



Bundesamt
für Sicherheit in der
Informationstechnik

Deutschland
Digital•Sicher•BSI•

Handlungsempfehlungen zu baulich-technischen Maßnahmen für Rechenzentren mit erhöhtem Verfügbarkeitsbedarf

»RZ-Verfügbarkeitsmaßnahmen«

Version 1.0



Änderungshistorie

<i>Version</i>	<i>Datum</i>	<i>Name</i>	<i>Beschreibung</i>
0.9	21.12.2021	BL 32, Frank Weber	Veröffentlichung
1.0	21.06.2023	BL 32, Frank Weber	Fortschreibung und Veröffentlichung

Tabelle 1: Änderungshistorie

Inhalt

1	Einleitung	8
1.1	Zweck des Dokuments	8
1.2	Konzepte	9
1.3	RZ-Definition.....	10
1.4	Standortfindung.....	10
1.5	Resilienz eines RZ	10
1.6	Öffnungsklausel.....	11
1.7	Beachtung technischer Regeln.....	11
1.8	Managementsystem	11
1.9	Anwendungsbereich.....	12
2	Energieversorgung des RZ.....	13
2.1	Kabel/Leitung.....	13
2.2	EVU-Einspeisung.....	13
2.2.1	Ring- oder Doppeleinspeisung.....	13
2.2.2	Erdung der Schirmung von Mittelspannungskabeln	13
2.2.3	Rundsteuersignal	15
2.3	Netzersatzanlagen	15
2.3.1	Treibstoff der NEA	17
2.3.2	Treibstoffanalyse.....	18
2.3.3	Filtration	19
2.3.4	Brennstoffzellen-NEA	19
2.3.5	Gemeinsame SV-AV-Versorgung	19
2.4	USV	19
2.4.1	Leistungsauslegung	20
2.4.2	Autonomiezeit	20
2.4.3	Statische vs. dynamische USV	21
2.4.4	Hand-Bypass.....	21
2.4.5	Getrennte Unterbringung der Batterien.....	21
2.4.6	Anordnung und Verdrahtung der Batterien.....	22
2.5	PUE-Wert.....	23
3	Energieverteilung im RZ	24
3.1	Netzaufbau.....	24
3.1.1	Zentraler Erdungspunkt / Netzform.....	24
3.1.2	Erdungssystem.....	25
3.1.3	Zweizügiger Aufbau der Energieverteilung.....	25
3.1.4	A-B-Versorgung im IT-Rack	26

3.1.5	Transferschalter.....	26
3.2	Verteilungen.....	26
3.2.1	Aufbau.....	26
3.2.2	Handmessung.....	27
3.2.3	Erweiterbarkeit.....	29
3.2.4	RCD für Steckdosenstromkreise.....	29
3.2.5	N-Trennklemmen.....	29
3.2.6	N-Leiter-Führung.....	30
3.3	Leitungsnetz.....	31
3.3.1	Stromschienen.....	31
3.3.2	Verlegung von Einzeladern.....	31
3.3.3	N-Leiter-Querschnitt.....	32
3.3.4	Kennzeichnung von Kabeln.....	32
3.4	Sonstiges.....	32
3.4.1	Dokumentation.....	32
3.4.2	Netzüberwachung.....	33
3.4.3	Black-Building-Test.....	34
3.4.4	Kompensation.....	34
3.4.5	Störmarme Filter.....	35
3.4.6	Nachtfreischaltung.....	35
3.5	Blitz- und Überspannungsschutz.....	35
3.5.1	Blitzschutz.....	35
3.5.2	Überspannungsschutz.....	36
3.5.3	Anzeige der Betriebstauglichkeit.....	36
3.5.4	Energetische Koordination.....	36
3.5.5	Trennungsabstand.....	36
3.5.6	Schutz gegen statische Aufladung.....	38
4	Klimatisierung.....	39
4.1	Kühlung.....	39
4.2	Feuchte, Schwebstoffe, Frischluftanteil.....	39
4.3	Redundanz.....	40
5	Brandschutz.....	43
5.1	Bauliche Maßnahmen.....	43
5.1.1	Brandschutzbereiche / Funktionserhalt.....	43
5.1.2	Gleicher Feuerwiderstand aller Bauelemente.....	43
5.1.3	Brandlastvermeidung / PVC-Freiheit.....	44
5.1.4	Brandverhalten von Materialien im HV-RZ.....	44
5.1.5	Brandschott-Kataster.....	44

5.2	Technische Maßnahmen.....	44
5.2.1	Brandmeldeanlage	44
5.2.2	Klappensteuerung	45
5.2.3	Löschtechnik/Brandvermeidung.....	45
5.3	Organisatorische Maßnahmen.....	47
6	Schutz gegen Unbefugte.....	48
6.1	Raumzonen.....	48
6.2	Zutrittssteuerung	49
6.3	Einbruchmeldeanlage.....	49
6.4	Haussicherheitsdienst.....	50
6.5	Schutz gegen Sabotage und Anschläge	50
6.6	Lauschabwehr/Abstrahlenschutz.....	51
7	Schutz von Kabeln und Leitungen	52
7.1	Kabel/Leitungen außerhalb des Gebäudes	52
7.2	Kabel/Leitungen innerhalb des Gebäudes	53
8	Schutz vor Wasser.....	54
8.1	Schutz vor externem Wasser	54
8.1.1	Fest eingebaute Schutzeinrichtungen	55
8.1.2	Mobile Schutzeinrichtungen.....	56
8.1.3	Flachdach, Kellerwände.....	57
8.2	Schutz vor internem Wasser.....	58
8.3	Hebeanlage.....	58
9	Schutz gegen Naturgewalten.....	61
9.1	Sturm	61
9.2	Schneelast.....	61
9.3	Hagel	62
9.4	Erdbeben	62
10	Schutz gegen weitere Gefährdungen.....	63
10.1	Magnetische Wechselfelder	63
10.2	Altlasten/Kampfmittel	63
10.3	Ungeeigneter Baugrund / Hanglage	63
10.4	Containerdiebstahl.....	64
11	Gebäudeautomation (Monitoring der technischen Infrastruktur).....	65
11.1	Technische Leitstelle	65
11.2	Meldungen	65
11.3	Fernübertragung	66
11.4	Fernsteuerung	66
12	Redundanz.....	67

13	Grundriss-Prinzipien.....	68
13.1	Schalenmodell.....	69
13.2	Anlieferung.....	70
13.3	Opferbereiche.....	70
13.4	Abstand.....	71
13.5	SPOF vermeiden.....	71
13.6	Trennung der feinen und der groben Technik.....	71
13.7	Gleichwertigkeit der Zutrittsmechanismen.....	71
13.8	Reserveflächen für Umbau und Erweiterung.....	72
14	Anhang.....	73
14.1	RZ-Definition.....	73
14.2	Resilienz eines RZ.....	73
14.3	Relevanz von Normen.....	75
14.4	Betriebs- und Wartungsredundanz, Modularität.....	76
14.5	Unabweisbare Gründe.....	76
14.6	Begriffserläuterung Kabel und Leitung.....	76
14.7	Schirmung von MS-Kabeln am Trafo.....	77
14.8	Treibstoffanalyse.....	80
14.9	Leistungsauslegung redundanter Systeme.....	81
14.10	Getrennte Unterbringung der Batterien.....	84
14.11	Transferschalter.....	84
14.11.1	Transferschalter-Typen.....	84
14.11.2	Transferschalter-Einbindung.....	86
14.12	Neutralleiter.....	88
14.12.1	Reduzierter N-Leiter-Querschnitt.....	89
14.12.2	N-Trennklemmen.....	89
14.13	Wichtige Grenzwerte.....	90
14.13.1	Schutzleiterstrom.....	90
14.13.2	Harmonische Verzerrung.....	91
14.14	Black-Building-Test.....	92
14.15	Blitzschutz bei Außenanlagen.....	92
14.15.1	Blitzschutzzonen.....	93
14.15.2	Beispielbilder.....	93
14.16	EMV-günstige Bauwerksausführung.....	96
14.17	Maximaltemperaturen in Deutschland.....	97
14.18	PVC-Vermeidung.....	99
14.19	Brandverhalten von Kabeln.....	99
14.20	Brandschott-Kataster.....	99

14.21	Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre	100
14.22	Durchsetzungsfähige Reaktion	101
14.23	Gefahr durch Explosivstoffe	102
14.24	Schneelast in Deutschland	102
14.25	Hagel	103
14.25.1	Hagelstürme in Deutschland	103
14.25.2	E DIN EN IEC 61215	104
14.26	Abkürzungsverzeichnis.....	105

1 Einleitung

In dem Maße, in dem sich unsere Gesellschaft zunehmend auf IT-Dienstleistungen verlässt, steigen die Anforderungen an die Verfügbarkeit der IT-Dienstleistungen, die üblicherweise aus Rechenzentren (RZ) heraus erbracht werden. Ein RZ ist ein komplexes Gebilde, bestehend aus baulich-technischen Komponenten, IT-Hard- und -Software sowie einer Vielzahl technischer und organisatorischer Prozesse. Erst das Zusammenwirken dieser Elemente auf einem bestimmten Verfügbarkeitsniveau ermöglicht die Bereitstellung einer IT-Dienstleistung in der geforderten Verfügbarkeit. Das Versagen einzelner Komponenten oder Prozesse gefährdet die Bereitstellung der IT-Dienstleistung insgesamt. Daher gehen die Verfügbarkeitsanforderungen an eine IT-Dienstleistung auf ein RZ und infolge auf die relevanten Komponenten und Prozesse eines solchen RZ über.

Planung, Aufbau und Betrieb eines RZ sind anspruchsvolle Aufgaben, die sowohl eine analytische Herangehensweise erfordern, welche sich mit den einzelnen Elementen (Komponenten und Prozessen) befasst, als auch eine synthetische Herangehensweise, welche das Zusammenwirken und gegenseitige Wechselwirkungen aller Elemente betrachtet.

Dieses Dokument beleuchtet einige wesentliche Teilaspekte des Aufbaus von RZ mit erhöhten Verfügbarkeitsanforderungen, im Weiteren „HV-RZ“ genannt¹. Es erhebt angesichts der thematischen Komplexität und seiner kompakten Darstellung keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit. Es beruht auf Beobachtungen und Erfahrungen des BSI und soll das Verständnis und die Beurteilungsfähigkeit erhöhen, sowohl auf der Anbieter- wie auf der Nachfrage-Seite von IT-Dienstleistungen mit erhöhtem Verfügbarkeitsbedarf.

Nach der Veröffentlichung der Version 0.9 im Jahr 2021 haben diverse Hinweise das BSI erreicht. Die eingebrachten Hinweise und neuen Erkenntnisse sind in der vorgelegten Version 1.0 eingearbeitet. Hervorzuheben sind hierzu drei Bereiche:

- Angesichts der Hochwasserereignisse im Sommer 2021 ist der Bereich des Schutzes vor Wasser (8 *Schutz vor Wasser*) neugegliedert und ergänzt worden.
- Die Aussagen zur Kühlung (4.1 *Kühlung*) sind dahingehend angepasst worden, dass sowohl regionale Verhältnisse als auch der zu erwartende Anstieg der Durchschnittstemperaturen besser berücksichtigt werden.
- Das Thema Black-Building-Test (3.4.3 Black-Building-Test) wird in einem eigenen Abschnitt behandelt.

1.1 Zweck des Dokuments

Das vorliegende Dokument ist eine Handreichung, die sich an Personen richtet, welche mit der Planung, dem Aufbau und dem Betrieb von RZ-Infrastrukturen mit erhöhten Anforderungen an die Verfügbarkeit befasst sind. Ebenso können auch sachkundige Nachfrager von IT-Dienstleistungen profitieren.

Die Handreichung gibt einen Überblick über technische Aspekte, die beim Aufbau eines HV-RZ zu berücksichtigen sind, um erhöhte Anforderungen an die Verfügbarkeit erfüllen zu können. Zu den

¹ Es geht hier um die grundlegende Idee der erhöhten Verfügbarkeit, ohne die Kriterien den Verfügbarkeits-Klassen 2 bis 4 des HV-Kompends, Band G, Kapitel 1, Abschnitt 5.1 fest zuzuordnen. Online verfügbar unter:
https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Empfehlungen-nach-Angriffszielen/Hochverfuegbarkeit/HVKompensum/BandG/HVKompensum_Band_G_node.html
[März 2023]

einzelnen Aspekten werden grundlegende Anforderungen beschrieben, ebenso wie Handlungsempfehlungen und Hinweise zur Umsetzung der Anforderungen mit Hilfe geeigneter technischer Maßnahmen.

Auch Planer und Betreiber von RZ ohne erhöhten Verfügbarkeitsbedarf können von den Handlungsempfehlungen und Hinweisen in diesem Dokument profitieren. Zudem kann dieses Dokument ergänzend zu den Umsetzungshinweisen zu den IT-Grundsicherheits-Bausteinen INF.1, Inf.5 und INF.6 sowie als Ersatz für die noch nicht existierenden Umsetzungshinweise zu den IT-Grundsicherheits-Bausteinen INF.2 und INF.12 verwendet werden.

Das Dokument hat den Charakter einer dringenden Empfehlung. Es steht interessierten Kreisen frei, die Inhalte des Dokuments in Gänze oder in Teilen für den eigenen Zuständigkeitsbereich verbindlich zu machen.

Dieses Dokument soll weder bestehende Auditierungs- und Zertifizierungsverfahren oder andere Empfehlungen und Regelwerke² ersetzen noch zu diesen in Konkurrenz treten. Auch kann die einfache Beachtung dieses Dokuments eine umfassende Risikoanalyse mit einem daraus zu entwickelnden individuellen Maßnahmenkonzept für ein konkretes RZ aus folgenden Gründen nicht ersetzen:

- Jedes RZ hat individuelle Anforderungen, die nicht in einem allgemeinen Dokument angemessen behandelt werden können.
- Das Zusammenwirken der einzelnen Maßnahmen kann erst im Rahmen der Konzeption für ein konkretes RZ betrachtet werden. Die Berücksichtigung aller denkbaren Wechselwirkungen im vorliegenden Dokument würde seinen Rahmen sprengen.
- Neben technischen Maßnahmen haben auch organisatorische Maßnahmen entscheidende Bedeutung für die Verfügbarkeit. Dieser große Bereich – und insbesondere das Zusammenwirken von technischen und organisatorischen Maßnahmen – wird im vorliegenden Dokument nur vereinzelt betrachtet.

Für bereits bestehende RZ ist eine aktive Einflussnahme auf die in diesem Dokument behandelten Aspekte selbstverständlich nicht mehr in allen Freiheitsgraden möglich. Gleichwohl kann und soll diese Handreichung im Laufe der fortschreitenden Entwicklung eines HV-RZ, insbesondere bei Anpassungen der baulich-technischen Infrastruktur, berücksichtigt werden.

1.2 Konzepte

In diesem Dokument werden ausschließlich grundlegende Anforderungen und Hinweise an die bauliche und technische Sicherheit von HV-RZ dargestellt.

Es obliegt dem RZ-Planer und -Betreiber, diese Anforderungen und Hinweise in entsprechende Konzepte umzusetzen. Dabei ist jeder der im vorliegenden Dokument genannten Aspekte im Rahmen einer Risikobetrachtung zu berücksichtigen. Darüber hinaus sind durch den RZ-Betreiber weitere Konzepte zu erstellen, die mit den baulich-technischen Aspekten in enger Wechselwirkung stehen, z. B.:

- Sicherheitskonzept,
- Konzept zur Umsetzung von Sicherheitsmaßnahmen,
- Betriebskonzept,
- Konzept für Zutrittsregelung und -steuerung,
- Schließmittelkonzept,
- Redundanzkonzept für die IT-Dienstleistungen,

² u. a. der BSI-IT-Grundsicherheits oder der HV-Benchmark des BSI, die DIN EN 50600, die Prüfgrundlagen des TÜV-IT, die Empfehlungen vom BITKOM oder die MaRisk (Mindestanforderung an das Risikomanagement) der BaFin

-
- Brandschutzkonzept,
 - ggf. Geheimschutzkonzept.

So ergeben sich etwa aus dem Konzept für Zutrittsregelung und -steuerung Vorgaben an die Ausführung einer Zutrittskontrollanlage oder aus dem Aufbau der Energieversorgung Anforderungen an das Betriebskonzept und umgekehrt.

1.3 RZ-Definition

Es gilt die im Oktober 2017 veröffentlichte RZ-Definition des BSI, siehe 14.1 RZ-Definition.

1.4 Standortfindung

Bevor dieses Dokument, das sich mit der inneren und äußeren Gestaltung eines Rechenzentrums befasst, zur Anwendung kommt, gilt es, einen geeigneten Standort für das RZ zu finden. Dabei sind vornehmlich die sich aus dem Umfeld ergebenden Risiken zu berücksichtigen. Hierzu kann das BSI-Dokument „Kriterien für die Standortwahl von Rechenzentren“, kurz „Standort-Kriterien RZ“, Version 2.0³ herangezogen werden.

1.5 Resilienz eines RZ

Wie bereits in der Einleitung festgestellt, gehen die Verfügbarkeitsanforderungen an eine IT-Dienstleistung auf ein RZ und infolge auf die relevanten Komponenten und Prozesse eines solchen RZ über. Das Ziel einer erhöhten Verfügbarkeit ist nicht nur bei der Auslegung der IT-Architektur, sondern in gleichem Maße bei der Festlegung von Struktur und Dimension aller baulichen und technischen Einrichtungen anzustreben, die den Betrieb eines RZ ermöglichen und unterstützen.

Wegen der großen Zahl von Einzelkomponenten, aus denen sich die baulich-technische Infrastruktur eines RZ zusammensetzt, und der schwer zu bestimmenden Zuverlässigkeit dieser Komponenten ist ein mathematisch präziser Wert für die zukünftige Verfügbarkeit eines RZ in der Praxis kaum zu ermitteln.

Eine Aussage über die zukünftige Verfügbarkeit eines RZ ist in der Praxis leichter zu gewinnen, indem die Resilienz⁴ eines RZ wie folgt betrachtet wird.

Ein HV-RZ ist so zu konzipieren, dass es folgende Eigenschaften hat:

- Bei einem RZ mit hoher Verfügbarkeit darf schon **ein** auftretendes, störendes Ereignis,
- bei sehr hoch verfügbaren RZ dürfen **erst zwei** (zeitgleich oder zeitnah) voneinander unabhängig auftretende, störende Ereignisse und
- bei höchstverfügbaren RZ dürfen **erst drei** (zeitgleich oder zeitnah) voneinander unabhängig auftretende, störende Ereignis

zu einer maximal vertretbar geringen Beeinträchtigung der Verfügbarkeit der RZ-Gesamtstruktur und der IT-Dienstleistung führen. Eine ausführliche Darstellung hierzu findet sich in Abschnitt 14.2 *Resilienz eines RZ*.

Sollte darüber hinaus für die IT-Dienstleistung tatsächlich Unterbrechungsfreiheit gefordert sein (Desaster-Toleranz), ist diese in der Regel mit einem einzelnen RZ-Standort nicht realisierbar. Dann sind meist mehrere RZ-Standorte erforderlich, die sich gegenseitig Wartungsredundanz⁵ geben.

³ <https://www.bsi.bund.de/dok/RZ-Standortkriterien> [März 2023]

⁴ Resilienz bezeichnet in den Ingenieurwissenschaften die Fähigkeit von technischen Systemen, bei Störungen oder Teil-Ausfällen nicht vollständig zu versagen, sondern wesentliche Systemdienstleistungen aufrechtzuerhalten. (Wikipedia)

⁵ Siehe 14.4 *Betriebs- und Wartungsredundanz, Modularität*.

1.6 Öffnungsklausel

Entscheidend für die Umsetzung eines Sicherheitskonzeptes ist das Erreichen der beabsichtigten Schutzwirkung. Daher müssen die im vorliegenden Dokument beschriebenen Maßnahmen nicht zwingend wortgetreu umgesetzt werden. Die tatsächlich ergriffenen Maßnahmen müssen aber die gleiche Schutzwirkung erreichen. Abweichende technische Lösungen können umgesetzt werden, wenn das auf Grund der örtlichen Verhältnisse zwingend erforderlich ist. Die Gleichwertigkeit der alternativen Maßnahmen hinsichtlich der Schutzzieleerreichung ist schriftlich niederzulegen.

Ist es aus unabweisbaren Gründen⁶ weder möglich, eine Maßnahme, wie im Papier beschrieben, noch eine alternative gleichwertige Maßnahme umzusetzen, ist der übliche Weg der Risikobeschreibung, -beurteilung und letztlich der Risikoübernahme durch dafür zuständige Verantwortungsträger einzuschlagen.

Risiken, welche in den folgenden Ausführungen nicht adressiert werden, die dem Betreiber eines HV-RZ jedoch bekannt sind oder im Rahmen einer Risikoanalyse bekannt werden, sind gleichartig zu den adressierten Risiken zu behandeln.⁷

Im Rahmen einer individuellen Risikoanalyse und unter Berücksichtigung lokaler Besonderheiten kann es erforderlich oder zweckmäßig sein, die in diesem Papier genannten Schutzniveaus⁸ höher anzusetzen und die Schutzmaßnahmen entsprechend stärker auszulegen.

1.7 Beachtung technischer Regeln

Bei allen Maßnahmen und technischen Einrichtungen, die dem störungsfreien Betrieb eines HV-RZ dienen, sind in einem ersten Schritt natürlich die relevanten Normen zu beachten. Nach einer Feststellung des Bundesgerichtshofs können Normen die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ (a. a. R. d. T.) widergeben oder hinter diesen zurückbleiben. Da die „a. a. R. d. T.“ in der Regel den deutlich höheren Anforderungen eines HV-RZ nicht genügen, sind für HV-RZ Maßnahmen und Einrichtungen zu realisieren, die deutlich weitreichender sind, als die „a. a. R. d. T.“ und damit die Normen. Weitergehende Ausführungen zu den Themen „a. a. R. d. T.“, „Stand der Technik“ sowie „Stand von Wissenschaft und Technik“ sind unter 14.3 *Relevanz von Normen* zu finden.

Eine Argumentation, dass eine technische, hier insbesondere der IT-Sicherheit dienende Maßnahme, so und nicht anders sein müsse, weil es so in einer Norm steht, ist folglich nicht tragend. Ebenso ist die Tatsache, dass eine Anforderung bislang als „unüblich“ gilt oder über den Rahmen einer Norm hinausgeht, keinesfalls ein Grund, die Umsetzung einer solchen Anforderung als nicht möglich oder gar unzulässig zu behandeln.

1.8 Managementsystem

Alle in diesem Papier genannten Aspekte müssen bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb eines HV-RZ berücksichtigt werden und sind durch ein professionelles Managementsystem kontinuierlich zu überwachen, zu steuern und zu optimieren. Grundsätzlich bietet sich aus Sicht des BSI dafür das ISMS⁹ an. Oft liegen die Zuständigkeiten für die hier betrachteten Aspekte nicht ausschließlich beim Informationssicherheitsbeauftragten. Daher kommen auch andere Management-Systeme in Betracht, die aber mindestens die gleiche Reife haben, wie das ISMS der Institution und zu diesem konsistent, kohärent und interoperabel sein müssen.

Anforderungen an das Management der baulich-technischen Maßnahmen kommen u. a. aus dem ISMS. Umgekehrt wird aus dem Management der baulich-technischen Maßnahmen an das ISMS berichtet. So

⁶ Siehe 14.5 *Unabweisbare Gründe*.

⁷ „Gleichartig“ bedeutet u. a. die Anwendung der Überlegungen zur Resilienz, siehe 1.5 und 14.2.

⁸ Beispiele: 2.3 *Netzersatzanlagen*, Autonomiezeit (48–120 h), 6 *Schutz gegen Unbefugte*, mechanischer Widerstand (RC 4), Fahrzeuganprall (10 MJ) oder Schutz gegen Explosivstoffe (200 kg_{TNT})

⁹ Information Security Management System

definiert das ISMS z. B. die grundlegenden Anforderungen an die Zutrittssteuerung. Im Gegenzug werden von den technischen Systemen der Zutrittssteuerung erfasste sicherheitskritische Ereignisse an das ISMS übergeben.

1.9 Anwendungsbereich

Die nachfolgend dargestellten Eigenschaften eines HV-RZ gelten grundsätzlich für jedes einzelne RZ, unabhängig davon, in welcher Redundanzbeziehung es zu anderen RZ steht.

Sie gelten unabhängig davon, wie ein HV-RZ untergebracht ist, z. B.:

- als RZ in einem ausschließlich dafür bestimmten Gebäude, oder
- als Teilnutzung eines auch durch andere Nutzungen belegten Gebäudes.

Ebenso sind die dargestellten Eigenschaften unabhängig von der Art der Bauausführung, z. B.:

- als Neubau oder durch Ertüchtigung einer vorhandenen Bausubstanz,
- als Raum-in-Raum-Lösung,
- als Container-RZ in einer Halle oder auf einer Freifläche.

2 Energieversorgung des RZ

Eine hinreichend sichere, den Verfügbarkeitsansprüchen der modernen digitalen Welt genügende Versorgung mit Energie ist die absolut unverzichtbare Grundlage für einen reibungslosen und bestimmungsgemäßen Betrieb eines HV-RZ. Trotz der grundsätzlich guten Versorgungssicherheit seitens der Energieversorger und Verteilnetzbetreiber in Deutschland muss die Versorgungssicherheit eines HV-RZ durch Maßnahmen, die vollständig in der Verantwortung des RZ-Betreibers liegen, auf das erforderliche Niveau angehoben werden.

Bei den Planungen der Energieversorgung sind hinsichtlich der Dimensionierung aller Komponenten folgende Kriterien unbedingt zu berücksichtigen:

- Im normalen Dauerbetrieb darf die Auslastung der Energieversorgung bei maximal 85 % der verfügbaren Anschlussleistung liegen.
- Bei betriebsüblichen Spitzenlasten darf die Auslastung der Energieversorgung bei maximal 95 % der verfügbaren Leistung liegen.
- Es sind Reserven bereitzustellen (dauerhaft oder individuell zuschaltbar), die auch für besondere Betriebszustände, z. B. Ausfall der regulären Energieversorgung, die Einhaltung der vorgenannten Grenzwerte sicherstellen.

2.1 Kabel/Leitung

Da eine exakt unterscheidende Definition der beiden Begriffe „Kabel“ und „Leitung“ derzeit nicht gegeben ist, werden die Begriffe in diesem Papier in folgendem Sinn verwendet, wobei es dem Leser unbenommen bleibt, die Begriffe in sein Verständnis zu übertragen.

Kabel meint die tatsächlich vorhandene physische Verbindung zwischen zwei Anschlusspunkten, die zur Übertragung elektrischen Stroms oder von optischen Signalen dient.

Leitung meint die funktionale Wirkung von Übertragungseinrichtungen, unabhängig davon, welches Medium dafür verwendet wird.

Eine ausführliche Darstellung hierzu ist in *14.6 Begriffserläuterung Kabel und Leitung* zu finden.

2.2 EVU-Einspeisung

Die Einspeisung aus dem Verteilnetz in das HV-RZ soll aus einer möglichst hohen Hierarchiestufe des Verteilnetzes heraus erfolgen und darf ab diesem Punkt keine anderen Kunden versorgen.

2.2.1 Ring- oder Doppel einspeisung

Eine Ring- oder Doppel einspeisung ist möglich, aber nicht erforderlich, da sie nur unter sehr eingeschränkten Bedingungen einen Sicherheitsvorteil für die Verfügbarkeit der Energieversorgung bewirkt. Eine tatsächlich realisierte Ring- oder Doppel einspeisung entbindet nicht von den nachfolgend dargestellten Maßnahmen zur Sicherstellung der Energieversorgung eines HV-RZ.

2.2.2 Erdung der Schirmung von Mittelspannungskabeln

Werden die Schirmungen der Mittelspannungskabel zugleich in der MS-Schaltanlage und beim Trafo mit dem Erdungssystem der Niederspannungsanlage verbunden, kann dies dazu führen, dass Ströme von 15–30 % des momentanen Arbeitsstromes der MS-Kabel auf das Erdungs- und Schutzleitersystem des RZ

einkoppeln.¹⁰ Diese verteilen sich auf dem gesamten Schutzleitersystem und können so auch zu Störungen auf geschirmten Datenkabeln führen.¹¹

Um das zu verhindern, kann eine einseitige Erdung an der speisenden Stelle gewählt werden oder es werden alle drei Schirme am Trafo auf eine gegenüber dem Erdpotenzial isolierte gemeinsame Halterung gelegt.

