgeführt werden, die in ein Installateurverzeichnis eines Netzbetreibers eingetragen sind. Davon ausgenommen sind dachvorbereitende Maßnahmen, wie beispielsweise die Montage der Unterkonstruktion und Dachdurchführung.

7.3.3.2 Bauaufsichtliche Einordnung

Die Genehmigungsfreiheit bzw. -pflicht für die Errichtung von PV-Anlagen wird in den einzelnen Bauordnungen der Bundesländer geregelt. Daneben bestehen zur Zulässigkeit von PV-Anlagen zahlreiche Satzungen und Verordnungen der Gemeinden, die vor allem auf Grundlage des Baugesetzbuches und der Landesbauordnungen erlassen wurden.

Im Allgemeinen ist die Errichtung einer Photovoltaikanlage an einer Fassade, auf einer Dachfläche oder auf einem Flachdach genehmigungsfrei, ausgenommen bei Hochhäusern,

sowie die damit verbundene Änderung der Nutzung oder der äußeren Gestalt des Gebäudes.

Ggf. sind denkmalschutzrechtliche Belange für die Errichtung von Solaranlagen zu berücksichtigen. Weitere rechtliche Grundlagen sind u. a. die Bauproduktenverordnung und das Bauproduktengesetz.

7.3.3.3 Standsicherheit

Gemäß § 12 MBO bzw. der vergleichbaren landesspezifischen Regelungen muss jede bauliche Anlage als Ganzes und in ihren einzelnen Teilen für sich standsicher sein. Neben dem Nachweis der Tragfähigkeit des Daches unter Berücksichtigung der zusätzlichen Lasten aus der Photovoltaikanlage und des Nachweises der Standsicherheit hinsichtlich der örtlich anzusetzenden Wind- und Schneelasten ist auch ein statischer Nachweis für das Montagegestell zu führen. Für die Einwirkungen auf die Tragwerke sind die DIN EN 1991-1-3 und DIN EN 1991-1-4 zu beachten.

Für den Standortnachweis einer Solaranlage sind neben den Standsicherheitsnachweisen auch Nachweise zur Lagesicherheit zu führen. Dabei müssen die Anlagen sowohl gegen Abheben und Umkippen als auch gegen Verschieben ausreichend gesichert sein.

7.3.3.4 Verwendbarkeitsnachweis von Bauprodukten und Bauarten, Bauaufsichtliche Zulassung

Der Nachweis der Verwendbarkeit von Bauprodukten und Bauarten muss auf der Grundlage von in der länderspezifischen Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen bauaufsichtlich eingeführten harmonisierten europäischen Normen (vormals Bauregelliste B) oder nationalen Normen (vormals Bauregelliste A) erfolgen.

Nicht geregelte Bauprodukte dürfen nur dann verwendet werden, wenn gemäß § 18 MBO eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) oder gemäß § 19 MBO ein allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis oder nach § 20 MBO eine Zustimmung im Einzelfall durch die oberste Baubehörde des Bundeslandes, in dem das Projekt realisiert wird, vorliegt.

Photovoltaikmodule dürfen ohne zusätzlichen Verwendbarkeitsnachweis eingesetzt werden, wenn sie nachfolgende Voraussetzungen erfüllen:

- CE-Kennzeichnung nach der Richtlinie 2006/95/EG,
- Zertifizierung nach DIN EN 61215-1 (VDE 0126-31-1) und DIN EN IEC 61730-1 (VDE 0126-30-1),
- Dachneigung ≤ 75 Grad und
- Modulfläche ≤ 2 m².

Photovoltaikmodule mit einer Modulfläche > 2 m² bzw. abweichenden Einsatzgebieten sind keine geregelten Bauprodukte und benötigen daher einen Verwendbarkeitsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung, sofern dieser nicht auf Grundlage eingeführter technischer Regelwerke des Glasbaus geführt werden kann.

Dachintegrierte Photovoltaikanlagen benötigen ein allgemeines Prüfzeugnis für den Nachweis der harten Bedachung. Dieses allgemeine Prüfzeugnis sollte vor Auftragserteilung vorliegen.

Für die Verankerung und Befestigung von Solaranlagen am Gebäude, anderen baulichen Anlagen oder auf dem Fundament bzw. für die Verbindung an der Unterkonstruktion sind

Verankerungs-, Befestigungs- und Verbindungselemente (Schrauben, Dübel, Ankerschienen etc.) zu verwenden, die

- den Technischen Baubestimmungen entsprechen oder
- die auf Grund europäischer technischer Spezifikationen die CE-Kennzeichnung tragen und die in der Leistungserklärung die in der länderspezifischen Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen festgelegten Klassen und Leistungsstufen aufweisen.

Für alle anderen Verankerungs-, Befestigungs- und Verbindungselemente ist der Verwendungsnachweis durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung zu erbringen.

Eine bauaufsichtliche Zulassung ist unter folgenden Voraussetzungen erforderlich:

- Die tragenden Teile des Montagesystems bestehen aus Kunststoff.
- Die Montageträger oder Aussteifungselemente des PV-Moduls sind verklebt (backrails).
- Die Tragfähigkeit der Metallkonstruktion wurde im Versuch ermittelt.
- Der rechnerische Nachweis für Befestigungsmittel zwischen Modul und Gebäude basiert nicht auf eingeführten Normen.
- Die Befestigung erfolgt durch eine adhäsive Verbindung (Verklebung oder Verschweißung) zwischen Modul und Dachhaut.

Die allgemeine bauaufsichtliche Zulassung eines Produkts ist durch das Ü-Zeichen gekennzeichnet, die auf dem Produkt, einem Beipackzettel, der Verpackung oder auf dem Lieferschein angebracht ist. Der Nachweis über die bauaufsichtliche Zulassung ist mit der Angebotsabgabe, jedoch spätestens vor Auftragserteilung nachzuweisen. Das Vorhandensein der Ü-Kennzeichnung ist nach Möglichkeit zudem bereits bei der Anlieferung durch die örtliche Bauleitung zu kontrollieren. Gleiches sollte für die Herstellererklärungen zu den Photovoltaikmodulen gelten, die ohne zusätzlichen Verwendungsnachweis eingesetzt werden dürfen.

7.3.3.5 Brandschutz

Gemäß § 14 MBO bzw. der vergleichbaren landesspezifischen Regelungen sind bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind.

Bei der Planung einer Photovoltaikanlage ist zu prüfen, ob die baulichen Anforderungen des Brandschutzes erfüllt werden. Hierzu sind bereits in der Planungsphase detaillierte Abstimmungen mit der zuständigen Bauaufsichtsbehörde, der örtlichen Feuerwehr und ggf. weiteren Ämtern zu führen und zu dokumentieren. Wichtige Regelungen zum Brandschutz sind in den Landesbauordnungen und in der Leitungsanlagen-Richtlinie (LAR) enthalten. In Zweifelsfällen kann eine brandschutztechnische Bewertung notwendig werden.

Der Abstand von PV-Anlagen zu Gebäudetrennwänden bzw. Brandwänden ist in den Landesbauordnungen nicht einheitlich geregelt und wird von den zuständigen Ämtern teilweise unterschiedlich ausgelegt.

Folgende Regelungen zur brandschutztechnischen Behandlung von PV-Anlagen sind zu beachten:

- Solaranlagen müssen aus mindestens normalentflammbaren Baustoffen bestehen (§ 26 Abs. 1 MBO).

- Werden sie in oder an der Gebäudehülle angeordnet, müssen Oberflächen von Außenwänden sowie Außenwandbekleidungen bei Gebäuden der Gebäudeklasse 4 und 5 schwerentflammbar sein (§ 28 Abs. 3 Satz 1 MBO).
- Gebäudetrennwände bzw. Brandwände dürfen nicht durch PV-Module, andere brennbare Bauelemente und Installationen überbaut werden.
- PV-Module können maximal bis an die Brandwand angrenzend installiert werden, wenn die Brandwand mind. 30 cm über die Moduloberkante geführt ist (siehe Abb. 6).
- Wird der Brandüberschlag durch ein waagrechtes Schott aus nicht brennbarem Material verhindert, dürfen die Module erst ab einem Abstand von mind. 50 cm zur Brandwand installiert werden (siehe Abb. 6).
- Werden PV-Module auf einem Flachdach aufgeständert und erfüllen nicht die Anforderungen der harten Bedachung sind diese als Dachaufbauten gemäß §32 MBO (Dächer) zu betrachten. Hier wird ein Abstand von 1,25 m zwischen PV-Modul und Brandwandmitte empfohlen.
- Dachintegrierte Anlagen, welche den Anforderungen der harten Bedachung entsprechen, können maximal bis an die Auskragung der Brandwand heran gebaut werden.

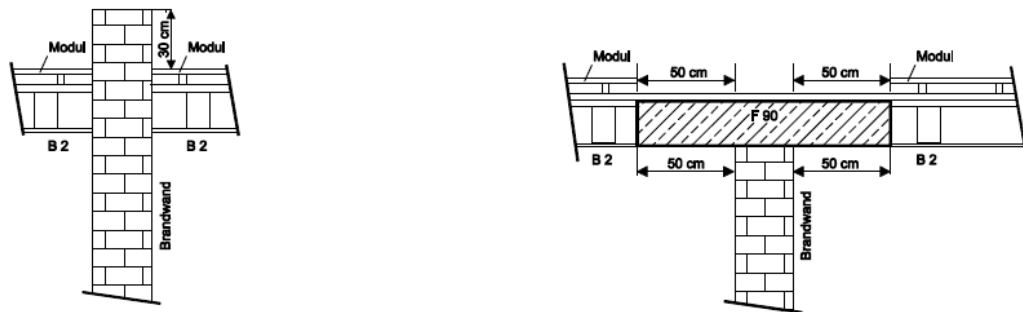


Abbildung 6: theoretisch mögliche Mindestabstände zwischen PV-Modul und Brandwand

Auf der Grundlage praktischer Erfahrungen und zur Unterstützung der Feuerwehr im Brandfall wird jedoch empfohlen, den in Abbildung 7 gekennzeichneten Abstand von PV-Modul und Brandwand nicht zu unterschreiten.

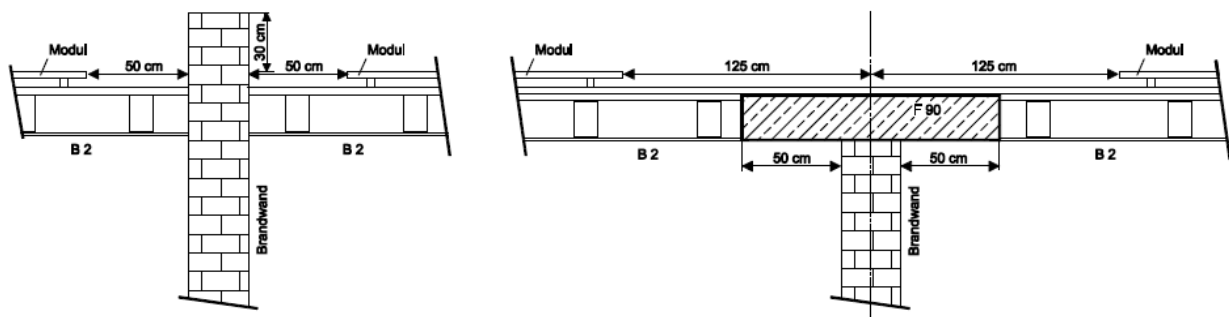


Abbildung 7: Empfehlung für Mindestabstände zwischen PV-Modul und Brandwand

Kabel und Leitungen sind nicht über Gebäudetrennwände bzw. Brandwände zu führen. Lässt sich dies im Ausnahmefall nicht vermeiden, müssen die Leitungen geschützt mittels Leitungsschott oder Brandschutzumhüllung verlegt werden. Die Verlegung von DC-Leitungen durch feuergefährdete Betriebsstätten ist unzulässig.

7.3.3.6 Blendwirkung

Nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG) gehören Lichtimmissionen zu schädlichen Umwelteinwirkungen. Diese können Gefahren, Nachteile und Belästigungen für die

Allgemeinheit und/oder für die Nachbarschaft zur Folge haben. Die zu beurteilende Lichteinwirkung bei der Reflexion von Photovoltaikmodulen kann als belästigend empfunden werden. Gesundheitliche Schäden sind jedoch ausgeschlossen. Es wird empfohlen die „Hinweise zur Messung, Beurteilung und Minderung von Lichtimmissionen“ der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) zu beachten.

7.3.4 Weitere technische Anforderungen

7.3.4.1 Blitzschutz

Bei der Errichtung einer Photovoltaikanlage auf einem öffentlichen Gebäude müssen die Blitzschutzforderungen der jeweiligen Landesbauordnungen (LBO) sowie die geltenden Blitzschutz-Normen und Normen zur elektrischen Sicherheit berücksichtigt werden.

Blitzschutzanlagen sind unter Beachtung der Norm VDE 0185-305 Teile 1 bis 4 zu erstellen.

Normativ ist ein Überspannungskonzept nach DIN VDE 0100-443 vor dem Wechselrichter auf der AC-Seite und nach DIN VDE 0100-712 auch auf der DC-Seite vorzusehen. Im Rahmen der Erarbeitung des Überspannungsschutzkonzeptes sind auch die Dateneingänge z. B. von Geräten zur Funktionsüberwachung und Visualisierung zu berücksichtigen. Die technische Lösung ist unter Beachtung der Wirtschaftlichkeit festzulegen.

Die Photovoltaikanlage muss in die Konzeption der Blitzschutzanlage des Gebäudes einbezogen werden. Für eine bereits vorhandene Blitzschutzeinrichtung muss bei nachträglicher Installation einer Photovoltaikanlage das Blitzschutzkonzept überprüft und ggf. angepasst werden. Ein Überbauen von Blitzschutzanlagen ist nicht zulässig.

Es wird empfohlen die PV-Anlage im Schutzbereich und unter Beachtung des entsprechenden Trennungsabstandes anzuordnen. Bei der Kabel-/Leitungsverlegung ist die Fläche für induktive Einkopplungen möglichst klein zu halten.

Für Gebäude mit Photovoltaik-Stromversorgungssystemen wird empfohlen das Beiblatt 5 der DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) „Blitz- und Überspannungsschutz für Photovoltaik-Stromversorgungssysteme“ anzuwenden. Im Besonderen wird verwiesen auf:

- das Flussdiagramm zur Vorgehensweise bei der Auswahl der Blitzschutzmaßnahmen und Überspannungsschutzgeräten (Beiblatt 5, Bild 11) sowie
- das Praxisbeispiel zur Berechnung der Trennungsabstände (Beiblatt 5, Anhang C).

In der Regel haben alle öffentlichen Gebäude eine Blitzschutzanlage. Für den Fall, dass keine Blitzschutzanlage vorhanden ist (bspw. Garagengebäude), wird empfohlen, einen Funktionspotenzialausgleich mit 6 mm² vom metallischen Montagegestell zum Hauptpotenzialausgleich herzustellen.

7.3.4.2 Maßnahmen zur Erhöhung der Anlagensicherheit

Durch die Installation von PV-Anlagen dürfen keine gefährlichen berührbaren Spannungen auftreten. Auch im Schadensfall, wie z. B. im Brandfall am Gebäude, ist die Gefahr für Personen und Einsatzkräfte auf ein Minimum zu begrenzen.

Zur Gewährleistung der Forderung ist frühzeitig ein Schutzkonzept aufzustellen und mit der örtlichen Feuerwehr abzustimmen.

Das Schutzziel wird u. a. durch Abschaltvorrichtungen, wie der DC-Freischalter sowie der DC- und AC-seitige zentrale Not-Aus, erreicht.