Abbildung 1 zeigt einen EMV-günstigen Anschluss der Mittelspannungskabel an den Trafo:

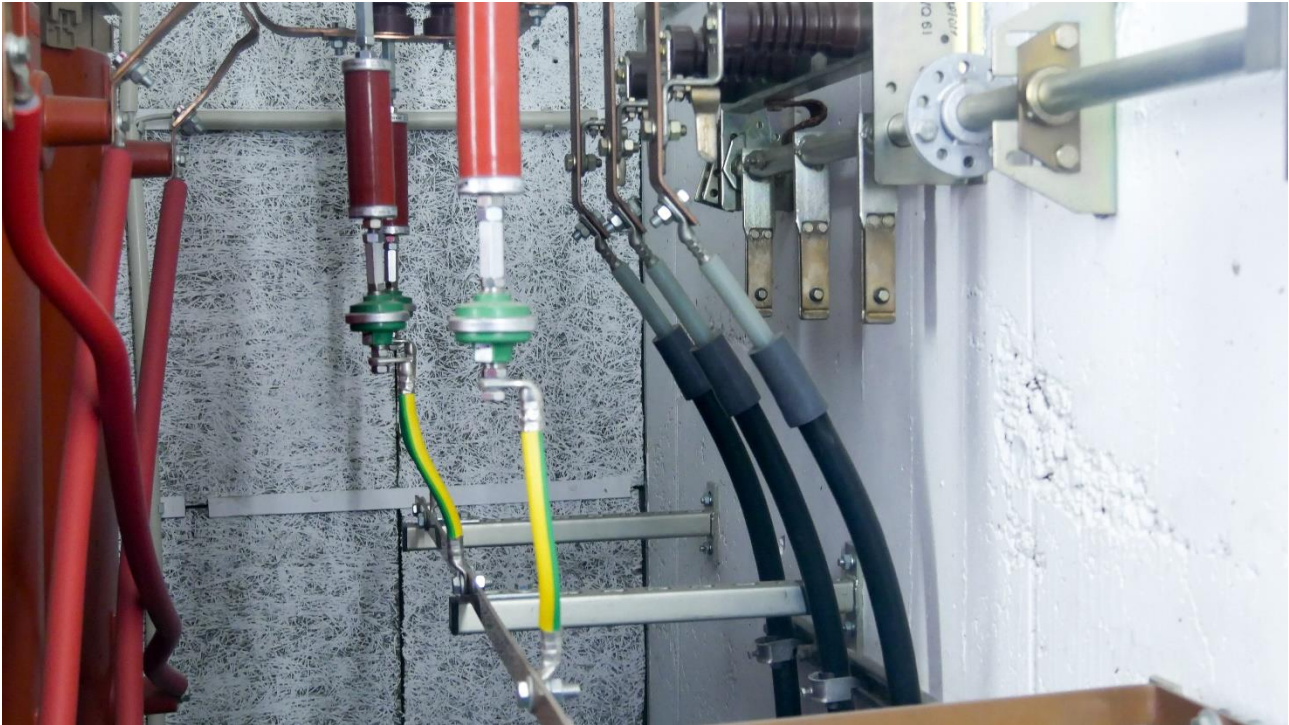


Abbildung 1: EMV-günstiger Trafoanschluss (Bild: BSI)

Bei den drei von rechts, von der MS-Schaltanlage kommenden schwarzen Einzeladern ist die Schirmung nirgends aufgelegt und zusätzlich mit einer dunkelgrauen Isolierung ummantelt. Das entspricht der Prinzipdarstellung in Abbildung 24 auf Seite 79.

In Abbildung 2 sind als Negativbeispiel durch blaue Kreise die Stellen markiert, an denen die Schirmungen der drei MS-Kabel an das mit dem Schutzleiter der Niederspannungsanlage verbundene Tragsystem angeschlossen sind. Genau diese Anschlüsse sind das Problem.

¹⁰ Zum technischen Hintergrund siehe 14.7 Schirmung von MS-Kabeln am Trafo.

¹¹ Siehe 14.13.1 Schutzleiterstrom.

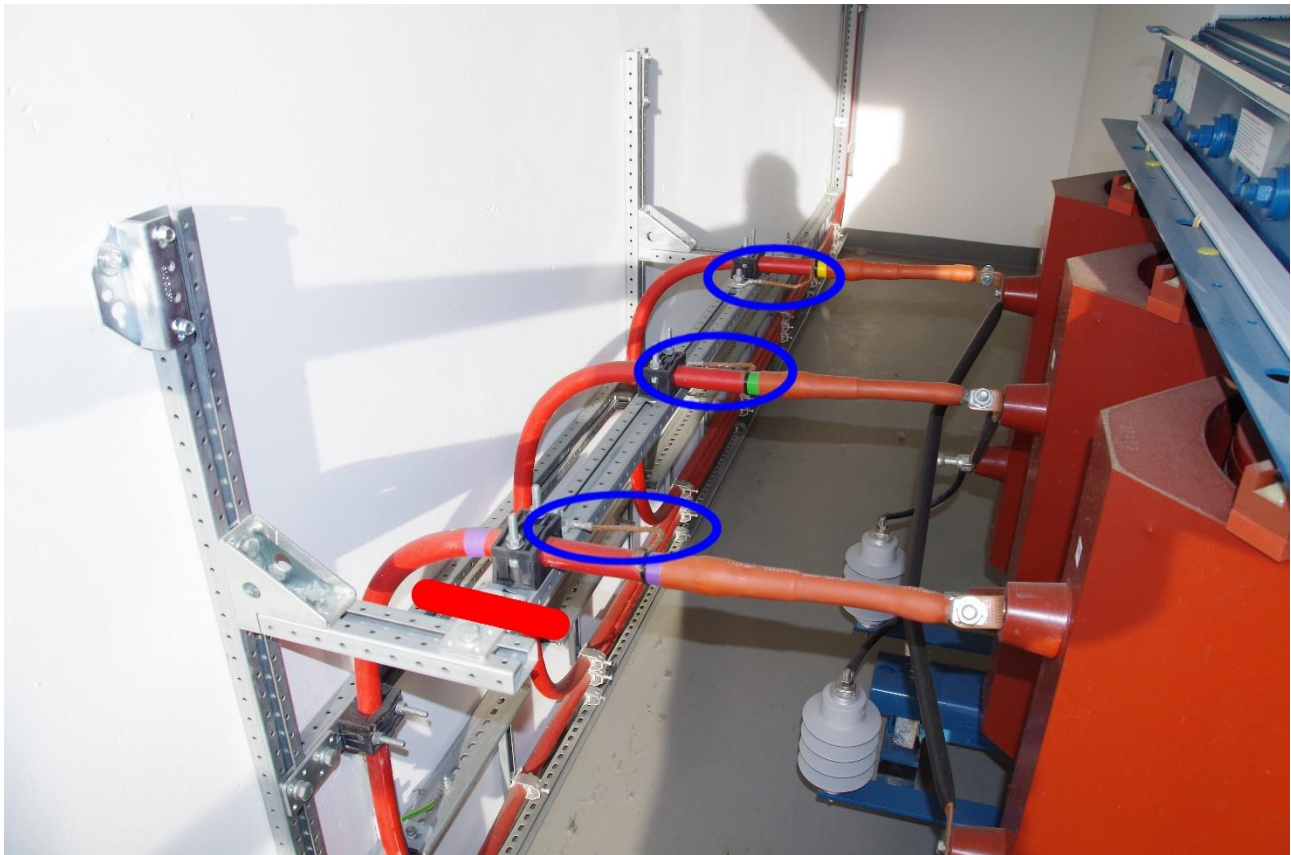


Abbildung 2: EMV-ungünstige Schirmerdung in einer Trafostation.
Blau markiert sind die Schirmungsanschlüsse der drei roten MS-Kabel an das mit dem Schutzleiter verbundene Tragsystem hin. (Bild: BSI)

Wäre die Traverse, an der die Schirmungen angeschlossen sind, an der vorn im Bild rot markierten Stelle (und ebenso am anderen Ende) gegenüber dem Schutzleiterpotenzial der Niederspannungsanlage isoliert, wäre das Problem behoben.

2.2.3 Rundsteuersignal

Zahlreiche, vornehmlich kommunale, Energieversorger und Verteilnetzbetreiber (VNB) setzen zur Steuerung von Verbrauchern¹² Rundsteuersender ein. Die dazu verwendeten Frequenzen reichen von 166,7 – 1.350 Hz¹³.

Durch diese Frequenzen kann es zu Problemen, insbesondere unerwartetem Funktionsversagen, bei Schaltnetzteilen kommen. Es ist daher dringend zu empfehlen, das Verteilnetz im HV-RZ durch den Einbau geeigneter Sperrfilter frei von Rundsteuerfrequenzen zu halten.

2.3 Netzersatzanlagen

Netzersatzanlagen (NEA) haben den Zweck, bei Ausfall der Stromversorgung seitens des EVU oder des VNB eine gleichwertige, von äußeren Einflüssen unabhängige, lokale Versorgung mit elektrischer Energie sicherzustellen. Bei der Planung von Netzersatzanlagen sind mindestens folgende Parameter zu berücksichtigen:

- die Autonomiezeit,
- das erforderliche Redundanzmodell,

¹² Straßenbeleuchtung, Tarifumschaltung etc.

¹³ Siehe <http://rundsteuerfrequenz.de> [März 2023]

-
- die bereitzustellende Leistung,
 - die erforderliche Ausführungsklasse.

Autonomiezeit

Die erforderliche Autonomiezeit, also die durch die Gesamtheit technischer Maßnahmen ermöglichte autonome Laufzeit der NEA-Versorgung, definiert sich aus dem Verfügbarkeitsbedarf der in einem HV-RZ erbrachten IT-Dienstleistungen und der Festlegung einer mindestens zu überbrückenden Ausfallzeit der normalen Energieversorgung seitens des EVU oder VBN. Diese Autonomiezeit sollte

- bei einem RZ mit hoher Verfügbarkeit mindestens 48 h,
- bei einem RZ mit sehr hoher Verfügbarkeit mindestens 72 h und
- bei höchstverfügbaren RZ durchaus 120 h betragen.

Der Treibstoffvorrat ist so zu dimensionieren, dass ein unterbrechungsfreier Betrieb der NEA über die gesamte Autonomiezeit hinweg ohne Nachtanken sichergestellt ist. Das BBK empfiehlt für Unternehmen und Behörden pauschal eine Autonomiezeit von 72 Stunden ohne Nachtanken sicherzustellen.¹⁴

Die Autonomiezeit darf durch den Treibstoffverbrauch bei Probefläufen um maximal 5 % und für eine maximale Dauer von 10 Kalendertagen unterschritten werden.

Redundanz

Alle für die Bereitstellung der IT-Dienstleistung eines HV-RZ erforderlichen Einrichtungen sind entsprechend 3.1.3 *Zweizügiger Aufbau der Energieverteilung* über mindestens zwei ortsfeste Netzersatzanlagen (oNEA) zu versorgen, von denen jede allein in der Lage ist, die erforderliche Leistung zu erbringen.¹⁵ Damit ist eine „N+1“-Redundanz, also Betriebsredundanz, mit N=1 gegeben. Redundanzaufbauten mit höheren N-Werten sowie Wartungsredundanz („N+2“) sind selbstverständlich zulässig und zu begrüßen.

Zusätzlich ist für Wartungsfälle in jedem der beiden A-B-Stränge eine Anschlussmöglichkeit für eine mobile NEA (mNEA) einzurichten, die gleichrangig zu den oNEA-Anschlüssen in der NSHV angeschlossen ist.

Für die mNEA ist ein geeigneter Stellplatz herzurichten. U. a. müssen dabei alle gewässerschutzrechtlichen Belange und die des Lärmschutzes berücksichtigt werden sowie der Schutz gegen Unbefugte in geeigneter, dem Schutzniveau der oNEA entsprechender, Weise sichergestellt werden.

Leistung¹⁶

Das Redundanzmodell („N+x“) nennt mit dem Wert für N die Anzahl der oNEAs, die zusammen erforderlich sind, um den Leistungsbedarf zu decken. Diese oNEAs sind samt aller zugehörigen Betriebskomponenten auf einen Dauerbetrieb unter Volllast¹⁷ für die Autonomiezeit auszulegen.

Dabei sind auch für die Bereiche der NEA-Versorgung die im einführenden Text von Kapitel 2 genannten Kriterien zu berücksichtigen.

¹⁴ BBK: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, Publikation „Notstromversorgung in Unternehmen und Behörden“
https://www.bbk.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Mediathek/Publikationen/PiB/PiB-13-notstromversorgung-unternehmen-behoerden.pdf?__blob=publicationFile&v=8 [März 2023]

¹⁵ Wenn zwei oNEA nur gemeinsam die erforderliche Leistung erbringen, arbeiten sie in Lastverteilung, geben sich aber keine Redundanz.

¹⁶ Hinweis: Da die Leistung eines Verbrennungsmotors vom Luftdruck am Aufstellungsort der NEA abhängig ist, muss die Ortshöhe bei der Dimensionierung der NEA berücksichtigt werden.

¹⁷ Ordnungsgemäßer Betrieb ALLER für die Erbringung der Dienstleistung erforderlichen technischen Einrichtungen im Spitzenlastfall, siehe auch zweiter Spiegelstrich unter 2.

Ausführungsklasse

Die DIN ISO 8528-5 definiert für NEAs die vier Ausführungsklassen G1 bis G4 und nennt für jede Klasse den Einsatzbereich:

- G1: geringe Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten (Beleuchtung, einfache Antriebe);
- G2: Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten entsprechen weitgehend dem öffentlichen Netz (haustechnische Einrichtungen, Lüfter, Aufzüge);
- G3: höhere Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten und an die Kurvenform (Fernmeldeeinrichtungen);
- G4: höchste Anforderungen an Spannungs- und Frequenzverhalten und an die Kurvenform (EDV-Anlagen).

Für die Klassen G1 bis G3 werden in der DIN ISO 8528-5 konkrete Betriebsgrenzwerte für das statische und dynamische Spannungs- und Frequenzverhalten genannt. Für die Klasse G4 werden in der DIN ISO 8528-5 keine Betriebsgrenzwerte genannt. Hier müssen die Betriebsgrenzwerte auf Basis der betrieblichen und technischen Erfordernisse des Versorgungsbereichs der NEA individuell festgelegt werden. Wenn eine NEA die so ermittelten Betriebsgrenzwerte einhält, entspricht sie der Klasse G4 nach DIN ISO 8528-5.

Für ein HV-RZ müssen die erforderlichen Betriebsgrenzwerte erstmalig vor der Beschaffung und Inbetriebnahme einer NEA ermittelt und mit dem Lieferanten der NEA als verbindliche Produkteigenschaft vereinbart werden. Des Weiteren ist dauerhaft sicherzustellen, dass die Betriebsgrenzwerte einer eingesetzten NEA den betrieblichen und technischen Erfordernissen der darüber versorgten Verbraucher genügen.

2.3.1 Treibstoff der NEA

Nahezu alle gängigen Netzersatzanlagen werden über Verbrennungsmotoren auf Basis flüssigen Treibstoffs, meist Heizöl oder Diesel, angetrieben. Antriebsmaschinen, die mit Gas oder Benzin angetrieben werden, spielen in der Praxis so gut wie keine Rolle, werden daher hier nicht betrachtet. Für NEAs mit Verbrennungsmotor ist zu beachten:

- Der Bundesminister des Inneren hat zum Problem der Brennstofflagerung im Jahr 2014 eine Studie in Auftrag gegeben.¹⁸ Alle in dieser Studie enthaltenen Empfehlungen zur technischen Vermeidung der sog. „Dieselpest“ sind umzusetzen.
- Als Treibstoff ist ausschließlich schwefelarmes Heizöl nach DIN 51603-1 zu verwenden¹⁹, das ggf. entsprechend den Anforderungen des Motorenherstellers der NEA additiviert werden muss. Liegt keine Freigabe zur Verwendung von schwefelarmem Heizöl vor, muss die NEA mit FAME²⁰-freiem Diesel betrieben werden.
- Für die Lagerung des Treibstoffs ist sicherzustellen, dass dessen Temperatur zu keiner Zeit unter 4 °C sinkt.²¹

¹⁸ Die Studie kann über qualitywatch@tec4fuels.com angefordert werden. Zudem sind die wesentlichen Ergebnisse der Studie in einer BSI-Veröffentlichung zusammengefasst, siehe:

<https://www.bsi.bund.de/dok/NEA-Brennstofflagerung> [März 2023]

¹⁹ Steuerliche Probleme bei der Verwendung von Heizöl sind durch § 3 des Energiesteuergesetzes (EStG) ausgeschlossen, da stationäre Stromerzeugungsanlagen und BHKW als begünstigte Anlagen gelten.

²⁰ FAME: fatty acid methyl ester (Fettsäuremethylester)
Diesel mit FAME-Anteilen wird auch „Biodiesel“ genannt.

²¹ Siehe hierzu auch BBK-Publikation „Notstromversorgung in Unternehmen und Behörden“, Seite 38
Fundstelle siehe Fußnote 14.

Ist das nicht möglich, ist durch ein vom Motorhersteller und vom Treibstoffhersteller zugelassenes Additiv ein ausreichender Frostschutz zu bewirken.

- Alle Treibstoffleitungen sind aus Aluminium oder Edelstahl herzustellen. Kupferrohre sind nicht zulässig.
- Bei modernen Diesel-Motoren wird ein Teil des Treibstoffs zur Kühlung der Einspritzung genutzt und unverbraucht in den Kraftstoffbetriebsbehälter (auch Tagestank oder Servicebehälter genannt) zurückgeführt. Durch diese Erwärmung und den von der Kraftstoffpumpe erzeugten Druck wird eine Verschlechterung der Treibstoffqualität bewirkt. Nach Ende des NEA-Betriebs verbleiben Teile des so nachteilig beeinflussten Treibstoffs im Kraftstoffbetriebsbehälter, wodurch sich der Qualitätsabbau dort fortsetzt. Das kann dazu führen, dass der komplette Inhalt des Kraftstoffbetriebsbehälters innerhalb kurzer Zeit seine Verwendbarkeit komplett verliert und ausgetauscht werden muss. Je kleiner das Volumen des Kraftstoffbetriebsbehälters ist, desto geringer sind die dadurch entstehenden Kosten für Entsorgung und Neubeschaffung. Deshalb sollte die Treibstoffmenge im Kraftstoffbetriebsbehälter so klein wie möglich (unter einer Stunde) gehalten werden.
Wird entsprechend 2.3.5 *Gemeinsame SV-AV-Versorgung* die NEA-Versorgung der IT getrennt von der NEA der Sicherheitsstromversorgung (SV) aufgebaut, gibt es für die Mindestbetriebsdauer aus dem Kraftstoffbetriebsbehälter keine Vorgaben. Die für den SV-Bereich in der DIN 6280-13 und der AMEV Ersatzstrom 2006 geforderten 2 Stunden sind für eine reine IT-Versorgung nicht bindend.
- Es ist dringend zu empfehlen, den Inhalt des Kraftstoffbetriebsbehälters einmal im Jahr vor dessen Wiederbefüllung so weit wie möglich leer zu fahren.

Werden mehrere NEAs aus einem gemeinsamen Haupttank heraus versorgt, muss für jede beteiligte NEA eine unabhängige Treibstoff-Förderung betrieben wird.

Ist zu erwarten oder vorgesehen, dass eine Nachbefüllung des Haupttanks im laufenden Betrieb der NEA erfolgt, muss sichergestellt werden, dass die dabei aufgewirbelten Ablagerungen die Funktion der Treibstoff-Förderung nicht beeinträchtigen.

2.3.2 Treibstoffanalyse

Die Gebrauchsfähigkeit des Treibstoffs einer NEA nimmt über die Lagerungsdauer unvermeidbar ab. Der tatsächliche Stand der Gebrauchsfähigkeit kann ausschließlich durch eine geeignete Analyse beurteilt und festgestellt werden. Diese sollte sowohl für den Kraftstoffbetriebsbehälter als auch für den Haupttank spätestens alle 12 Monate durchgeführt werden oder, wenn die letzte Analyse dies nahelegt, auch in kürzeren Abständen.

Für den Haupttank kann der Abstand zwischen den Analysen vergrößert werden, wenn mindestens folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Analyse der Probe aus dem Kraftstoffbetriebsbehälter ergibt eine absolut uneingeschränkte Verwendungsfähigkeit für dessen Inhalt.
- Der Haupttank muss optimale Lagerbedingungen sicherstellen. Insbesondere bei Tanks, die im Freien aufgestellt sind, ist das wegen der möglichen Aufheizung des Tankinhalts durch Sonneneinstrahlung als nicht gegeben anzusehen.
- Der Rücklauf des Motors wird ausschließlich in den Kraftstoffbetriebsbehälter und keinesfalls in den Haupttank geleitet.

Nur wenn mindestens die drei genannten Bedingungen erfüllt sind, ist die folgende Annahme zulässig: Ist der Kraftstoff im Tagestank noch OK, wird der Kraftstoff im Haupttank erst recht OK sein.

Eine Übersicht der Parameter, die bei einer Treibstoffanalyse zu beachten sind, ist in 14.8 *Treibstoffanalyse* zu finden.

2.3.3 Filtration

Eine Filtration des Treibstoffs kann dessen regelmäßige Analyse weder ersetzen noch einen Treibstoff auf sein ursprüngliches Niveau der Gebrauchsfähigkeit regenerieren. Sie kann nur eine erhöhte Gesamtverschmutzung und Wasserphase aus dem Treibstoff entfernen. Durch die mechanische und thermische Belastung des Treibstoffs wirkt sich die Filterung auch negativ auf den Treibstoff aus, weshalb sie keinesfalls im Dauerbetrieb arbeiten darf.

Ein Filterdurchlauf pro Monat, bei dem der tatsächliche Inhalt des Kraftstoffbetriebsbehälters zweimal den Filter durchläuft, ist meist ausreichend.

Bei der Auswahl und Dimensionierung der Filteranlage ist darauf zu achten, dass der Treibstoff bei der Filtration so gering wie möglich mechanisch und thermisch belastet wird.

Ist keine Filtrationsanlage vorhanden, sollte der Tank regelmäßig, beispielsweise monatlich, auf eine eventuell vorhandene freie Wasserphase am Tankboden geprüft werden.

2.3.4 Brennstoffzellen-NEA

Die Brennstoffzellentechnik ist inzwischen so weit fortgeschritten, dass sie als Basis für Netzersatztechnik dienen kann.²² Es ist daher zu prüfen, ob diese Technologie eingesetzt werden kann.

Wird eine Brennstoffzelle im Dauerbetrieb, also nicht nur als NEA, betrieben, sei folgender positiver Nebeneffekt erwähnt: Eine Brennstoffzelle erzeugt, quasi als Abfallprodukt, stark Sauerstoff-abgereicherte Luft, die zum Zweck der Sauerstoffreduzierung im Rahmen des Brandschutzes genutzt werden kann.

2.3.5 Gemeinsame SV-AV-Versorgung

Die gemeinsame Versorgung einer ggf. baurechtlich erforderlichen Sicherheitsstromversorgung (SV) und der IT eines HV-RZ aus einer gemeinsamen NEA ist für HV-RZ nicht zulässig.

Die DIN VDE 0100-560.6.7 sagt dazu: „Eine Stromquelle für Sicherheitszwecke darf nur dann zusätzlich für andere Zwecke als zur Versorgung von Einrichtungen für Sicherheitszwecke verwendet werden, wenn die Verfügbarkeit für die Versorgung der Einrichtungen für Sicherheitszwecke dadurch nicht beeinträchtigt wird.“ Damit ist eine gemeinsame Versorgung von SV und IT-Versorgung nach DIN VDE durchaus zulässig. Es muss aber sichergestellt werden, dass die SV immer den Vorrang hat. Steigt also, aus welchem Grund auch immer, der Leistungsbedarf der SV an, muss ggf. im Gegenzug die Leistungsbereitstellung für die IT reduziert werden, mit der Folge, dass bei Ausfall der Netzversorgung die IT nicht im erforderlichen Umfang NEA-versorgt werden kann.

2.4 USV

USV-Systeme haben den Zweck, bei Ausfall des vorgelagerten Versorgungsnetzes Verbraucher bis zur Wiederkehr des Netzes oder zur Versorgung durch eine NEA unterbrechungsfrei zu versorgen. Die beiden wesentlichen Parameter eines USV-Systems sind dafür die bereitgestellte Leistung und die Dauer, über die hinweg diese Leistung erbracht werden kann, also die Autonomiezeit.

USV-Systeme, die der Verfügbarkeit im Rahmen der Bereitstellung von Dienstleistungen eines HV-RZ dienen, müssen solche der Klasse VFI-SS-111 nach IEC 62040-3 sein oder, z. B. bei dynamischen Systemen, mindestens gleichwertige Eigenschaften haben.

Eine USV ist trotz ihrer Eigenschaft, Spannungsschwankungen auch zu höheren Werten hin abzufangen, keinesfalls als Mittel des Überspannungsschutzes anzusehen. USV-Systemen muss, wie jedem anderen

²² Durch die Zusammenschaltung einzelner Module sind schon Brennstoffzellen-NEAs mit bis zu 1,5 MVA realisiert worden.

elektrischen Gerät auch, ein ordnungsgemäßer Überspannungsschutz vorgeschaltet werden. Details dazu sind in einem Überspannungsschutzkonzept festzulegen.

2.4.1 Leistungsauslegung

Um die Verlustleistung von USV-Systemen gering zu halten, sind diese so zu dimensionieren, dass sie im Grundlastdauerbetrieb in einer möglichst hohen Auslastung betrieben werden. Bei einzeln wirkenden oder in Gruppen parallel wirkenden USV-Systemen ohne Redundanz-Anspruch sollte die Auslastung zwischen 75 % und 90 % der maximalen Dauerleistung liegen.

Bei einander Redundanz gebenden USV-Systemen richtet sich die maximale Auslastung im Normalbetrieb (alle Systeme der Redundanzgruppe stehen zu Verfügung) nach dem Aufbau der Redundanzgruppe und danach, ob der Ausfall von nur einem oder von zwei Systemen in der Gruppe kompensiert werden soll. Die Auslastung der USV-Systeme in einer Redundanzgruppe darf im Normalbetrieb maximal so hoch sein, dass die Mehrlast bei Ausfall von einem oder zwei USV-System/en in der Gruppe von den verbleibenden übernommen werden kann.

Es ergeben sich je nach Größe und Aufbau der Redundanzgruppe damit ganz unterschiedliche Werte für die maximale Auslastung der beteiligten USV-Systeme im Normalbetrieb. Diese Zusammenhänge werden in 14.9 *Leistungsauslegung redundanter Systeme* ausführlich dargestellt.

Bei der Leistungsauslegung der USV-Systeme muss zudem berücksichtigt werden, dass über die IT hinaus ggf. auch Systeme durch die USV zu versorgen sind, die sicherstellen, dass bis zum Abschluss eines Shutdowns die maximale Betriebstemperatur der IT-Systeme nicht überschritten wird (Notkühlung). Ebenso sind die Steuerungen aller während eines Shutdowns erforderlichen Supportsysteme (Kühlung- und Pumpentechnik etc.) und GA²³-Komponenten sowie alle Einrichtungen der Sicherheitstechnik (GMA, ZKA, Video etc.) gleichwertig zur IT durch USV-Systeme zu versorgen.

2.4.2 Autonomiezeit

Es muss gewährleistet sein, dass USV-Systeme eines HV-RZ bei einem Totalausfall der Energieversorgung (d. h. Netz und NEA stehen nicht zur Verfügung) in der Lage sind, für eine ausreichend lange Zeit (Autonomiezeit, auch Stützzeit genannt) Energie bereitzustellen, um die relevanten IT-Systeme geordnet herunterfahren (Shutdown) zu können.

In einer mehrpfadigen Stromversorgung ist in jedem Pfad ein USV-System zu implementieren. Jedes USV-System muss die Autonomiezeit im Alleinbetrieb sicherstellen.

Die für die Auslegung der Batteriekapazität einer statischen USV²⁴ relevante erforderliche Autonomiezeit ist in Anlehnung an folgende Formel zu ermitteln:

$$\text{Autonomiezeit} = \text{Wartezeit} + 2 \times \text{Shutdownzeit}$$

Wartezeit

Bei Ausfall der Netz-Versorgung gibt es bis zur Bereitstellung der NEA-Versorgung eine kurze Zeitspanne, in der keine Energieversorgung zur Verfügung steht, auch Dunkelphase genannt, die bestimmte Verbraucher durch USV-Systeme überbrückt werden muss. Diese Zeitspanne beträgt typisch 10 bis 20 Sekunden, kann bei Startschwierigkeiten der NEA aber auch mehrere Minuten dauern. Es ist daher nicht zweckmäßig, sofort bei Ausfall der Energieversorgung einen Shutdown zu starten, sondern damit etwas zu warten. Eine Wartezeit von ca. 5 Minuten ist als sinnvoll anzusehen.

Shutdownzeit

Die Shutdownzeit ist die Zeit, die erforderlich ist, um alle relevanten Systeme so rasch wie möglich und hinreichend geordnet herunter zu fahren, um Datenverluste zu vermeiden und ein möglichst rasches

²³ GA - Gebäudeautomation

²⁴ Zur Autonomiezeit von dynamischen USV-Systemen siehe 2.4.3 *Statische vs. dynamische USV*.

Wiederhochfahren der Systeme zu ermöglichen. Insbesondere bei Datenbanksystemen oder IT-Hardware, die bei einem schlagartigen Versorgungsausfall Schaden nehmen können, ist ein Shutdown erforderlich. Die erforderliche Dauer eines Shutdowns wird meist theoretisch festgelegt. Es empfiehlt sich aber, durch einen echten Shutdown diesen Wert von Zeit zu Zeit zu überprüfen. Ist die Shutdownzeit nicht bestimmbar, sollte in einem ersten Ansatz von ca. 30 Minuten ausgegangen werden.

Ohne nähere Betrachtung von Warte- und Shutdownzeit läuft das auf eine Autonomiezeit der USV von ca. 60 bis 70 Minuten hinaus.

2.4.3 Statische vs. dynamische USV

Neben den klassischen statischen USV-Systemen stehen auch dynamische USV-Systeme zur Verfügung. Der wesentliche Unterschied der beiden USV-Arten besteht in der Art der Energiespeicherung.

- Bei statischen USV-Systemen wird die Energie chemisch in Batterien²⁵ gespeichert und bei Ausfall der Primärenergie für die gesamte Autonomiezeit aus diesem Speicher entnommen.
- Bei dynamischen USV-Systemen wird die Energie kinetisch in einer rotierenden Schwungmasse gespeichert. Bei Ausfall der Primärenergie treibt diese Schwungmasse einen Generator an, der die angeschlossenen Verbraucher versorgt.

Diese unterschiedliche Speichertechnologie hat ganz wesentliche Bedeutung für den Einsatz statischer oder dynamischer USV-Systeme. Bis in den mittleren dreistelligen kVA-Bereich leisten statische USV-Systeme gute Dienste. Geht die erforderliche Leistung darüber hinaus, kommen zunehmend dynamische Systeme zur Anwendung.

Haben bei der Leistung also dynamische Systeme Vorteile, sieht es bei der Autonomiezeit anders aus. Während bei statischen Systemen die Autonomiezeit durchaus 90 oder 120 Minuten betragen kann, beträgt sie bei dynamischen Systemen technologiebedingt (Energiespeicherung in einer Schwungmasse) deutlich unter einer Minute. Um einen sicheren Shutdown zu ermöglichen, ist daher bei dynamischen Systemen die Bereitstellung einer klassischen NEA zwingend erforderlich.

2.4.4 Hand-Bypass

Um sicherzustellen, dass ein USV-System auch bei einem Notfall, z. B. Totalversagen durch Brand, geordnet und einfach aus dem Versorgungsstrang herausgeschaltet werden kann, ist jedes USV-System mit einem getrennt aufgebauten Hand-Bypass auszustatten. Damit dieser auch bei einem Brand des USV-Systems funktionsfähig und zugänglich bleibt, ist er in einem vom zugehörigen USV-System und Batterieraum brandschutztechnisch getrennten Bereich (mind. F 30) anzuordnen. Der Hand-Bypass muss in jedem Fall 4-polig ausgeführt werden. Dabei ist sicherzustellen, dass der N-Kontakt des Schalters beim Öffnen nach- und beim Schließen voreilt.

Der Hand-Bypass ist so zu realisieren, dass dessen Schaltung möglichst einfach, also mit einem, maximal zwei Handgriffen, durchführbar ist. Unmittelbar bei dem Hand-Bypass ist eine auch unter Stress leicht verständliche Bedienungsanleitung anzubringen. Eine alleinige Bereitstellung der Bedienungsanleitung irgendwo in einem Aktenordner ist nicht ausreichend.

2.4.5 Getrennte Unterbringung der Batterien

Bei USV-Systemen im hohen zweistelligen kVA-Bereich und darüber sind die Leistungselektronik und die zugehörigen Batterien meist in getrennten Baugruppen aufgebaut. Diese Trennung sollte im Sinne der Erhöhung der Verfügbarkeit eines USV-Systems genutzt und die Batterien auch räumlich und damit kühltechnisch getrennt von der Leistungselektronik untergebracht werden.

²⁵ Da im Sprachgebrauch auch im USV-Umfeld der Begriff „Batterie“ fest etabliert ist, wird hier auf die eigentlich korrekte Bezeichnung „Akkumulator“ verzichtet.

Die genauen Zusammenhänge sind in 14.10 *Getrennte Unterbringung der Batterien* erläutert.

2.4.6 Anordnung und Verdrahtung der Batterien

Leistungsstarke USV-Systeme haben i. d. R. Batterieblöcke, die aus mehreren in Reihe geschalteten Batterien bestehen. Diese Reihenschaltung dient der Erhöhung der Gesamtspannung des Batterieblocks. Je höher die Spannung ist, desto mehr Leistung steht bei einem definierten Batteriestrom zur Verfügung. Zur besseren Ladeüberwachung und Ladezustandserhaltung der Batterien haben solche Batterieblöcke oft einen Mittelabgriff (MA).

Da der maximale Entladestrom, den Batterien zerstörungsfrei bereitstellen können, begrenzt ist, werden bei höherem Leistungsbedarf mehrere Batterieblöcke parallel betrieben.

Um einen langfristig möglichst optimalen Betrieb solcher Batterieblöcke zu gewährleisten, ergeben sich Anforderungen an den Aufbau und die Verdrahtung der Batterieblöcke:

- Die Länge der beiden Strompfadteile (+ → MA, grün sowie MA → –, grau in Abbildung 3) zwischen den jeweiligen Klemmen an der USV dürfen sich um maximal 10 cm unterscheiden. Nur so kann sichergestellt werden, dass Unterschiede der beiden Teilspannungen U_a und U_b nicht durch Unterschiede der Kabellängen verursacht werden, sondern auf Veränderung von Batterieeigenschaften zurückgehen. Sich ändernde Batterieeigenschaften (z. B. durch Alterung) können zum einen bei der Art der Erhaltungsladung berücksichtigt werden. Zum anderen kann so Ausfällen einzelner Batterien durch Austausch rechtzeitig vorgebeugt werden.
- Bei vorhandenem Mittelabgriff und höhenversetztem Aufbau der Batterien in einem Regal müssen die Batterien vor und hinter dem Mittelabgriff hinsichtlich der Höhe in gleicher Weise im Regal verteilt werden. (vertikale Teilung, siehe Abbildung 3)
Das Ladeverhalten einer Batterie ist von deren Temperatur abhängig. Batterien stehen im oberen Teil eines Regals wegen des vertikalen Temperaturgradienten in einer wärmeren Umgebung als die unten. Stünde ein Teilstrang (+ bis MA) oben im Regal und der andere (MA bis –) unten (horizontale Teilung), würde sich für die beiden Teilstränge ein unterschiedliches Ladeverhalten ergeben, was trotz eigentlich intakter Batterien zu unterschiedlichen Teilspannungen U_a und U_b führen würde und infolge zu einer falschen Laderegelung.
- Werden mehrere Batterieblöcke parallelgeschaltet, müssen die Anzahl der Batterien sowie die Aufteilung und Aufstellung im Regal exakt gleich sein. Die Gesamtlänge der Strompfade der parallelen Blöcke darf sich um maximal 10 cm unterscheiden.

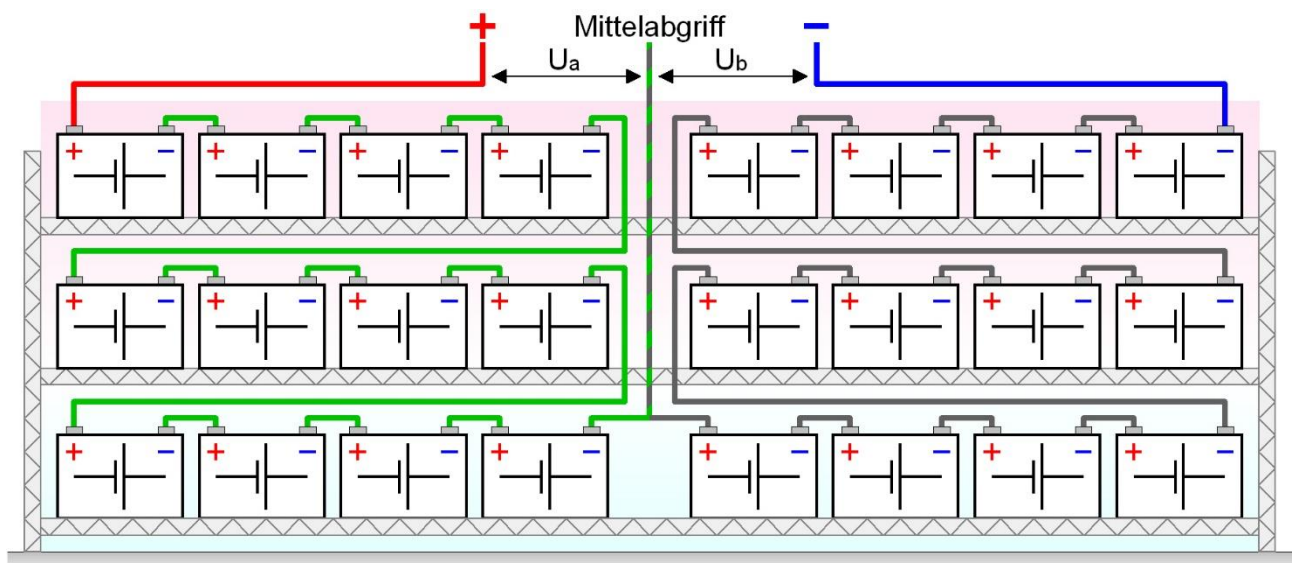


Abbildung 3: Anordnung (vertikale Teilung) und Verdrahtung eines durch Mittelabgriff geteilten Batterieblocks (Bild: BSI)

2.5 PUE-Wert

Selbstverständlich ist ein möglichst guter PUE-Wert²⁶ anzustreben. Dieses Ziel steht aber in unauflösbarem Widerspruch zur den angesichts der hohen oder sehr hohen Verfügbarkeits-Anforderung erforderlichen Redundanzen. Daher ist der PUE-Wert bei allen Planungen zwar zu beachten, aber ohne dass das zu unververtretbaren Beeinträchtigungen der Sicherstellung der Verfügbarkeit mittels Redundanz führt.

²⁶ Power Usage Effectiveness, Verhältnis des Energieverbrauchs des kompletten RZ zu dem der reinen IT

3 Energieverteilung im RZ

Die durch EVU, NEA und USV bereitgestellte Energie muss in einer allen Bedürfnissen der modernen IT genügenden Weise im HV-RZ verteilt werden. Dabei spielt neben dem korrekten Aufbau des Verteilnetzes auch die permanente Überwachung auf Einhaltung aller Betriebsparameter eine wichtige Rolle.

3.1 Netzaufbau

Ein den Anforderungen der VDE-Vorschriften genügender Aufbau des Verteilnetzes ist eine notwendige, aber nicht in jedem Fall hinreichende Voraussetzung für eine den Bedürfnissen eines HV-RZ genügende Energieversorgung. Es ist daher erforderlich, Aspekte, zu denen die VDE-Vorschriften gewisse Freiheitsgrade enthalten, unter dem Aspekt der Verfügbarkeit zu präzisieren.

3.1.1 Zentraler Erdungspunkt / Netzform

Die Energieversorgung in einem HV-RZ ist ab der NSHV ist entsprechend VDE 0100, Teil 444.4.3.2 als TN-S-System aufzubauen. Es darf daher nur eine einzige Verbindung zwischen dem N- und dem PE-System geben, den Zentralen Erdungspunkt (ZEP). Aufbauten, bei denen neben dem ZEP in der NSHV eine weitere Sternpunkterdung in einer NEA oder am Trafo oder eine N-PE-Verbindung an anderer Stelle vorgenommen wird, sind unzulässig.

Die Kuppelschalter in der NSHV sowie die Kuppel- und Trennschalter der Anschaltung von Trafo, NEA oder anderen speisenden Quellen, dürfen nur 3-polig arbeiten, der PEN darf wegen seiner PE-Teilfunktion nicht geschaltet werden, siehe Abbildung 4.

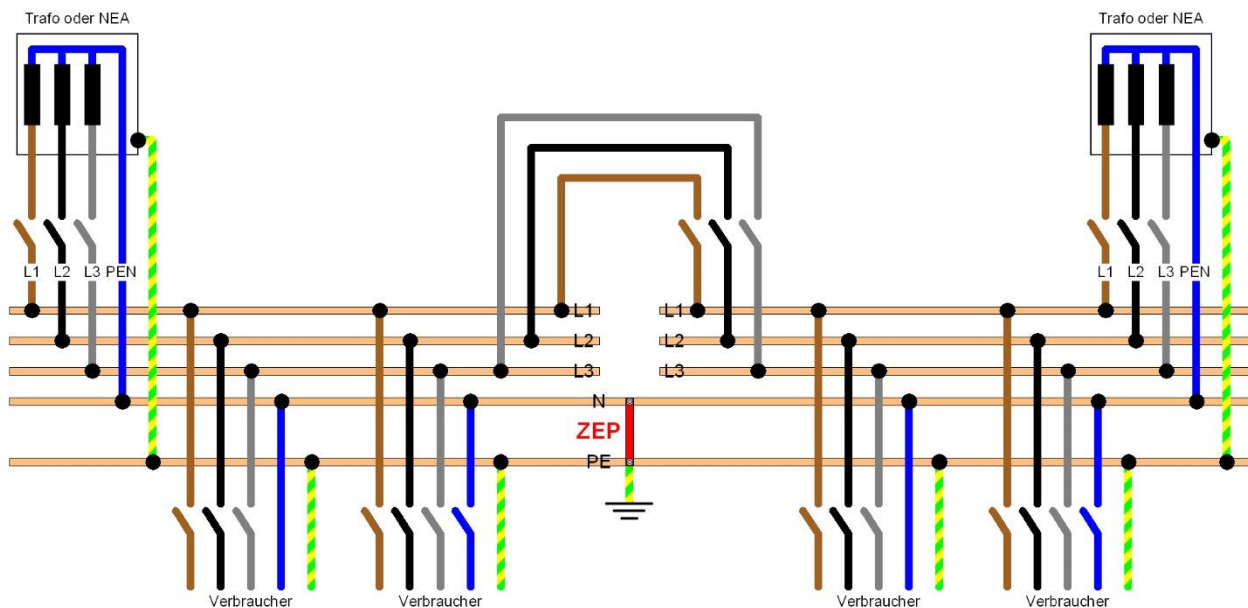


Abbildung 4: Anordnung des ZEP in einer NSHV mit mehreren speisenden Quellen (Bild: BSI)²⁷

Wird eine zweipfadige A-B-Versorgung in einer Weise errichtet, dass jeder der beiden Pfade eine eigene NSHV erhält und in jeder dieser beiden NSHV ein ZEP aufgebaut wird, ist sicherzustellen, dass es an keiner Stelle im Stromversorgungsnetz eine galvanische Verbindung zwischen den N-Leitern der beiden Pfade gibt. Das ist durch regelmäßige händische Messung (mindestens einmal pro Monat) oder (besser) durch eine permanent wirkende und sofort meldende technische Überwachung (Monitoring) sicherzustellen.

²⁷ Dass zwei Verbraucher-Abgänge mit 3-poligen und zwei mit 4-poligen Schaltern dargestellt sind, soll verdeutlichen, dass hier sowohl Leitungsschutzschalter (LS) als auch Fehlerstrom-Schutzschalter (RCD) Anwendung finden.

3.1.2 Erdungssystem

Das gesamte Gebäude ist in allen Gewerken so auszuführen, dass es bei der Inbetriebnahme und danach für möglichst viele Nutzungsjahre die bestmöglichen technisch realisierbaren EMV-Eigenschaften²⁸ aufweist. Als Grundlage dafür ist ein erdfühliges und niederimpedantes Erdungssystem aufzubauen. Dabei sind folgenden Eigenschaften und Qualitäten anzustreben:

- Ausbildung eines horizontal und vertikal vermaschten Potenzialausgleichssystems.
- Das Erdungssystem ist so auszuführen, dass darauf weder galvanisch noch induktiv Ströme eingekoppelt werden.
- Unterhalb der Sauberkeitsschicht der Kellersohle ist ein Untererdersystem mit Maschenweite $\leq 20\text{ m}$ ²⁹ aufzubauen.
- Herstellen von Erderauslässen mit 15 m maximalem Abstand, in der NSHV mindestens 2 Erderauslässe, an allen anderen Verteilungen und IT-Betriebsräumen mindestens ein Erderauslass.
- Die Betonarmierung ist durch funktionsgeprüfte Erdungsfestpunkte für Messzwecke dauerhaft zugänglich zu machen.
- Bereits in den Ausführungszeichnungen ist die Vergabe einer Nummer der Erderauslässe zur späteren Nachprüfung/Dokumentation erforderlich.
- Für die Erdung und den Potenzialausgleich ist die DIN EN 50310 VDE 0800-2-310:2011-05 zu berücksichtigen.
- Zur Sicherstellung der erforderlichen Abschaltbedingungen sowie zur Blitzschutzerdung ist ein Erdübergangswiderstand mit $\leq 2\ \Omega$ zu schaffen.
- Alle Potenzialleiterverbindungen und das gesamte Erdungssystem müssen niederimpedant ($\leq 0,2\ \Omega$) sein, nachgewiesen durch belastende 4-Leiter-Messung gemäß VDE 0185.
- Das metallische Ständerwerk von Trockenbauwänden ist mit dem Erdungssystem zu verbinden.

3.1.3 Zweizügiger Aufbau der Energieverteilung

Die Energieverteilung in einem HV-RZ ist mindestens zwischen der Niederspannungshauptverteilung (NSHV) und den Verbrauchsmitteln in Form einer A-B-Versorgung zweizügig aufzubauen. Die beiden Pfade dieser A-B-Versorgung sind, soweit möglich, gegeneinander in E 90-Funktionalität zu schotten.

Ein zweizügiger Aufbau bereits ab der Mittelspannungsschaltanlage, also inkl. der Trafos und der NSHV, kann vorteilhaft sein. Dies ist im Einzelfall hinsichtlich des tatsächlichen Zugewinns an Verfügbarkeit zu prüfen. In einem solchen Fall ist im Zusammenhang mit der Netzform besonderes Augenmerk auf den Zentralen Erdungspunkt (3.1.1 *Zentraler Erdungspunkt / Netzform*) zu legen. Es muss unter allen Umständen gewährleistet werden, dass zwischen den N-Leiter-Systemen der beiden Netze (A und B) zu keinem Zeitpunkt eine leitende Verbindung hergestellt wird. Durch permanente Netzüberwachung (3.4.2 *Netzüberwachung*) muss sichergestellt werden, dass eine unbeabsichtigte Verbindung der beiden N-Leiter-Systeme sofort erkannt und umgehend wieder entfernt wird.

Für verfügbarkeitsrelevante Verbrauchsmittel, die nur über ein Netzteil verfügen, also nicht für eine A-B-Versorgung ausgelegt sind, ist eine der A-B-Versorgung möglichst gleichwertige technische Lösung herbeizuführen, z. B. durch Transferschalter.

²⁸ Siehe 14.16 *EMV-günstige Bauwerksausführung*.

²⁹ Die angestrebte Schutzklasse des äußeren Blitzschutzes kann eine kleinere Maschenweite erforderlich machen.

3.1.4 A-B-Versorgung im IT-Rack

Wird die A-B-Versorgung in einem IT-Rack durch getrennt aufgebaute Steckdosenleisten (PDU³⁰) realisiert, sollten die für den A-Pfad verwendeten Anschlusskabel eine deutlich andere Farbe haben als die des B-Pfades. Damit wird die optische Kontrolle, ob alle A-B-versorgten Geräte richtig angeschlossen sind, enorm vereinfacht. In den PDU des A-Pfades dürfen nur Kabel der einen, in den des B-Pfades nur Kabel der anderen Farbe stecken und an jedem A-B-versorgten Gerät müssen immer unterschiedlich farbige Kabel angeschlossen sein.

3.1.5 Transferschalter

Eine konsequent zweizügig aufgebaute Energieverteilung stellt die Versorgung auch für den Fall sicher, dass einer der beiden Pfade ausfällt. Um das Risiko eines Totalausfalls bei gleichzeitig in beiden Pfaden auftretenden Fehlern zu minimieren, kann man Transferschalter verwenden. Neben der zweckmäßigen Auswahl der Art eines Transferschalters (14.11.1 *Transferschalter-Typen*) kommt auch der Art und Weise, wie Transferschalter in redundante Pfade eingebunden werden (14.11.2 *Transferschalter-Einbindung*) eine wichtige Bedeutung zu.

3.2 Verteilungen

Alle Verteilungen müssen über die Beachtung der VDE-Vorschriften hinaus so realisiert werden, dass sie den Kriterien der Messbarkeit (siehe 3.2.2 *Handmessung* und 3.4.2 *Netzüberwachung*), der Erweiterbarkeit und der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) genügen.

3.2.1 Aufbau

Verteilungen sind bevorzugt mit senkrechtem Innenaufbau, wie in Abbildung 5 gezeigt, zu errichten. Dieser Aufbau hat zahlreiche Vorteile, u. a.:

- Der Einbau von Klemmen (potenzielle Fehlerquellen) für die abgehenden Leitungen kann entfallen.
- Messungen mit Zangenamperemeter, Rogowskispule und Wärmebildkamera sind im laufenden Betrieb ohne Abschaltungen oder die Entfernung von Abdeckungen prüfbar.
- Die Erweiterbarkeit ist gegeben.

³⁰ PDU = Power Distribution Unit

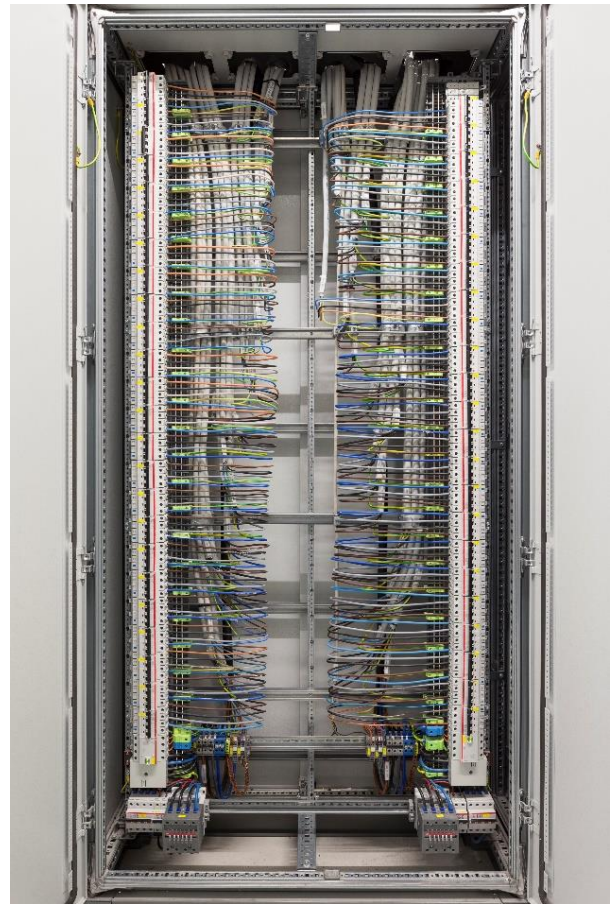


Abbildung 5: Moderne, EMV-gerechte und den Erfordernissen hoher Verfügbarkeitsansprüche der IT genügende Verteilungen (Bilder: Werner Henke)

Um die Zugänglichkeit zum Zweck der Messung nicht unnötig zu erschweren, sind Doppelstockklemmen zu vermeiden.

Der Aufbau der Verteilung muss komplett fingersicher erfolgen und auf Abdeckungen ist zu verzichten. Es dürfen nur solche Bauelemente verbaut werden, die den 10 s Brandtest nach VDE 0100 bestehen.

3.2.2 Handmessung

Die Zuleitungen aller Verteilungen und bei der NSHV auch alle Abgänge zu den nachfolgenden Verteilungen sind so aufzubauen, dass folgende Messungen mittels Zangenamperemeter (bevorzugt) oder unter Nutzung von Rogowskispulen (wenn anders nicht realisierbar) möglich sind:

- jeder Leiter (L1, L2, L3, N, PE) einzeln
- die drei Außenleiter (L1, L2, L3) gemeinsam
- die drei Außenleiter gemeinsam mit dem Neutralleiter (L1, L2, L3, N)
- der ZEP (sofern am Messort vorhanden)

Abbildung 6 und Abbildung 7 zeigen beispielhaft für die vorgenannten Handmessungen geeignete Aufbauten.



Abbildung 6: Sachgerechter Aufbau der Zuleitung zu einer Hauptverteilung. Das linke Messgerät ist am ZEP angelegt. (Bild: BSI)

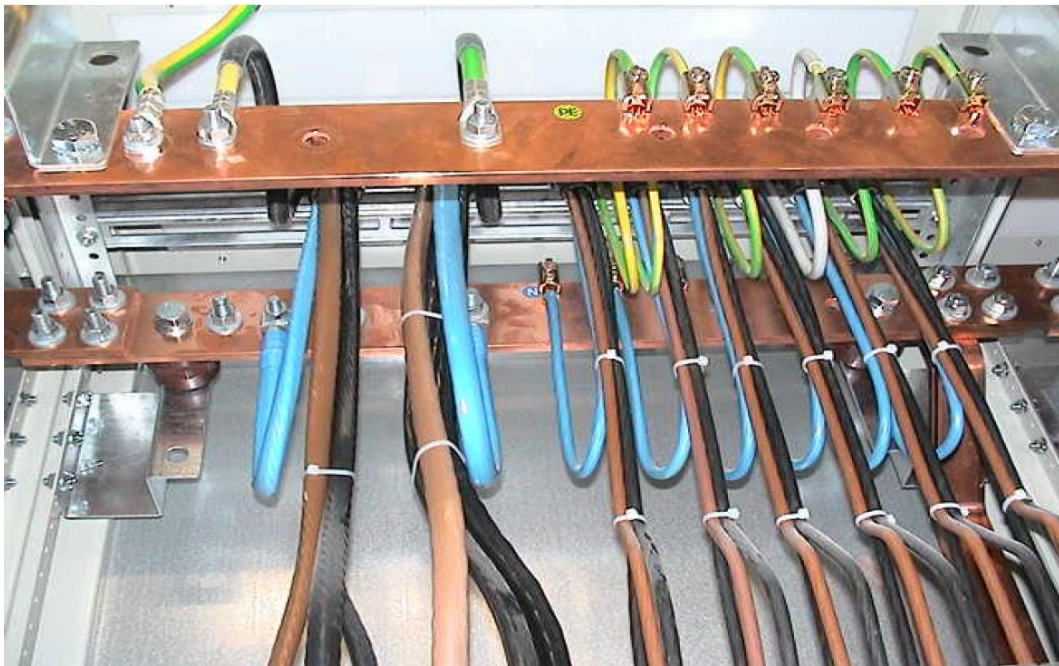


Abbildung 7: Sachgerechter Aufbau von Abgängen einer Verteilung, der die oben genannten Messungen ermöglicht. (Bild: Karl-Heinz Otto)

Beim Einbau automatisch arbeitender Messsysteme sind die Messstellen so herzurichten, dass die korrekte Messfunktion der automatischen Systeme durch händische Messung geprüft werden kann.

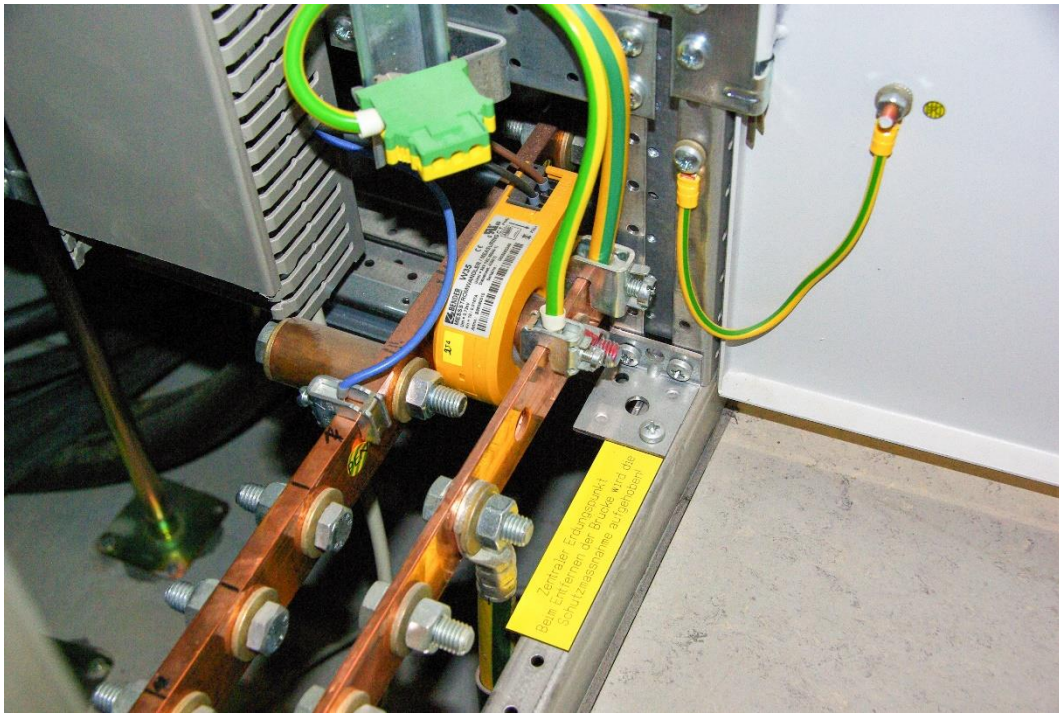


Abbildung 8: Bei diesem ZEP ist eine händische Prüfmessung nicht möglich. (Bild: BSI)

Die Abbildung 8 zeigt einen ZEP, bei dem zwar ein Messwandler für eine automatische Messung eingebaut ist, eine händische Prüfmessung aber nicht möglich ist.