Ein wichtiger Bestandteil der Sicherheitseinrichtungen jeder PV-Anlage ist der DC-Lasttrennschalter (kurz: DC-Freischalter), der normativ seit 2006 in der DIN VDE 0100-712 gefordert wird. Der genaue Einbauort ist nicht vorgeschrieben. Der DC-Freischalter ist oft bereits in den Wechselrichtern enthalten. Bei Einsatz von Generator-Anschlusskästen sollte der DC-Freischalter in diesem integriert sein. Da der Leitungsbereich zwischen Wechselrichter/Generator-Anschlusskasten und PV-Modul auch nach einem Öffnen des DC-Lasttrennschalters unter Spannung steht, sollte der DC-Freischalter möglichst nah am Solar-generator platziert werden.

Die Notwendigkeit eines sogenannten Feuerwehr-Not-Aus-Schalters ist mit der örtlichen Feuerwehr frühzeitig abzustimmen. Momentan bieten die Hersteller unterschiedliche Systeme von Feuerwehr-Not-Aus-Schaltern an. Eine ggf. notwendige Feuerwehr-Not-Aus-Schaltung sollte so ausgeführt werden, dass sie möglichst nah am PV-Generator liegt. Dadurch wird sichergestellt, dass der Leitungsbereich zwischen Wechselrichter/Generator-Anschlusskasten und PV-Modul nach Betätigen des Feuerwehr-Not-Aus-Schalters nicht mehr unter Spannung steht.

Die Notwendigkeit eines AC-seitigen zentralen Not-Aus für die PV-Anlage ist ebenfalls mit der zuständigen Feuerwehr abzuklären. Dieser Not-Aus sollte im Zugangsbereich eines Gebäudes, ggf. in der Nähe bzw. integriert in das Feuerwehrbedienfeld angebracht werden. Weitere Schutzmaßnahmen beschreibt die Anwendungsregel „VDE-AR-E 2100-712“. Diese enthält Empfehlungen, um die Wahrscheinlichkeit eines elektrischen Schlages für Einsatzkräfte im Brandfall zu mindern.

Es wird empfohlen, zwischen dem Planer, Errichter und dem zukünftigen Betreiber einer PV-Anlage, einzelne Maßnahmen dieser Anwendungsregel zu vereinbaren.

Mögliche bauliche und organisatorische Maßnahmen sind beispielsweise:

- Kennzeichnung der PV-DC-Leitungsführung durch einen Übersichtsplan,
- Installation der Wechselrichter mit geeignetem Witterungsschutz außerhalb des Gebäudes,
- Beschränkung der PV-DC-Leitungen im Gebäude auf ein Minimum und
- Verlegung der ggf. verbleibenden DC-Leitungen im Gebäude Unterputz oder in Brandschutzkanälen und -schächten.

Mögliche technische Maßnahmen sind Einrichtungen zum:

- Schalten, Trennen und Kurzschließen im DC-Bereich einer PV-Anlage,
- Trennen oder Kurzschließen des Strangs oder des PV-Generators und
- Abschalten des PV-Moduls.

Weitere Hinweise:

- Die technischen Mindestanforderungen für den Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz sind in der Anwendungsregel „VDE-AR-N 4105“ aufgeführt.
- Bei Einsatz von traflosen Wechselrichtern sind aufgrund der fehlenden galvanischen Trennung allstromsensitive RCD's vom Typ B mit einem Bemessungsdifferenzstrom von max. 300 mA vorzusehen, falls der Wechselrichter die Funktion der Fehlergleichstromabschaltung nicht enthält.
- Die UV-Beständigkeit der im Außenbereich verlegten Leitungen einschließlich zugehörigen Befestigungsmaterials ist zu berücksichtigen. Auf eine fachgerechte Befestigung ist aufgrund der Scheuergefahr durch Windeinwirkung besonders zu achten. Eine Verlegung von Leitungen direkt auf der Dachhaut ist nicht zulässig.

7.3.4.3 Netzeinspeisung

Die PV-Anlage ist frühzeitig beim zuständigen Netzbetreiber zur Vorbereitung des Netzan schlusses und des zugehörigen Vertrages anzumelden.

Es wird zwischen Volleinspeisung und Überschusseinspeisung der erzeugten elektrischen Energie der Photovoltaikanlage unterschieden.

Volleinspeisung:

Die gesamte erzeugte elektrische Energie wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist. Diese Einspeisung ist wirtschaftlich sinnvoll, solange der eingespeiste Strom höher vergütet wird als der vom Netzbetreiber bezogene Strom.

Überschusseinspeisung:

Die erzeugte elektrische Energie wird vorrangig im eigenen Hause verbraucht. Die überschüssige Energie wird in das öffentliche Stromnetz eingespeist.

PV-Anlagen sind grundsätzlich für Netzparallelbetrieb auszulegen. Der erzeugte Strom ist, soweit er nicht selbst verbraucht wird, über eine geeichte Zählleinrichtung ins Netz des VNB einzuspeisen. In Abstimmung mit diesem sind Einspeisepunkt, Zählleinrichtung, sowie Maßnahmen gegen Rückspannung und unerwünschte Netzrückwirkungen festzulegen. Durch den Einbau eines Netz- und Anlagenschutzes (NA-Schutz) kann die PV-Anlage bei unzulässigen Spannungs- und Frequenzwerten vom Netz abgeschaltet werden. Hierzu gelten mehrere Anwendungsregeln:

- „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen am Niederspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Niederspannung)“ (VDE-AR-N 4100).
- „Erzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz“ (VDE-AR-N 4105) (für Anlagen < 135 KW).
- „Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)“ (VDE-AR-N 4110) (für Anlagen \geq 135 KW).

Darüber hinaus ergeben sich in Abhängigkeit der Summe der maximalen Scheinleistungen aller Erzeugungsanlagen und Speicher am Netzanschlusspunkt $\sum S_{Amax}$ für den NA-Schutz folgende Bedingungen:

- $\sum S_{Amax} \leq 30$ kVA: Zentraler NA-Schutz am zentralen Zählerplatz oder dezentral in einer Unterverteilung oder integrierter NA-Schutz im Wechselrichter.
- $\sum S_{Amax} > 30$ kVA: Zentraler NA-Schutz am zentralen Zählerplatz.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist derzeit die Überschusseinspeisung der erzeugten elektrischen Energie in das öffentliche Stromnetz zu präferieren. Lösungen mit Zwischenspeicherung der erzeugten Energie in Batterieanlagen oder anderen Energiespeichern sollten geprüft werden, wenn der Eigenverbrauch im Vordergrund steht und die solare Deckungsquote weiter erhöht werden soll. Wegen der relativ hohen Investitionskosten sind Batterieanlagen ohne Förderung derzeit in der Regel noch nicht wirtschaftlich. Der Markt entwickelt sich in diesem Bereich jedoch sehr dynamisch. Die Kosten der elektrochemischen Energiespeicher sinken kontinuierlich.

7.3.4.4 Einspeisemanagement

Der Stromanteil im öffentlichen Stromnetz, der durch Photovoltaikanlagen erzeugt wird, hat sich in den letzten Jahren stetig erhöht. Die dadurch zur Verfügung stehende Strommenge ist witterungsbedingt größeren Schwankungen unterworfen und kann die Stabilität der Stromversorgung gefährden. Gemäß EEG wird dem Netzbetreiber die Möglichkeit gegeben,

direkten Einfluss auf die von Photovoltaikanlagen in das öffentliche Netz eingespeiste Strommenge zu nehmen.

Das EEG regelt wie folgt detailliert den Einfluss der Netzbetreiber:

- Photovoltaikanlagen mit einer Leistung bis 30 kWp müssen mit einer dauerhaften Einspeisereduzierung auf 70% oder einer Einspeisereduzierung mit einem Rundsteuerempfänger ausgestattet werden.
- Bei Photovoltaikanlagen von 30 kWp bis 100 kWp erhält der Netzbetreiber einen direkten fernwirktechnischen Zugriff auf die Einspeisereduzierung. Die Einspeiseleistung kann bei Bedarf durch den Netzbetreiber auf Null gesenkt werden.
- Bei Photovoltaikanlagen über 100 kWp erhält der Netzbetreiber einen direkten fernwirktechnischen Zugriff auf die Einspeisereduzierung und zusätzlich eine Istwertübertragung der eingespeisten Leistung.

7.3.4.5 Erstprüfung

Nach Fertigstellung der PV-Anlage ist AC-seitig eine Erstprüfung nach DIN VDE 100-600 und DC-seitig eine Prüfung gemäß DIN VDE 0100-712 nach DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1) durchzuführen. In diesem Zusammenhang wird empfohlen sich an der RAL-GZ 966 zu orientieren. Außerdem wird eine zusätzliche Prüfung durch ein unabhängiges Institut bzw. Sachverständigen angeraten. Gegebenenfalls sind höhere Anforderungen in den Prüfverordnungen der Bundesländer zu beachten.

7.3.4.6 Wiederholungsprüfung

Gemäß dem Arbeitsschutzgesetz, der jeweiligen Landesbauordnung, der Betriebssicherheitsverordnung und den Unfallverhütungsvorschriften müssen elektrische Anlagen und Betriebsmittel in bestimmten Abständen sicherheitstechnisch geprüft werden. Die Wiederholungsprüfung ist nach DIN VDE 0105-100 und DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1) durchzuführen. Richtwerte für den Prüfturnus der Wiederholungsprüfung sind in den Erläuterungen zu § 5 DGUV Vorschrift 3 und/oder § 5 DGUV Vorschrift 4 vorgegeben.

Die Betriebssicherheitsverordnung fordert in § 3 die Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung. In Anlehnung an den Anwendungsbereich der Betriebssicherheitsverordnung ist im Rahmen der Erst- und Wiederholungsprüfungen eine Gefährdungsbeurteilung für die PV-Anlage durchzuführen und die Prüffristen AC- und DC-seitig festzulegen. Dabei können sich Abweichungen zu den als Richtwert genannten Fristen nach den Erläuterungen in DGUV Vorschrift 3 und/oder DGUV Vorschrift 4 ergeben.

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Verwendung von Arbeitsmitteln wieder. Die TRBS 1111 "Gefährdungsbeurteilung" und die TRBS 1201 "Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftiger Anlagen" konkretisieren im Rahmen ihres Anwendungsbereiches die Anforderungen der BetrSichV.

7.3.5 Instandhaltung

Inspektion, Wartung und Instandsetzung einer Photovoltaikanlage sind erforderlich, um den Sollzustand der Anlage festzustellen, zu erhalten und wiederherzustellen sowie die Anlagensicherheit zu gewährleisten und einen langfristigen Ertrag bzw. wirtschaftlichen Betrieb sicherzustellen.

Es wird vorgeschlagen, die Inspektion, Wartung und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten der PV-Anlagen auf der Grundlage des Vertragsmusters der AMEV-Empfehlung „Wartung 2018“ durchzuführen.

Das Vertragsmuster der AMEV-Empfehlung „Wartung 2018“ umfasst die Arbeitskarte 442 – PV-Anlagen in zwei Varianten.

Die Auswahl einer der beiden Varianten der Arbeitskarte soll in Abhängigkeit der konkreten Ausgestaltung des Controllings und der Betreuung der betreffenden PV-Anlage erfolgen.

Variante 1

Keine Aufschaltung der PV-Anlage (Eigentümer/Nutzer/Betreiber ist die öffentliche Hand selbst) auf eine GLT bzw. Leitstelle des Auftraggebers und keine regelmäßige (jährliche) vor-Ort-Begehung durch die Baudienststelle.

Variante 2

Aufschaltung der PV-Anlage (Eigentümer/Nutzer/Betreiber ist die öffentliche Hand selbst) auf eine GLT bzw. Leitstelle des Auftraggebers und regelmäßige (jährliche) vor-Ort-Begehung durch die Baudienststelle.

7.3.6 Funktionsüberwachung

Photovoltaikanlagen arbeiten in der Regel störungsfrei. Kommt es dennoch zu Fehlern oder Ausfällen, werden diese bei fehlender Funktionsüberwachung u. U. erst nach einigen Monaten erkannt. Eine Betriebsdatenüberwachung sorgt dafür, dass Ausfälle oder Störungen signalisiert und schnell bemerkt werden. Auf Grundlage dessen kann der Anlagenbetreiber Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung veranlassen, um die Ertragsverluste zu minimieren.

Ob eine Anlage erwartungsgemäße Erträge liefert, ist ohne dauerhafte Messung nicht ohne weiteres festzustellen.

Die einfachste und preiswerteste Überwachung einer Photovoltaikanlage ist das regelmäßige Ablesen und Notieren der Zählerstände des Einspeisezählers.

Komfortabler als geführte Listen ist die permanente und automatische Erfassung und Speicherung der Erträge und anderer Leistungswerte über elektronische Datenspeicher, sog. Datenlogger. Viele Wechselrichter haben heute bereits einen Datenlogger serienmäßig integriert.

Die Datenlogger überwachen und protokollieren die Leistung, die jeder einzelne Wechselrichter ins Stromnetz einspeist. Aus den Messwerten erstellt der Datenlogger einen Tagesbericht über den Ertrag der Photovoltaikanlage. Mit den Protokolldaten kann er zusätzlich Monats- oder Jahresauswertungen generieren. Bei Unregelmäßigkeiten sendet der Datenlogger ein Signal, um den Anlagenbetreiber darüber zu informieren. Je nach Datenschnittstelle kann der Datenlogger per Kabel oder kabellos (z. B. über Bluetooth) die Anlagendaten per SMS auf das Handy, auf den PC oder ein Internetportal senden. Weitere Möglichkeiten sind kleine Displays, die als Tisch- oder Wandgerät die Anlagendaten zeigen. Bei größeren Anlagen können die Daten auf ein Großdisplay, für jedermann sichtbar übertragen werden. Durch die Nutzung von Kombigeräten können sich Synergieeffekte ergeben. Die Kombigeräte verbinden die Funktionen eines Datenloggers mit denen der Steuerelektronik für Fernwirktechnik (z. B. Nullabregelung und Direktvermarktung).

Einige Wechselrichter-Hersteller bieten kostenlose Internetportale an, auf denen sämtliche Daten der Solaranlage präsentiert und visualisiert werden können. Die Datenlogger übertragen regelmäßig die Anlagendaten an das Portal. Auch der automatische Versand von Berichten oder Mitteilungen per E-Mail ist möglich.

Besonders bei größeren PV-Anlagen ist für die Betriebsführung eine automatisierte Anlagenüberwachung mit einem Datenlogger zu empfehlen.

Der Markt stellt mittlerweile eine Vielzahl unterschiedlicher Überwachungssysteme für Photovoltaikanlagen zur Verfügung. Bewährt hat sich ein objektspezifisches, vereinfachtes Monitoringssystem, welches Soll-Ist-Vergleiche von absoluten und spezifischen Erträgen durchführt und prozentuale Abweichungen berechnet. Übersteigt diese Abweichung einen festgelegten Wert wird eine automatisierte Fehlermeldung generiert. Die Höhe der prozentualen Abweichung lässt auf mögliche Fehlerquellen schließen.