3.2.3 Erweiterbarkeit

Alle Verteilungen sind im Erstaufbau so auszulegen, dass nachträgliche Erweiterungen, z. B. für zusätzliche Abgänge, im Rahmen der vorhandenen Kapazitäten ohne Abschaltung der Verteilung möglich sind. Bestandsinstallationen sind bei jedem Umbau oder jeder Erweiterung in vorgenannter Weise anzupassen.

3.2.4 RCD für Steckdosenstromkreise

Die DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.3.3 fordert für „Steckdosen mit einem Bemessungsstrom nicht größer 20 A, die für die Benutzung durch Laien ... bestimmt sind“ den Einbau von RCDs.

Davon abweichend ist es laut DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.3.3 möglich, auf RCDs zu verzichten, wenn die Anlagen „von Elektrofachkräften in Stand gehalten werden und durch messtechnische Maßnahmen sichergestellt ist, dass dadurch Schäden rechtzeitig entdeckt und behoben werden können.“

Die hier genannten messtechnischen Maßnahmen können z. B. die in 3.4.2 Netzüberwachung beschriebenen sein.

3.2.5 N-Trennklemmen

N-Trennklemmen, über die gleichzeitig für mehrere einphasige Abgangsstromkreise der N-Leiter getrennt werden kann, sind, obschon nach Norm zulässig, wegen der erhöhten Anforderung an die Verfügbarkeit in einem HV-RZ aus rein technischer Sicht nicht zulässig.

Aus der DIN VDE 0100-718-421-8 ergibt sich zwar die Verpflichtung, dass eine „einfache Messung des Isolationswiderstandes aller Leiter gegen Erde jedes einzelnen abgehenden Stromkreises ... bei Leiterquerschnitten unter 10 mm² ... ohne Abklemmen des Neutralleiters ...“, z. B. durch Einbau von

„Neutralleitertrennklemmen“ möglich sein muss. Der Einbau von N-Trennklemmen ist nicht ausdrücklich gefordert, sondern lediglich als eine Möglichkeit genannt.³¹

Um die Vorgabe aus der DIN VDE unter Verzicht auf N-Trennklemmen zu erfüllen, können z. B. Abgangsstromkreise mit allpolig (Außenleiter und N) schaltenden Leitungsschutzschaltern oder RCBO (FI/LS-Schalter) ausgestattet werden.³²

Weitere Informationen zu den Problemen, die mit N-Trennklemmen verbunden sein können, sind in 14.12.2 N-Trennklemmen zu finden.

3.2.6 N-Leiter-Führung

In allen Verteilungen ist der N-Leiter aus Gründen der EMV möglichst nah bei den zugehörigen Außenleitern und zugleich mit maximalem Abstand vom PE-Leiter zu führen. Damit wird zum einen die Ausbildung von Induktionsschleifen zwischen Außen- und Neutralleiter und zum anderen die induktive Kopplung von N-Leiter-Strömen auf den PE-Leiter vermindert.

In der folgenden Abbildung 9 wird das Problem am Bild einer nicht EMV-gerecht aufgebauten Verteilung erläutert.

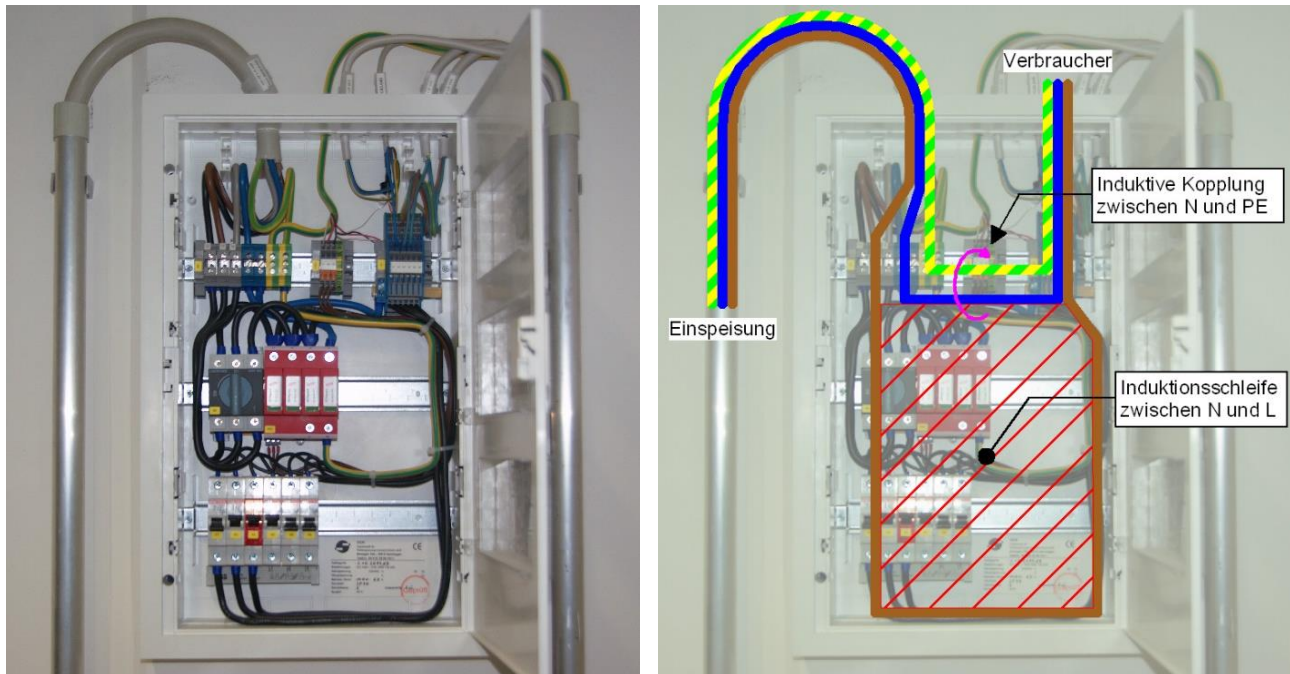


Abbildung 9: Induktive Kopplungen in einer nicht EMV-gerecht aufgebauten Verteilung (Bilder: BSI)

Durch die weite Trennung von N (blau) und L (braun) wird zwischen diesen beiden eine recht große Induktionsschleife gebildet (rot schraffiert). Die im Umfeld elektrischer Installationen allgegenwärtigen elektromagnetischen Felder können über solche Induktionsschleifen in den geschlossenen Stromkreis von der Einspeisung über L zum Verbraucher und von dort über den N zurück zur Einspeisung vollkommen unvorhersehbare Ströme einkoppeln, was zu ebenso nicht vorhersehbaren und meist nachteiligen Folgen für die Betriebssicherheit der IT führt.

Bei der gleichzeitigen engen Führung des N- und des PE-Leiters wird durch das Trafo-Prinzip vom N-Leiter aus ein Strom im PE-Leiter induziert, der dort gar nicht hingehört.

³¹ In einer Mail vom 31.01.2006 vom VDE, die dem BSI vorliegt, weist der Verfasser der Mail ausdrücklich darauf hin, dass der „Einbau von N-Trennklemmen“ nur „ein Beispiel und keine ausschließliche Forderung“ ist.

³² Damit wird gleichzeitig der Anforderung aus DIN VDE 0100-410 Abschnitt 411.3.3 (siehe 3.2.4 RCD für Steckdosenstromkreise) Rechnung getragen.

3.3 Leitungsnetz

Beim Aufbau des Leitungsnetzes sind folgende Hinweise zu beachten.

3.3.1 Stromschienen

Bei der Verwendung von Stromschienen ist darauf zu achten, dass diese eine hohe Spannungsfestigkeit haben sowie dass der N-Leiter doppelt ausgeführt ist und zwischen den Außenleitern liegt (L-N-L-N-L). Für die Außenhülle ist nicht-ferromagnetisches Material zu verwenden, z. B. ein verpresstes Aluminiumgehäuse.

3.3.2 Verlegung von Einzeladern

Die Führung der Niederspannungsleitungen in Einzeladern ist aus EMV-Gründen zu vermeiden. Wenn es, z. B. wegen des benötigten Querschnitts, erforderlich ist, an Stelle eines mehradrigen Kabels Einzeladern zu verlegen, ist zur Verbesserung der EMV-Eigenschaften folgendes zu berücksichtigen:

- Alle Einzeladern, die gemeinsam eine Leitung mit höherem Querschnitt oder ein mehradriges Kabel ersetzen, müssen cm-genau die gleiche Länge haben.
- Die Einzeladern sind jeweils wie ein Kabel gebündelt und, wenn möglich, verdreht zu führen, wobei dann nur die drei Außen- und der Neutraleiter miteinander verdreht werden. Der PE-Leiter wird neben dem verdrehten Vierer verlegt, siehe Abbildung 10 links.
- Ist eine Verdrehung nicht möglich, sollen die gleichen Leiter benachbarter Bündel zueinander ausgerichtet sein (Spiegelung), siehe Abbildung 10 rechts.

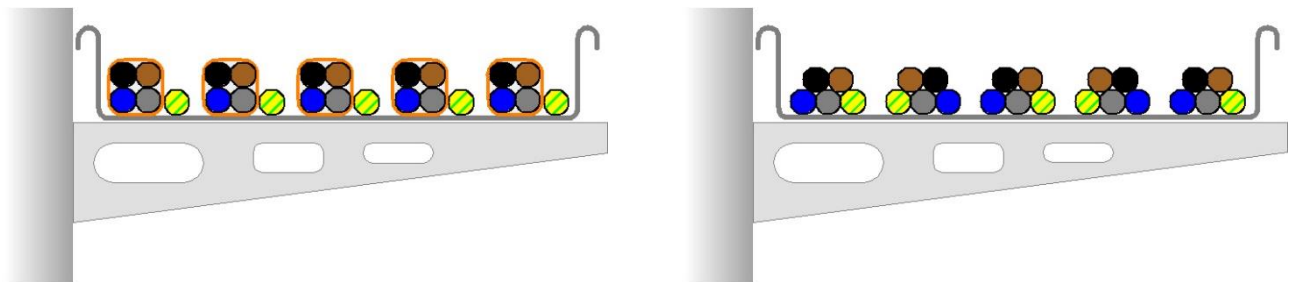


Abbildung 10: Bündelung von Einzeladern, links Außen- und Neutraleiter verdreht, rechts in paralleler Verlegung (Bilder: BSI)

Eine nach Funktion getrennte Bündelung nach Außenleiter, Neutraleiter und PE-Leiter, wie in Abbildung 11 dargestellt, ist nicht zulässig.

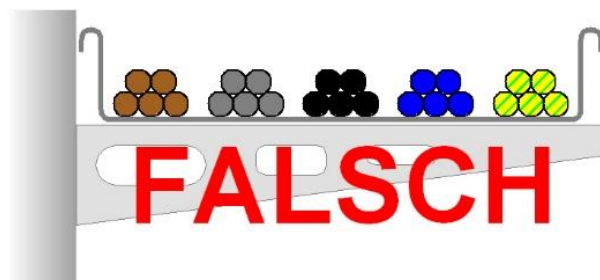


Abbildung 11: Unzulässige Bündelung nach Funktion der Einzeladern (Bild: BSI)

Durch die in Abbildung 10 dargestellte Verlegeart von Einzeladern wird gleichermaßen die gegenseitige induktive Beeinflussung wie die Beeinflussung durch externe Magnetfelder gegenüber der in Abbildung 11 dargestellten Verlegeart weitgehend minimiert.

3.3.3 N-Leiter-Querschnitt

Der N-Leiter muss im gesamten Netz mindestens den gleichen, ggf. sogar einen größeren Querschnitt haben, als die zugehörigen Außenleiter. (Siehe hierzu 14.12.1 Reduzierter N-Leiter-Querschnitt.)

3.3.4 Kennzeichnung von Kabeln

Die Umsetzung von Vorgaben oder Richtlinien, die lediglich festlegen, Kabel an ihren Endpunkten eindeutig zu kennzeichnen oder zu nummerieren, ist unzureichend. Insbesondere zur Umsetzung der Anforderung *INF.12.A8 Entfernen und Deaktivieren nicht mehr benötigter Kabel* des Bausteins *INF.12 Verkabelung* des BSI IT-Grundschutz-Kompendiums muss es möglich sein, Kabel auch auf den Trassen eindeutig identifizieren zu können

Dazu sind alle Kabel zusätzlich zur Kennzeichnung am Anschlusspunkt auf der laufenden Strecke so zu kennzeichnen, dass sie anhand der Dokumentation überall eindeutig zu identifizieren sind.

Auf die Kennzeichnung auf der laufenden Strecke kann bei solchen Kabeln verzichtet werden, die dort auch ohne Kennzeichnung sicher identifizierbar sind, z. B. durch eine hervorstechende Eigenschaft (Farbe, Dicke etc.) oder weil sie auf der Trasse allein liegen.

3.4 Sonstiges

3.4.1 Dokumentation

Für alle Gewerke der Energieversorgung, Technischen Gebäudeausrüstung (TGA) sowie der Kühlungs- und Lüftungsanlagen ist ein einheitliches und durchgängiges Bezeichnungssystem aufzubauen und dauerhaft einzuhalten. Innerhalb eindeutig bezeichneter und dadurch von anderen sicher unterscheidbaren Verteilungen, Schaltschränken, ISP³³ etc. darf es jede Bezeichnung nur ein einziges Mal geben. Auch für Elemente wie Pumpen, Melder etc. darf jede Bezeichnung nur ein einziges Mal vergeben werden.

Es ist eine lückenlose und mindestens grundschutzkonforme Dokumentation aller Anlagen zu erstellen und dauerhaft aktuell zu halten.

Für elektrische Anlagen sowie aller dafür verlegten Leitungen müssen in der Dokumentation mindestens folgende Angaben enthalten sein:

- Typ, Bezeichnung
- Länge und Leiterquerschnitt
- Quelle, Ziel, Verlegeweg
- Lage und technische Daten aller Schutz- und Schaltelemente
- Lage und technische Daten aller fest installierten Messeinrichtungen
- Lage und Anschlussbedingungen aller vorbereiteten Messstellen für mobile Messeinrichtungen

In jedem elektrischen Betriebsraum muss ein Einliniendiagramm gut sichtbar vorhanden sein, das mindestens folgende Anforderungen erfüllt:

- Die Darstellung umfasst mindestens den kompletten speisenden Strompfad von der Quelle bis zu den Einrichtungen im jeweiligen Betriebsraum. Andere Strompfade sind dann darzustellen, wenn sie für das Verständnis hilfreich oder erforderlich sind. Diese „anderen Strompfade“ sind als solche klar unterscheidbar darzustellen.
- Alle relevanten Komponenten müssen eindeutig beschriftet sein. Ggf. erforderliche Abkürzungen sind vollständig in einer Legende zu erklären.

³³ ISP: Informationsschwerpunkt in der GA

- In einem vereinfachten Grundriss ist die Lage des Betriebsraums im Kontext der Gesamt-Liegenschaft darzustellen.
- Auf jedem Plan sind klar erkennbar der Ausgabestand zu vermerken sowie die Organisationseinheit, die für die Korrektheit des Plans zuständig ist, mit Kontaktadresse für die Entgegennahme ggf. festgestellter/n Fehler und Änderungsbedarfs.
- Jeder Plan ist verschmutzungsbeständig auszuführen, z. B. laminiert. Glasrahmen sind nicht zulässig.
- Jeder Plan ist an gut zugänglicher Stelle und so an der Wand zu befestigen, dass er nicht ohne Weiteres entfernt werden kann, z. B. durch Anschrauben.

Dies gilt in gleicher Weise für das speisende System wie für das PE-System. Die Darstellung des PE-Systems erfolgt getrennt von der des speisenden Systems. An jeder Potenzialausgleichsschiene ist neben ihrer eindeutigen Bezeichnung ein Hinweis anzubringen, an welcher Stelle (zweckmäßiger Weise die nächstliegende E-Verteilung) sich der zugehörige PE-Plan befindet.

3.4.2 Netzüberwachung

Für die Energieverteilung ist eine automatisch arbeitende Netzüberwachung zu installieren, die mindestens folgende Eigenschaften hat:

- Am Arbeitsplatz der Netzüberwachung müssen in einem Einliniendiagramm des Verteilnetzes alle relevanten Stromwerte angezeigt werden können.
- Über-/Unterschreitungen von Schwellwerten werden in Echtzeit automatisch an einem Bedienplatz gemeldet.
- Die Sensoren zur Erhebung der Messwerte³⁴ müssen mindestens an folgenden Stellen des Verteilnetzes eingebaut werden:
 - an den Einspeisungen aller Verteiler, insbesondere an den Netz-, Trafo- und NEA-Einspeisungen der NSHV,
 - am ZEP,
 - ggf. an weiteren Punkten im Netz in gleicher Weise, wie für die Verteilungen beschrieben.
- Die Sensoren zur Erhebung der Messwerte müssen folgende Eigenschaften haben:
 - IP-fähige Sensoren³⁵ mit schnellem Aufzeichnungsmodus mit mind. 4 Kanälen für Spannung und mindestens 6 Kanälen für Ströme.
Es sind die 3 Außenleiterspannungen zu messen, also L zu N, sowie die Spannung zwischen N und PE. Bei den Strömen sind mindestens die 5 Leiter (L1, L2, L3, N, PE) einzeln sowie der Summenstrom der drei Außenleiter zu messen.
 - Überwachung und Aufzeichnung der Kurvenverläufe der Spannung und Ströme mit einer zeitlichen Auflösung von ≤ 10 ms.

Bei Über-/Unterschreitungen von Schwellwerten ist die Ursache zeitnah festzustellen und zu beheben. Alle Schwellwerte sind in Abständen von maximal zwei Jahren hinsichtlich der Zweckmäßigkeit sowie darüber hinaus nach Umbauten, die eine Änderung des elektrischen Verbrauchs $\geq \pm 10$ % bewirken, zu prüfen und ggf. anzupassen.

Es ist eine Software-gestützte Möglichkeit zu schaffen, mittels der, über die reine Netzüberwachung hinaus, alle geplanten Schalthandlungen oder Umbaumaßnahmen im Netz unter Kenntnis und Berücksichtigung

³⁴ Hinweise zu relevanten Messwerten sind in 14.13 Wichtige Grenzwerte zu finden.

³⁵ Phasenausfallrelais können entfallen, wenn ein dedizierter Server deren Überwachungs- und Meldefunktion mit übernimmt.

der technischen Parameter des Netzes³⁶ vor deren Ausführung hinsichtlich ihrer Wirkung im Netz überprüft werden können. Entsprechendes gilt sinngemäß für die Simulation kritischer Fehlerfälle.

Neben dem unmittelbaren Nutzen einer automatisch arbeitenden Netzüberwachung für die Sicherstellung der Verfügbarkeit kann diese bei richtiger Auslegung nach Abstimmung mit der zuständigen Prüfinstanz auch als permanente automatische Prüfung gemäß DGUV V3 „Unfallverhütungsvorschrift Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“³⁷ eingesetzt werden.

Einen umfassenden Leitfaden dazu hat der Branchenverband Bitkom e. V. im Jahr 2021 unter dem Titel »Elektrische Wiederholungsprüfung ohne Abschalten?« auf seiner Internetseite³⁸ veröffentlicht.

3.4.3 Black-Building-Test

Die in 3.4.2 *Netzüberwachung* genannten Maßnahmen geben Auskunft über die aktuelle Funktionsfähigkeit zahlloser Einzelkomponenten. Das korrekte Zusammenwirken dieser Komponenten wird dadurch jedoch nicht ermittelt. Insbesondere um das korrekte Anlaufen der gesamten Kette der Notenergieversorgung zu prüfen, ist die regelmäßige Durchführung von Black-Building-Tests³⁹ (BBT) unerlässlich.

Der Leitgedanke eines BBT ist, dass man einen Schutzmechanismus testweise möglichst genau mit der Situation konfrontieren sollte, für deren Beherrschung er gedacht ist. Ein BBT ist also nur unter folgenden unverzichtbaren Rahmenbedingungen hinreichend aussagekräftig:

- Einzige aktive Schalthandlung ist die Abschaltung der Versorgung seitens des EVU.
Danach muss die gesamte Reaktionskette (Weiterbetrieb durch USV, Anlaufen von NEAs, Wiederanlauf von Verbrauchern mit Dunkelphase etc.) vollkommen selbstständig ablaufen.
- Ein BBT in Schwachlastzeiten hat wesentlich geringere Aussagekraft als ein BBT unter Volllast.
Zum einen lassen sich belastbare Erkenntnisse über das Autonomieverhalten von USV-Systemen sowie die Lastübernahme von NEAs nur mit hinreichender Belastung der Systeme gewinnen.
Zum anderen ist ein Totalausfall der Stromversorgung in Zeiten starker Belastung des vorgelagerten Verteilnetzes wahrscheinlicher als in Schwachlastzeiten.
Daher sollte die Last bei einem BBT mindestens 50 % der Bemessungslast betragen.

Sofern ein BBT schon seit Längerem nicht mehr durchgeführt worden ist oder noch nie, sollte man nicht mit einem BBT unter Volllast beginnen, sondern sich durch eine Reihe geeigneter Übungsszenarien einem scharfen BBT unter Volllast annähern.

Ergänzende Informationen zum BBT sind in 14.14 *Black-Building-Test* zu finden.

3.4.4 Kompensation

Für eventuell erforderliche Kompensationsanlagen sind Abgänge in der NSHV nur vorzurüsten. Über den tatsächlichen Bedarf, den Typ und die Art der Kompensationsanlage ist erst nach einer zweckmäßigen Zeit⁴⁰ im Normalbetrieb auf Basis von Messungen des tatsächlichen $\cos \varphi$ zu entscheiden.

³⁶ Strukturanordnung, Leitungslängen, Schalterstellungen, Messpunkte etc.

³⁷ Bis 2014 BGV A3 Prüfung

³⁸ <https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Elektrische-Wiederholungspruefung-in-Rechenzentren> [März 2023]

³⁹ In der Literatur wird der „Black-Building-Test“ auch als „Schwarzschtaltung“ und „black building procedure“ (beides in der VDI-Richtlinie 6010, Blatt 3) oder auch als „Blackout-Test“ bezeichnet.

⁴⁰ Dieser Zeitraum dürfte bei 6 bis 12 Monaten liegen.

3.4.5 Störrarme Filter

Umrichter der Klimatechnik, USV-Systeme u. ä. müssen störungsarme Filter haben und Ableitströme von unter 100 mA haben.

3.4.6 Nachtfreischaltung

Alle für den Betrieb des RZ nicht zwingend zu versorgenden Verbrauchsmittel, Steckdosen und sonstige Anschlusspunkte sind außerhalb der erforderlichen Betriebszeiten durch eine Nachtfreischaltung vom Netz zu nehmen. Zweck dieser Maßnahme ist es, (Brand-)Schäden durch überhitzte oder defekte Verbrauchsmittel vorbeugend zu verhindern.

3.5 Blitz- und Überspannungsschutz

Mit zunehmender Anforderung an den Leistungsumfang und die Verarbeitungsgeschwindigkeit von IT-Systemen steigt die Packungsdichte der Bauteile und Komponenten. Die damit immer geringeren Abstände erhöhen infolge die Empfindlichkeit der Systeme gegen Überspannungen. Einem umfassenden und korrekt aufgebauten Blitz- und Überspannungsschutz kommt daher eine unverzichtbare Bedeutung zu.

Für den Aufbau eines zweckmäßigen und sicher funktionierenden Blitz- und Überspannungsschutzes ist die Erstellung und Umsetzung eines entsprechenden Konzeptes auf Basis der DIN EN 62305 zwingend erforderlich. Allein die Einhaltung baurechtlicher Vorschriften reicht in der Regel nicht aus, um den besonderen Schutzerfordernissen eines HV-RZ vor Schäden durch Blitz und Überspannung zu genügen.

Da der Blitz- und Überspannungsschutz gleichermaßen die Erfordernisse anderer Gewerke berücksichtigen muss, wie er im Gegenzug auch deren Aufbau beeinflussen kann, muss das Konzept schon zu Beginn der Herrichtung eines Gebäudes zum HV-RZ erstellt und im Verlauf der Gebäude-Ertüchtigung gepflegt werden.

3.5.1 Blitzschutz

Für alle baulichen Einrichtungen sowie für alle Freiluftkomponenten eines HV-RZ inkl. einer ggf. betriebsbereit angeschlossenen mobilen NEA ist die Blitzschutzklasse I (LPL⁴¹ I) gemäß DIN EN 62305 zu realisieren. Das entspricht der Schutzklassenempfehlung nach VdS-Publikation 2010:2021-02 (06) – Risikoorientierter Blitz- und Überspannungsschutz, Anhang A, Tabelle A-01.

Bei der Festlegung auf LPL I kann die Risikoanalyse gemäß DIN EN 62305 Teil 2 entfallen. Soll von der pauschalen Festlegung mit LPL I abgewichen werden und wird stattdessen eine Risikoanalyse gemäß DIN EN 62305 Teil 2 durchgeführt und ergibt sich daraus ein Wert geringer als LPL I, so ist jedoch mindestens der Wert LPL II zu realisieren.

Die Fangeinrichtung ist unmittelbar an das Erdungssystem (3.1.2 *Erdungssystem*) anzuschließen. Es darf zusätzlich keine leitende Verbindung zu leitfähigen Systemen innerhalb des geschützten Objektes geben. Hier sind insbesondere von innen nach außen reichende Lüftungs- oder Abgasleitungen zu beachten.⁴²

Zwischen den Teilen der Fangeinrichtung und anderen elektrisch leitenden Systemen müssen die erforderlichen Trennungsabstände (3.5.5 *Trennungsabstand*) eingehalten werden. Metallische Fassadenteile sind niederimpedant untereinander und mit dem Erdungssystem zu verbinden.

Der bestimmungsgemäße Zustand der Blitzschutzanlage ist regelmäßig, mit einem Abstand zwischen den Prüfungen von maximal einem Jahr⁴³, umfassend zu prüfen. Die Ergebnisse der Prüfung sind zu

⁴¹ LPL: Lightning Protection Level

⁴² Hierzu ist unter 14.15 *Blitzschutz bei Außenanlagen* eine ausführliche bebilderte Darstellung zu finden.

⁴³ Gemäß DIN EN 62305-3, Tabelle E.2 für kritische Systeme

dokumentieren. Festgestellte Mängel sind innerhalb von 20 Werktagen zu beheben. Die ordnungsgemäße Mängelbeseitigung ist durch eine erneute Prüfung der betroffenen Bereiche nachzuweisen.

Die Blitzschutzanlage eines HV-RZ, also eines in seiner Gesamtheit kritischen Systems, ist mindestens einmal pro Jahr einer umfassenden Prüfung zu unterziehen. Bei diesen Prüfungen ist für bestehende Erdungsanlagen, die älter als 10 Jahre sind, zu beachten, dass Zustand und Beschaffenheit der Erdleitung und deren Verbindungen nur durch punktuelle Freilegung optisch beurteilt werden können.⁴⁴

3.5.2 Überspannungsschutz

Für alle an ein galvanisch leitfähiges System angeschlossenen und für den ordnungsgemäßen Betrieb eines HV-RZ erforderlichen technischen Einrichtungen ist mindestens die Blitzschutzzone 2 (LPZ⁴⁵ 2) gemäß DIN EN 62305 zu realisieren. Ob weiterreichende Anforderungen hin zu einer höheren Blitzschutzzone (LPZ 3) bestehen, ist anhand einer Risikoanalyse entsprechend DIN EN 62305-2 zu ermitteln.

3.5.3 Anzeige der Betriebstauglichkeit

Es sind ausschließlich Überspannungsableiter (SPD⁴⁶) zu verwenden, deren Funktionsfähigkeit mittels eines Fernanzeigekontakts von einer zentralen Stelle aus überwacht werden kann.

Die Fernanzeige der SPD kann mit weiteren Schutzeinrichtungen, die sich in derselben Verteilung befinden, gemeinsam erfolgen. Eine Zusammenfassung von SPD-Fernanzeigen über mehrere Verteilungen hinweg ist nicht zulässig.

Meldungen aus der Fernüberwachung müssen bei der zentralen Stelle automatisch mit hoher Priorität angezeigt werden. Eine Anzeige lediglich infolge einer aktiven Handlung an der zentralen Stelle ist nicht zulässig.

3.5.4 Energetische Koordination

Durch die energetische Koordination wird sichergestellt, dass alle verwendeten SPDs richtig aufeinander abgestimmt sind. Der Nachweis der energetischen Koordination kann erbracht werden:

- durch Einbau von SPDs aus einer Produktfamilie, für die der Hersteller den Nachweis erbringt,
- durch Einzelfallprüfung durch einen Fachprüfer oder
- durch Computersimulation mittels geeigneter Näherungsverfahren.

3.5.5 Trennungsabstand

Um einen Überschlag oder induktive Kopplungen zwischen geschützten Einrichtungen einerseits und nicht oder weniger geschützten Einrichtungen andererseits zu verhindern, muss ein ausreichender Trennungsabstand zwischen diesen Einrichtungen eingehalten werden. Das erforderliche Maß dieses Trennungsabstandes ist stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig. Innerhalb einer Verteilung sind 10 cm meist ausreichend, während Kabel, die parallel zu Ableitern des äußeren Blitzschutzes und weit entfernt von dessen Erdungspunkt⁴⁷ verlaufen, durchaus einen Abstand von bis zu 100 cm benötigen können. Der erforderliche Trennungsabstand muss daher durch einen Fachplaner jeweils individuell

⁴⁴ Quelle: Dehn Blitzschutzplaner, 4. Aufl., 3.4.2 Prüfmaßnahmen - Messen, Seite 71

⁴⁵ LPZ: Lightning Protection Zone

⁴⁶ SPD: Surge Protective Device

⁴⁷ Je weiter ein Punkt des äußeren Blitzschutzes vom Erdungspunkt entfernt ist, desto größer ist bei einem Blitzeinschlag die an diesem Ort bewirkte Spannung. Folglich muss zur Vermeidung eines Spannungsüberschlages der Abstand zwischen Ableiter und Kabeln, also der Trennungsabstand, hinreichend groß sein.

ermittelt werden. Die Erfordernisse des Trennungsabstandes sind bei allen Schritten von Planung, Errichtung, Betrieb des Gebäudes und der technischen Ausrüstung zu berücksichtigen und einzuhalten.

Die folgende Abbildung 12 zeigt eine Verteilung, bei der im Inneren zwischen der Zuleitung mit dem roten Überspannungsableiter (links) und den Abgängen (rechts) ein ausreichender Trennungsabstand (grüne Fläche) von ca. 10 cm eingehalten wird.

Gleich über der Verteilung sind jedoch die potenziell Überspannung tragende Zuleitung (das dicke Kabel) und alle Abgangsleitungen (die dünneren darunter) ohne den geringsten Abstand verlegt (roter Rahmen). Durch diese Verlegungsart wird der Überspannungsschutz, den das SPD in der Verteilung bewirkt, weitestgehend aufgehoben.

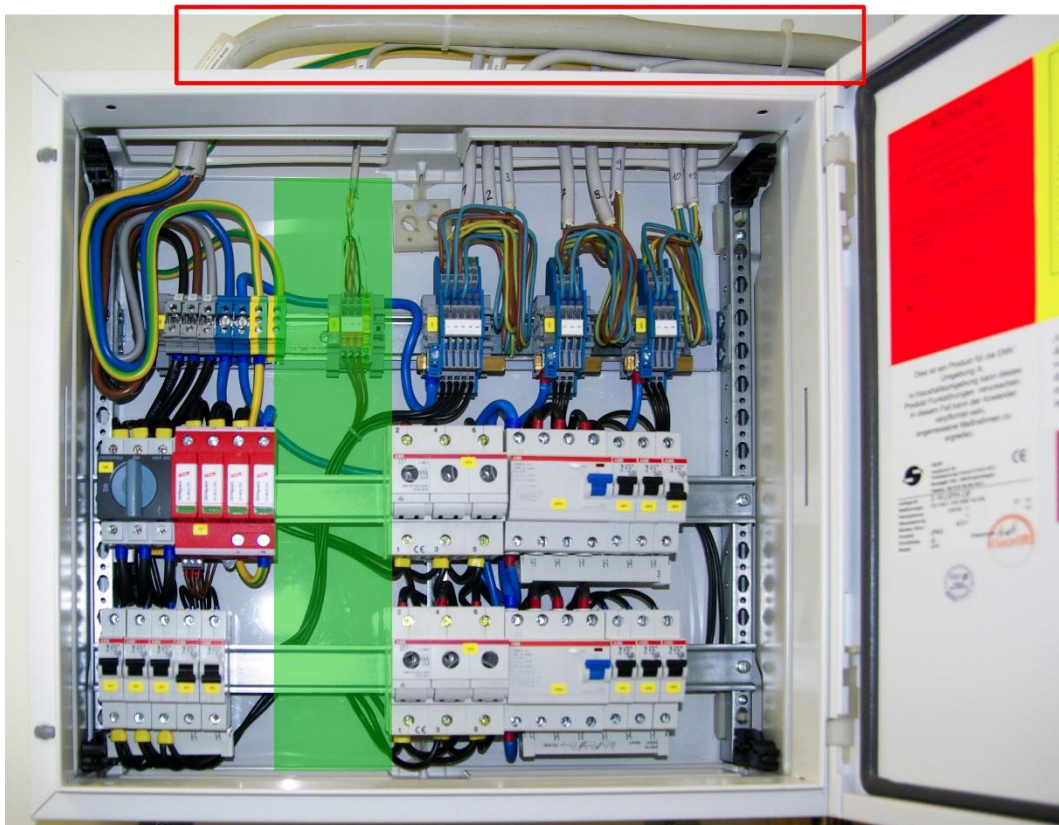


Abbildung 12: Trennungsabstände in und an einer Verteilung (Bild: BSI)

Beim Aufbau der in Abbildung 13 gezeigten Verteilung wurde sowohl beim inneren Aufbau der Verteilung als auch bei der Lage der Zu- und Fortleitungen der erforderliche Trennungsabstand (grüne Fläche) realisiert.

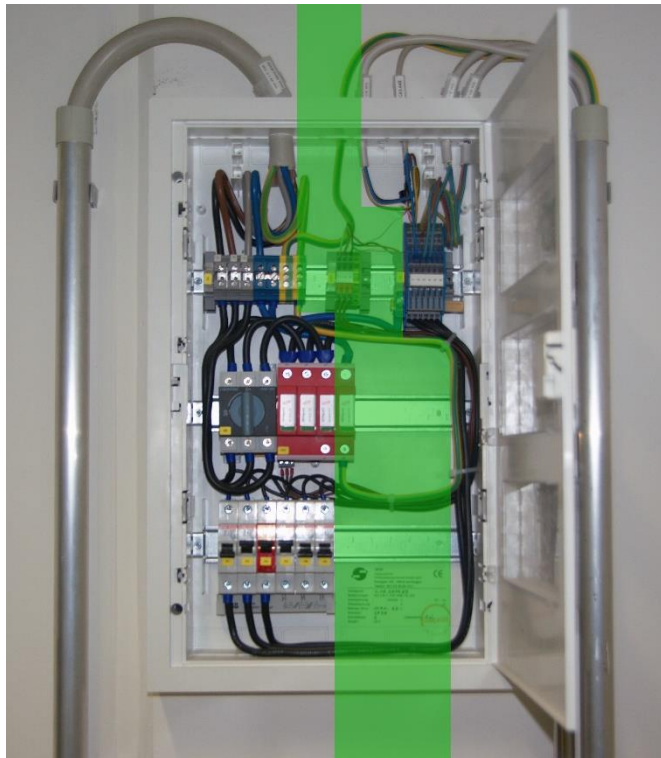


Abbildung 13: Der erforderliche Trennungsabstand ist sowohl in der Verteilung als auch bei den Zu- und Fortleitungen gegeben. (Bild: BSI)

3.5.6 Schutz gegen statische Aufladung

In allen Bereichen, in denen technische Einrichtungen vorhanden sind, von deren ordnungsgemäßer Funktion die Bereitstellung der Dienstleistungen eines HV-RZ abhängig ist und die durch Spannungstöße auf Grund statischer Aufladung beschädigt werden können, sind mindestens elektrostatisch ableitende/ableitfähige Bodenbeläge⁴⁸ zu verwenden, leitfähig zu verkleben und an das Erdungssystem anzuschließen.

In allen anderen Bereichen sind mindestens antistatische Bodenbeläge⁴⁹ zu verwenden.

⁴⁸ Durchgangswiderstand $\leq 10^9 \Omega$ gemäß EN 14041

⁴⁹ maximale Körperspannung $\leq 2 \text{ kV}$ gemäß EN 14041

4 Klimatisierung

Durch die Klimatisierung werden folgende vier Lufteigenschaften beeinflusst:

- Temperatur,
- Feuchte,
- Schwebstoffgehalt und
- Frischluftanteil.

4.1 Kühlung

Auch wenn die Wirkung einer Störung der Kühlung, anders als bei der Stromversorgung, erst mit einer zeitlichen Verzögerung von einigen Minuten einsetzt, ist die Sicherstellung einer zuverlässigen Kühlung für ein HV-RZ eine unverzichtbare Voraussetzung.

Bei der Berechnung der erforderlichen Kühlleistung für den IT-Betriebsbereich und für Teile des Supportbereichs (USV, GA-Zentrale etc.) sind im Wesentlichen folgende drei Aspekte zu berücksichtigen:

- die dem zu kühlenden Bereich zugeführte elektrische Wirkleistung, wobei Abschlüsse für Wärmeabtransport über die Raumhülle nicht zulässig sind,
- die maximale Dauerbetriebstemperatur der Geräte nach den Herstellerangaben sowie
- die regional erwartbare Maximaltemperatur.

Die regional erwartbare Maximaltemperatur ist die höchste jemals im Bereich des RZ-Standorts (an der nächstgelegenen offiziellen Wetterstation, z. B. des DWD⁵⁰) gemessene und um mindestens 2 K erhöhte Lufttemperatur.

Für eine erste grobe Einschätzung der regional erwartbaren Maximaltemperatur hat der DWD dem BSI eine entsprechende Karte für Deutschland zur Verfügung gestellt, die in *14.17 Maximaltemperaturen in Deutschland* zu finden ist.

Um ein rasches, automatisches und störungsfreies Wiederanlaufen der Kühlung nach einer Unterbrechung der Stromversorgung zu gewährleisten, sind ggf. Steuereinheiten der Kühltechnik über USV zu versorgen. Eine Schaltungsvariante, bei der der Wiederanlauf zwar störungsfrei möglich ist, aber einen Handstart durch Personal erfordert, ist nicht ausreichend.

Die Kühlung von IT-Betriebsbereichen ist so zu konzipieren, dass auch unter reiner USV-Versorgung, also bei einem andauernden Totalausfall der Netz- und der NEA-Versorgung, die betroffenen Systeme heruntergefahren werden können und für diesen Zeitraum sichergestellt wird, dass die Maximaltemperatur der zu kühlenden Systeme nicht überschritten wird.

Die Basis-Infrastruktur der Kühltechnik ist so aufzubauen, dass spätere Wechsel zwischen unterschiedlichen Kühlkonzepten (Raumkühlung, Kalt-Warm-Gang, Objektkühlung, CPU-Kühlung etc.) ohne nachteilige Beeinflussung der Kühlung für die vom Umbau nicht betroffenen Bereiche und mit allenfalls minimaler nachteiliger Beeinflussung betroffener Bereiche möglich sind.

4.2 Feuchte, Schwebstoffe, Frischluftanteil

Störungen in der Regelung von Feuchte und Schwebstoffgehalt (Staub) haben allenfalls über lange Wirkungszeiten nachteiligen Einfluss auf die Verfügbarkeit der IT. Hier reicht es in der Regel aus, die Vorgaben der IT-Geräte-Hersteller mit den Standardmaßnahmen der Klimatechnik einzuhalten.

⁵⁰ DWD: Deutscher Wetterdienst

Bei IT-Räumen, die nicht durch eine Klimaanlage, sondern nur durch eine Lüftungsanlage versorgt werden, sollte nicht die Abluft abgesaugt, sondern die Frischluft eingeblasen werden. Dadurch steht der Raum immer unter einem leichten Überdruck, der das Eindringen von Schwebstoffen durch unbekannte oder nicht vermeidbare Undichtigkeiten reduziert. Alle Zuluftöffnungen sind gegen Sabotage-Angriffe zu schützen, siehe 6.5 *Schutz gegen Sabotage und Anschläge*.

Weitere Anforderungen zum Frischluftanteil und zum hygienischen Luftwechsel sind abseits der Überlegungen zur IT-Sicherheit u. a. durch Vorschriften der Arbeitsstättenverordnung und der Technischen Regeln für Arbeitsstätten gegeben.

4.3 Redundanz

Da auch die hinsichtlich aller Luftwerte optimal berechnete und dem Grunde nach korrekt aufgebaute Klimaanlage unverzichtbar von einem funktionierenden Leitungsnetz abhängig ist, sind für dessen Aufbau einige wesentliche Aspekte zu berücksichtigen.

Im Idealfall wird die Klimatisierung durch zwei voneinander komplett unabhängige Systeme erzeugt. Damit kann sichergestellt werden, dass beim Ausfall eines Systems, aus welchen Gründen auch immer, das andere die erforderliche Klimatisierungsleistung erbringt.

Ist es nicht möglich, zwei unabhängige Systeme aufzubauen, sind zumindest durch geeignete Einzelmaßnahmen mögliche Totalausfälle hinsichtlich ihrer Wahrscheinlichkeit zu reduzieren.

Für die Kühlmittelleitungen bedeutet das, dass diese als Ringleitung auszuführen und durch Schieber so segmentierbar sind, dass eine Leckage auf einen möglichst kleinen Bereich begrenzt werden kann. Die noch funktionsfähigen Bereiche sind dann wegen der Ringstruktur von beiden Seiten erreichbar und behalten ihre Funktion. Die Schieber, die den Leckagebereich vom restlichen Rohrnetz abtrennen, sollten, über geeignete Sensoren gesteuert, automatisch schließen.

Die im System vorhandenen Pumpen sind redundant auszulegen. Zwillingspumpen, auch Doppelpumpen genannt, sind bei hohen Ansprüchen an die Verfügbarkeit dafür nicht geeignet. Bei solchen Pumpen befinden sich beide Pumpen in einem gemeinsamen Gehäuse. Abbildung 14 zeigt eine solche Zwillingspumpe.

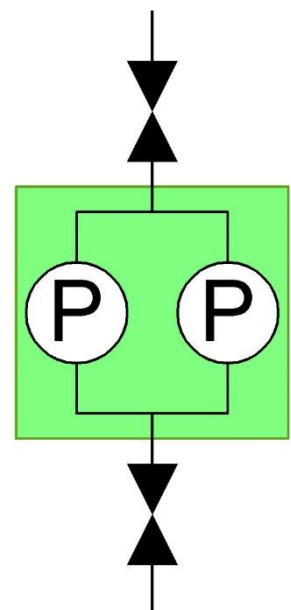


Abbildung 14: Zwillings- oder auch Doppelpumpe, rechts Prinzipdarstellung (Bilder: BSI)

Für die akute Redundanz bei Ausfall einer der beiden Pumpen reicht das zwar noch aus. Bei der Schadensbehebung muss dann aber der Strang komplett abgesperrt werden, womit er für die Funktion der Klimaanlage komplett ausfällt.

Um dieses Problem bei Verwendung von Zwillingspumpen zu vermeiden, ist es im Sinne der Redundanz erforderlich, zwei voneinander vollkommen unabhängige Pumpen einzubauen, wie es in Abbildung 15 zu sehen ist.

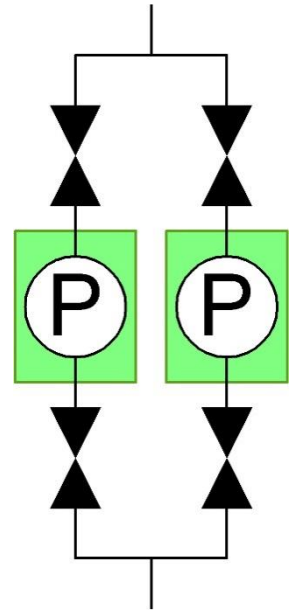


Abbildung 15: Zwei, einander Redundanz gebende Pumpen, rechts Prinzipdarstellung (Bilder: BSI)

Bei diesem Aufbau hat jede Pumpe eine eigene vor- und nachgelagerte Absperrung. Damit kann eine der beiden Pumpen repariert oder ersetzt werden, ohne dass die andere in ihrer Funktion beeinträchtigt wird.

5 Brandschutz

Während sich die Folgen eines Ausfalls der Energie- oder Kälteversorgung in der Regel durch Reparatur und das Rückspielen von Backups in überschaubaren Zeiträumen beheben lassen, sind die Folgen eines Brandes für ein HV-RZ mitunter existenzvernichtend. Dem Brandschutz kommt daher unabhängig von konkreten Verfügbarkeitswerten eine besondere Bedeutung zu.

Die Generalanforderung des baulichen Brandschutzes ist in § 14 der Musterbauordnung (MBO) niedergelegt:

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und in Stand 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.“

Eine darüberhinausgehende Verfügbarkeit der Nutzung eines Gebäudes ist nicht ausdrückliches Ziel der MBO. Daher reicht es in der Regel auch nicht aus, allein die baurechtlichen Vorschriften und ggf. erlassenen individuellen Auflagen umzusetzen, um den Bedürfnissen eines HV-RZ hinsichtlich des Brandschutzes gerecht zu werden.

Ein wirkungsvoller Brandschutz umfasst die drei Bereiche des baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutzes. Damit alle Maßnahmen des Brandschutzes sinnvoll und wirksam zusammenwirken, ist ein umfassendes Brandschutzkonzept zu erstellen und umzusetzen. Zudem ist für ein HV-RZ ein Brandschutzbeauftragter zu bestellen.

Die den speziellen Anforderungen eines HV-RZ entsprechenden wesentlichen Maßnahmen sind im Folgenden dargestellt.

5.1 Bauliche Maßnahmen

Bauliche Maßnahmen zum Brandschutz sind bei einem Neubau eines HV-RZ in jedem Fall umsetzbar. Im Bestand sind sie, wenn auch mit höheren Aufwand, in den allermeisten Fällen ebenfalls umsetzbar. Sind sie im Bestand aus unabweisbaren Gründen⁵¹ nicht umsetzbar, sind kompensierende Maßnahmen umzusetzen.

5.1.1 Brandschutzbereiche / Funktionserhalt

Alle einander Redundanz gebenden technischen Einrichtungen sind in gegeneinander brandgeschützten Bereichen mit mindestens 90 Minuten Feuerwiderstandszeit (Brandschutzbereich⁵²) unterzubringen. Das gilt gleichermaßen für die IT-Betriebsbereiche wie für Supportbereiche, in denen die IT-betriebsrelevante Versorgungstechnik steht, also z. B. die Energie- und Kälteversorgung.

Werden einander Redundanz gebende Leitungen außerhalb der Brandschutzbereiche, in denen sie beginnen oder enden, gemeinsam durch andere Brandschutzbereiche geführt, ist mindestens eine der beiden Leitungen in Funktionserhalt E 90 auszuführen.

5.1.2 Gleicher Feuerwiderstand aller Bauelemente

Die auf der Bauordnung beruhenden Bauvorschriften lassen in bestimmten Fällen den Einbau von T 30-Türen oder S 30-Brandschotten in Wänden mit dem Feuerwiderstand F 90 zu. Das kann dem oben genannten Ziel der MBO genügen. Für den Schutz der wesentlichen Funktionen eines HV-RZ ist das aber keinesfalls ausreichend.

⁵¹ Siehe 14.5 Unabweisbare Gründe.

⁵² Ein Brandschutzbereich sollte hinsichtlich seiner Brandschutzeigenschaft der eines Brandabschnitts gleichen, muss aber nicht dessen baurechtliche Eigenschaft haben.

In einem HV-RZ müssen alle raumbildenden Bauelemente eines Brandschutzbereichs durchgehend den gleichen Feuerwiderstand haben. So müssen z. B. in einer F 90-Wand T 90-Türen, S 90-Brandschotten, L 90-Lüftungsklappen etc. eingebaut werden.

5.1.3 Brandlastvermeidung / PVC-Freiheit

Unerlässliche Basis für den Brandschutz und die Brandbekämpfung bei Planung, Aufbau und Betrieb eines HV-RZ ist eine maximale Brandlastvermeidung.

Alle Gewerke sind so PVC-frei wie möglich auszuführen.⁵³ Das gilt insbesondere für alle Leitungen des Energie- und Datennetzes, für alle Aufputz-Installationsmittel (Kanäle, Installationsrohre etc.) sowie für alle Boden-, Decken- und Wandbeläge.

5.1.4 Brandverhalten von Materialien im HV-RZ

In einem HV-RZ dürfen ausschließlich solche Materialien vorhanden sein, die

- entweder nicht brennbar (entsprechend Baustoffklasse A nach DIN 4102-1)
- oder schwerentflammbar sind (entsprechend Baustoffklasse B1 nach DIN 4102-1).

Diese Anforderung gilt gleichermaßen für alle Baumaterialien und Oberflächenbedeckungen sowie für alle Materialien der IT-Ausrüstung.

Sofern eine erforderliche Ausrüstung in einem HV-RZ nicht in einer der oben genannten Baustoffklassen zur Verfügung steht, sind mindestens Baustoffe der Klasse B2 „nicht brennend abfallend oder abtropfend“⁵⁴ zu verwenden.

5.1.5 Brandschott-Kataster

Für ein HV-RZ ist ab dem frühestmöglichen Zeitpunkt eine Dokumentation zu allen Brandschotten zu führen. Dabei sind die Vorgaben des Umsetzungshinweises INF.1.M32 zum Baustein *INF.1 Allgemeines Gebäude* des BSI IT-Grundschrift-Kompandiums zu befolgen, wie sie auch in 14.20 Brandschott-Kataster ausgeführt sind.

5.2 Technische Maßnahmen

Während bauliche Maßnahmen in der Regel eine präventive Wirkung entfalten, wirken technische Maßnahmen zusätzlich detektierend oder reaktiv.

5.2.1 Brandmeldeanlage

Ein HV-RZ selbst sowie unmittelbare Nachbarbereiche, von denen durch Brand eine Gefahr für das HV-RZ ausgehen kann, sind mit einer Brandmeldeanlage (BMA) auszustatten, deren Hauptmeldung unmittelbar auf die örtlich zuständige Einsatzleitstelle aufzuschalten ist. Die Meldung darf nicht durch vorherige Nachschau durch Betriebspersonal verzögert werden.

Die IT-Betriebsbereiche des HV-RZ sind mit Systemen zur Brandfrüherkennung auszustatten.

Brandfrüherkennung bedeutet, dass eine Brandfrüherkennung⁵⁵ installiert ist, die schon vor Erreichen der für die Auslösung des Hauptmelders erforderlichen Meldeschwelle über mindestens eine – besser

⁵³ Siehe 14.18 PVC-Vermeidung.

⁵⁴ Für Kabel: B2_{CA} s1 d0 a1 nach EN 50575, siehe 14.19 Brandverhalten von Kabeln.

⁵⁵ Brandfrüherkennung bedeutet, dass ein Brand durch ein geeignetes System (z. B. durch Ansaugrauchmelder der Klasse B oder A nach DIN EN 54-20) schon in der Pyrolysephase und damit deutlich früher und lokalisierter erkannt wird, als durch eine normale Raumüberwachung mittels Punktmeldern (z. B. durch Deckenmelder).

mehrere – Voralarmstufen schadensmindernde Reaktionen auslösen kann, und dass diese Möglichkeit auch tatsächlich genutzt wird. Solche schadensmindernden Reaktionen können sein:

- Entsendung von Personal zur Verifizierung des Voralarms;
- Starten von Datensicherungsprozessen, um bei der in einer späteren Alarmstufe ggf. folgenden Spannungsfreischaltung keinen oder nur einen minimalen Datenverlust zu erleiden;
- Gezielte Verlagerung von Diensten auf andere (redundante) Systeme;
- Spannungsfreischaltung.

Alle sonstigen für den Betrieb des HV-RZ erforderlichen technischen Supporteinrichtungen sind mit jeweils geeigneten Mitteln zur Branderkennung auszurüsten.

5.2.2 Klappensteuerung

Alle Klappen, für die gemäß Brandschutzkonzept ein automatisches Schließen im Brandfall vorgesehen ist, müssen, von der BMA angesteuert, motorisch betätigt werden. Eine ausschließliche Schmelzlotsteuerung ist nicht zulässig, da Rauch in der Brandentstehungsphase nicht die zum Auslösen der Schmelzlotsteuerung erforderliche Temperatur (ca. 72 °C) erreicht.

5.2.3 Löschtechnik/Brandvermeidung

Alle für den verfügbarkeitsgerechten Betrieb erforderlichen IT-Betriebs- und Supportbereiche⁵⁶ sind, soweit dies physikalisch und technisch erfolgversprechend ist, mit geeigneten Systemen auszustatten, welche die Entstehung eines Brandes sowie dessen Ausbreitung verhindern oder einen Brand löschen können.

Dazu stehen neben passiven Maßnahmen, wie konsequenter Brandlastvermeidung (5.1.3 Brandlastvermeidung / PVC-Freiheit), drei grundsätzliche aktive technische Lösungen zur Verfügung:

- Brand-Löschung mittels einer Löschanlage als reaktives System,
- Objektüberwachung mit Spannungsfreischaltung als reaktives System,
- Brand-Verhinderung mittels Dauerinertisierung als präventives System.

Die Wechselwirkungen zwischen Löschkonzept, Kühlkonzept und Zutrittskonzept sind von den ersten Planungsschritten an zu berücksichtigen.

Löschanlagen sind reaktive Systeme, denn sie kommen erst zum Einsatz, wenn ein Brand zumindest schon in der Entstehungsphase ist, also eine für die Auslösung der Löschanlage ausreichende Rauchgaskonzentration oder Temperaturerhöhung bewirkt hat.

Für eine Löschanlage stehen zwei Arten von Löschmitteln zur Verfügung: Wasser oder Löschgas.

Gebäude oder Gebäudeteile, die auf Grund ihrer Nutzung oder Bauweise zwingend mit einer Wasser-basierten Löschung ausgestattet werden müssen, sind für die Unterbringung eines HV-RZ nicht geeignet. Das gilt gleichermaßen für herkömmliche Sprinkleranlagen wie für Wassernebel-Löschanlagen. Solche Anlagen werden daher hier nicht weiter betrachtet.

Beim Einsatz einer Gaslöschanlage sind die Löschbereiche so zu dimensionieren, dass sie gleichermaßen den Erfordernissen des Brandschutzes wie denen des RZ-Betriebs möglichst optimal angepasst sind. Die Größe der Löschbereiche kann dabei von einem kompletten Raum des IT-Betriebsbereichs als Maximum bis hinunter zu einem einzelnen 19"-Schrank (Schrankschöschung) reichen.

Aufbau, Steuerung und Löschgasvorrat der Gaslöschanlage sind so auszulegen, dass für alle betriebsrelevanten Löschbereiche jeweils zwei Volllöschanlagen in Folge durchgeführt werden können.

⁵⁶ Siehe 14.1 RZ-Definition, 1) auf Seite 67.

Es ist sicherzustellen, dass die verbrauchte Löschgasmenge innerhalb von 72 Stunden ersetzt wird.

Wurde durch den Löschvorgang der Löschgasvorrat soweit verbraucht, dass eine zweite Volllöschung nicht mehr sichergestellt ist, sind bis zur erfolgten Wiederbefüllung zusätzlich organisatorische Maßnahmen (z. B. Brandwachen) umzusetzen.

Bei allen Arten von Gaslöschanlagen wird durch das Ausblasen des Löschgases in das zu löschende Raumvolumen darin in unterschiedlichem Maß ein Überdruck erzeugt. Um Schaden an der mechanischen Hülle des Löschbereichs zu vermeiden, sind geeignete technische Maßnahmen zu treffen, um den Überdruck im unschädlichen Bereich zu halten. Das geschieht in der Regel durch Druckentlastungsöffnungen. Durch die Entlastungsöffnungen darf die einbruchhemmende Eigenschaft der Hülle nicht reduziert werden.

Wie die Löschung ist auch die **Spannungsfreischaltung** reaktiv.⁵⁷ Auch sie tritt erst in Funktion, wenn ein Brand zumindest schon in der Entstehungsphase ist.

Bei der Spannungsfreischaltung⁵⁸ wird eine räumlich begrenzte Gruppe elektrischer Verbraucher, z. B. ein kompletter 19"-Schrank, durch ein geeignetes Brandmeldesystem überwacht. Meist ist das ein Ansaugrauchmelder (ARM)⁵⁹. Dieses ist mit hochempfindlichen Sensoren ausgestattet, die in der Lage sind, einen Entstehungsbrand schon in der ersten Pyrolysephase zu erkennen und im Sinne einer Brandfrühesterkennung⁶⁰ das automatische Abschalten der Stromversorgung für die überwachte Verbrauchergruppe zu veranlassen.

Sofern in dem so geschützten Bereich ausschließlich nicht brennbare oder schwer entflammbare Werkstoffe vorhanden sind⁶¹, bewirkt die Spannungsfreischaltung einen ausreichenden Brandschutz im IT-Betriebsbereich.