7.3.7 Visualisierung

Photovoltaikanlagen arbeiten emissionsfrei und sind meist unauffällig auf Dächern installiert. Auf die umweltfreundliche Erzeugung elektrischer Energie kann hingewiesen werden, indem Betriebsdaten, Grafiken oder Informationen zur Anlage öffentlichkeitswirksam auf repräsentativen Anzeigetafeln, Displays oder Terminals dargestellt werden. Sinnvolle Anzeigen sind hierbei die installierte Leistung, der Tages- und/oder Gesamtenergieertrag, die CO₂-Vermeidung sowie die aktuellen Werte der Sonneneinstrahlung, des solaren Deckungsgrades und der Anteil des Strombedarfs der durch Netzbezug bereitgestellt wird. Gestaltete Displays sorgen dafür, dass Publikumsverkehr auf eine Photovoltaikanlage aufmerksam gemacht wird. Fotos, Blockschaltbilder und Schematas der Anlage erhöhen den optischen Eindruck und den Informationswert.

7.3.8 Marktstammdatenregister

Betreiber sind nach EEG verpflichtet, die Stammdaten der neu errichteten oder erweiterten, aber auch der bereits existierenden PV-Anlage im Marktstammdatenregister zu melden. Die Meldung ist unabhängig davon, ob Einspeisevergütungen in Anspruch genommen werden.

Nachfolgende Angaben sind im Meldeportal zu hinterlegen:

- Standort der PV-Anlage (Anschrift)
- Inbetriebnahmedatum
- Anzahl der Module
- Bruttoleistung der gesamten Stromerzeugungseinheit
- Wechselrichterleistung
- Ist an den Wechselrichter ein Stromspeicher angeschlossen?
- Gilt für die PV-Anlage eine Leistungsbegrenzung?
- Wurde die PV-Anlage auf Gebäude, Dach oder Fassade errichtet?
- Gebäudenutzung
- Sind die Module einheitlich ausgerichtet?
- Ausrichtung und Neigungswinkel der Module?
- Voll- oder Teileinspeisung?
- Ist Fernsteuerung durch den Netzbetreiber möglich?
- Anschlussnetzbetreiber
- Spannungsebene (Niederspannung)
- Vom Netzbetreiber vorgegebene Identifikations-Nummer
- Installierte Leistung
- EEG-Anlagenschlüssel
- Anlagenkennziffer aus dem Anlagenregister
- Werden für die PV-Anlage Zahlungen des Netzbetreibers in Anspruch genommen?
- Wurde für die PV-Anlage ein Zuschlag in einer Ausschreibung erlangt?
- Wurde die PV-Anlage der Veräußerungsform des Mieterstromzuschlags zugeordnet?

Für Betreiber einer PV-Anlage, die ab dem 31. Januar 2019 in Betrieb genommen wurde, gilt eine Frist von einem Monat nach Inbetriebnahmedatum, um sich im Webportal bei der Bundesnetzagentur zu registrieren. Für alle Betreiber bestehender PV-Anlagen gibt es hingegen eine zweijährige Übergangsfrist, um ihre PV-Systeme im Webportal neu zu registrieren. Sofern diese Fristen nicht eingehalten werden, kann sich der Vergütungsanspruch verringern.

Nach Registrierung der Daten wird von der Bundesnetzagentur eine schriftliche Bestätigung postalisch übermittelt, welche als Nachweis dem Netzbetreiber gegenüber herangezogen werden kann.

7.3.9 Recycling von PV-Modulen

Die durchschnittliche Lebensdauer von Solarmodulen beträgt 20-40 Jahre. Erste PV-Anlagen werden demnächst ihr Lebensende erreichen und müssen daher entsorgt werden. PV-Module bestehen u. a. aus Glas, Aluminium, Kupfer und Halbleitern, wie Silizium und Selen. Diese wertvollen Stoffe können wiederverwendet werden.

Das Recycling von Solarmodulen ist im Elektro- und Elektronikgerätegesetz (ElektroG) geregelt. Das ElektroG setzt die europäische Richtlinie 2012/19/EU über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE-Richtlinie) in nationales Recht um, welche die Richtlinie 2002/96/EG abgelöst hat. Hersteller oder Händler müssen vor dem Verkauf die Module bei der Stiftung EAR (Elektro-Altgeräte-Register) melden. Diese Stiftung registriert und koordiniert bundesweit die Entsorgung von Altgeräten.

Die Hersteller und Händler mit einer Verkaufs- bzw. Lagerfläche von mehr als 400 Quadratmetern sind seit dem Ende der Übergangsfrist am 24.07.2016 zur Rücknahme und Entsorgung von Altmodulen verpflichtet.

Welche Annahmestellen genutzt werden können, ist abhängig von der Einordnung der Module als Altgeräte aus privaten Haushalten (B2C: Produkte für Privatverbraucher) oder anderer Nutzer als private Haushalte (B2B: Produkte für Unternehmen). Für die Annahme von Altmodulen sind öffentlich-rechtliche Entsorgungsträger, Hersteller bzw. von diesen beauftragte Dritte oder Vertreiber berechtigt.

Rücknahme von Altmodulen aus privaten Haushalten (B2C):

Private Anlagenbetreiber oder Installationsbetriebe können bis zu 20 Altmodule an einer kommunalen Sammelstelle (Wertstoffhof) kostenfrei abgeben. Bei mehr als 20 Modulen muss mit dem Wertstoffhof u. U. eine andere Abgabestelle festgelegt werden. Bis auf die Demontage und den Transport zur Sammelstelle ist für den Endkunden alles kostenlos. Dies gilt auch für Module, die vor Inkrafttreten des ElektroG verbaut wurden. Neben der Abgabe von Altmodulen am Wertstoffhof können Hersteller eigene Module zurücknehmen (freiwillige Rücknahme). Einige Hersteller bedienen sich Dienstleistungsunternehmen, wie z. B. PV-Cycle oder take-e-way, die deren Pflichten aus dem ElektroG übernehmen. Manche Hersteller bzw. deren Dienstleistungsunternehmen bieten dem PV-Anlagenbetreiber auch einen kostenlosen Abholservice an.

Im Rahmen der Erstregistrierung muss durch Hersteller oder Händler eine finanzielle Garantie für den Insolvenzfall hinterlegt werden. Diese soll Entsorgungsaufwände jener Hersteller abdecken, die zum Zeitpunkt der Rückgabe von Altmodulen nicht mehr existieren.

Rücknahme gewerblich genutzter Altmodule (B2B):

Gewerblich genutzte Altmodule werden anders klassifiziert. Solarparks sind B2B-Produkte. Solaranlagen auf Dächern von kleineren Gewerbebetrieben werden unterschiedlich betrachtet. Entsprechen die Altmodule nach Art und Menge denen eines privaten Endkunden, dann fallen die Module in den privaten Bereich, ansonsten in den gewerblichen.

Fallen die Module in den gewerblichen bzw. B2B-Bereich gilt folgendes: Besitzer, die vor Inkrafttreten des ElektroG Module gekauft haben, müssen für die Entsorgung selbst aufkommen, es sei denn der Modulhersteller nimmt sie freiwillig kostenfrei zurück. Für B2B-Besitzer, die nach Inkrafttreten des ElektroG Module gekauft haben, ist die Entsorgung, wie für die privaten Endkunden, kostenfrei. Die Module können allerdings nicht über die Sammelstellen zurückgegeben werden. Für die Entsorgung sind die Hersteller zuständig. Von denen viele ihre gesetzlichen Verpflichtungen zur Entsorgung von Modulen an Dritte, wie z. B. PV-Cycle oder take-e-way, abgegeben haben. Anders als bei den privaten Endkunden gibt es für den B2B-Bereich keine insolvenz sichere Garantie. B2B-Besitzer müssen das Risiko einer Insolvenz des Modulherstellers selbst tragen. Ist der Modulhersteller nicht mehr auf dem Markt sind die Entsorgungskosten vom B2B-Betreiber zu übernehmen.

7.3.10 Checkliste zur Planung und Errichtung von PV-Anlagen

Checkliste für PV-Anlagen ohne Batteriespeicher

Voraussetzungen für die Realisierung

- Ermittlung der möglichen Fläche für die Modulaufstellung
- Prüfung auf Verschattungsfreiheit
- Ermittlung der potenziellen Anlagenleistung in kWp
- Beachtung öffentlich-rechtlicher Anforderungen (ggf. Denkmalschutz)
- Genehmigungsfreiheit klären
- Prüfung des Dachzustandes in Bezug auf Dachkonstruktion und Dachdeckung (Standzeit > 20 Jahre)
- statischer Nachweis der Tragfähigkeit des Daches und Berücksichtigung der Lastübertragung in die Tragstruktur des Gebäudes
- Nachweis der Standsicherheit hinsichtlich Wind- und Schneelasten
- Nachweis zur Lagesicherheit der Komponenten
- Prüfung, ob Modulbefestigung ohne Funktionsbeeinträchtigung des Daches möglich ist
- Nachweis der Systemstatik des Tragegestells
- Prüfung, ob nicht geregelte Bauprodukte verwendet werden (Notwendigkeit von Zulassungen)
- Prüfung des bauphysikalischen Tauwassernachweises der vorhandenen Dachkonstruktion im Hinblick auf Verschattung durch die aufzubringenden PV-Module
- Ermittlung der möglichen Eigenverbrauchsquote
- bei Verpachtung von Flächen: Abstimmung Gestattungsvertrag
- positives Ergebnis der Netzverträglichkeitsprüfung und Einspeisezusage des VNB
- Anmeldung beim zuständigen Netzbetreiber

Technische Anforderungen

- Aufstellplan der Module
- Gleichstrom-Kabelwege zwischen Modulen und Wechselrichtern
- Position und Auslegung der Wechselrichter
- Kabelführungen von Wechselrichtern zum Einspeisepunkt
- Netzeinspeisepunkt
- Zählerplätze für Netzeinspeisung und Eigenverbrauch
- Fernüberwachung
- Einspeisemanagement

Wirtschaftlichkeit

- Herstellungskosten der PV-Anlage einschließlich Nebenkosten
- Jahresstromerzeugung
- Potenzieller Eigenverbrauch bzw. Einsparung durch Eigenverbrauch

- EEG-Einspeisevergütung
- EEG-Umlage
- Jährliche Kosten für Betrieb, Instandhaltung, Verwaltung etc.
- Kalkulatorischer Zinssatz
- angemessener Betrachtungszeitraum

Brandschutz, Blitz- und Überspannungsschutz

- Einhaltung von Brandschutzvorschriften und Landesbauordnungen
- Einbindung in ein bestehendes Brandschutzkonzept
- Prüfung Trennungsabstand und Einbindung in inneren und äußeren Blitzschutz
- Anschluss an den Potenzialausgleich

Abnahme, Inbetriebnahme und Instandhaltung

- Erstellung von Messprotokollen (z. B. nach RAL-GZ 966)
- Inbetriebsetzung (Zählermontage) durch Messstellenbetreiber (i. d. R. Netzbetreiber vor Ort)
- Prüfung der PV-Anlage durch unabhängigen Sachverständigen
- Prüfung der Blitzschutzanlage durch unabhängigen Sachverständigen
- Dokumentation nach DIN EN 62446 (VDE 0126-23)
- PV-Anlagenpass (z. B. BSW und ZVEH oder gleichwertig)
- Einweisung Betreiber, Nutzer und Feuerwehr
- Registrierung der PV-Anlage bei der Bundesnetzagentur und Eingabe der Anlagendaten im Marktstammdatenregister
- Abschluss des Instandhaltungsvertrages

7.4 Ladeinfrastruktur Elektromobilität

7.4.1 Öffentlich rechtliche Anforderungen

Auf Grundlage des Energiewirtschaftsgesetzes hat das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, die technischen Mindestanforderungen an den sicheren und interoperablen Aufbau und Betrieb von öffentlich zugänglichen Ladepunkten für Elektromobile in Form der Ladesäulenverordnung (LSV) definiert.

Mit der LSV werden auch die europäischen Vorgaben der Richtlinie 2014/94/EU: „Aufbau der Infrastruktur für alternative Kraftstoffe“ in deutsches Recht umgesetzt. In einer ersten Änderung (LSV II) wurden die Anforderungen zur Authentifizierung, Nutzung und Bezahlung in die Verordnung mit aufgenommen. Ausgenommen von den Anforderungen der LSV §§ 3 bis 6 sind Ladepunkte mit einer Ladeleistung von maximal 3,7 kW.

In dem von der Bundesregierung verabschiedeten „Masterplan Ladeinfrastruktur“ wurden verschiedene Maßnahmen für den Aufbau von öffentlich und nichtöffentlich zugänglicher Ladeinfrastruktur festgelegt. Auf folgende Punkte wird besonders hingewiesen:

- novellierte EU Gebäuderichtlinie 2018/844 für Wohn- und Nicht-Wohngebäude,
- Änderung der Stellplatzverordnungen zugunsten von Stellplätzen mit Ladeinfrastruktur und
- Änderungen des Bauordnungsrechts mit Erleichterungen im Brandschutz.

7.4.2 Begriffsdefinitionen

7.4.2.1 Allgemein

Ladestellplatz

Der Ladestellplatz besteht aus der Ladestation, der zugehörigen Elektroinstallation und der Kennzeichnung des Ladestellplatzes.

Ladestation

Die Ladestation ist der ortsfeste Teil der mit dem Versorgungsnetz verbundenen Stromversorgungseinrichtung für das Elektrofahrzeug. Sie besteht aus einem oder mehreren Ladepunkten.

Ladepunkt

Ein Ladepunkt (LP) ist die Schnittstelle zwischen der ortsfesten elektrischen Anlage (Ladestation) und dem einzelnen Elektrofahrzeug (engl. Battery Electric Vehicle, (BEV)).

Ladeeinrichtung

Eine Ladeeinrichtung dient der Versorgung des Elektrofahrzeuges mit elektrischer Energie und besteht aus Komponenten zum sicheren Schalten, Steuern und Überwachen des Ladevorganges. Die Ladeeinrichtung für die Ladebetriebsart 2 ist die In Cable Control and Protection Device-Leitung (IC-CPD-Leitung).

Ladestromkreis

Der Ladestromkreis für ein Elektrofahrzeug ist ein Endstromkreis, der keine Anschlussstellen für weitere elektrische Verbrauchsgeräte enthalten darf.

Ladeleitungsintegrierte Steuer- und Schutzeinrichtung (IC-CPD)

Bei der IC-CPD handelt es sich nach DIN EN IEC 62752 (VDE 0666-10) um ein Gerät in der Ladeleitung zur Versorgung von Elektrofahrzeugen in der Ladebetriebsart 2, welches Steuer- und Schutzfunktionen ausführt.

7.4.2.2 Ladeverfahren

Bei den leitungsgebundenen (konduktiven) Ladeverfahren werden gemäß DIN EN IEC 61851-1 (VDE 0122-1) drei Anschlussfälle definiert:

- Ladekabel ist fest mit Elektrofahrzeug verbunden,
- beidseitige steckbare Leitungsgarnitur und
- Ladekabel ist fest mit dem Ladepunkt verbunden.

Leitungsgebundene Wechselstromladung (AC-Ladung)

Einphasige Ladung bis zu 3,7 kW, Dreiphasige Ladung bis zu 22 kW
Gleichrichtung durch Ladegerät im Fahrzeug.

Leitungsgebundene Gleichstromladung (DC-Ladung)

Ladegerät zur Umwandlung von Wechsel- in Gleichstrom ist in die Ladestation integriert.
Es können Leistungen > 100 kW (z. B. Tesla 120 kW) übertragen werden.

Kontaktlose (induktive) Energieübertragung

Energieübertragung durch elektromagnetische Induktion (Transformatorprinzip)
Ladeleistung bis 22 kW

Batteriewechsel

Bei dieser Variante wird die entleerte Batterie aus dem Elektrofahrzeug entfernt und durch eine geladene Batterie ersetzt. Die Ladung erfolgt durch SBS-Ladegeräte (SBS swappable)

battery system). Die ans Stromnetz angeschlossene Batteriewechselstation besteht aus Lagerungs-, Lade-, Batteriehandhabungs- und Fahrspursystem.