Da aber davon auszugehen ist, dass einzelne Geräte auch Materialien enthalten, die nicht den vorgenannten Brandeigenschaften genügen, muss die Spannungsfreischaltung durch eine organisatorische Maßnahme ergänzt werden. Unmittelbar nach der ersten Meldung der Brandfrühesterkennung begibt sich entsprechend ausgebildetes und unterwiesenes Personal mit einem geeigneten Löschgerät an den Meldeort um gegebenenfalls eine Handlöschung vorzunehmen. Diese Handlöschung kann die Spannungsfreischaltung nicht ersetzen. Die Spannungsfreischaltung unterbindet die weitere Zuführung von Stützenergie an den Brandort, ist also eine wesentliche Maßnahme zur Minderung eines Brandschadensrisikos.

Ein weiterer Vorteil der Spannungsfreischaltung ist, dass sie zu keinen Konflikten mit anderen Schutzmaßnahmen führt, weder mit der Kühlung noch mit Mechanismen zum Schutz gegen Unbefugte.

Bei sinnvoll verteilt aufgebauter Redundanz innerhalb eines RZ und hinreichend kleinräumiger Gruppierung stellt die Freischaltung weder im Echtfall noch im Falschalarmfall ein Problem für die Verfügbarkeit dar.

Die **Dauerinertisierung** unterscheidet sich als präventives Verfahren von den voraus genannten Verfahren dadurch, dass sie nicht auf einen in der Entstehung befindlichen Brand reagiert, sondern durch Absenkung des Sauerstoffanteils der Raumluft einem potenziellen Brandereignis schon im Vorfeld den erforderlichen

⁵⁷ Im Gegensatz dazu ist die Netzüberwachung (3.4.2) als vorbeugende Brandschutzmaßnahme zu betrachten.

⁵⁸ Diese Spannungsfreischaltung hat nichts mit der in der VdS-Richtlinien 2380:2016-06 „Feuerlöschanlagen mit nichtverflüssigten Inertgasen“ unter 8.9 enthaltenen Anforderung zu tun, „alle Energiequellen/Betriebsmittel stromlos“ zu schalten.

⁵⁹ alte Bezeichnung: Rauchansaugsystem (RAS)

⁶⁰ Siehe 5.2.1 Brandmeldeanlage.

⁶¹ Siehe 5.1.4 Brandverhalten von Materialien im HV-RZ.

Sauerstoff entzieht. Dazu wird der Sauerstoffanteil der Luft von normal ca. 20,9 Vol. % dauerhaft auf 17 Vol. % oder weniger abgesenkt.⁶²

Zwei Anwendungsmodelle für eine Sauerstoffreduzierung sind etabliert.

- Der Sauerstoffanteil wird im Regelbetrieb auf 15 Vol. % oder weniger abgesenkt. Wegen der Absenkung auf unter 17 Vol. % sind arbeitsmedizinische Voraussetzungen für alle Betretungsberechtigten einzuhalten.
Dieses Modell empfiehlt sich, wenn die Betretungsfrequenz sehr gering ist, im Mittel etwa ein bis zwei Zutritte pro Woche.
- Der Sauerstoffanteil wird im Regelbetrieb auf 17 Vol. % abgesenkt, womit keine arbeitsmedizinischen Einschränkungen entstehen. Für nahezu alle in einem RZ vorhandenen Materialien reicht die Absenkung aus, um deren Entzündung zu unterbinden.
In einem HV-RZ muss allerdings auch das geringe Restrisiko beherrscht werden, dass Materialien vorhanden sind, die unter 17 Vol. % Sauerstoffanteil der Raumluft brennen können. Dazu wird durch eine geeignet ausgelegte Brandüberwachung im sauerstoffreduzierten Bereich ein Entstehungsbrand erkannt und der Sauerstoffanteil wird durch Einblasen von vor Ort in Flaschen gelagertem Stickstoff innerhalb kurzer Zeit auf 15 Vol. % oder niedriger abgesenkt. Im Bereich anwesendes Personal wird durch eine Alarmierung darauf aufmerksam gemacht, sich entsprechend der erweiterten Sauerstoffreduzierung gemäß vorher festgelegter Regeln zu verhalten.
Auch in diesem Modell sollte die Betretungsfrequenz gering sein, kann aber etwas höher als beim ersten Modell liegen, im Mittel bis zu fünf Zutritte pro Tag. Die Hauptmotivation, dieses Modell zu wählen, dürfte im Wegfall der arbeitsmedizinischen Einschränkungen liegen.
Liegt die Betretungsfrequenz etwas höher (bis zu zehn Zutritte pro Tag), sollte der dadurch erhöhte ungewollte Sauerstoffeintrag in den sauerstoff-reduzierten Bereich durch die Herrichtung des Eingangs als Luftschleuse reduziert werden.

IT-Betriebsbereiche, die aus einer Klimazentrale heraus über Luftkanäle gekühlt werden, sind wegen der in der Regel nicht beherrschbaren Undichtigkeiten solcher Systeme nicht für eine Sauerstoffreduzierung geeignet. Ebenso ungünstig ist es, wenn die regelmäßige Betretungsfrequenz der IT-Betriebsbereiche über dem für die 17 %-Absenkung genannten Wert liegt oder nicht regelbar ist.

5.3 Organisatorische Maßnahmen

Um Initialbrände bekämpfen zu können, müssen in allen Bereichen, in denen sich betriebsrelevante Einrichtungen eines HV-RZ befinden, Handfeuerlöcher der geeigneten Brandklasse bereitgestellt werden. Da es keine gesonderte Brandklasse für IT-Geräte gibt, muss in Abstimmung mit dem zuständigen Brandschutzbeauftragten festgelegt werden, welche Klasse oder Klassenkombination und welches Löschmittel am wenigsten ungeeignet ist. So sind Pulverlöcher für die Löschung brennenden Metalls, z. B. Aluminium, nicht geeignet und bergen das Risiko einer umfangreichen Verschmutzung. Auch Wasserlöcher verursachen über den Brandbereich hinaus Schäden. Kohlendioxidlöcher sind nur für die Brandklasse B (flüssige oder flüssig werdende Stoffe) zugelassen und bergen zusätzlich die Gefahr einer heftigen, u. U. explosionsartigen Reaktion bei der Löschung von brennendem Metall.

Alle zum Zutritt in die HV-RZ-Bereiche befugten Personen müssen in die sachgerechte Handhabung der jeweils bereitgestellten Löschhilfsmittel eingewiesen werden. Diese Einweisung ist verpflichtend und spätestens alle 18 bis 24 Monate zu wiederholen, bei Änderung der bereitgestellten Löschhilfsmittel unverzüglich.

Sofern ein HV-RZ mit ständig anwesendem Personal betrieben wird, muss immer mindestens eine der anwesenden Personen die Qualifikation als ausgebildeter Brandschutzhelfer haben.

⁶² Siehe hierzu auch 14.21 Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre.

6 Schutz gegen Unbefugte

Unbefugte Personen können durch Unkenntnis ebenso wie mit Kenntnis technischer Zusammenhänge versehentlich oder vorsätzlich (Sabotage) Einrichtungen, die der Verfügbarkeit dienen, außer Kraft setzen. Es muss also verhindert werden, dass Unbefugte Zugang zu solchen technischen Einrichtungen erlangen können. Die in diesem Papier dazu behandelten Maßnahmen umfassen im Wesentlichen die mechanischen und meldetechnischen Maßnahmen an und in einem Bauwerk. Maßnahmen der Freigeländeüberwachung (Perimeterschutz) werden hier nicht behandelt, da sie allenfalls ergänzend zu denen am Bauwerk wirken und in so großem Maß von den örtlichen Gegebenheiten⁶³ abhängig sind, dass es kaum möglich ist, allgemeingültige Handlungsempfehlungen dazu zu geben.

Dass der Schutz gegen Unbefugte auch dem Schutz der Vertraulichkeit und der Integrität der im RZ vorhandenen Informationen dient, sei der Vollständigkeit halber erwähnt. Dieser Aspekt wird hier aber nicht weiter behandelt.

Unbefugte sind nicht nur Organisationfremde. Auch Mitarbeiter eines HV-RZ oder im Rahmen entsprechender Vereinbarungen gleichgestellte Mitarbeiter externer Firmen sind in Bereichen, für die sie nicht ausdrücklich im Rahmen der Erfordernisse ihrer Arbeit ein Zutrittsrecht haben, als Unbefugte zu betrachten.

Bei der Umsetzung von Maßnahmen zum Schutz gegen Unbefugte sind neben den Belangen der IT-Sicherheit ggf. auch die des Datenschutzes sowie des Geheimschutzes zu berücksichtigen. Die sich daraus ergebenden Aspekte werden in diesem Dokument jedoch nicht behandelt.

6.1 Raumzonen

Für die Gesamtheit des HV-RZ ist ein mehrstufiges Raumzonen-Konzept zu realisieren, das sich an den Prinzipien der Anforderung *INF.1.A23 Bildung von Sicherheitszonen* des Bausteins *INF.1 Allgemeines Gebäude* des BSI IT-Grundschutz-Kompendiums und an Kapitel 13 *Grundriss-Prinzipien* orientiert. Bereiche der höchsten Schutzzone sollen an keiner Stelle unmittelbar an öffentlich zugängliche Bereiche angrenzen. Dies gilt ausdrücklich auch für Fluchtwege. Der Gebäudegrundriss ist folglich so zu gestalten, dass ein Zonenübergang in Form eines Fluchtwegs aus der höchsten Schutzzone unmittelbar in öffentlich zugängliche Bereiche auch baurechtlich nicht erforderlich wird.

Alle für den ordnungsgemäßen Betrieb des HV-RZ relevanten IT-Betriebsbereiche und Supportbereiche⁶⁴ sind der höchsten Schutzzone zuzuordnen. Sämtliche raumbildenden Teile⁶⁵ dieser Bereiche sollen durchgängig gleichwertig dem Wert RC 4 (nach DIN EN 1627) genügen. Die davon abweichende Unterbringung von Support-Komponenten in einer Zone, deren Schutzwert aber mindestens dem Wert RC 3 genügt, sind nur bei unabwiesbaren Gründen⁶⁶ akzeptabel. Bei der Festlegung der konkreten Maßnahmen und eventueller Abweichungen bei den Widerstandsklassen zu geringeren Werten hin muss berücksichtigt werden, in welchem Umfang und innerhalb welcher Anmarschzeit hilfeleistende und durchsetzungsfähige Kräfte⁶⁷ sicher vor Ort sein können.

⁶³ Abstand des Bauwerks zur Grundstücksgrenze, lokales Baurecht (Sind Zäune oder Mauern erlaubt?), Nutzung der Nachbargrundstücke etc.

⁶⁴ Stromversorgung inkl. NEA und USV, Kühltechnik, Sicherheitseinrichtungen (EMA, BMA, Löschtechnik etc.)

⁶⁵ Wände, Decken, Böden, Türen, Fenster, Lüftungsöffnungen, Leitungsdurchführungen etc.

⁶⁶ Siehe 14.5 *Unabwiesbare Gründe*.

⁶⁷ Siehe 14.22 *Durchsetzungsfähige Reaktion*.

6.2 Zutrittssteuerung

Während der mechanische Widerstand an den Grenzen von Raumzonen den unberechtigten Zutritt in eine Raumzone verhindert, ist es Aufgabe der Zutrittssteuerung den berechtigten Zutritt zu einer Raumzone an ausdrücklich dafür vorgesehenen Stellen anhand individueller Zutrittsrechte zu steuern.

Die wesentlichen Anforderungen zur Zutrittssteuerung sind:

- Erstellung und Umsetzung eines Rechtekonzepts zur Durchsetzung des Prinzips der geringsten Rechte: Es muss das Minimalprinzip gelten. Eine Person darf nur die Rechte haben, die sie zur Erfüllung ihrer Aufgaben tatsächlich benötigt. Weitergehende Rechte „auf Vorrat“ dürfen nicht vergeben werden. Es muss regelmäßig überprüft werden, ob Rechte noch notwendig sind. Nicht mehr erforderliche Rechte sind umgehend zurückzuziehen.
- Konsequente Anwendung der 2-Faktor-Authentisierung mittels „Besitz“ und „Wissen“, mindestens für den Zutritt zur höchstwertigen Raumzone: Biometrie kann hier gleichwertig zum „Besitz“ verwendet werden. Eine alleinige Nutzung biometrischer Verfahren ist nicht ausreichend.
- Protokollierung aller Zutritte (personenindividuell) mit einer Mindestaufbewahrungsdauer von 90 Tagen
- Fehlversuche sind im System zu protokollieren. Die Protokollierung muss auf Basis von frei definierbaren Kriterien Meldungen ausgeben, die eine gezielte Reaktion auf sich häufende Fehlversuche ermöglichen.
- Ausgangsprotokollierung aus der höchstwertigen Zone mit mindestens einem der beiden für den Zutritt erforderlichen Faktoren. Ohne erfolgte Ausgangsprotokollierung darf ein erneuter Zutritt in den gleichen oder in einen anderen Bereich nicht möglich sein. (Anti-Pass-Back)
- Räumliche und organisatorische Trennung der feinen von der groben Technik, also der IT-Betriebsbereiche von den technischen Supportbereichen (Stromversorgung inkl. Trafo, NSHV, NEA und USV, Kältetechnik, Löschtechnik, Sicherheitstechnik etc.)⁶⁸
Je nach Ausbildung der Kühlung kann es erforderlich werden, technische Einrichtungen der Kühltchnik innerhalb des IT-Betriebsbereichs aufzubauen. In solchen, möglichst zu minimierenden Fällen, sind ggf. zusätzliche organisatorische Maßnahmen (z. B. sachkundige Begleitung) erforderlich.
- Sowohl die IT-Betriebsbereiche als auch alle für den Betrieb erforderlichen Supporteinrichtungen (die feine und die grobe Technik) sind gleichwertig in der höchsten jeweils erforderlichen Raumzone⁶⁹ unterzubringen.

6.3 Einbruchmeldeanlage

Die zum Einsatz kommende Einbruchmeldeanlage (EMA) soll in allen Teilen der VDS-Klasse C genügen. Für den Fall, dass im RZ Informationen be- und verarbeitet oder gespeichert werden, die dem staatlichen Geheimschutz unterliegen, sind ggf. weitere Regelwerke zu beachten.

Die Meldungen der EMA sind mindestens auf die Alarmempfangsstelle des Haussicherheitsdienstes aufzuschalten.

⁶⁸ Siehe 14.1 RZ-Definition, Nummer 1).

⁶⁹ Damit ist ausdrücklich nicht die Unterbringung in einem gemeinsamen Raum gemeint, sondern dass beide, voneinander getrennten Räume der gleichen Raumzone angehören, also den gleichen Schutz bieten.

6.4 Haussicherheitsdienst

Für ein HV-RZ ist ein Haussicherheitsdienst zu etablieren, der die Meldungen der EMA, ggf. weiterer Gefahrenmeldeanlagen sowie sicherheitsrelevante Meldungen aus der GA⁷⁰ entgegen nimmt und hinsichtlich aller Rahmenbedingungen zu durchsetzungsfähigen Reaktionen⁷¹ befähigt ist. Zur technischen Unterstützung des Haussicherheitsdienstes ist für besonders kritische Bereiche zur Verifikation von Ereignissen sowie zur Optimierung der Reaktion eine Videoüberwachung mit automatischer Bildaufschaltung in dessen Zentrale aufzubauen.

Die Zentrale des Haussicherheitsdienstes muss nicht unmittelbar am RZ-Standort selbst angesiedelt sein. Die Reaktionszeit sowie die Reaktionsmöglichkeiten am jeweiligen RZ-Standort dürfen durch die Distanz zwischen der Zentrale des Haussicherheitsdienstes und dem RZ-Standort nicht nachteilig beeinflusst werden.

6.5 Schutz gegen Sabotage und Anschläge

HV-RZ sind gegen Angriffe zu schützen, die über einen einfachen Einbruchversuch hinausgehen.

Die Maßnahmen sind hinsichtlich Umfang, Wirkungsweise und Widerstandskraft im Rahmen einer Risikobetrachtung festzulegen. Werden Angriffe mit Waffen als realistisch angenommen, die dem Ausführungsgesetz zu Artikel 26 Abs. 2 des Grundgesetzes (Gesetz über die Kontrolle von Kriegswaffen) unterliegen, müssen hierfür gesonderte Sicherheitsbetrachtungen vorgenommen werden, die den Rahmen dieser Hinweise übersteigen. Gleiches gilt sinngemäß für Angriffe mit zivilen Luftfahrzeugen.

Schutzziele:

- Direkte mechanische Einwirkung durch Personen mittels physischer Gewalt und Werkzeugen:
Eine Schutzwirkung entsprechend der Widerstandsklasse RC 4 gemäß DIN EN 1627 ist anzustreben.
- Schutz gegen Beschuss mit Kurz- und Langwaffen:
Der Schutz gegen Beschuss mit Kurz- und Langwaffen soll dem Ziel dienen, Personen sowie betriebsrelevante Technik vor gezielten Angriffen zu schützen. Eine Schutzwirkung entsprechend DIN EN 1063:2000-01 Widerstandsklasse BR7 ist dabei anzustreben.
- Schutz gegen Fahrzeuganprall:
Durch geeignete Maßnahmen (Bauwerksertüchtigung, Barrieren, Geländegestaltung, Verkehrsführung etc.) ist sicherzustellen, dass ein Fahrzeug mit einer Geschwindigkeit bis zu 80 km/h (im öffentlichen Verkehrsraum) und einer Masse bis zu 40 Tonnen (entspricht ca. 10 MJ) weder am RZ-Gebäude noch an betriebstechnischen Außeneinrichtungen einen betriebsbeeinträchtigenden Schaden bewirken kann.
- Schutz gegen Explosivstoffe:
Ziel der Schutzmaßnahmen gegen Explosivstoffe ist es zu erreichen, dass die Bereitstellung der Dienstleistungen entweder unmittelbar nach Ablauf der tolerierten Ausfallzeit am betroffenen HV-RZ-Standort wiederaufgenommen oder innerhalb der tolerierten Ausfallzeit auf ein redundantes HV-RZ übertragen werden kann.
Für die Berechnung und Bewertung von Schutzmaßnahmen (Bauwerksausführung, Geländegestaltung, Abstand bewirkende Einrichtungen etc.) ist eine Explosionsenergie von ca. 200 kg_{TNT}⁷² (entspricht ca. 840 MJ) anzunehmen.

⁷⁰ Siehe 11 Gebäudeautomation
(Monitoring der technischen Infrastruktur)

⁷¹ Siehe 14.22 Durchsetzungsfähige Reaktion.

⁷² Die Bezeichnung „kg_{TNT}“ besagt nicht, dass es sich bei der explodierenden Substanz um TNT handeln muss. Sie ist die Einheit für das TNT-Äquivalent, also für die durch die Explosion freigesetzte Energie. Dabei entspricht 1 kg_{TNT} etwa 4,2 MJ. Siehe hierzu auch 14.23 Gefahr durch Explosivstoffe.

Diese Schutzmaßnahmen können und sollten mit denen gegen Gefahrgutunfälle im Umfeld des HV-RZ abgestimmt werden.

- Schutz gegen das Einbringen schädlicher Substanzen
Alle nach außen gerichteten Öffnungen, insbesondere die der Außenluftansaugung der Klimatechnik, sind so herzurichten, dass dort keine giftigen, ätzenden oder brennbaren Substanzen (fest, flüssig, gasförmig) eingebracht werden können.
- Schutz gegen Drohnen:
Der aktuelle Stand der Technik im Kontext der Drohnenabwehr bietet zahlreiche Möglichkeiten der Drohnenerkennung und des passiven Drohnenschutzes. Aktive Abwehrmechanismen finden bislang allenfalls im militärischen Bereich Anwendung und stehen für die zivile Anwendung noch nicht zur Verfügung.

Diese Schutzziele können zueinander in einem nicht restlos auflösbaren technischen Widerspruch stehen. So kann es sein, dass der Durchbruchschutz und die Durchschusshemmung nicht normenkonform in einem Bauelement gemeinsam realisierbar sind. Dann ist im Rahmen einer Risikoanalyse das höhere Schutzgut zu ermitteln und die konkrete Ausführung von Schutzmaßnahmen daran zu orientieren.

6.6 Lauschabwehr/Abstrahlschutz

Sofern in einem RZ Informationen be- und verarbeitet oder gespeichert werden, die dem staatlichen Geheimschutz unterliegen, ist es notwendig, die Regelungen der Verschlusssachen-Anweisung (VSA) zu beachten und die des Sicherheitsüberprüfungsgesetzes (SÜG) anzuwenden. Insofern sind Lauschabwehr und Abstrahlschutz integraler Teil aller Überlegungen zum Schutz gegen Unbefugte. Art und Umfang ggf. erforderlicher Maßnahmen zur Lauschabwehr und zum Abstrahlschutz bestimmen sich aus dem Geheimhaltungsgrad der zu verarbeitenden Informationen. Dieser ist vom Bedarfsträger vorab zu bestimmen.

Bei der Festlegung der erforderlichen Maßnahmen ist das zuständige Fachreferat des BSI oder des BMWi⁷³ hinzuzuziehen. Die sich aus den Feststellungen des BSI/BMWi ergebenden Anforderungen sind umzusetzen.

⁷³ Je nach Rechtsform des RZ-Betreibers ist das BSI oder das BMWi zuständig.

7 Schutz von Kabeln und Leitungen

Alle Energie- und Datenkabel sowie z. B. die Leitungen einer von außen zugeführten Kälteversorgung sind hinsichtlich ihrer technischen Ausführung gleichwertig zu jenen Einrichtungen eines HV-RZ zu schützen, welche sie versorgen oder untereinander sowie mit externen Netzen verbinden. Betroffene Leitungen sind im Wesentlichen gegen folgende Bedrohungen zu schützen:

- Beschädigung durch Erdarbeiten;
- Sabotage von Kommunikationsleitung in Zugschächten im öffentlichen Verkehrsraum;
- stehendes oder drückendes Wasser;
- Wurzeldruck;
- Nagetierverbiss;
- Beschädigung im Verlauf von hausinternen Trassen.

Der Schutz von Freileitungen wird nicht behandelt. Der RZ-Betreiber hat in der Regel keine Möglichkeit, hier risikomindernd zu handeln. Allenfalls der VNB kann im Rahmen einer Reduzierung des Sabotagerisikos aktiv werden.

7.1 Kabel/Leitungen außerhalb des Gebäudes

Der Schutz von Kabeln/Leitungen in öffentlichen Bereichen ist nur sehr bedingt möglich. Daher sollten solche Kabel/Leitungen zur Reduzierung des Risikos mit hinreichendem Abstand redundant geführt werden. Zwischen Außentrassen innerhalb einer Liegenschaft, die als öffentlich zugänglich zu betrachten sind, und solchen, die tatsächlich im öffentlichen Bereich verlaufen, sollte kein Unterschied gemacht werden.

Einander Redundanz gebende Zuleitungen aus externen (öffentlichen) Versorgungsnetzen sind über ihre gesamte Länge bis zu den Gebäudeeinführungen/Grundstücksgrenze mit mindesten 20 Meter Abstand voneinander über knoten- und kantendisjunkte Wege zu führen.

Zugschächte, aus denen vom öffentlichen Verkehrsraum heraus die Anbindung eines HV-RZ erfolgt und deren Zuordnung zum HV-RZ offensichtlich ist, sind mindestens wie folgt gegen Sabotage zu sichern:

- Tagwasserdichte Schachtabdeckung
- Jedes Schachtdeckelelement ist durch mindestens zwei Sicherheitsverschraubungen zu sichern. Bei Schachtdeckeln mit erzwungener Öffnungsreihenfolge reicht die Sicherung des zuerst zu öffnenden Deckelelements aus.
- Die Schachtdeckel sind mit Abhebemeldern so auszustatten, dass das Anheben des Schachtdeckels um mehr als 2/3 der Deckeldicke sicher erkannt wird, unabhängig davon, wie der Deckel angehoben wird.
- Die Meldungen dieser Abhebemelder müssen unmittelbar in der für die Sicherheit des HV-RZ zuständigen Leitstelle angezeigt werden.

Bei Kabeln/Leitungen innerhalb einer Liegenschaft ist sicherzustellen, dass deren Verlegung lage- und tiefenrichtig dokumentiert wird und dass diese Dokumentation bei der Planung und Durchführung von Erdarbeiten im Bereich solcher Leitungen berücksichtigt wird.

Sowohl bei der Verlegung in Rohrtrassen wie auch bei direkter Erdverlegung sind Kabel mit Längswasserschutz und Nagetierschutz zu verwenden.

Bei Neubautrassen ist eine Verlegetiefe von 80 cm oder tiefer anzustreben. Ist eine Verlegetiefe nur mit weniger als 80 cm möglich, sind die Kabel durch zusätzlich Maßnahmen zu schützen. Hier kommen VA-Stahlrohre, Betonformsteine, die Verwendung von Kabeln mit hochfester Stahllarmierung (zugleich

Nagetierschutz) o. ä. in Betracht. Lediglich ein Warnband zu verlegen ist bei unzureichender Verlegetiefe nicht ausreichend.

Zum Schutz gegen schädlichen Wurzeldruck ist ein ausreichender Abstand zu entsprechenden Gefahrenbereichen einzuhalten. Bei Neupflanzungen ist die Trassenlage zu berücksichtigen.

7.2 Kabel/Leitungen innerhalb des Gebäudes

Ab dem Punkt, an dem die Erd-/Rohrtrasse in das Gebäude eintritt, sind alle für die ordnungsgemäße Funktion eines HV-RZ erforderlichen Leitungen angemessen gegen eine Beeinträchtigung ihrer Funktion zu schützen.

Alle für die ordnungsgemäße Funktion eines HV-RZ erforderlichen Kabel/Leitungen sind gegen den Zugriff durch Unbefugte sowie gegen die versehentliche Beschädigung durch die normale Gebäudenutzung zu schützen. Ebenso erforderlich ist ein Schutz gegen vorsätzliche Beschädigungen mit einfachen Mitteln⁷⁴.

Kabel/Leitungen, die einander Redundanz geben, sind außerhalb der Quell- und Zielräume in getrennten Gefährdungsbereichen (bezüglich unbefugter Zutritt/Zugriff, Feuer, Wasser etc.) zu verlegen. Darüber hinaus sind sie in Bereichen mit erhöhter Brandlast (Aktenlager, Möbellager, Reifenlager etc.) oder Brandgefahr (NEA, Chemikalienlager etc.) so zu ertüchtigen, dass ein Funktionserhalt⁷⁵ von mind. 30 Minuten (E 30) gewährleistet ist. Dieser zusätzliche Funktionserhalt dient dem Zweck, dass nicht schon jedes kleine Feuer in solchen Bereichen zur Zerstörung der Redundanz führt. Bei der Planung und Festlegung der Trassen sind solche Bereiche zu meiden.

Ist es wegen der im Gebäude zu überwindenden Leitungslängen erforderlich, von Erdkabel auf Innenkabel umzuspleißen, so sind vergossene Muffen zu verwenden.

Durch geeignete Verlegung oder die Verwendung geeigneter Kabel ist sicher zu stellen, dass deren Funktion bei einer Beaufschlagung mit Wasser (unabhängig in welcher Art und Weise) für mindestens 120 Stunden uneingeschränkt gewährleistet ist.

Bei einer gemeinsamen Verlegung von Leitungen unterschiedlicher Spannungsebenen sind die Vorgaben der DIN VDE 0100-520:2003-06 Nr. 528⁷⁶ zu beachten.

⁷⁴ Hier ist an normale Bürohilfsmittel wie Schere, Brieföffner gedacht sowie an sog. Multitools oder auch den normalen Seitenschneider, den der Heimwerker verfügbar hat.

⁷⁵ Ist ein solcher Bereich durch eine automatische Löschung oder einer Dauerinertisierung geschützt, kann auf Funktionserhalt der Kabel verzichtet werden.

⁷⁶ Abstände bei gemeinsamer Verlegung von Leitungen aus unterschiedlichen Spannungsbereichen

8 Schutz vor Wasser

Der Schutz vor Wasser im HV-RZ muss zwei Bereiche umfassen:

- Schutz vor externem Wasser, das durch extreme Wetterereignisse von außen zufließt.
Grundsätzlich wird dieser Aspekt in den „Kriterien für die Standortwahl von Rechenzentren“⁷⁷ schon ausführlich behandelt. Da es aber sein kann, dass, insbesondere bei Bestands-RZ, die dort enthaltenen Empfehlungen nicht vollumfänglich berücksichtigt werden können, wird dieser Aspekt hier mit dem Fokus auf Risiko-mindernde Maßnahmen ergänzend betrachtet.
- Schutz vor internem Wasser, das sich ohnehin im RZ befindet sowie in normalen Wetterlagen zu handhaben ist.
Löschwasser wird, auch wenn es von außen eingebracht wird, unter diesem Aspekt betrachtet.

8.1 Schutz vor externem Wasser

Alle für den Betrieb eines HV-RZ erforderlichen Einrichtungen müssen mindestens 2 m oberhalb des höchsten **Hochwassers** seit 1960 (HHW1960) des nächstgelegenen Fließgewässers liegen. Es ist sicherzustellen, dass das RZ auch im Fall eines Hochwassers bis zu 2 m über HHW1960 für Servicepersonal erreichbar ist. Befindet sich das RZ im Einzugsgebiet von mehr als einem Fließgewässer, ist der auf NHN⁷⁸ bezogene höchste HHW1960-Wert zugrunde zu legen.