7.4.2.3 Normal- und Schnellladen

Nach LSV werden Ladeleistungen bis 22 kW als Normalladepunkte und Ladeleistungen über 22 kW (AC und DC) als Schnellladepunkte definiert.

Normalladepunkt/-Ladestation (bis 22 kW Ladeleistung)

Ladedauer je nach Netzanschluss und Ladeleistung zwischen 3 und 16 Stunden

- Induktives Laden bis zu 22 kW
- Wechselstromladen mit bis zu 3,7 kW (AC 230 V, 16 A, 1-Phase)
Die Verwendung einer Ladestation (sog. Wallbox) wird empfohlen.
Herkömmliche Schutzkontaktsteckdosen sind für die Ladung von BEV ungeeignet.
Aus Sicherheitsgründen sollten ausschließlich zugelassene dauerstromfeste Industriesteckdosen verwendet werden.
- Wechselstromladen mit bis zu 22 kW (AC 400 V, 32 A, 3-Phasen)
Für den öffentlichen und halböffentlichen Bereich wird diese Variante zur Reduzierung der Ladezeiten empfohlen.
Hinweis: Aus Sicherheitsgründen sollten ausschließlich Ladestationen verwendet werden.

Schnellladepunkt/-Ladestation (über 22 kW Ladeleistung):

- Wechselstromladen zwischen 22 und 44 kW (3-Phasen),
- Gleichstromladen zwischen 22 und 50 kW (DC 500 V) oder
- Gleichstromladen zwischen 50 und 400 kW (Hochleistungsladen).

7.4.2.4 Ladebetriebsarten (Lademodi)

In der Systemnorm DIN EN IEC 61851-1 (VDE 0122-1) sind für das kabelgebundene (konduktive) Laden von Elektrofahrzeugen die folgenden Ladebetriebsarten definiert:

Ladebetriebsart 1 (mode 1)

Ein-/Dreiphasiges AC-Laden an dauerstromfesten Industriesteckdosen (z. B. CEE-Steckdose) ohne Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur. Eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung in einem eigenen Stromkreis für die Ladeinfrastruktur ist zwingend erforderlich.

Ladebetriebsart 2 (mode 2)

Ein-/Dreiphasiges AC-Laden an dauerstromfesten Industriesteckdosen (z. B. CEE-Steckdose) mit Steuer- und Schutzeinrichtung in der Ladeleitung des Fahrzeuges (IC-CPD). Diese übernimmt den Schutz vor elektrischem Schlag bei Isolationsfehlern. Optional verfügt die Steckverbindung am Fahrzeug über eine Verriegelung, um Manipulationen durch Dritte zu verhindern.

Ladebetriebsart 3 (mode 3)

Ein-/Dreiphasiges AC-Laden an fest installierter Ladestation gemäß DIN EN IEC 61851-1 (VDE 0122-1) mit integrierter Sicherheitsfunktionalität inklusive Fehlerstrom-Schutzeinrichtung. Die Kommunikation zwischen Infrastruktur und Fahrzeug erfolgt über die Ladeleitung. Bei Verwendung der Ladeschnittstelle Typ 2 werden die Steckverbinder auf beiden Seiten der Ladeleitung verriegelt.

Ladebetriebsart 4 (mode 4)

DC-Laden an festinstallierten Ladestationen gemäß E DIN EN 61851-23 (VDE 0122-2-3). Die Ladeleitung ist fest am Ladepunkt angeschlossen. Das Ladegerät ist in der Ladestation integriert, welche auch die Sicherheitsfunktionalitäten umfasst. Die Kommunikation zwischen Ladestation und Fahrzeug erfolgt über die Ladeleitung. Darüber hinaus erfolgt die Verriegelung des Steckverbinders.

7.4.3 Planung und Errichtung

7.4.3.1 Bedarf an Anschlussleistung und Ladepunkten

Die korrekte Dimensionierung der Anschlussleistung hat maßgeblichen Einfluss auf den sicheren und zuverlässigen Ladebetrieb.

Bei der Planung sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- die Art und Anzahl der Fahrzeuge, die für diesen Standort zu erwarten ist,
- die Ladeleistung der anzuschließenden Fahrzeuge,
- die erwartete durchschnittliche Parkdauer,
- das Ladeverhalten und
- die bevorzugten Ladezeiträume.

Der Bedarf an Anschlussleistung kann mit einem Lademanagement reduziert und gleichzeitig eine Überlastung der Elektroinstallation verhindert werden. Ladestationen für Elektrofahrzeuge können nach Vorgaben des Netzbetreibers am Lademanagement des öffentlichen Niederspannungsnetzes teilnehmen, z. B. durch eine Fernsteuerung der Ladeleistung. Hierzu sind gesonderte vertragliche Regelungen zwischen Anlagen- und Netzbetreiber erforderlich.

Der Aufbau einer gebäudeintegrierten Lade- und Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität soll öffentlich-rechtlich im Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz (GEIG) geregelt werden. Der Gesetzentwurf vom März 2020 sieht folgendes vor:

Bei Neubau oder Renovierung von Nicht-Wohngebäuden mit mehr als 10 Stellplätzen muss jeder fünfte Stellplatz mit der Leitungsinfrastruktur ausgerüstet und mindestens ein Ladepunkt errichtet werden. Ab 1. Januar 2025 muss jedes bestehende Nicht-Wohngebäude mit mehr als zwanzig Stellplätzen mit mindestens einem Ladepunkt ausgestattet werden.

Werden Wohngebäude mit mehr als zehn Stellplätzen gebaut oder umfassend renoviert, müssen künftig alle Stellplätze mit der Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität ausgestattet werden.

Darüber hinaus sieht die Reform des Miet- und Wohnungseigentumsrechts vor, dass Mieter künftig einen rechtlichen Anspruch auf eine Ladestation für Elektrofahrzeuge auf eigene Kosten haben.

Neben öffentlich-rechtlichen Vorschriften bestehen normative Regelungen/Empfehlungen.

In der VDI 2166 Blatt 2 "Planung elektrischer Anlagen in Gebäuden - Hinweise für die Elektromobilität" finden sich Tabellen zur Ausstattung und Vorhaltung von Ladepunkten. Unter Berücksichtigung der Ausstattungsempfehlung in der VDI 2166 Blatt 2 kann die notwendige Anschlussleistung im Rahmen der Planung ermittelt werden.

Die Tabellen 6 und 7 enthalten wesentliche Angaben aus der VDI 2166 Blatt 2.

	Sofortausbau	Vorhaltung	Ladeleistung
Arbeitsstätten	5 % der Stellplätze, mindestens ein Stellplatz	30 % der Stellplätze	3,7 kW bis 22 kW
Parkhäuser	5 % der Stellplätze mindestens ein Stellplatz	30 % der Stellplätze	3,7 kW bis 22 kW
Verkaufsstätten	5 % der Stellplätze mindestens ein Stellplatz	30 % der Stellplätze	3,7 kW bis 22 kW
Wohngebäude	Nach Bedarf	einmal je Wohneinheit	3,7 kW bis 11 kW

Tabelle 6: Ausstattungs- und Vorbereitungsempfehlung bei Neubauten gemäß VDI 2166 Blatt 2

	Übliche Steckverbinder	Ausführung	Norm	Leistung in kW
Zweirad	Schutzkontakt Steckdose	Dauerstromfeste Steckdose	CEE 7/4	2,3 (1-phasig)
Standardladung	Typ 2	Dauerstromfeste Industrie-Steckdose	DIN EN 62196-2 Normenblatt 2-IIa	3,7 (1-phasig)
Beschleunigte Ladung	Typ 2	Dauerstromfeste Industrie-Steckdose	DIN EN 62196-2 Normenblatt 2-IIa	bis 22 (3-phasig)
Schnellladung AC	Typ 2	Fest angeschlossene Leitung mit Kupplung	DIN EN 62196-2 Normenblatt 2-IIa	44 (3-phasig)
Schnellladung DC	CCS	Fest angeschlossene Leitung mit Kupplung	EC 62196-3 Normenblatt FF	> 55 (3-phasig)

Tabelle 7: Anschlussleistungen gemäß VDI 2166 Blatt 2

7.4.3.2 Installationsort

Die Auswahl der Örtlichkeit hat so zu erfolgen, dass alle Handhabungen rund um das Laden immer sicher möglich sind. Das Fahrzeug muss ohne Verwendung von Verlängerungsleitungen oder Kabeltrommeln angeschlossen werden können. Die Ladestation muss folglich in unmittelbarer Nähe der zu versorgenden Stellflächen montiert werden, ohne aber selbst eine Gefährdung für Personen oder Fahrzeuge darzustellen.

In bestimmten Gewerbe- und Industriebereichen sind Ladestationen aus Gründen des Brandschutzes nicht zulässig. Dies betrifft vor allem feuergefährdete Betriebsstätten nach DIN VDE 0100-420 sowie explosionsgefährdete oder explosiv-stoffgefährdete Bereiche. Für die Installation von Ladestationen ist auch die Garagen- und Stellplatzverordnung des jeweiligen Bundeslandes zu beachten.

7.4.3.3 Netzanschluss

Für die Versorgung der Elektrofahrzeuge kann es erforderlich werden, den vorhandenen Netzanschluss zu verstärken oder einen separaten Netzanschluss für das Laden von Elektrofahrzeugen zu installieren.

Gemäß NAV und nachfolgend VDE-AR-N 4100: „Technische Anschlussregeln Niederspannung“ gilt für den Netzanschluss von Ladestationen für Elektrofahrzeuge:

- Ladestationen für Elektrofahrzeuge (gemäß VDE-AR-N 4100 ab Bemessungsleistungen $\geq 3,6$ kVA) sind durch den Errichter dem Netzbetreiber vor der Inbetriebnahme

- Die Ladestation ist so nah wie möglich am Parkplatz des Elektrofahrzeuges zu errichten.
- Betriebsmittel für Anschlusspunkte im Freien sind mindestens mit IP 44 auszuwählen.
- Für die Steckvorrichtungen der Ladepunkte sind nach den Vorgaben der LSV, AC-Steckdosen des Typ 2 gemäß DIN EN IEC 62196-2 (VDE 0623-5-2) und DC-Fahrzeugkupplungen Combo 2 gemäß DIN EN IEC 62196-3 (VDE 0623-5-3) zu verwenden.

7.4.3.5 Blitz- und Überspannungsschutz

Werden Ladestationen im bzw. am Gebäude angeschlossen, ist die vorhandene Erdungsanlage des Gebäudes zu nutzen.

Bei Ladestationen außerhalb von Gebäuden, die von der elektrischen Anlage des Gebäudes versorgt werden, sollte in der Nähe der Ladestation ein Anschluss an die Erdungsanlage des Gebäudes nach DIN 18014 und DIN VDE 0100-540 vorgesehen werden.

Für Ladestationen mit eigenem Netzanschluss ist eine eigenständige Erdungsanlage nach DIN 18014 und DIN VDE 0100-540 zu errichten.

Bei einer möglichen Gefährdung durch Blitzeinschläge ist eine Blitzschutzanlage nach DIN EN 62305 (VDE 0185-305) zu errichten.

7.4.3.6 Besonderheiten für Ladestationen

Ladestationen in/an Wohngebäuden

Planungsgrundlage für elektrische Anlagen in Wohngebäuden stellt die DIN 18015-1 dar. Sie sieht für eine Ladestation eine Zuleitung mit einer Strombelastbarkeit von 32 A vor. Des Weiteren sollte ein separates Leerrohr für ein Netzkabel zum Ladeplatz verlegt werden, um die Ladestation für zukünftige Anwendungen im intelligenten Gebäude- bzw. Stromnetz anzubinden.

Ladeplätze für Zweiräder

Die Ladung eines E-Scooter, Pedelec oder E-Bike muss über eine dauerstromfeste Schutzkontakt-Steckdose erfolgen. Die Verwendung von Mehrfachsteckdosenleisten ist unzulässig. RCDs sind in den separaten Stromkreisen der Ladeinfrastruktur zwingend erforderlich.

Es dürfen nur vom Batteriehersteller zugelassene Ladegeräte verwendet werden.

Eine Verwendung von Ladegeräten für Zweiräder im Freien ist nur zulässig, wenn die Ladegeräte gegen Feuchtigkeit geschützt sind (z. B. wasserdichte Boxen) oder es der Hersteller ausdrücklich zugelassen hat. Ein Wärmestau durch das Laden in zu kleinen Boxen oder Fächern ist zu vermeiden.

Wenn zu erwarten ist, dass die Batterien von Zweirädern unbeaufsichtigt geladen werden, so wird gemäß VdS 3471 das Laden in einer brandgeschützten Umgebung oder überwacht von einer Brandmeldeanlage empfohlen.

Vorkehrungen zur Verbrauchserfassung

Für den Betrieb einer komplexen Ladeinfrastruktur sollten bereits bei der Planung entsprechende Maßnahmen zur Verbrauchserfassung vorgesehen werden. Die Erfassung hat gemäß dem geltenden Mess- und Eichgesetz (MessEG) und der Mess- und Eichverordnung (MessEV) zu erfolgen.

Bei einer komplexen Ladeinfrastruktur mit Verbrauchserfassung und -abrechnung wird empfohlen, diese durch „Full-Service-Dienstleister“ planen, errichten und betreiben zu lassen.

7.4.4 Übergabe/Übernahme

Die Übergabe der elektrischen Anlage: „Ladeinfrastruktur Elektromobilität“ erfolgt nach Inbetriebnahme sowie Erstprüfung gemäß DIN VDE 0100-600 durch den Errichter an den Betreiber.

Im Rahmen der Übergabe/Übernahme ist darauf zu achten, dass die vollständige, aktuelle Dokumentation (Anleitungen für Montage, Inbetriebnahme, Bedienung und Instandhaltung, siehe hierzu auch VDI 6026, Blatt 1, Tabelle 7) vorliegt und dem Betreiber übergeben wird.

7.4.5 Qualifikation Personal

Gemäß DIN VDE 1000-10: „Anforderungen an die im Bereich der Elektrotechnik tätigen Personen“ dürfen nur Elektrofachkräfte mit Aufgaben rund um Bewertung, Planung, Errichtung, Erweiterung, Änderung und Instandhaltung von Ladeinfrastruktur betraut werden. Die für die Unfallversicherung maßgeblichen Festlegungen der DGUV Vorschrift 3 und 4 sehen verbindlich vor, dass die entsprechende Qualifikation für diese Arbeiten vorliegt.

Nach § 13 NAV ist die Eintragung des Installationsunternehmens in das Installateurverzeichnis des Verteilnetzbetreibers für das Errichten, Erweitern und Ändern sowie die Instandhaltung bestimmter Teile einer elektrischen Anlage erforderlich.

7.5 Energieeffizienz und -optimierung

Der rechtliche Rahmen zur Energieeffizienz unterliegt einer ständigen Weiterentwicklung, Ausweitung und Verschärfung.

Für den Gebäudebereich zeigen das beispielhaft die EU-Richtlinie über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden und das Gebäudeenergiegesetz. Während vorgenannte Gesetze beim Neubau und der Sanierung von Gebäuden und technischen Anlagen zu beachten sind, beeinflusst die EU-Rahmenrichtlinie zur Energieverbrauchskennzeichnung die Beschaffung von Produkten. Auf der Grundlage der Rahmenrichtlinie zur Energieverbrauchskennzeichnung erlassene EU-Verordnungen regeln produktgruppenspezifische Anforderungen und Informationen zur Kennzeichnung. Das Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz (EnVKG) und die Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung (EnVKV) setzen die Vorgaben in nationales Recht um.

Die Energiekennzeichnungspflicht betrifft verstärkt auch energieverbrauchende Produkte, die für kommerzielle und industrielle Zwecke genutzt werden. Dazu zählen u. a. Kühlzellen, Verkaufsautomaten und Industriemotoren. Die Kennzeichnungspflicht gilt außerdem für Bauprodukte, die selber keine Energie verbrauchen, jedoch einen maßgeblichen Einfluss auf den Energieverbrauch haben.

Daneben regeln Verwaltungsvorschriften, wie beispielsweise die „Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Beschaffung energieeffizienter Produkte und Dienstleistungen“ des für Wirtschaft zuständigen Bundesministeriums, die Beschaffung von Produkten und Dienstleistungen.

Im Hinblick auf die Steigerung der Energieeffizienz und der Senkung des Energieverbrauchs elektrischer Anlagen wird u. a. auf DIN VDE 0100-801 (VDE 0100-801) verwiesen. Diese Norm teilt die elektrischen Anlagen in die Energieeffizienzklassen EE0 bis EE5 ein.

Um den Zielen und Vorgaben im Bereich der Energieeffizienz gerecht zu werden, wird empfohlen:

- im Rahmen der Planung technischer Anlagen sowie der Gerätebeschaffung die jeweils einzuhaltenden Anforderungen und Vorgaben frühzeitig zu ermitteln,
- energieeffiziente Systemlösungen bereits im Rahmen der Bedarfsanalyse bzw. der Entwurfsplanung zu prüfen,
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen durchzuführen und dabei neben den Investitions-/Anschaffungskosten die voraussichtlichen Betriebskosten (insbesondere Energieverbrauchskosten) über die Nutzungsdauer sowie die Abschreibungs- und Entsorgungskosten zu berücksichtigen (Lebenszykluskostenprinzip),
- energieeffizienzbezogene Vorgaben (z. B. Leistungs-/Verbrauchskennwerte) explizit in die Leistungsbeschreibung bzw. Vertragsbedingungen aufzunehmen und
- nach Inbetriebnahme der technischen Anlagen und Systemlösungen eine Erfolgskontrolle durchzuführen. Der Vergleich der erreichten Ergebnisse mit den Ansätzen in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung erleichtert künftige Planungen und Entscheidungen bei vergleichbarer Aufgabenstellung.

Für einen wirtschaftlichen Gebäudebetrieb ist es beispielsweise unabdingbar, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel an veränderte Nutzungsbedingungen und Betriebszeiten angepasst und optimiert werden können. So ermöglichen Automatisierungsstationen, Frequenzumrichter und leistungsgeregelte Antriebe eine bedarfsabhängige Raumkonditionierung. Energieoptimierungsanlagen können elektrische Leistungsspitzen reduzieren und die Betriebskosten senken. Die sachgerechte Dimensionierung der Niederspannungsanlagen verringert zudem die Investitionskosten.

Bezüglich der Energieoptimierung bei Beleuchtungsanlagen wird auf die AMEV Arbeitshilfe „Beleuchtung 2019“ Abschnitt 10 „Wirtschaftlichkeit von Beleuchtungsanlagen“ verwiesen.

7.6 Sonnenschutz

Zur Einhaltung des sommerlichen Wärmeschutzes ist bei Gebäuden mit hohem Verglasungsanteil ein außenliegender, witterungsabhängig gesteuerter Sonnenschutz in vielen Fällen unverzichtbar. Wenn anderweitige bauliche Maßnahmen nicht möglich sind, es technisch sinnvoll und wirtschaftlich vertretbar ist, können Sonnenschutzanlagen mit elektromotorischen Antrieben in Verwaltungsgebäuden, Schulen, Hochschulen und Krankenhäusern installiert werden.

Sollte im Gebäude kein Feldbussystem eingesetzt werden, kann auch eine konventionelle, auf wesentliche Funktionen beschränkte Steuerung der Stellantriebe vorgesehen werden. Eingewiesene Betreiber können dann selbst Änderungen an den Steuerungsparametern vornehmen.

Bei der Vergabe von Einzelgewerken sind die Schnittstellen zwischen Objekt- und Elektroplanung im Vorfeld gemeinsam abzustimmen. Hierfür kann das Schema gemäß Abbildung 8 verwendet werden. Die häufig auftretenden Probleme bei Ausführung und während der Gewährleistung können hierdurch auf ein Minimum reduziert werden.

Sofern keine anderen Vereinbarungen bestehen, wird empfohlen wie folgt zu verfahren:

Leistungszuordnung

Der elektrische Sonnenschutz einschließlich Antrieben ist in der DIN 276 unter „Lichtschutz“ in den Kostengruppen 338, 347 und 366 enthalten und damit auch in den anrechenbaren Kosten der Architekturplanung nach HOAI. Daher sollte Planung, Ausschreibung und Bauüberwachung des Sonnenschutzes dem beauftragten Architekten obliegen.

Leistungsbeschreibung

Alle zur Ausführung des Sonnenschutzes erforderlichen Angaben sind in der VOB/C, DIN 18358 (Rollladenarbeiten, Pkt. 0.2) aufgeführt. Diese Angaben sind durch den Ausschrei-

benden zu ermitteln und in der Leistungsbeschreibung Sonnenschutz zu dokumentieren. Dazu gehören:

- Anzahl, Art, Lage, Maße und Ausbildung einzubauender Bauteile,
- Notbedienung bei elektrisch betriebenen Anlagen (sog. Notraffsysteme),
- Art des Antriebes; bei elektrischem Antrieb Anschlusswerte und erforderliche Sicherheitseinrichtungen,
- Art und Umfang von Steuerungen,
- Art, Anschluss und Positionierung der Steuerungssensoren, z. B. Wind-, Licht-, Feuchtigkeits- und Temperaturfühler am Gebäude,
- Ausführung und Umfang elektrischer Anschlussarbeiten.

Ausführung

Der Auftragnehmer Sonnenschutz hat gemäß VOB/C DIN 18358 (Pkt. 3.10) für die von ihm einzubauenden elektrischen Bauteile dem Auftraggeber zur Verlegung der elektrischen Leitungen einen verbindlichen Geräteplan, ein objektspezifisches Schaltbild oder einen Stromlaufplan mit Klemmenplan und ein evtl. notwendiges Spannungsabfalldiagramm zu liefern und den Anlaufstrom anzugeben. Anschlusskabel und Kupplungen sind frei zugänglich auszuführen.

Tageslichtnutzung

Bei der Planung von Sonnenschutzanlagen ist der Aspekt der Tageslichtnutzung zu thematisieren und zu berücksichtigen. Auf die AMEV-Broschüre „Beleuchtung 2019“ wird hingewiesen.

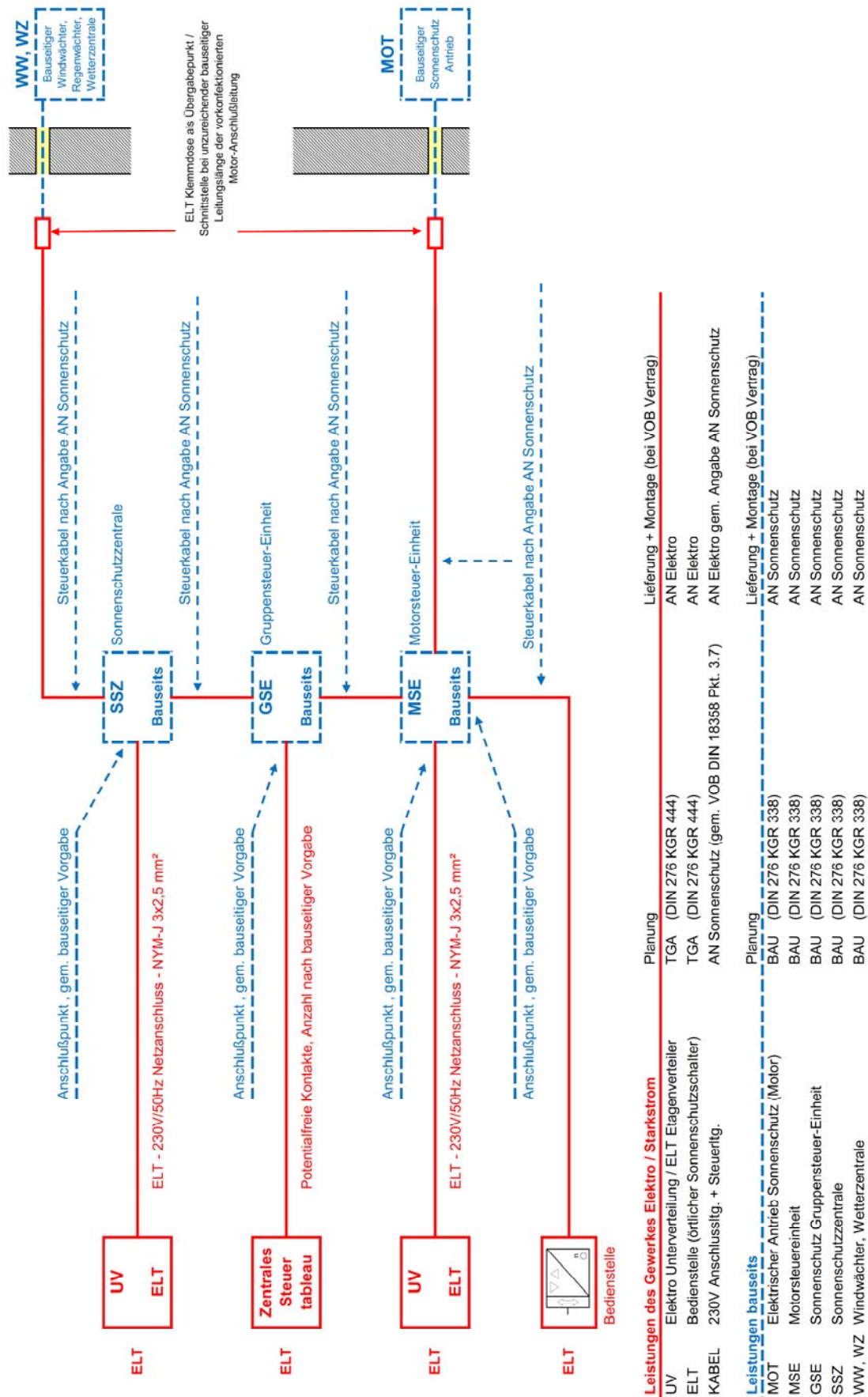


Abbildung 8: Empfohlene Leistungsgrenzen Gewerk Elektro (Kostengruppe 440 nach DIN 276) zu Gewerk Sonnenschutz (Kostengruppe 338 nach DIN 276)

7.7 Beheizen von Dachrinnen und Dachabläufen

Dachrinnen und Dachabläufe sind nur dann elektrisch zu beheizen, wenn eine Beheizung wegen der Dachkonstruktion und der Witterungsverhältnisse unvermeidlich ist. Ausgedehnte elektrische Heizanlagen sind in mehrere Schaltkreise, unter Umständen nach Himmelsrichtungen getrennt, aufzuteilen. Ein RCD ist vorzuschalten. Die automatische Steuerung der elektrischen Heizanlage erfolgt anhand von Temperatur- und Feuchtesensoren und ggf. einem Zeitglied. Zusätzlich sollte ein manueller Eingriff möglich sein. Bei einer Handzuschaltung muss nach einer einstellbaren Zeit eine selbsttätige Abschaltung erfolgen. Der Betriebszustand der elektrischen Heizung für Dachrinnen und Dachabläufe ist auf einer ggf. vorhandenen Gebäudeautomation zu visualisieren.

8 Anhang

8.1 Planungshilfe für elektrische Leistungsbilanzen für das Normal- und Ersatznetz

Elektrische Leistungsbilanzen dienen insbesondere der bedarfsgerechten Auslegung von Transformatoren und Netzersatzaggregaten.

Das Excel-Berechnungstool, das über die AMEV-Homepage <http://www.amev-online.de> heruntergeladen werden kann, unterstützt die notwendigen Berechnungen für das Normal- und Ersatznetz. Neben Vordruckblättern für die Dateneingabe und den Berechnungsbeispielen (siehe Abbildungen 9 und 10) verfügt das Hilfsprogramm auch über tabellarische Übersichten der spezifischen Leistungen in Abhängigkeit der Nutzungsart und der Gleichzeitigkeitsfaktoren. Beide Übersichten sind inhaltlich identisch mit den Tabellen 1 und 3 im Abschnitt 1. Im Rechengang für das Normalnetz werden zusätzlich der errechnete Leistungswert und der nutzungsspezifische Leistungswert gemäß Tabelle 1 gegenübergestellt.

Soweit mit Softwareprogrammen vergleichbare Berechnungen erstellt werden, kann auf nachstehende Ermittlungen und Dokumentationen verzichtet werden.

Anwendungshinweise:

Die grau hinterlegten Felder in den Vordruckblättern des Excel-Berechnungstools für Normal- und Ersatznetz sind mit Werten des Objektes bzw. Standardwerten auszufüllen. Die weiß hinterlegten Felder werden gemäß Anleitung anschließend berechnet.

Vorgehensweise am Beispiel Normalnetz:

- Installierte Nennwirkleistung der einzelnen Verbrauchergruppen in Spalte P_1 eintragen
- Gleichzeitigkeitsfaktor innerhalb der einzelnen Verbrauchergruppen in Spalte G_{r1} eintragen
- Gruppenwirkleistung berechnen ($P_1 \times G_{r1}$) und in Spalte P_2 eintragen
- Wirkleistungsfaktor der einzelnen Verbrauchergruppen in Spalte $\cos \varphi_1$ eintragen
- Gruppenscheinleistung berechnen ($P_2 / \cos \varphi_1$) und in Spalte S_2 eintragen
- Spaltensummen berechnen von P_1 , P_2 und S_2
- Wirkleistung an der Sammelschiene berechnen (P_3)
- Wirkleistungsfaktor der Sammelschiene berechnen $\cos \varphi_2 = \Sigma P_2 / \Sigma S_2$
- Gewünschter Wirkleistungsfaktor (mit Kompensation) als $\cos \varphi_3$ eintragen
- Gesamtgleichzeitigkeitsfaktor der Sammelschiene (über alle Gruppen) als G_{r2} eintragen
- Scheinleistung der Sammelschiene berechnen ($S_3 = \Sigma P_3 / \cos \varphi_3$)
- Blindleistung Kompensation Sammelschiene berechnen (Q_K); (Q_3) auf Basis von S_3 erforderliche Transformator-nennleistung S_T bestimmen

Zwecks Überprüfung kann ein Vergleich zwischen dem mit dem obigen Verfahren ermittelten Leistungswert und dem durchschnittlichen spezifischen Leistungswert gemäß Tabelle 1 vorgenommen werden. Hierzu ist die Angabe der Nettraumfläche NRF erforderlich.