Befindet sich ein HV-RZ in einem Bereich der Mündung eines Flusses in einen anderen⁷⁹, sind nicht nur die HHW1960-Werte der einzelnen Flüsse zu berücksichtigen. Es ist zudem gutachterlich der zu erwartende Pegel festzustellen, der bei gemeinsamem Erreichen des HHW1960-Wertes in beiden Flüssen zu erwarten ist. Das HV-RZ muss dann um 2 m über diesem Pegel liegen.

Wie das Extremwetterereignis in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen im Juli 2021 gezeigt hat, erscheint es zweckmäßig, auch weiter zurückliegende Hochwasserereignisse in die Überlegungen einzubeziehen. Laut Pressemeldungen seien die Schäden bei diesem Hochwasser u. a. deswegen so groß gewesen, weil über mehr als 100 Jahre zurückliegende Hochwasserereignisse bei den Hochwasserprognosen nicht berücksichtigt worden seien. Da die hochwasserrelevanten Verhältnisse (Besiedlung, Bodenversiegelung, Vegetation etc.) vor so langer Zeit jedoch vollkommen anders gewesen sein dürften als die aktuellen Verhältnisse, ist die Berücksichtigung so lange zurückliegender Hochwasserereignisse nur bedingt zweckmäßig. Sind jedoch Ereignisse bekannt, die vor 1960 stattfanden und bei denen die hochwasserrelevanten Verhältnisse hinreichend vergleichbar waren, sollten auch solche in die Überlegungen einbezogen werden.

Ist es unabweisbar⁸⁰ erforderlich, ein Rechenzentrum, das hinsichtlich seiner Lage nicht den grundlegenden Standortkriterien des Hochwasserschutzes⁸¹ genügt, als HV-RZ zu betreiben, sind Maßnahmen zu treffen, die das Eindringen von Oberflächenhochwasser (bei Hochwasser oder Starkregen⁸²) sowie von steigendem

⁷⁷ <https://www.bsi.bund.de/dok/RZ-Standortkriterien> [März 2023]

⁷⁸ Normalhöhennull

⁷⁹ Beispiele: Mainz (Rhein, Main), Koblenz (Rhein, Mosel), Regensburg (Donau, Naab, Regen), Passau (Donau, Inn, Ilz)

⁸⁰ Siehe 14.5 Unabweisbare Gründe.

⁸¹ Siehe 1.4 Standortfindung.

⁸² **Starkregen** zeichnet sich nach der Definition des Deutschen Wetterdienstes (DWD) durch eine Niederschlagsmenge von mehr als 25 l/m² in einer Stunde oder mehr als 35 l/m² in sechs Stunden aus. Starkregenereignisse können jederzeit und an jedem Ort in Deutschland zu einer massiven Überlastung des örtlichen Abwassersystems führen, mit der Folge, dass oberhalb der Rückstauenebene freies Oberflächenwasser in unerwartet großen Mengen vorkommen kann.

Grundwasser verhindern oder zumindest auf ein akzeptables Maß reduzieren. Solche Maßnahmen können u. a. sein:

- Ein HV-RZ ist so herzurichten, dass alle betriebswichtigen Einrichtungen bis zu einer Überflutung der Rückstauenebene um bis zu 1 m störungsfrei arbeiten.
- Eindeichung und Fluttore;
- Abdichtung der gefährdeten Teile der Gebäudehülle durch fest vorgerüstete (8.1.1 *Fest eingebaute Schutzeinrichtungen*) oder mobile Schutzeinrichtungen (8.1.2 *Mobile Schutzeinrichtungen*);
- Führung aller Rohrleitungen in das Gebäude hinein und aus dem Gebäude heraus über die Überflutungskante;
- Ggf. Ertüchtigung der Klimatechnik auf eine höhere Entfeuchtungskapazität, um bei hinreichend geringer Sickerrate die dadurch bedingte Anhebung der Luftfeuchte zu kompensieren.

8.1.1 Fest eingebaute Schutzeinrichtungen

Hier kommen wasserbeständige oder wasserdichte Türen und Tore, Rückstausicherungen im Abwassersystem sowie der sichere Verschluss von Leerrohren in Betracht.

Türen und Tore

„Wasserbeständig“ bedeutet, dass solche Türen/Tore zwar schon sehr viel Wasser zurückhalten, aber nicht wirklich wasserdicht sind. Es muss mit Sickerraten im Bereich von bis zu einem Liter pro Stunde gerechnet werden. Bei Verwendung wasserbeständiger Türen/Tore müssen also auf der geschützten Seite der Tür / des Tores geeignete Lenzeinrichtungen (Lenzpumpe in einem Pumpensumpf) vorgehalten werden.

„Wasserdichte“ Türen/Tore sind hingegen so konstruiert, dass sie kein Wasser durchsickern lassen.

Rückstau-Schutzeinrichtungen

Sofern schützenswerte Einrichtungen eines HV-RZ unterhalb der Rückstauenebene⁸³ verbaut sind, muss auch das Abwassersystem mit geeigneten Rückstau-Schutzeinrichtungen ausgerüstet werden. Hier gibt es zwei technische Lösungen:

Bei einer Rückstauschleife wird das Abwasser aus Bereichen unterhalb des Rückstauniveaus durch einen Rohrbogen geleitet, der über die Rückstauenebene hinweg reicht. Die hierfür zwingend erforderlichen Pumpen sind in die Notstromversorgung einzubeziehen.

Bei einer Rückstauklappe sorgt ein Mechanismus dafür, dass das Abwasser nur in einer Richtung (aus dem Gebäude in die Kanalisation) fließen kann, aber nicht umgekehrt.

Fest eingebaute Einrichtungen haben den Vorteil, dass sie immer an der richtigen Stelle vorhanden sind. Sie bedingen aber vorherige bauliche Eingriffe in die Bausubstanz, was, insbesondere in Mietobjekten, mitunter problematisch sein kann.

Verschluss von Leerrohren

In nahezu allen Fällen werden Kabel, über die ein HV-RZ mit der Außenwelt verbunden ist, unterirdisch an das RZ herangeführt und enden dort meist in speziell dafür vorgesehenen Räumen, z. B. in Hausanschlussräumen oder in Carrier-Räumen. Erfolgt die Gebäudeeinführung mittels vergossener Wanddurchführungen, reicht deren Dichtigkeit meist aus, um das Eindringen von ggf. außen anstehendem Grundwasser zu verhindern oder auf ein beherrschbares Maß zu reduzieren.

⁸³ Die **Rückstauenebene** ist nach DIN EN 12056-1:2000 „die höchste Ebene, bis zu der das Wasser in einer Entwässerungsanlage ansteigen kann“. Die Höhenlage der Rückstauenebene über NHN wird somit in der Regel durch den obersten Punkt des Abwassersystems an der Anschlussstelle des Gebäudes oder des Grundstücks an das Abwassersystem definiert. Durch die örtlich zuständige Behörde kann die Höhenlage der Rückstauenebene aber auch davon abweichend festgelegt werden.

Anders ist das bei Anbindungen mittels Rohrtrassen. Da nicht immer sichergestellt werden kann, dass am äußeren Ende des Rohrs kein Wasser zufließen kann und zudem durch Undichtigkeiten des Rohrs Grundwasser in das Rohr eindringen kann, ist es unabdingbar, Leerrohre, egal ob belegt oder unbelegt, am Eintrittspunkt in den Hausanschluss-/Carrier-Raum abzudichten. (siehe Abbildung 16)

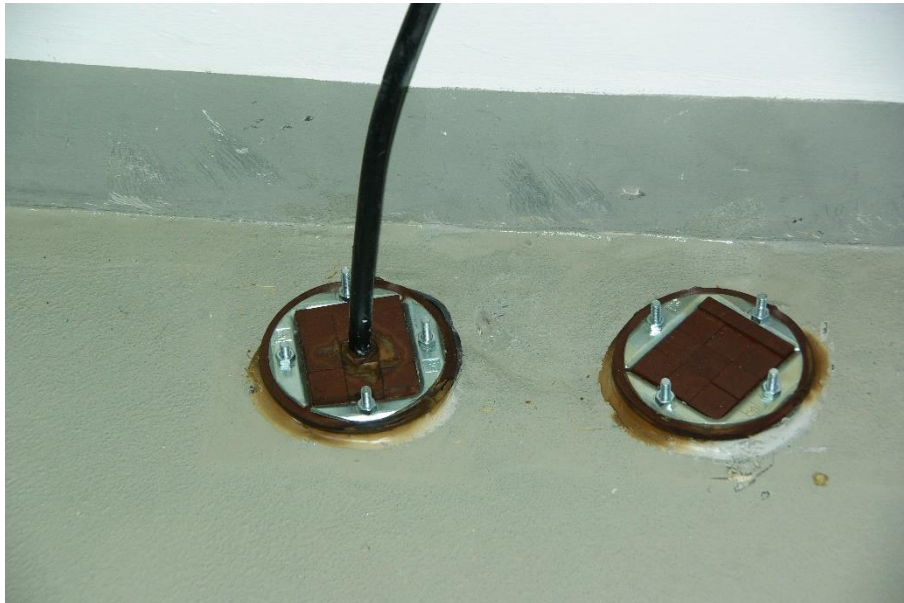


Abbildung 16: Ordnungsgemäß abgedichtetes Leerrohrende in einem Carrier-Raum (Bild: BSI)

8.1.2 Mobile Schutzeinrichtungen

Mobile Schutzeinrichtungen lassen sich rasch, einfach, meist ohne besondere technische Kenntnisse und oft mit nur geringfügigen baulichen Vorrüstungen an Türen, Fenstern, Zufahrten von Tiefgaragen, Lichtschächten usw. montieren. Solche Systeme können bis zu einer Wasserhöhe von über 2 m Schutz bieten und durch Aneinanderreihung mehrerer Schotten den Schutz in der erforderlichen Breite realisieren.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen mögliche Anwendungsbeispiele:



Abbildung 17: Mobiles Wasser-Schutzsystem an einer Tiefgarageneinfahrt (Bild: Kirschbaum GmbH)



Abbildung 18: Mobiles Wasser-Schutzsystem an einem Hallentor (Bild: Kirschbaum GmbH)

Bei den in Abbildung 17 und Abbildung 18 gezeigten Systemen ist allerdings noch keine absolute Dichtigkeit zu erwarten. Es muss von einer Sickerrate von ca. 20 ml/h je Schott-Element ausgegangen werden, was bedeutet, dass auf der geschützten Seite eines solchen Systems geeignete Maßnahmen vorzubereiten sind, um dieses Sickerwasser zu beherrschen. Das kann ein kleiner Pumpensumpf mit einer Tauchpumpe sein, die das Wasser über das Schott nach außen hebt.

Es stehen aber auch Systeme zur Verfügung, bei denen das Problem Sickerwasser nicht besteht. Solche Systeme müssen aber, wie in Abbildung 19 erkennbar, vollflächig in die jeweilige Öffnung eingebaut werden. Nur dadurch kann der erforderliche Anpressdruck an der kompletten umlaufenden Fuge sichergestellt werden.



Abbildung 19: Mobiles Wasser-Schutzsystem ohne Sickerwasser-Eintrag (Bild: Kirschbaum GmbH)

8.1.3 Flachdach, Kellerwände

Um das Risiko zu reduzieren, dass Regen- oder Grundwasser von außen durch Wände, Decke oder Bodenplatte in das RZ eindringt, sollten IT-Betriebsbereiche und technische Einrichtungen der

Supportbereiche weder unmittelbar unter einem Flachdach⁸⁴ noch unterhalb des umgebenden Oberflächenniveaus (also im Keller) angeordnet werden. Ist eine solche Anordnung unvermeidbar, sind bauliche Maßnahmen umzusetzen, die das Eindringen von Wasser durch das Flachdach sowie die Außenwände weitestgehend ausschließen. Dazu gehört die Ausführung der Decke über dem RZ und der Kelleraußenwände sowie der Bodenplatte in WU-Beton⁸⁵ der Beanspruchungsklasse BKL-1 und der Nutzungsklasse NKL-A. Die Oberseite einer Decke sollte ein Gefälle von mind. 1 % nach außen aufweisen und in einem Guss ohne Fugen hergestellt sein.

Unbeschadet der Anordnung von RZ-Betriebs- oder Supportbereichen im Gebäude ist durch geeignete technische und organisatorische Maßnahmen sicherzustellen, dass die Dacheinläufe von Regenfallrohren hinreichend frei gehalten werden von Laub oder anderen Verschmutzungen und dass sie im Winter nicht vereisen.

Decke und Kelleraußenwände sind innen mit einer reinen Mineralfarbe⁸⁶ weiß zu streichen. Keinesfalls sind Latex- oder Kunstharzfarben für den Deckenanstrich zu verwenden. Ergänzend zu den baulichen Maßnahmen muss organisatorisch sichergestellt werden, dass durch eindringende Feuchtigkeit bewirkte Verfärbungen des Innenanstrichs zeitnah erkannt und Maßnahmen zur Rissabdichtung durchgeführt werden.

8.2 Schutz vor internem Wasser

Unter „internem Wasser“ werden im Sinne dieser Ausführungen alle Flüssigkeiten verstanden, die notwendigerweise im RZ vorhanden sind. Dazu gehören in erster Linie alle flüssigen Kühlmittel. Hinzu kommen Frisch- und Abwasser von Teeküchen und Sanitärbereichen sowie das in Fallrohren abgeleitete Regenwasser, da diese in der Regel unmittelbar an der Gebäudefassade oder, besonders bei Gebäuden mit Flachdach oder Staffelgeschossen, durch das Gebäude geführt werden. Zu guter Letzt muss auch Löschwasser berücksichtigt werden, da dies im Brandfall ohne vorherige Rückfrage ins Gebäude eingebracht wird.

Die Führung von Flüssigkeitsleitungen jeder Art (mit Ausnahme der für die Kühlung ggf. erforderlichen) durch IT-Betriebsbereiche oder Supportbereiche sowie direkt in oder an deren Begrenzungswänden innerhalb des Gebäudes ist nicht zulässig.

Regenfallrohre dürfen nur dann durch das Innere des Gebäudes geführt werden, wenn dies innerhalb der ohnehin für die Wasserver- und -entsorgung vorgesehenen Steiggeschächte geschieht.

Ist es aus unabweisbaren Gründen⁸⁷ erforderlich, von dieser Vorgabe abzuweichen, sind die Leitungen in den betroffenen Bereichen mittels geeigneter Leckagemelder zu überwachen. Im Fall einer Leckage im betroffenen Bereich ist die Leitung, durch den Melder gesteuert, automatisch abzusperren. Die dafür verwendeten Ventile müssen die Funktion „stromlos geschlossen“ haben, damit die Ventile bei einem Stromausfall in die sichere Stellung gehen.

Durch geeignete Bauausführung ist sicherzustellen, dass, bei einer Brandlöschung mit Wasser in Bereichen außerhalb des RZ, kein Löschwasser in IT-Betriebsbereiche oder Supportbereiche eindringt.

8.3 Hebeanlage

Ist es aus unabweisbaren Gründen⁸⁷ erforderlich, Einrichtungen, die für den Betrieb eines HV-RZ erforderlich sind, unterhalb der Rückstauenebene zu installieren, und ist dieser Bereich über eine Hebeanlage

⁸⁴ Dachneigung $\leq 10^\circ$, entspricht ca. 17,6 %

⁸⁵ WU-Beton: wasserundurchlässiger Beton

⁸⁶ Bei einer reinen Mineralfarbe (auch Silikat-Farbe genannt) zeichnen sich Wasserflecken besonders deutlich ab.

⁸⁷ Siehe 14.5 Unabweisbare Gründe.

an das öffentlich Kanalsystem angeschlossen, muss diese Anlage mindestens folgende Bedingungen erfüllen.

- Die Hebeanlage muss über eine NEA-Versorgung gleicher Qualität wie die Einrichtungen des HV-RZ verfügen.
- Die Druckleitung der Hebeanlage muss so ausgeführt sein, dass die im ersten Anstrich von 8.1 (Seite 55) genannte Bedingung (1 m über Rückstauenebene) erfüllt ist.

Gleiches gilt für Hebeanlagen, die der Bewältigung des Sickerwassers mobiler Schutzeinrichtungen (8.1.2 *Mobile Schutzeinrichtungen*) dienen.

9 Schutz gegen Naturgewalten

Ein ausreichender Schutz gegen Naturgewalten wie Lawinen, Bergrutsche etc. kann durch die Wahl eines geeigneten Standorts⁸⁸ mit hinreichender Sicherheit erreicht werden. Bei anderen Naturgewalten wie Sturm, Schnee, Hagel, Blitzschlag⁸⁹ etc. ist ein angemessener Schutz nur durch konkret am jeweiligen Standort umzusetzende Maßnahmen erreichbar.

Da die Gefährdung durch Wasser in sehr unterschiedlicher Form auftritt, wird sie separat in 8 *Schutz vor Wasser* behandelt.

9.1 Sturm

Wie in dem BSI-Dokument „Standort-Kriterien RZ“⁹⁰ unter 5.4.9 ausgeführt, kann es durch Orkantiefs, die immer wieder über Deutschland hinwegziehen, auch abseits exponierter Lagen an jedem Ort der Bundesrepublik zu Orkanböen kommen, also zu Böen mit Windgeschwindigkeiten über ~118 km/h⁹¹. Als Beispiele dafür, dass mit solchen Windgeschwindigkeiten an jedem Ort in Deutschland gerechnet werden muss, seien genannt:

- Orkan Lothar (26.12.1999) mit 151 km/h in Karlsruhe,
- Orkan Kyrill (18. bis 19.01.2007) mit 145 km/h in Düsseldorf,
- Orkan Emma (29.02. bis 02.03.2008) mit 152 km/h in Chemnitz,
- Orkan Sabine (10.02.2020) mit 155 km/h in Fürstentum bei Passau und
- Tornado (16.08.2021) mit bis zu 250 km/h in Großheide (Ostfriesland).

Aus diesem Grund sind das Gebäude des RZ sowie alle technischen Einrichtungen außerhalb der Gebäudehülle so auszulegen, dass sie mindestens bis zu einer Windgeschwindigkeit von 120 km/h in Böen störungsfrei ihren Zweck erfüllen.

Beim Aufbau von betriebswichtigen Außenanlagen ist zudem Augenmerk auf den Schutz vor sturmbedingt herumfliegenden Gegenständen zu richten.

9.2 Schneelast

In Deutschland gilt für die statische Berücksichtigung von Schneelasten die DIN EN 1991-1-3 (2010-12) mit dem zugehörigen nationalen Anhang. Darin sind, wie in Abbildung 42 auf Seite 102 grob dargestellt, fünf Schneelastzonen ausgewiesen. Jeder der fünf Zonen ist ein s_k -Wert zugeordnet. Dieser bezeichnet den charakteristischen Wert der Schneelast in kN/m², der in der Zone für statische Berechnungen anzusetzen ist. Für Bereiche der Zonen 1 und 2 im Norddeutschen Tiefland sowie für bestimmte Lagen in Zone 3⁹² werden durch das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) darüber hinaus erhöhte s_k -Werte vorgegeben.

Die statische Dimensionierung des HV-RZ-Gebäudes und betriebswichtiger Außenanlagen ist den Vorgaben der DIN EN 1991-1-3 (2010-12) und allen weiteren bundes- und landesrechtlichen Vorgaben und den Hinweisen des DIBt folgend auszulegen.

⁸⁸ Siehe 1.4 Standortfindung.

⁸⁹ Das Thema Blitz wird wegen des engen technischen Zusammenhangs gemeinsam mit dem Überspannungsschutz in 3.5.1 Blitzschutz behandelt.

⁹⁰ <https://www.bsi.bund.de/dok/RZ-Standortkriterien> [März 2023]

⁹¹ Als Orkan werden Winde bezeichnet, deren mittlere Geschwindigkeit ≥ 12 Bft (Beaufort), entspricht ca. 118,53 km/h, erreicht.

⁹² Diese Bereiche sind wegen ihrer Kleinteiligkeit in der Abbildung 42 auf Seite 94 nicht individuell ausgewiesen.

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass extreme Wetterverhältnisse zu Schneelasten führen, welche die Annahmen für die Festlegung des s_k -Wertes überschreiten, sind geeignete ergänzende Maßnahmen zu treffen, die sicherstellen, dass die Schneelast den kritischen Belastungswert für die Dachfläche nicht überschreitet. Das kann als technische Maßnahme z. B. eine Dachflächenheizung oder als organisatorische Maßnahme die rechtzeitige Schneeräumung der Dachfläche sein.

9.3 Hagel

Obwohl massive Hagelniederschläge in Deutschland recht selten sind, ist das Hagelrisiko für sehr hoch und höchstverfügbare RZ besonders zu berücksichtigen.⁹³

Der Hagel selbst bewirkt vornehmlich einen primären mechanischen Schaden an der Gebäudehülle oder an außenliegenden technischen Einrichtungen. Der mit einem Hagelsturm oft einhergehende Starkregen bewirkt dann durch die mechanischen Schäden an der Hülle den meist deutlich größeren Wasserschaden innerhalb der Hülle.

Als unabdingbares Minimum ist die Hagelschutzklasse 5 zu erreichen, die einen Schutz gegen Hagelkörner mit einem Durchmesser bis zu 50 mm bewirkt.⁹⁴ Darüber hinaus ist anzustreben, dass die Schutzwirkung der Gebäudehülle sowie der Einhausung von Freiluftanlagen auch bei einem Hagelsturm mit Körnern bis zu 80 mm Durchmesser nicht verloren geht.

9.4 Erdbeben

Ein HV-RZ muss, unter Beachtung des BSI-Dokuments „Standort-Kriterien RZ“, Version 2.0⁹⁵, samt aller betriebswichtigen Einrichtungen (also nicht allein die Gebäudehülle) über die Vorgaben der zuständigen Baugenehmigungsbehörde hinaus Erdstößen der in der jeweils nächst höheren Erdbebenzone (im Vergleich zur Zone am Standort des RZ) zu erwartenden Stärke ohne Funktionsbeeinträchtigung widerstehen können.

⁹³ Siehe 14.25.1 Hagelstürme in Deutschland.

⁹⁴ Siehe 14.25.2 E DIN EN IEC 61215.

⁹⁵ <https://www.bsi.bund.de/dok/RZ-Standortkriterien> [März 2023]

10 Schutz gegen weitere Gefährdungen

In diesem Kapitel werden ohne Anspruch auf Vollständigkeit weitere Gefährdungen thematisiert, die sich nicht unmittelbar einem der vorausgehenden Kapitel zuordnen lassen, die aber für ein HV-RZ zu berücksichtigen sind.

10.1 Magnetische Wechselfelder

Für alle Bereiche eines HV-RZ, in denen IT-Einrichtungen betrieben werden (GA, GMA etc.), ist durch geeignete technische Maßnahmen die magnetische Feldflussdichte so zu begrenzen, dass die darin betriebene IT störungsfrei arbeitet.

Für die zu treffenden Maßnahmen sind alle magnetischen Felder zu berücksichtigen: die durch betriebliche Einrichtungen des HV-RZ selbst erzeugt werden sowie alle im Umfeld des RZ-Standortes vorhandenen und zu erwartenden (z. B. Bahntrassen, Trafostationen, Freiluftschaltanlagen). Soweit die Störfestigkeit konkreter IT-Geräte keine höheren Werte zulassen oder geringere Werte verlangen, ist eine maximale magnetische Flussdichte von 1 μT bei 50 Hz anzustreben.

10.2 Altlasten/Kampfmittel

Als sog. Zustandsstörer ist der Bauherr im Vorfeld der tatsächlichen Bauausführung verpflichtet, die Kampfmittelfreiheit des gesamten Baufeldes durch ein nach § 20 Sprengstoffgesetz zugelassenes Fachunternehmen herbeiführen, feststellen und bescheinigen zu lassen. Die teilweise unterschiedlichen Regelungen und Zuständigkeiten in den Bundesländern sind zu berücksichtigen.⁹⁶

Durch Einsichtnahme in Katasterunterlagen, ältere Luftbildaufnahmen und ggf. Probegrabungen und -bohrungen ist sicherzustellen, dass sich im Boden des kompletten HV-RZ-Grundstücks, also nicht nur im eigentlichen Baufeld, keinerlei Altlasten⁹⁷ befinden.

10.3 Ungeeigneter Baugrund / Hanglage

Durch einen Baugrundsachverständigen ist die Tragfähigkeit des Baugrundes zu untersuchen und zu beurteilen. Dabei sind u. a. folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Tiefe einer Unterkellerung
unter besonderem Augenmerk auf grundwasserführende Schichten
- Hanglage
unter besonderem Augenmerk auf bergseitig zulaufendes Oberflächenwasser, Stauwasser in den oberen Bodenschichten und die Stabilität der berg- und talseitigen Bodenschichten

Die vom Baugrundsachverständigen auf Basis seiner Untersuchungen gegebenen Empfehlungen sind vollumfänglich umzusetzen.

In einer Hanglage ist durch bauliche Vorkehrungen sicherzustellen, dass Stauwasser, Oberflächenwasser, Schlamm oder sich aus anderen Gründen bewegende Bodenpartien nicht näher als 5 m an das HV-RZ-Gebäude oder betriebswichtige Außenanlagen heranreichen können.

⁹⁶ Zahlreiche Hinweise dazu sind in dem Merkblatt „KAMPFMITTELFREI BAUEN“ enthalten, zu finden auf www.kampfmittelportal.de. [März 2023]

⁹⁷ Z. B. alte Deponien, aufgelassene oder noch betriebene Ver- oder Entsorgungsleitungen.

10.4 Containerdiebstahl

Insbesondere als Interimslösung bei Baumaßnahmen am eigentlichen RZ werden Container-RZ eingesetzt. Mitunter dienen sie aber auch als Dauerlösung. Dass für Container-RZ bei der Verwendung als HV-RZ die gleichen Anforderungen zu erfüllen sind, wurde schon eingangs in 1.9 *Anwendungsbereich* erwähnt.

Einer der besonderen Vorteile solcher Container-RZ liegt in ihrer einfachen Transportierbarkeit durch genormte Hebe- und Transportmittel. Das wird bei der Verwendung als HV-RZ bei dem Aspekt des Schutzes gegen Diebstahl (hier eines RZ-Containers) zum Problem, insbesondere, wenn die Container in Standard-Abmessungen gebaut sind. Daher ist bei HV-RZ, die im Freigelände als Container-RZ aufgebaut sind, dafür Sorge zu tragen, dass die einfache Verladbarkeit in ausreichender Weise unterbunden wird. Das kann vom Verschluss der Lade- und Transportbeschläge am Container (Eckbeschläge und Gabelstaplertaschen) über eine entsprechende Verankerung im Boden bis zur mechanisch ausreichenden Sperrung von Zufahrtsmöglichkeiten reichen.

Die hier nicht näher spezifizierbaren Maßnahmen müssen in ihrer Gesamtheit für die zu erwartenden Überwindungshilfsmittel einen gleichwertigen Widerstandszeitwert bewirken und Schutzreaktionen ermöglichen, wie sie sich für den normalen RZ-Bau aus den Ausführungen in 6 *Schutz gegen Unbefugte* ergeben.

11 Gebäudeautomation (Monitoring der technischen Infrastruktur)

Die Infrastrukturkomponenten sind die Basis eines IT-Betriebs. Zur Minimierung von Störungen sind diese zu überwachen, d. h. Betriebszustände und Parameter sind mittels Gebäudeautomation (GA) in einer Weise zu erfassen, darzustellen und auszuwerten, die eine Reaktion erlaubt, die den hohen und sehr hohen Verfügbarkeitsanforderungen genügt.

11.1 Technische Leitstelle

Die technische Leitstelle⁹⁸ eines Rechenzentrums nimmt alle betriebsrelevanten Meldungen sowohl aus den IT-Systemen als auch aus allen Support-Einrichtungen (z. B. aus der *Netzüberwachung*, 3.4.2.) entgegen, wertet diese aus und veranlasst, soweit das nicht automatisch erfolgt, die erforderlichen Reaktionen. Das wesentliche Ziel der Arbeit der Leitstelle ist es, den störungsfreien Betrieb des RZ durch vorbeugende Handlungen sicherzustellen oder durch reaktive Handlung so rasch wie möglich wiederherzustellen.

Es sind mindestens zwei einander Redundanz gebende Leitstellen zu betreiben. Eine Leitstelle (primäre Stelle) muss permanent (24/7) reaktionsfähig sein und auf Basis der jeweiligen Meldung alle erforderlichen Maßnahmen zielgenau einleiten und koordinieren. Verliert die primäre Stelle ihre Verfügbarkeit, ist die zweite (Ersatzstelle) umgehend in Betrieb zu nehmen. Die maximale Dauer der Unterbrechung zwischen Ausfall der primären Stelle und voller Betriebsbereitschaft der Ersatzstelle ist unter Berücksichtigung der maximal tolerierten Reaktionszeiten festzulegen und in allen Fällen einzuhalten.