- Spezifische Leistung des Objektes berechnen ($P_{NRF} = P_3 / NRF \times 1000$)
- Spezifische Leistung vergleichen mit geschätztem Scheinwert ($SV = P_{NRF} \cdot Tab1 \times NRF / \cos \varphi_3 / 1000$)

Elektrische Leistungsbilanz - Normalnetz BWZK 4620 Museen

Formeln	Bezeichnungen						
$P_2 = P_1 \times G_{f1}$	P_1	: installierte Nennwirkleistung (kW) der Verbrauchergruppe					
$S_2 = P_2 / \cos \varphi_1$	P_2	: Wirkleistung, bewertet mit dem Gruppengleichzeitigkeitsfaktor					
$\Sigma S_2 = [(\Sigma P_2)^2 + (\Sigma Q_2)^2]^{1/2}$	S_2	: Scheinleistung, bewertet mit dem Gruppengleichzeitigkeitsfaktor					
$Q_K = \Sigma Q_2 \times G_{f2} - Q_3$	Q_2	: Blindleistung, bewertet mit dem Gruppengleichzeitigkeitsfaktor					
$P_{NRF} = P_3 / NRF$	P_3	: Wirkleistung an der Sammelschiene					
	S_3	: Scheinleistung an der Sammelschiene, mit Kompensationskondensatoren					
	Q_3	: Blindleistung an der Sammelschiene, mit Kompensationskondensatoren					
	S_V	: geschätzte Scheinleistung (kVA) nach Vergleichswert					
	S_T	: gewählte Transformator-Nennleistung (Scheinleistung in kVA)					
	Q_K	: Kondensator-Nennleistung (Blindleistung in kvar)					
	G_{f1}	: Gleichzeitigkeitsfaktor der Verbrauchergruppe					
	G_{f2}	: Gesamt-Gleichzeitigkeitsfaktor der Sammelschiene (bei NSHV, sonst 1)					
	$\cos \varphi_1$: Leistungsfaktor der Verbraucher					
	$\cos \varphi_2$: Leistungsfaktor der Sammelschiene (ohne Kondensatoren)					
	$\cos \varphi_3$: angestrebter Leistungsfaktor (mit Kondensatoren)					
	P_{NRF}	: spezifische Leistung des Objektes					
	$P_{NRF Tab1}$: spezifische Leistung der Nutzungsart nach Tabelle 1 (Median)*					
Verbraucher	P_1 (kW)	G_{f1}	P_2 (kW)	$\cos \varphi_1$	$\sin \varphi_1$	S_2 (kVA)	Q_2 (kvar)
Abwasser-/Wasser-/Gas anl.							
Wärmeversorgungsanlagen	146,0	0,70	102	0,70	0,71	146	104,26
Warmwasserbereitung							
Lufttechnische Anlagen	380,0	0,70	266	0,70	0,71	380	271,37
Beleuchtungsanlagen	386,0	0,75	290	0,90	0,44	322	140,21
Außenbeleuchtungsanlagen	45,0	1,00	45	0,90	0,44	50	21,79
Steckdosen 230 V allg. Verbr.	380,0	0,20	76	0,75	0,66	101	67,03
Steckdosen 230 V für luK	385,0	0,80	308	0,85	0,53	362	190,88
Festinstalliertes Sondergerät	487,0	0,30	146	0,80	0,60	183	109,58
luK-Anlagen	55,0	1,00	55	0,90	0,44	61	26,64
Aufzugsanlagen	140,0	0,50	70	0,75	0,66	93	61,73
Übrige Förderanlagen							
Nutzungsspezifische Anlagen							
Küchentechnische Anlagen	350,0	0,60	210	0,85	0,53	247	130,15
Gebäudeautomation	55,0	1,00	55	0,90	0,44	61	26,64
Summen:	P_1 (kW) = 2.809,0		ΣP_2 (kW) = 1.623		ΣS_2 (kVA)= 1.989		ΣQ_2 (kvar)= 1.150
$P_3 = \Sigma P_2 \times G_{f2} =$	893		$\cos \varphi_3 =$	0,90	$\sin \varphi_3 =$	0,44	
$\cos \varphi_2 = \Sigma P_2 / \Sigma S_2 =$	0,82		$G_{f2} =$	0,55			
$S_3 = P_3 / \cos \varphi_3 =$	992 kVA		Q_K (kvar) =	200	Q_3 (kvar)=	432	
Nettoraumfläche (NRF) =	48.445 m ²		$P_{NRF} =$	18,42 W/m ² NRF			
BWZK der Nutzungsart * =	4620		$P_{NRF Tab1}^* =$	18,67 W/m ² NRF			
$S_V = P_{NRF Tab1} \times NRF / \cos \varphi_3 =$	1.005 kVA		$S_T =$	1.250 kVA			

* Medianwert für BWZK 4620 aus Tabelle 1 „Spezifische 1/4-Stunden-Leistung für BWZK-Kategorien öffentlicher Gebäude“

Abbildung 9: Hilfsprogramm zur Leistungsberechnung
Berechnungsbeispiel für Elektrische Leistungsbilanz, Normalnetz

Elektrische Leistungsbilanz - Ersatznetz BWZK 4620 Museen

Formeln	Bezeichnungen						
$P_2 = P_1 \times G_{f1}$	P_1	: installierte Nennwirkleistung (kW) der Verbrauchergruppe					
$S_2 = P_2 / \cos \varphi_1$	P_2	: Wirkleistung, bewertet mit dem Gruppengleichzeitigkeitsfaktor					
$\Sigma S_2 = [(\Sigma P_2)^2 + (\Sigma Q_2)^2]^{1/2}$	S_2	: Scheinleistung, bewertet mit dem Gruppengleichzeitigkeitsfaktor					
$Q_K = \Sigma Q_2 * G_{f2} - Q_3$	Q_2	: Blindleistung, bewertet mit dem Gruppengleichzeitigkeitsfaktor					
	P_3	: Wirkleistung an der Sammelschiene					
	S_3	: Scheinleistung an der Sammelschiene, mit Kompensationskondensatoren					
	Q_3	: Blindleistung an der Sammelschiene, mit Kompensationskondensatoren					
	S_A	: gewählte Aggregat-Nennleistung (kVA)					
	Q_K	: Kondensator-Nennleistung (Blindleistung in kvar)					
	G_{f1}	: Gleichzeitigkeitsfaktor der Verbraucher					
	G_{f2}	: Gesamt-Gleichzeitigkeitsfaktor der Sammelschiene					
	$\cos \varphi_1$: Leistungsfaktor der Verbraucher					
	$\cos \varphi_2$: Leistungsfaktor der Sammelschiene (ohne Kondensatoren)					
	$\cos \varphi_3$: angestrebter Leistungsfaktor (mit Kondensatoren)					
Verbraucher	P_1 (kW)	G_{f1}	P_2 (kW)	$\cos \varphi 1$	$\sin \varphi 1$	S_2 (kVA)	Q_2 (kvar)
Abwasser-/Wasser-/Gasanal.							
Wärmeversorgungsanlagen	22,0	0,70	15	0,70	0,71	22	15,71
Warmwasserbereitung							
Lufttechnische Anlagen	57,0	0,70	40	0,70	0,71	57	40,71
Beleuchtungsanlagen	171,0	0,75	128	0,90	0,44	143	62,11
Außenbeleuchtungsanlagen	45,0	1,00	45	0,90	0,44	50	21,79
Steckdosen 230 V allg. Verbr.	178,0	0,20	36	0,75	0,66	47	31,4
Steckdosen 230 V für luK	385,0	0,80	308	0,85	0,53	362	190,88
Festinstalliertes Sondergerät	420,0	0,30	126	0,80	0,60	158	94,5
luK-Anlagen	100,0	1,00	100	0,90	0,44	111	48,43
Aufzugsanlagen	20,0	0,50	10	0,75	0,66	13	8,82
Übrige Förderanlagen							
Nutzungsspezifische Anlagen							
Küchentechnische Anlagen	63,0	0,60	38	0,85	0,53	44	23,43
Gebäudeautomation	42,0	1,00	42	0,90	0,44	47	20,34
Summen:	P_1 (kW) = 1.503,0	ΣP_2 (kW) = 888	ΣS_2 (kVA)= 1.049	ΣQ_2 (kvar)= 558			
$P_3 = \Sigma P_2 \times G_{f2} =$	755	$\cos \varphi 3 =$	0,90	$\sin \varphi 3 =$	0,44		
$\cos \varphi 2 = \Sigma P_2 / \Sigma S_2 =$	0,85	$G_{f2} =$	0,85				
$S_3 = P_3 / \cos \varphi 3 =$	839 kVA	Q_K (kvar) =	109	Q_3 (kvar)=	366		
$S_A =$	1100 kVA	$S_{T[Wie NN]} =$	1.250 kVA	$S_A / S_T =$	88%		

Abbildung 10: Hilfsprogramm zur Leistungsberechnung
Berechnungsbeispiel für Elektrische Leistungsbilanz, Ersatznetz

8.2 Checkliste für die Abnahme von elektrischen Anlagen durch den Auftraggeber

	Unterlage	Grundlage
Planunterlagen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pläne für die elektrischen Anlagen <ul style="list-style-type: none"> • Inhalts- und Planverzeichnis • Gebäudezeichnung (Installationsplan) mit Einbauort der elektrischen Anlagen, der Elektroinstallation und der Beleuchtung • Übersichtsplan der elektrischen Kabel- und Leitungsanlagen im Gelände • Bestandsplan/Gesamtübersicht der Stromversorgung • Geräteplan mit Schaltbild oder Stromlaufplan der Steuerschränke/Verteilungen • Elektrische Anschluss- und Übersichtspläne der Technischen Anlagen/Geräte z. B. Verteiler • Verteilerlisten, Aufbauzeichnungen von Verteilungen • Adressierungspläne, Klemmenpläne und Belegung • Bestandsunterlagen für Blitzschutz- und Erdungsanlagen ➤ Pläne für explosionsgefährdete Bereiche <ul style="list-style-type: none"> • Zusätzlich: Übersichtsplan Zoneneinteilung • Explosionsschutzdokument ➤ Besondere Unterlagen zu Sonderanlagen 	<p>DIN EN 61082-1 (VDE 0040-1)</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>VOB/C DIN 18384 Nr. 3.4</p> <p>GefStoffV § 6</p>
Prüfungen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bericht über Prüfungen vor der ersten Inbetriebnahme von Stromversorgungs- und Starkstromanlagen ➤ Ggf. Prüfprotokoll eines unabhängigen Prüfinstituts bzw. (Prüf-)Sachverständigen ➤ Bescheinigung einer zugelassenen Überwachungsstelle über die Prüfung explosionsgeschützter Installation ➤ Bescheinigung einer zugelassenen Überwachungsstelle oder einer befähigten Person über die Prüfung der Elektroinstallation und des Potenzialausgleichs medizinisch genutzter Räume ➤ Bescheinigung über Erstprüfung von PV-Anlagen 	<p>DIN VDE 0100-600, MPrüfVO § 2 (4), TechPrüfVO VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>DIN VDE 0100 MPrüfVO § 2, TechPrüfVO BetrSichV § 15 und Anhang 2 Abschnitt 3</p> <p>DIN VDE 0100-710</p> <p>DIN VDE 0100-600 und gemäß DIN VDE 0100-712</p>

	Unterlage	Grundlage
Nachweise	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Messung der Bodenableitwiderstände bei ableitfähigen bzw. isolierenden Fußböden ➤ Blitzschutzbuch mit Prüfnachweis durch befähigte Person über <ul style="list-style-type: none"> • ordnungsgemäße Installation des äußeren Blitzschutzes • Dokumentation und Durchgangsmessung der Erdungsanlage (bei neu errichteten Bauten) • Messung der Erdungswiderstände • Trennungsabstandberechnung • ordnungsgemäße Installation des inneren Blitzschutzes • Einhaltung der EMV-Vorschriften ➤ Nachweis der Funktionsfähigkeit der Sicherheitsstromversorgung <ul style="list-style-type: none"> • Übernahme der Stromversorgung • Nachweis der geforderten Nennleistung • Einhaltung der Unempfindlichkeit gegen Störgrößen • Nachweis der Funktion der Abschaltung im Fehlerfall • Funktion der Alarmmeldungen ➤ Nachweis über Bereitstellung persönlicher Schutzausrüstungen, Schalt- und Erdungsvorrichtungen in abgeschlossenen elektrischen Betriebsstätten für Anlagen > 1 kV ➤ Konformitätsnachweise in erforderlichem Umfang (z. B. Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen und Verteiler) ➤ Zertifikate, Prüfzeugnisse von Bauteilen zur Eignung der Verwendung am Einbauort (z. B. für die Bauteile des Brandschutzes) ➤ Nachweise für PV-Anlagen 	<p>DIN EN 61340-4-1 (VDE 0300-4-1), VDE 0100-600</p> <p>DIN EN 62305-3 (VDE 0185-305-3) mit Beiblatt 3</p> <p>DIN 18014</p> <p>DIN VDE 0100-560</p> <p>DGUV Vorschrift 3 und 4</p> <p>MBO § 19 (Länderspezifisch)</p> <p>RAL-GZ 966</p>
Wartungs-/Instandhaltungsverträge	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Wartung innerhalb der Verjährungsfrist für Mängelansprüche ➤ Wartungs-/Instandhaltungsverträge für <ul style="list-style-type: none"> • Anlagen der Stromversorgung > 1 kV • Elektrische Sicherheitseinrichtungen 	<p>VOB/B § 13 Nr. 4 (2)</p> <p>RBBau/RLBau/(D)ABau</p>
Bescheinigungen / Protokolle	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Errichterbescheinigung über die ordnungs- und vorschriftengemäße Errichtung ➤ Bescheinigungen über die Anbringung der Gefahrenhinweise, Sicherheitskennzeichnung und Unfallhinweise an <ul style="list-style-type: none"> • Abgeschlossenen Betriebsstätten • Batterieräumen • Explosionsgefährdeten Bereichen ➤ Protokoll über die Einweisung des Betriebs- und Instandhaltungspersonals und der Fachkräfte für Arbeitssicherheit 	<p>ASR A1.3</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p>

	Unterlage	Grundlage
	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Abnahmeprotokoll für Blitzschutzanlage ➤ Abnahmeprotokoll für Starkstromanlage ➤ Anträge auf und Ausnahmegenehmigungen über Nichteinhaltung gesetzlicher und verordnungsrechtlicher Auflagen oder technischer Vorschriften ➤ Öffentlich-rechtliche Abnahmebescheinigungen 	<p>VOB/C DIN 18384 Nr. 3.4 HOAI § 55 (1) und (3) LPh 8 Grundleistung</p> <p>HOAI § 55 (1) und (3) LPh 8 Grundleistung</p> <p>HOAI § 55 (1) und (3) LPh 4 Grundleistung</p>
Sonstige Unterlagen	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Anlagenbeschreibungen ➤ Geräteliste ➤ Ersatzteillisten ➤ Liste der nicht handelsüblichen Ersatzteile ➤ Liste prüfzeichenpflichtiger Bauteile ➤ Liste über Wiederholungsprüfungen ➤ Auflistung der Verjährungsfristen der Ansprüche auf Mängelbeseitigung für Anlagen, Geräte und Bauteile ➤ Wartungsanleitungen, -hinweise ➤ Pflegeanleitungen ➤ Bedienungs- und Gebrauchsanleitungen ➤ Betriebsanweisungen ➤ Gefahrenhinweise ➤ Hinweise über Nutzung persönlicher Schutzausrüstungen 	<p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2 VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>HOAI § 55 (1) und (3) LPh 8 Grundleistung</p> <p>VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>ProdSG § 3 (4) VOB/C DIN 18382 Nr. 3.4.2</p> <p>DGUV Information 211-010</p> <p>ProdSG § 6(1)</p> <p>ProdSG § 6(1)</p>

8.3

Kabel und Leitungen gemäß europäischer Bauproduktenverordnung (BauPVO)



Kabel und Leitungen gemäß europäischer Bauproduktenverordnung (BauPVO)

Zuordnung der Brandverhaltensklassen (Quellen: MVV TB, DIN EN 13501-6, DIN EN 50575)

Auch wenn die Klassifizierungen nach DIN 4102 und DIN EN 13501 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“ nicht direkt übertragbar sind, können jedoch die deutschen bauaufsichtlichen Bezeichnungen (nichtbrennbar, schwerentflammbar, normalentflammbar und leichtentflammbar) sowohl den neuen europäischen als auch den nationalen Bezeichnungen orientierend zugeordnet werden:

Klasse nach DIN 4102-1	Bauaufsichtliche Benennung (gem. MVV TB)	Klassen nach DIN EN 13501-6 (elektr. Kabel) Tabelle 1	Beschreibung gem. Herstellerinformationen	Kabeltyp gem. Recherche	DoP	Zusatzanforderungen nach DIN EN 13501-6		Prozentuale Abweichung der Preisangaben für Material
						s (smoke) Rauchentwicklung	d (droplets) brennendes Abtropfen/Abbläsen	
A 1	nichtbrennbar, ohne Anteile von brennbaren Baustoffen	Aca	Gilt für nichtbrennbare Produkte, wie Kabel und Leitungen mit keramischer Isolierung.	kein Beispiel ermittelt				
A 2	schwerentflammbar mit begrenzter Rauchentwicklung (EN 50575 Min. bei Prüfung nach DIN EN 50575-2)	B1ca	Repräsentiert die höchste Klasse der brennbaren Kabel und Leitungen	kein Beispiel ermittelt				
B 1 *)	schwerentflammbar mit geringer Rauchentwicklung (EN 50575 Min. bei Prüfung nach DIN EN 50575-2)	B2ca		NHMH-J Halogenfreie Mantelleitung B2ca (mercateo.com) NHXMH-J Halogenfreie Mantelleitung B2ca (Telefonika) NHXMH-J PYRO SET Halogenfreie Mantelleitung B2ca (XBK-Kabel)	ohne Herstellerangabe DoP-17-0115-01, v. 01.06.2017 Nr. 17-0001-09, v. 05.08.2017	k.A. d0 d0	k.A. a1 a1	235% kein Ergebnis kein Ergebnis
B 2 *)	normalentflammbar	Cca	Gilt für Kabel- und Leitungen mit Brandeigenschaften, die zur Flammausbreitung beitragen können.		ohne Herstellerangabe	k.A.	k.A.	210%
B 3 **)	leichtentflammbar	Dca	Gilt für Kabel und Leitungen mit Brandeigenschaften, die denen von Holz ähneln.		Nr. 17-0001-06, v. 31.07.2017	s2	d2	160%
		Eca	Gilt für Kabel und Leitungen, die im Fall Kleiner Brände flammhemmende Eigenschaften haben, für die jedoch keine bestimmten Hitze- und Rauchentwicklungseigenschaften ermittelt wurden.		CPRDoP17_1602000-1_A, v. 08.06.2017 CPRDoP17_1602000-1_B, v. 01.01.2017 Nr. 17-0001-01, v. 31.01.2017	k.A. k.A. k.A.	k.A. k.A. k.A.	150% 100%
		F ca	Erfüllt nicht die Euroklasse Eca		Nr. 17-3001-01, v. 31.01.2017	k.A.	k.A.	kein Ergebnis

*) Angaben über hohe Rauchentwicklung und brennendes Abtropfen / Abfällen im Verwendbarkeitsnachweis und in der Kennzeichnung
 **) leicht entflammbare Baustoffe dürfen nicht verwendet werden. Dies gilt nicht, wenn sie in Verbindung mit anderen Baustoffen nicht mehr leicht entflammbar sind.
 MVV TB Musterverwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen - Zuordnungstabelle in Anhang 4, Punkt 2.1.2

Erläuterung der zusätzlichen Klassen des Brandverhaltens von elektrischen Kabeln (DIN EN 13501-6 Tabelle 1) Rauchentwicklung (s = smoke), brennendes Abtropfen/Abfällen (d = droplets) und Säurewert Brandgase (a=acid)

- smoke Rauchentwicklung
 - s1 = schwache Qualmbildung (keine Rauchbildung) TSP ≤ 50 m³ und Peak-SPR ≤ 0,25 m³/s
 - s2 = mittlere Qualmbildung (Rauchbildung) TSP ≤ 400 m³ und Peak-SPR ≤ 1,5 m³/s
 - s3 = wenn für das Produkt keine Leistung angegeben ist (no performance determined), oder es nicht die Kriterien für s1 und s2 erfüllt.
- droplets brennendes Abtropfen
 - d0 = kein brennendes Abtropfen/Abfällen innerhalb von 1,200 s
 - d1 = kein brennendes Abtropfen/Abfällen länger als 10 s innerhalb von 1,200 s
 - d2 = wenn für das Produkt keine Leistung angegeben ist (no performance determined), oder es nicht die Kriterien für d0 und d1 erfüllt.
- acid value Säurewert Brandgase (gem. EN 60754-2)
 - a1 = leicht korrosive Rauchgase elektrische Leitfähigkeit < 2,5 µS/mm und pH-Wert > 4,3
 - a2 = mittel korrosive Rauchgase elektrische Leitfähigkeit < 10 µS/mm und pH-Wert > 4,3
 - a3 = wenn für das Produkt keine Leistung angegeben ist (no performance determined), oder wenn das Produkt nicht die in EN 50267-2-3 aufgeführten Klassifizierungskriterien für a1 und a2 erfüllt.

8.4 Risiko-/Sicherheitsbewertung zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen

Die Risiko-/Sicherheitsbewertung dient als Entscheidungshilfe, ob bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen sowie im Einzelfall ggf. Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDDs) in Endstromkreisen in Räumen und Orten gemäß DIN VDE 0100-420, Abschnitt 421.7 vorgesehen werden sollten.

Im Rahmen der Risiko-/Sicherheitsbewertung sind für die jeweiligen Räume und Orte der Risikowert **R** und der Sicherheitswert **S** aus den Faktoren zu bestimmen.

Der Risikowert **R** ergibt sich aus der Gleichung:

$$R = RO \times P \times L$$

Die Faktoren sind Klassifikation (**RO**), Personenanzahl (**P**) und vertikale Lage (**L**) der jeweiligen Räume und Orte.

Der Sicherheitswert **S** ergibt sich aus der Gleichung:

$$S = Q \times ZT \times ZBS \times ZB \times ZO$$

Die Faktoren sind Qualität der Elektroinstallation (**Q**) sowie Zuschlagsfaktoren für anlagentechnische (**ZT**), brandschutztechnische (**ZBS**), bauliche (**ZB**) und organisatorische Maßnahmen (**ZO**) in den jeweiligen Räumen und Orten.

Der Vergleich von Risiko- und Sicherheitswert verdeutlicht das Brandrisiko. Sofern der Sicherheitswert mindestens so groß wie der Risikowert ist, kann auf zusätzliche bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen in Endstromkreisen der jeweiligen Räume und Orte verzichtet werden.

Anmerkung:

Die Risiko-/Sicherheitsbewertung basiert auf einer Ingenieurmethode, die von Studierenden im Rahmen einer Projektarbeit für Wohngruppen erarbeitet wurde. [Quelle: Brandschutz in Pflegeeinrichtungen – von der Vorschrift zur Ingenieurmethode, Prof. Dr. Michael Rost, Hochschule Magdeburg-Stendal].

Die Faktoren zur Ermittlung des Risikowertes R und der von der jeweiligen Raumklasse abhängige Faktorwert wurden auf der Grundlage der umfangreichen Erfahrungen der Baudienststellen und Verwaltungen an den Anwendungsbereich angepasst. Die Faktoren zur Ermittlung des Sicherheitswertes S und der von der jeweiligen Raumklasse abhängige Faktorwert wurden nach umfangreicher fachspezifischer Analyse und Bewertung durch die AMEV-Arbeitsgruppe „EltAnlagen“ festgelegt und - teilweise unter Angabe einer Bandbreite - quantitativ abgeschätzt.

Hinweise zur Anwendung der Tabellen:

Je Faktor ist die für die Klasse zutreffende Zeile in der Tabelle zu ermitteln und der Zeilenwert als Faktorwert zu übernehmen.

Sind bei einem Faktor mehrere Zeilen zutreffend, dann ist die Zeile mit dem höchsten Zeilenwert (d. h. Faktorwert) auszuwählen.

Sofern bei einem Faktor für eine Klasse kein spezieller Wert angegeben ist, ist 1,0 als Faktorwert zu wählen.

Einteilung der Klassen

Klasse 1	Schlafräume in Kindertagesstätten
Klasse 2	Schlafräume in Wohnungen
Klasse 3	Schlafräume in Heimen
Klasse 4	Räume oder Orte mit besonderem Brandrisiko (feuergefährdete Betriebsstätten nach MBO)
Klasse 5	Räume oder Orte aus Bauteilen mit brennbaren Baustoffen, wenn diese einen geringeren Feuerwiderstand als feuerhemmend aufweisen
Klasse 6	Räume oder Orte mit Gefährdungen für unersetzbare Güter

Bewertung des Risikos

Klassifikation der Räume und Orte (RO)

	Faktorwert
Klasse 1	1,3 - 1,7
Klasse 2	1,0 - 1,7
Klasse 3	1,5 - 2,5
Klasse 4	1,5 - 2,5
Klasse 5	1,5 - 2,5
Klasse 6	1,5 - 2,5

Bewertung der Personenanzahl in Räumen und an Orten (P)

		Faktorwert
Klasse 3	maximal 2	1,0
Klasse 3	mehr als 2	1,2 - 2,0

Bewertung der vertikalen Lage der Räume und Orte im Gebäude (L)

		Faktorwert
Klassen 1 - 3	ebenerdig	1,0
Klassen 1 - 3	1. Obergeschoss bis 6. Obergeschoss	1,1 - 1,6

Der Risikowert **R** ergibt sich aus der Gleichung $R = RO \times P \times L$

Bewertung der Sicherheit

Qualität der Elektroinstallation (Q) in Räumen und an Orten

		Faktorwert
Klassen 1 - 6	Standard gemäß AMEV „EltAnlagen 2020“	1,0

Zuschlagsfaktor für anlagentechnische Maßnahmen (ZT) in Räumen und an Orten

Klassen 1 - 6	Unter-Putzverlegung der Kabel und Leitungen (z. B. PVC-Mantelleitung)	1,5
Klassen 1 - 6	zusätzlicher Schutz der Kabel und Leitungen gegen mechanische Beschädigung (z. B. Kanal- und Schutzrohrführung)	1,2
Klassen 1 - 6	Verlegung der Kabel und Leitungen nur im Bereich nicht-brennbarer Materialien	1,1 - 1,2
Klassen 1 - 6	Einsatz der Kabel und Leitungen mit verbessertem Verhalten im Brandfall	1,1 - 1,2
Klassen 1 - 6	zusätzlicher Schutz durch RCDs mit einem Bemessungsdifferenzstrom von maximal 300 mA	1,6
Klasse 1	zentrales Abschalten der Endstromkreise für Steckdosen während der Schlafzeit	1,8
Klasse 6	zentrales Abschalten der Endstromkreise für Steckdosen „außerhalb“ der Nutzungszeit	1,8
Klasse 1	Unter-Putzverlegung der Kabel und Leitungen <u>und</u> zentrales Abschalten der Endstromkreise für Steckdosen während der Schlafzeit	2,0
Klassen 4, 5	Verzicht auf Endstromkreise für Steckdosen und Einsatz von Leuchten mit Explosionsschutz-Zertifizierung (ATEX, IECEx)	2,5

Zuschlagsfaktor für brandschutztechnische Maßnahmen (ZBS) in Räumen und an Orten

Klassen 1 - 5	automatische Brandmeldeanlage nach DIN 14675 und VDE 0833-2	1,5
Klasse 6	automatische Brandmeldeanlage mit Aufschaltung	1,5
Klasse 6	automatische Brandmelde- und Löschanlage	2,5

Zuschlagsfaktor für bauliche Maßnahmen (ZB) in Räumen und an Orten

Klassen 1 - 5	<ul style="list-style-type: none"> Grundrissplanung unter besonderer Beachtung der Brandschutzaspekte (optimale Brandabschnitte), Optimierung der horizontalen Weggestaltung und die Weggestaltung in den Bereichen selbst, bauliche Maßnahmen wie Ausführung der Flure und Ausgänge sowie der Türen und Fenster in den relevanten Räumen selbst und Auswahl der zum Einsatz vorgesehenen Bauteile bzw. Bauprodukte hinsichtlich des Brandverhaltens 	1,0 - 1,9
Klasse 6	<ul style="list-style-type: none"> Grundrissplanung unter besonderer Beachtung der Brandschutzaspekte (optimale Brandabschnitte) und Auswahl der zum Einsatz vorgesehenen Bauteile bzw. Bauprodukte hinsichtlich des Brandverhaltens 	1,0 - 1,9

Zuschlagsfaktor für organisatorische Maßnahmen (ZO) in Räumen und an Orten

Klassen 1 - 3	das physische Trennen der ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmittel und Geräte von Endstromkreisen für Steckdosen, soweit diese nicht benötigt werden	1,2
Klasse 1	im Betriebskonzept festgeschriebene anwesende personelle Besetzung mit Erzieherinnen/Erziehern	1,0 - 1,9
Klasse 3	im Betriebskonzept festgeschriebene anwesende personelle Besetzung mit Pflegekräften	1,0 - 1,9

Der Sicherheitswert **S** ergibt sich aus der Gleichung $S = Q \times ZT \times ZBS \times ZB \times ZO$

Beispiel 1

Geplant ist der Neubau einer 2-geschossigen Kindertagesstätte. Bauherr und Träger ist die Stadt Erfurt. Gemäß vorliegender Baugenehmigung sind alle Räume (außer Nassräume) mit einer Brandmeldeanlage und Hausalarm (interne Alarmierung) auszustatten. Die Planung und Bauausführung erfolgt gemäß den bestehenden Vorschriften sowie den AMEV-Empfehlungen. Die Verlegung der Kabel und Leitungen erfolgt im gesamten Gebäude unter Putz. In den Schlafräumen ist vorgesehen, während des Mittagschlafes (11:30-14:00 Uhr) die Steckdosen zeitgesteuert automatisiert abzuschalten. Zudem ist geplant, ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel und Geräte in den Schlafräumen auf ein Minimum zu begrenzen. Im Betriebskonzept ist die Gruppengröße auf 20 begrenzt. Der Betreiber legt den Wert RO für die Schlafräume mit 1,5 fest.

Berechnung

Risikowert R für Schlafräume im EG	$R = 1,5 \times 1,0 \times 1,0$	= 1,5
Risikowert R für Schlafräume im OG	$R = 1,5 \times 1,0 \times 1,1$	= 1,65
Sicherheitswert S für Schlafräume	$S = 1,0 \times 2,0 \times 1,5 \times 1,0 \times 1,0$	= 3,0

Ergebnis

für alle Schlafräume: $S > R$

Für die Schlafräume in der Kindertagesstätte sind keine weiteren baulichen, anlagentechnischen und organisatorischen Maßnahmen notwendig.

Beispiel 2

Die Stadt München plant die Einrichtung eines Museums in einem Fachwerkhaus aus dem 17. Jahrhundert. Bauherr und Träger ist die Stadt München. Gemäß Vorabstimmung mit der Brandschutzbehörde sind mindestens alle Räume im Erd- und 1. Obergeschoss mit einer automatischen Brandmelde- und Löschanlage auszustatten. Die Planung und Bauausführung erfolgt auf der Grundlage der bestehenden Vorschriften sowie der AMEV-Empfehlungen. Gemäß Ausstellungskonzeption sollen die wertvollen Exponate im Erd- und 1. Obergeschoss ausgestellt werden. Der Betreiber legt den Wert RO für die Ausstellungsräume mit 2,5 fest.

Berechnung

Risikowert R für Ausstellungsräume	$R = 2,5 \times 1,0 \times 1,0$	= 2,5
Sicherheitswert S für Ausstellungsräume	$S = 1,0 \times 1,0 \times 2,5 \times 1,0 \times 1,0$	= 2,5

Ergebnis


für alle Ausstellungsräume: $S = R$

Für die Ausstellungsräume des Museums sind keine weiteren baulichen, anlagentechnischen und organisatorischen Maßnahmen notwendig.

Hinweis:

Das zur Risiko-/Sicherheitsbewertung vorliegende Excel-Tool kann über die AMEV-Homepage <http://www.amev-online.de> heruntergeladen werden.

Deckblatt für die Ergebnisdokumentation der Risiko-/Sicherheitsbewertung zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen

Risiko-/Sicherheitsbewertung zum Schutz gegen die Auswirkungen von Fehlerlichtbögen		
<p>Erläuterung:</p> <p><i>Diese Risiko-/Sicherheitsbewertung dient als Entscheidungshilfe, ob bauliche, anlagentechnische und organisatorische Maßnahmen in Räumen und Orten gemäß DIN VDE 0100-420, Abschnitt 421.7, Aufzählungspunkt a) bis d) vorgesehen werden sollten.</i></p>	<div style="text-align: right;">  </div> <p>Datum der Bearbeitung:</p>	
<p>Anschrift der Liegenschaft/Ortsangabe:</p>		
<p>Bezeichnung:</p>	<p>Ggf. Gebäude: <i>Haus 11</i></p>	<p>Mitwirkende/r:</p>
<p>Straße, Nr.:</p>	<p>Ggf. Raum-Nr.: <i>0</i></p>	<p>Name:</p>
<p>Ort:</p>	<p><i>04711 Himmelreich</i></p>	<p>Stellenzeichen:</p>
		<p>Funktion: <i>Betreiber</i></p>
<p>Ersteller/In:</p>		<p>Mitwirkende/r:</p>
<p>Name: <i>Mustermann Karl</i></p>	<p>Datum:</p>	<p>Name:</p>
<p>Stellenzeichen: <i>FM4711</i></p>	<p>Unterschrift:</p>	<p>Stellenzeichen:</p>
<p>Funktion: <i>Sachbearbeiter</i></p>		<p>Funktion: <i>Fachplaner</i></p>
<p>Freigabe:</p>		<p>Mitwirkende/r:</p>
	<p>Freigabe erteilt:</p>	<p>Name:</p>
<p>Name:</p>	<p>Datum:</p>	<p>Stellenzeichen:</p>
<p>Stellenzeichen:</p>	<p>Unterschrift:</p>	<p>Funktion:</p>
<p>Funktion: <i>Bauherr/Vertretung</i></p>		
<p>Entscheidung über den Einsatz von AFDDs:</p>		
<p>Risikowert R: <input type="text" value="1,00"/></p>	<p>(Bewertung entsprechend der im Folgenden getroffenen Vorgaben)</p>	
<p>Sicherheitswert S: <input type="text" value="1,00"/></p>	<p>(Bewertung entsprechend der im Folgenden getroffenen Vorgaben)</p>	
<p>daraus folgt:</p>		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Sicherheitswert S ist größer als/gleich Risikowert R: Auf weitere Maßnahmen in den jeweiligen Räumen und Orten kann verzichtet werden.</p>		
<p><input type="checkbox"/> Sicherheitswert S ist kleiner als Risikowert R: Der Einsatz von AFDDs in den jeweiligen Räumen und Orten sollte vorgesehen werden.</p>		

9 Auswahl wichtiger Vorschriften, Regelwerke und Arbeitshilfen

9.1 Öffentlich-rechtliche Vorschriften des Bundes

1. Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG)
2. Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung – NAV)
3. Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Grundversorgung von Haushaltskunden und die Ersatzversorgung mit Elektrizität aus dem Niederspannungsnetz (Stromgrundversorgungsverordnung – StromGVV)
4. Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG)
5. Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV)
6. Gesetz über die Bereitstellung von Produkten auf dem Markt (Produktsicherheitsgesetz – ProdSG)
7. Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz – GEG)
8. Gesetz zum Aufbau einer gebäudeintegrierten Lade- und Leitungsinfrastruktur für die Elektromobilität (Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz – GEIG)
9. Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz – ArbSchG)
10. Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV)

9.2 Öffentlich-rechtliche Vorschriften der Länder

1. Landesbauordnung (LBO)
2. Verordnungen bzw. Richtlinien der Länder zur LBO über:
 - Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen
 - bauaufsichtliche Anforderungen an Krankenhäuser
 - bauaufsichtliche Anforderungen an Schulen
 - Bau und Betrieb von Garagen
 - Bau und Betrieb von Versammlungsstätten
 - Bau und Betrieb von Beherbergungsstätten
 - Bau und Betrieb von Hochhäusern
 - Bau und Betrieb von Verkaufsstätten
 - Prüfungen von technischen Anlagen nach Bauordnungsrecht

3. Musterverordnungen bzw. -richtlinien der Bauministerkonferenz (www.bauministerkonferenz.de)

9.3 Regeln der Technik

1. Reihe DIN VDE 0100
Bestimmungen für das Errichten von Niederspannungsanlagen
Gruppe 100 Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe
Gruppe 200 Begriffe
Gruppe 400 Schutzmaßnahmen
z. B. Teil 420 – Schutz gegen thermische Auswirkungen
Gruppe 500 Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel
z. B. Teil 520 – Kabel- und Leitungsanlagen
Gruppe 600 Prüfungen
Gruppe 700 Betriebsstätten, Räume und Anlagen besonderer Art
z. B. Teil 701 – Räume mit Badewanne oder Dusche
2. Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen über 1 kV
VDE 0101-1 Allgemeine Bestimmungen
VDE 0101-2 Erdung
3. DIN EN 62305 (VDE 0185-305) Blitzschutz
Teil 1 Allgemeine Grundsätze
Teil 2 Risiko-Management
Teil 3 Schutz von baulichen Anlagen und Personen
Teil 4 Elektrische und elektronische Systeme in baulichen Anlagen
4. DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
Teil 9 Kabelabschottungen;
Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 11 Rohrmantelungen, Rohrabschottungen, Installationsschächte und
-kanäle sowie Abschlüsse ihrer Revisionsöffnungen;
Begriffe, Anforderungen und Prüfungen
Teil 12 Funktionserhalt von elektrischen Kabelanlagen;
Anforderungen und Prüfungen
5. Vorschriften der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)
Vorschrift 3 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (ehem. BGV A3)
Vorschrift 4 Elektrische Anlagen und Betriebsmittel (ehem. GUV A3)

9.4 Richtlinien, Schriften, Arbeitsblätter

1. Publikationen der VdS Schadenverhütung GmbH
VdS 2025 Elektrische Leitungsanlagen
VdS 2046 Sicherheitsvorschriften für elektrische Anlagen bis 1000 V, SV
VdS 2134 Verbrennungswärme der Isolierstoffe von Kabeln und Leitungen, Merkblatt für die Berechnung von Brandlasten
2. Baufachliche Richtlinien Gebäudebestandsdokumentation (BFR Gbestand)
Herausgeber Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
3. Schriften der Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU

Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Leitungsanlagen
(Muster-Leitungsanlagen-Richtlinie MLAR)

4. AMEV-Schriften

Beleuchtung 2019	Hinweise für die Beleuchtung öffentlicher Gebäude
Energie 2010	Hinweise zum Energiemanagement in öffentlichen Gebäuden
Ersatzstrom 2006	Hinweise zur Ausführung von Ersatzstromversorgungsanlagen in öffentlichen Gebäuden
LAN 2018	Planung, Bau und Betrieb von anwendungsneutralen Kommunikationsnetzwerken in öffentlichen Gebäuden
Wartung 2018	Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden

5. Arbeitsblätter der Arbeitsgemeinschaft Industriebau e. V. (AGI)

AGI-J31 Teil1	Elektrotechnische Anlagen: Bautechnische Ausführung von Räumen für stationäre Batterien – Batterieräume
---------------	---

6. Abschlussbericht „Objekt- und elektrische Leistungswerte für öffentliche Gebäude“ vom 10. Mai 2019, Verfasser: AMEV-Arbeitsgruppe „EltAnlagen“

10 Glossar- und Abkürzungsverzeichnis

AC	engl.: alternating current; Wechselstrom
AGI	Arbeitsgemeinschaft Industriebau e. V.
AFDD	engl.: Arc Fault Detection; Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtung
AMEV	Arbeitskreis Maschinenbau- und Elektrotechnik staatlicher und kommunaler Verwaltungen
AMZ	abhängiger Maximalstrom-Zeit-(Schutz)
ArbMittSichV	Arbeitsmittelsicherheitsverordnung (ersetzt Betriebssicherheitsverordnung)
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ARGEBAU	Arbeitsgemeinschaft für Städtebau-, Bau- und Wohnungswesen (neu: Baumministerkonferenz)
ASR	Technische Regeln für Arbeitsstätten
BauPVO	Bauproduktenverordnung
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung
BEV	engl.: Battery Electric Vehicle
BFR	Baufachliche Richtlinie
BGF	Bruttogrundfläche
BGI	Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit
BGV A3	Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“
BIM	Building Information Modeling
BImSchV	Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes
BMVBS	Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung
BMVg	Bundesministerium der Verteidigung
BRI	Bruttorauminhalt
BSW	Bundesverband Solarwirtschaft e. V.
BWZK	Bauwerkszuordnungskatalog
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CE	Kennzeichnung zum EU-Konformitätsnachweis
CENELEC	Europäisches Komitee für elektrotechnische Normung
CEPE	Schweizer Centre for Energy Policy and Economics
DABau	Dienstanweisung Bau
DC	engl.: direct current; Gleichstrom
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (vormals BGV bzw. GUV)
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.
DoP	engl. Declaration of Performance (Leistungserklärung)
DV	Datenverarbeitung
E	Funktionserhalt
EEG	Gesetz für den Vorrang erneuerbarer Energien
ElektroG	Elektro- und Elektronikgerätegesetz
Elt	Elektro
EltBauVO	Verordnung über den Bau von Betriebsräumen für elektrische Anlagen
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EMVG	Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln
EN	Europäische Norm
EnVKG	Energieverbrauchskennzeichnungsgesetz
EnVKV	Energieverbrauchskennzeichnungsverordnung
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EW-Bau	Entwurfsunterlage Bau
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
FE	Isolationserhalt
GA	Gebäudeautomation
GefStoffV	Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung)

GEG	Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden (Gebäudeenergiegesetz)
GEIG	Gebäude-Elektromobilitätsinfrastrukturgesetz
GHV	Gebäudehauptverteilung
GMA	Gefahrenmeldeanlage
GUV	Gemeindeunfallversicherungsverband
GZ	Gütezeichen
HES	Haupterdungsschiene
HH	Hochspannungs-Hochleistungs-
HNF	Hauptnutzfläche
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
HPA	Hauptpotenzialausgleich
HU-Bau	Haushaltsunterlage Bau
IC-CPD	engl.: In Cable Control and Protection Device
IEC	International Electrotechnical Commission
ISI	(Fraunhofer) Institut System- und Innovationsforschung
IT	frz.: Isolé Terre
IuK	Informations- und Kommunikationstechnik
LAR	Leitungsanlagen-Richtlinie
LBO	Landesbauordnung
LEMP	engl.: lightning electromagnetic impulse; elektromagnetischer Blitzimpuls
LP	Ladepunkt
LPh	Leistungsphase
LPS	engl.: lightning protection system; Blitz- und Überspannungsschutzsystem
LPZ	engl.: lightning protection zones; innere Blitzschutzzonen
LSV	Ladesäulenverordnung
LV	Leistungsverzeichnis
(M)LAR	(Muster-)Leitungsanlagen-Richtlinie
MBO	Musterbauordnung
MessEG	Mess- und Eichgesetz
MessEV	Mess- und Eichverordnung
MS	Mittelspannung
MPrüfVO	Muster-Verordnung über Prüfungen von technischen Anlagen und Einrichtungen nach Bauordnungsrecht
MVV TB	Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
N	engl.: neutral
NAV	Niederspannungsanschlussverordnung
NF	Nutzfläche
NRF	Nettoraumfläche nach DIN 277:2016 (entspricht ehem. Nettogrundfläche NGF)
NS	Niederspannung
NSHV	Niederspannungshauptverteilung
PA	Potenzialausgleich
PAS	Erdungspunkt
PE	engl.: protective earth
PEC	paralleler Erdungsleiter
PELV	Protective Extra Low Voltage (Schutzkleinspannung)
PEN	engl.: protective earth neutral
ProdSG	Produktsicherheitsgesetz
ProdSV	Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz
PSC	Energieschaltgerätekombination
PV	Photovoltaik
RAL	Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung e. V.
RBBau	Richtlinie für die Durchführung von Bauaufgaben des Bundes
RCBO	engl.: residual current operated circuit breaker with overcurrent protection; Fehlstrom-/Leitungsschutzschalter
RCCB	engl.: residual current operated circuit breaker; Fehlstromschutzschalter
RCD	engl.: residual current device; Fehlstromschutzeinrichtung

RCM	engl.: residual current monitor; Geräte mit Differenzstromüberwachung
RKM	Richtlinien für kundeneigene Mittelspannungsanlagen
RLBau	Richtlinie für die Durchführung von Landesbaumaßnahmen
SBS	engl.: swappable battery system; Batterietauschsystem
SELV	Safety Extra Low Voltage (Sicherheitskleinspannung)
SF ₆	Schwefelhexafluorid
StromGVV	Stromgrundversorgungsverordnung
SPD	engl.: source protection device; Überspannungsschutzgerät
TAB	Technische Anschlussbedingungen
TAR	Technische Anschlussregeln
TechPrüfVO	Verordnung über die Prüfung technischer Anlagen und Einrichtungen (Landesverordnung)
TN-C	frz.: Terre Neutre Combiné
TN-S	frz.: Terre Neutre Séparé
TN-C-S	frz.: Terre Neutre Combiné Séparé
TRBS	Technische Regeln für Betriebssicherheit
TT	frz.: Terre Terre
UMZ	unabhängiger Maximalstrom-Zeit-(Schutz)
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
UV	Unterverteilung
UVB	Unfallversicherung Bund und Bahn
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.
VDEW	Verband der Elektrizitätswirtschaft e. V.
VDI	Verein Deutscher Ingenieure e. V.
VdS	VdS Schadenverhütung GmbH (ehem. Verband der Schadenversicherer)
VHB	Vergabehandbuch
VNB	Verteilungsnetzbetreiber
VOB	Verdingungsordnung für Bauleistungen
VVTB	Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen
ZEP	Zentraler Erdungspunkt

11 Mitarbeiter

Andreas Breuer	Bau- und Liegenschaftsbetrieb des Landes Nordrhein-Westfalen, Niederlassung Aachen
Erich Beumers	Stadtverwaltung Aachen, Aachen
Robert Höhl	Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr, München
Johannes Kühnel	Bau- und Liegenschaftsbetrieb des Landes Nordrhein-Westfalen, Niederlassung Aachen
Dieter Leichner	Deutsche Bundesbank, Frankfurt
Andreas Ranzinger	Landeshauptstadt München, München
Andreas Schemm	Auswärtiges Amt, Berlin
Matthias Schreiber	Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft, Erfurt (Obmann)
Michael Schulte	Stadt Köln, Köln
Andreas Schwarz	Bundespräsidialamt, Berlin
Martin Smolarek	Bundesanstalt für Immobilienaufgaben, Bonn