Die Leitstellen sind in allen Funktionen untereinander gleichwertig und hinsichtlich der Verfügbarkeit auf dem gleichen Niveau zu realisieren, das für das HV-RZ erreicht werden muss. Alle Meldungen laufen parallel bei beiden Leitstellen auf und können von beiden Stellen aus gleichermaßen behandelt werden. Direkte Parallelmeldungen an Fachpersonal sind ergänzend möglich.

Die Leitstellen (sowohl Betriebs- als auch Sicherheitsleitstellen) eines HV-RZ sind hinsichtlich aller Schutzmechanismen gleichwertig zum IT-Betriebsbereich zu behandeln. Dabei ist es gleichgültig, ob die Leitstelle baulicher Bestandteil des RZ-Gebäudes ist oder ob die Leitstelle entfernt angesiedelt ist.⁹⁹

Für Aufbau und Betrieb der technischen Leitstellen kann die DIN EN 50518 herangezogen werden.

11.2 Meldungen

Alle Meldungen, die auf den technischen Leitstellen auflaufen, sollen folgende Anforderungen erfüllen:

- Meldungen erfolgen für jeden Sensor individuell. Gruppenmeldungen können ergänzend genutzt werden.
- Meldungen werden mit klar verständlichem Text mit genauer Ortsangabe und ersten einfachen Handlungsanweisungen angezeigt.
- Die Meldungen werden auf gesicherten Wegen übertragen, d. h., die Leitungen sind mindestens gegen versehentliche oder vorsätzliche Beschädigung durch einfache Mittel¹⁰⁰ zu schützen. Beschädigungen an Leitungen der GA, die zu einer Beeinträchtigung der Zuverlässigkeit der GA führen können, müssen erkannt und umgehend behoben werden.

⁹⁸ Die Sicherheitsleitstelle wird hier nicht betrachtet, da diese durch die DIN EN 50518 Alarmempfangsstelle hinreichend beschrieben ist.

⁹⁹ Zur Fernübertragung siehe 11.3.

¹⁰⁰ Z. B. einfache Werkzeuge wie Schraubendreher, Seitenschneider oder Multitool.

-
- Bei georedundanten Standorten ist für systemrelevante Meldungen zusätzlich zum lokalen Monitoring ein zentrales Monitoring zu betreiben.

11.3 Fernübertragung

Bei der Fernübertragung von Meldungen an eine vom RZ entfernt aufgebaute Leitstelle oder an ein zentrales Monitoring müssen die erforderlichen Übertragungswege zur Sicherstellung der Verfügbarkeit knoten- und kantendisjunkt ausgeführt werden. Zudem müssen Integrität und Vertraulichkeit der Informationsübertragung durch geeignete kryptografische und authentisierende Mechanismen geschützt werden.

11.4 Fernsteuerung

Die Fernsteuerung der Supporteinrichtungen eines HV-RZ ist ausschließlich aus den Leitstellen gemäß 11.1 Technische Leitstelle und ausschließlich über gesicherte Wege gemäß 11.3 *Fernübertragung* zulässig. Weitere steuernde oder regelnde Eingriffe in die Einrichtungen der Supporttechnik durch Dritte, z. B. externe Dienstleister im Rahmen von Service-Verträgen, sind nicht zulässig.

12 Redundanz

Alle technischen Supporteinrichtungen, insbesondere Energie⁻¹⁰¹ und Kälteversorgung, sind mindestens in „N+1“-Redundanz, also „betriebsredundant“¹⁰² auszulegen. Es darf an keiner Stelle einen SPOF¹⁰³ geben, weder im Leitungsnetz noch bei aktiven Komponenten noch in Steuerungen. Um einem Anspruch an sehr hohe Verfügbarkeit bis hin zur tatsächlichen Unterbrechungsfreiheit zu genügen, ist für alle wesentlichen aktiven Komponenten der technischen Supporteinrichtungen eine über die reine Betriebsredundanz hinausgehende Wartungsredundanz „N+2“¹⁰² zu realisieren.

Bei Einrichtungen der technischen Gebäudeausstattung wie z. B. Gefahrenmeldeanlagen (Einbruch [EMA] und Brand [BMA]) oder einer Gaslöschanlage kann auf einen redundanten lokalen Aufbau verzichtet werden, wenn

- von dem Ausfall keine unmittelbare nachteilige Wirkung auf die Verfügbarkeit des HV-RZ ausgeht,
- technisch sowie organisatorisch sichergestellt wird, dass Ausfälle dieser Einrichtungen sofort erkannt werden,
- mit der Störungsbeseitigung umgehend begonnen wird, z. B. im Rahmen geeigneter SLA, und
- für die Zeit der Betriebseinschränkung kompensierende Maßnahmen getroffen werden.

Aussagen zur Redundanz der IT selbst sind nicht Teil dieser Hinweise.

¹⁰¹ Hier ist die eigenverantwortete Energieversorgung gemeint. Hinsichtlich doppelter Einspeisungen aus dem Netz des Energieversorgers siehe 2.2.1 *Ring- oder Doppeleinspeisung*.

¹⁰² Umfassende Erläuterungen zur den Begriffen „Betriebsredundanz“ und „Wartungsredundanz“ sowie zur Bedeutung von „N“ sind zu finden unter <https://www.bsi.bund.de/dok/Redundanz> [März 2023]

¹⁰³ Single Point of Failure, siehe 13.5 *SPOF vermeiden*.

13 Grundriss-Prinzipien

Auch wenn auf den ersten Blick keine Beziehung zwischen dem Grundriss eines RZ und dessen Verfügbarkeit zu vermuten ist, gibt es sie doch, z. B. für folgende Aspekte:

- Die Länge von Erschließungswegen sowie deren einfache Nutzbarkeit haben Einfluss auf Reaktionszeiten in einem Schadensfall.
- Die Realisierung geeigneter, voneinander getrennter Zugangsbereiche ermöglicht eine zweckmäßige Zutrittssteuerung und damit den Schutz vor Unbefugten.
- Die Realisierung von Brandabschnitten ermöglicht einen sinnvollen Aufbau von Redundanzen.

Die beiden führenden Grundprinzipien bei der Gestaltung des Grundrisses eines HV-RZ werden meist mit folgenden beiden Schlagworten beschrieben:

- Schalenmodell (13.1),
- Trennung der feinen und der groben Technik (13.6).

Anhand der Abbildung 20 werden diese beiden Prinzipien sowie weitere Aspekte einer sinnvollen Grundrissgestaltung erläutert. Dabei dient die Abbildung lediglich der Veranschaulichung des folgenden Textes. Sie soll weder einen konkreten Mustergrundriss für ein HV-RZ darstellen noch erhebt sie einen Anspruch auf Vollständigkeit. So sind z. B. die Anlieferung (13.2 Anlieferung) und die Brandschutzerfordernisse nicht dargestellt. Auch sind die Bezeichnungen und Größenverhältnisse der Räume nur beispielhaft.

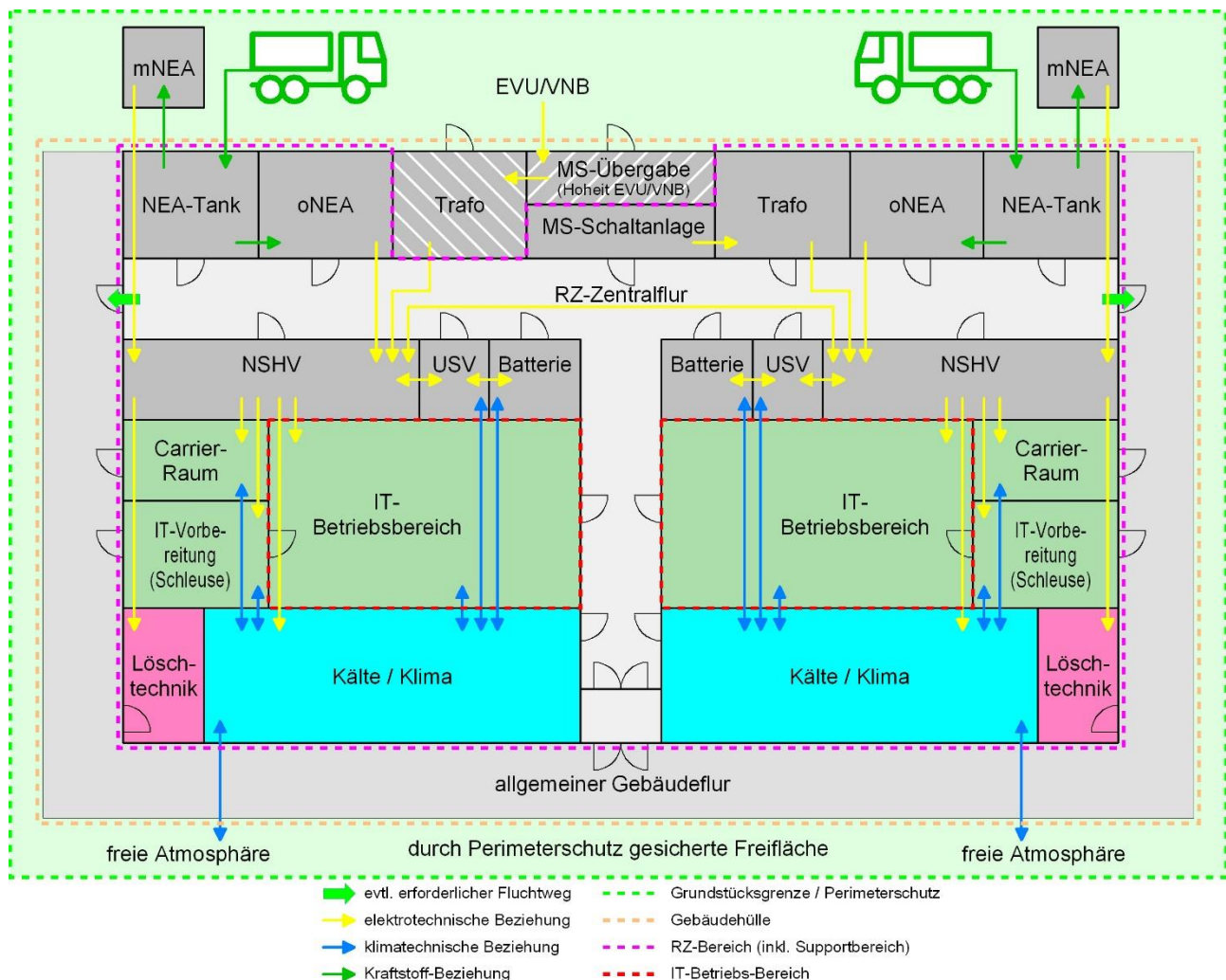


Abbildung 20: Darstellung der prinzipiellen Beziehungen zwischen den wesentlichen Grundrisselementen eines HV-RZ (Bild: BSI)
(Brandschutz, Zutrittsschutz und Anlieferung sind nicht dargestellt.)

13.1 Schalenmodell

Im Schalenmodell sollte ein HV-RZ so aufgebaut sein, dass sich Bereiche mit dem höchstwertigen Schutzgut an zentraler Stelle befinden und von anderen Räumen umgeben sind, deren Schutzbedarf nach außen hin abnimmt. In Abbildung 20 ist der IT-Betriebsbereich der mit dem höchstwertigen Schutzgut. Dort sind die für die Bereitstellung von IT-Dienstleistungen unmittelbar erforderlichen IT-Komponenten untergebracht und dort befinden sich die Daten zur Be- und Verarbeitung.

Dem IT-Betriebsbereich direkt beigeordnet sind die beiden wesentlichen Supporteinrichtungen der Strom- und Kälteversorgung: NSHV mit USV und Batterie sowie die Kälte- und Klimaanlage. Des Weiteren liegen Carrier-Raum und IT-Vorbereitung schützend zwischen IT-Betriebsbereich und allgemeinem Gebäudeflur.

Gemeinsam mit der Löschtechnik und den weiteren Räumen der Energieversorgung (MS-Schaltanlage, Trafo und NEA) bilden die gezeigten Räume das funktionale Herz eines RZ.

Der Zutritt zu den meisten Räumen des RZ ist nur aus dem RZ-Zentralflur heraus möglich, der nur einem begrenzten Personenkreis zugänglich sein sollte. Davon wird abgewichen für den

- Carrier-Raum
Dort muss ggf. Personal des Carriers Zutritt haben. Ein Übergang vom Carrier-Raum zum IT-Betriebsbereich sollte nicht möglich sein.

-
- **IT-Vorbereitung**
Um Hardware in die IT-Betriebsbereiche ein- und von dort auszuschleusen, ist dieser Raum mit einem Zugang vom allgemeinen Gebäudeflur und einem zum IT-Betriebsbereich zu versehen. Beide Türen sind gegenseitig zu verriegeln (Schleuse).
Hier könnte auch eine ggf. erforderliche Klimaanlage einzuschleusender Hardware erfolgen, also die vorbereitende Kühlung von Lager-/Liefertemperatur auf die im IT-Betriebsbereich herrschende Temperatur.
 - **MS-Schaltanlage**
Sofern diese im Hoheitsbereich des Energieversorgers liegt, sollte es von dort keinen Zugang ins weitere RZ geben.
Liegt die MS-Schaltanlage in der Hoheit des HV-RZ-Betreibers, entfällt die Außentür und die Schaltanlage erhält einen internen Zugang. In diesem Fall dürfte eine getrennte, dann nur für den Versorger zugängliche MS-Übergabestation erforderlich werden.
 - **Trafo**
Vergleichbar zur MS-Schaltanlage erfolgt auch hier der Zutritt entsprechend der Hoheitsregelung und muss im Einzelfall festgelegt werden. Auch über den Traforaum darf es keine Durchgangsmöglichkeit von einer äußeren zu einer weiter innen liegenden Schale geben. In der Abbildung 20 sind beide Zutrittsvarianten dargestellt.

13.2 Anlieferung

Es ist ein Bereich zu schaffen, über den die zentrale Anlieferung aller für den Betrieb des RZ erforderlichen Güter erfolgt. Dieser Bereich umfasst prinzipiell folgende drei Unterbereiche:

- **Entladebereich/Rampe**
Dieser Bereich muss aus der niedrigsten Raumzone erreichbar sein und für alle relevanten Anlieferungsmethoden geeignet sein.
- **Entpackbereich**
Dieser Bereich sollte zwischen Entladebereich und Einschleusung liegen und es ermöglichen, alle angelieferten Güter so zu entpacken, dass keinerlei Verpackungsmaterial in den folgenden Bereich verbracht werden muss.
- **Einschleusung**
Durch geeignete bauliche Herrichtung sowie durch ergänzende sicherheitstechnische Einrichtungen ist eine Schleuse zu bilden, die wechselweise entweder dem Entlade- und Entpackbereich, also der niedrigen Raumzone, oder einer höheren Raumzone zugeordnet werden kann.
Die Größe der Schleuse muss so bemessen sein, dass keine Notwendigkeit besteht, für besonders große Transportgüter beide Schleusentüren gleichzeitig öffnen zu müssen.
Die Schleuse kann mit dem Bereich der IT-Vorbereitung zusammengelegt werden.

Für den Weitertransport von Gütern an ihren endgültigen Standort sind die erforderlichen Lichtraumprofile und Kurvenradien zu gewährleisten. Hierbei ist insbesondere auf die Abmessungen evtl. im Transportweg befindlicher Aufzüge hinsichtlich Traglast, Fahrkorbgröße und Türportalmaße zu achten.

13.3 Opferbereiche

Opferbereiche sind Nutzungsflächen ohne betriebsrelevanten Bezug zu den Kernfunktionen des HV-RZ, die zum Schutz gegen Sabotage und Anschläge (6.5 *Schutz gegen Sabotage und Anschläge*) um die hochschutzbedürftigen Bereiche herum angeordnet sind und so die Wucht eines Anschlags, auch unter eigener Zerstörung, abfangen oder mindern.

Opferbereiche sind so zu gestalten, dass durch deren Beschädigung der Zugang zu den eigentlichen Schutzbereichen allenfalls kurzzeitig behindert wird.

13.4 Abstand

Nicht nur zu externen Gefahrenquellen, wie sie in der Standortfindung (1.4 *Standortfindung*) betrachtet werden, sind Abstände einzuhalten, sondern auch zu internen Bereichen des Gebäudes, in dem ein HV-RZ untergebracht werden soll, von denen eine Gefahr für die Verfügbarkeit ausgehen kann. Solche Bereiche sind z. B.:

- Bereiche mit Brandlasten, die über eine normale Büroumgebung hinausreichen;
- Bereiche, für die baurechtliche Maßnahmen zum Explosionsschutz getroffen werden müssen;
- Bereiche, aus denen ggf. Löschwasser in funktionsrelevante Bereiche des HV-RZ gelangen kann;
- Lager für leicht entzündliche Stoffe;
- Lager für Stoffe, die bei ihrer Freisetzung oder beim Verbrennen giftige oder ätzende Substanzen freisetzen.

Je nach der individuell festzustellenden Ausbreitungsrichtung und Ausbreitungsart ist sowohl ein horizontaler wie vertikaler Abstand zu solchen Bereichen sicherzustellen. Kann der erforderliche Abstand nicht hergestellt werden oder ist er ggf. nicht ausreichend, sind gefahrenspezifisch weitere Schutzmaßnahmen zu realisieren.

13.5 SPOF vermeiden

Die Vermeidung von Einzel-Fehler-Stellen (SPOF¹⁰⁴) ist ein wichtiges Konstruktionsprinzip für die Verfügbarkeit. Bis auf die MS-Anlagen ist das in Abbildung 20 so dargestellt. Dass die MS-Anlagen (Übergabestation und Schaltanlage) ein SPOF sein können, ist aufgrund folgender Überlegungen akzeptabel:

- Die MS-Übergabestation oder -Schaltanlage liegen in der Regel nicht im Hoheitsbereich des HV-RZ-Betreibers, sondern des VNB. Der HV-RZ-Betreiber hat also keinen Einfluss auf die Zutrittsregelungen zu diesen Bereichen, gleichgültig, ob sie als SPOF wirkt oder redundant ist.
- Für die Verfügbarkeit der externen Energieversorgung des HV-RZ ist es belanglos, ob eine Störung durch Manipulation in der MS-Übergabestation, der MS-Schaltanlage oder im vorgelagerten Netz stattfindet.
- Durch den redundanten Aufbau der internen Notenergieversorgung (NEA, USV etc.) mindestens in Betriebsredundanz (N+1) kann eine Störung in der externen Versorgung für die Dauer der Autonomiezeit der eigenen Notenergieversorgung problemlos überbrückt werden.

13.6 Trennung der feinen und der groben Technik

Um möglichst weitgehend sicherstellen zu können, dass Personen ausschließlich solche Bereiche betreten, zu denen sie auf Grund der dort zu erledigenden Tätigkeiten ein Zutrittsrecht haben, sollen alle technischen Komponenten – sofern möglich – räumlich voneinander getrennt untergebracht werden.

So ist es z. B. zu vermeiden, dass der Zugang zur Klimatechnik durch einen RZ-Betriebsbereich hindurch erfolgt oder dass USV-Systeme im Carrier-Raum aufgebaut werden.

In Fällen, in denen eine solche Trennung nicht vollständig möglich ist, wenn z. B. bei einem Kalt-Gang-Aufbau Wärmetauscher unmittelbar in den Schrankreihen verbaut sein müssen, sind organisatorische Maßnahmen erforderlich, um den Fortfall des Nutzens der räumlichen Trennung zu kompensieren.

13.7 Gleichwertigkeit der Zutrittsmechanismen

Alle für die ordnungsgemäße Funktion eines HV-RZ erforderlichen Bereiche und Einrichtungen sind gleichwertig zu den IT-Betriebsbereichen gegen Unbefugte zu schützen. So ist z. B. eine Organisation des

¹⁰⁴ Single Point of Failure

Zutritts, bei der die RZ-Fläche nur mit Zwei-Faktor-Authentifizierung betreten werden kann, die Niederspannungshauptverteilung hingegen einfach mit einem „Elektro-Generalschlüssel“, nicht akzeptabel.

13.8 Reserveflächen für Umbau und Erweiterung

Bei HV-RZ ist es meist nicht möglich, zu ersetzende technische Einheiten erst abzubauen und die neuen erst nach deren Aufbauzeit in Betrieb zu nehmen. Es ist vielfach erforderlich, die neuen Einheiten noch während der Nutzung der abgängigen Einheiten aufzubauen, um die dann erforderliche Umschaltunterbrechung so kurz wie möglich zu halten.

Um das zu ermöglichen, sind für alle technischen Einrichtungen Reserveflächen vorzuhalten, auf denen der Neuaufbau parallel zum Weiterbetrieb der anderen Einheiten erfolgen kann. Die Größe dieser Flächen ist von der Mindestgröße der auszutauschenden Einheiten abhängig. Gibt es keine definierbare Mindestgröße, sollte die Reservefläche im Bereich von 20–30 % der schon besiedelten Fläche liegen.

Neben dem Nutzen, durch Reserveflächen einen unterbrechungsarmen Umbau zu ermöglichen, können solche Flächen natürlich auch für erforderliche Erweiterungen von Anlagen genutzt werden. Dabei ist aber darauf zu achten, den Verlust der potenziellen Umbaufläche zu kompensieren.

14 Anhang

14.1 RZ-Definition

- 1) Hat eine IT-nutzende Organisation nur einen zentralen IT-Betriebsbereich, ist dieser gemeinsam mit den erforderlichen Supportbereichen grundsätzlich immer wie ein RZ entsprechend dem Schutzbedarf zu behandeln.
Unter „IT-Betriebsbereich“ sind Räume zu verstehen, in denen die Hardware aufgebaut ist und betrieben wird, die der Bereitstellung von Diensten und Daten dient. Das RZ umfasst neben dem IT-Betriebsbereich alle weiteren technischen Supportbereiche (Stromversorgung, Kälteversorgung, Löschtechnik, Sicherheitstechnik etc.), die dem bestimmungsgemäßen Betrieb und der Sicherheit des IT-Betriebsbereichs dienen.
- 2) Wird die IT der Organisation innerhalb eines Gebäudes / einer Liegenschaft verteilt in mehreren Bereichen betrieben und sind diese Bereiche untereinander und zu den IT-Nutzern hin durch hauseigene LAN-Verbindungen angeschlossen, ist mindestens der funktional bedeutendste dieser Bereiche als RZ zu behandeln.
Des Weiteren sind Bereiche, von deren ordnungsgemäßen Betrieb 50 % und mehr Nutzer abhängig sind oder aus denen heraus 50 % und mehr an Diensten und Daten (gemessen an der Gesamtheit der Bereiche) bereitgestellt werden, als RZ zu behandeln.
- 3) Ist die IT-nutzende Organisation an mehreren, räumlich voneinander getrennten Standorten angesiedelt, und sind diese durch andere als hauseigene LAN-Verbindungen miteinander gekoppelt, ist jeder der Standorte entsprechend 1) separat zu betrachten und zu behandeln.
- 4) Ein IT-Betriebsbereich, in dem für kritische Geschäftsprozesse (Prozesse, deren Störung oder Ausfall zu wesentlichen Beeinträchtigungen der Erledigung primärer Aufgaben einer Organisation führen) erforderliche IT angesiedelt ist, ist immer als RZ zu behandeln, unabhängig von Größe oder Anteilsregeln aus Nummer 2).
- 5) IT-Betriebsbereiche, aus denen heraus Dienste/Dienstleistungen für Dritte erbracht werden, sind immer als RZ zu betrachten. Dabei ist es unerheblich, ob dieses gegen Entgelt erfolgt oder nicht.
- 6) Besteht ein begründetes Interesse, einen IT-Betriebsbereich gemeinsam mit seinem Supportbereich abweichend von den vorgenannten Regelungen als Serverraum zu behandeln, ist dies samt der sich daraus ergebenden Reduzierungen von Maßnahmen der IT-Sicherheit anhand einer Risikoanalyse zu begründen.

14.2 Resilienz eines RZ

Wird über die Verfügbarkeit von RZ gesprochen, werden häufig Prozentwerte von 99 % und mehr angeführt, um maximale Ausfallzeiten abzubilden. Mitunter werden auch die vier Tier-Klassen des Up-Time-Instituts oder die RZ-Kategorien A bis D des Bitkom e. V. herangezogen. Diese Ansätze sind hilfreich, um den Bedarf der Verfügbarkeit auf der Anforderungsseite (Sichtweise Kunde) zu beschreiben und um SLA bedarfsgerecht zu formulieren.

Auf der Angebotsseite (Sichtweise Dienstleister) ist es hingegen praktisch unmöglich, eine RZ-Infrastruktur exakt auf eine bestimmte prozentuale Verfügbarkeit auszulegen, um eine exakte Zielverfügbarkeit für die Zukunft zu garantieren. Es ist daher erforderlich, einen anderen Ansatz zu wählen, um eine Struktur schon ab den ersten Planungsschritten und jederzeit später hinsichtlich der zu erwartenden Verfügbarkeit beurteilen zu können. Ein möglicher Weg ist die Betrachtung der Resilienz der technischen Einrichtungen eines RZ, also der Fähigkeit, bei Ausfällen einzelner Komponenten als Gesamtstruktur nicht vollständig zu versagen, und die angeforderten IT-Dienstleistungen in der zugesicherten Qualität zu erbringen.

Die folgende Tabelle 2 stellt das Grundgerüst einer solchen Resilienz Betrachtung dar. Darin werden die Ansprüche an die Verfügbarkeit der geforderten Resilienz der Gesamtstruktur unter Einwirkung von Ereignissen gegenübergestellt.

Anspruch an die Verfügbarkeit der Gesamtstruktur	Geforderte Resilienz der Gesamtstruktur eines RZ unter Einwirkung von Ereignissen
ohne	Schon das erste Ereignis*) darf zu einem Totalausfall der Gesamtstruktur führen.
niedrig / normal	Das erste Ereignis darf maximal eine vertretbar geringe Beeinträchtigung**) der Verfügbarkeit der Gesamtstruktur bewirken. Nur unwahrscheinliche Ereignisse***) dürfen zu darüberhinausgehenden Beeinträchtigungen der Verfügbarkeit der Gesamtstruktur bis hin zu deren Totalausfall führen.
hoch	Das erste Ereignis darf maximal eine vertretbar geringe Beeinträchtigung der Verfügbarkeit der Gesamtstruktur bewirken. ¹⁰⁵ Ein Totalausfall ist nur bei extrem unwahrscheinlichen Ereignissen hinnehmbar.
sehr hoch	Erst das zweite Ereignis****) darf maximal zu einer vertretbar geringen Beeinträchtigung der Verfügbarkeit der Gesamtstruktur führen. Ein Totalausfall ist nur noch für extrem unwahrscheinliche und extrem schwer beherrschbare Ereignisse hinnehmbar, z. B. Jahrhunderthochwasser.
höchstverfügbar	Erst das dritte Ereignis darf maximal zu einer vertretbar geringen Beeinträchtigung der Verfügbarkeit der Gesamtstruktur führen. Ein Totalausfall ist nur noch für extrem unwahrscheinliche und absolut unbeherrschbare Ereignisse hinnehmbar, z. B. Meteoriteneinschlag.

Tabelle 2: Verfügbarkeit und Resilienz eines RZ

Erläuterungen zur Tabelle:

- *) Als Ereignis muss jedes denkbare Szenario mit beliebigem Wirkungsbereich betrachtet werden. D. h., die Spanne reicht vom Ausfall einer einzelnen kleinen Komponente (z. B. einer Pumpe) bis zum Ausfall eines kompletten Strukturelements (z. B. einer Netzersatzanlage). Allerdings ist mit „Ereignis“ nicht der Ausfall des gesamten RZ gemeint.

Ein für sich genommen unwesentliches Ereignis kann der Auslöser für eine Ereigniskette sein. Eine solche Ereigniskette ist bis zum Ende zu durchdenken (wenn A dann auch B und folglich C etc.) und im Sinne dieser Staffelung als ein zusammenhängendes Ereignis zu betrachten. Nur voneinander unabhängige Ereignisse sind als getrennte zu sehen.

- **) Die vertretbar geringe Beeinträchtigung wird unter anderem durch die maximal tolerierbare Ausfallzeit definiert. Weitere Aspekte können die maximal akzeptierten Antwortzeiten einer Anwendung oder zunehmende Einschränkungen des Leistungsumfangs einer Anwendung sein. Die maximal tolerierbare Ausfallzeit bestimmt insbesondere die zur Verfügung stehende Reaktionszeit. Je geringer die maximal tolerierbare Ausfallzeit ist, desto weniger Zeit steht für eine Reaktion zur Verfügung. Dementsprechend mehr Vorbereitung muss getroffen sein, z. B. durch Vorhalten von Redundanzen oder Ersatzsystemen vor Ort.

¹⁰⁵ Die Verschärfung der Aussage dieses Satzes gegenüber der vorangehenden Stufe ergibt sich, trotz gleichlautender Formulierung, durch die deutlich kleinere maximal tolerierbare Ausfallzeit.

-
- ***) Die Festlegung zur angenommenen Eintrittswahrscheinlichkeit von Ereignissen ist in der Risikoanalyse vorzunehmen.
- ****) Für die Stufen „sehr hoch“ und „höchstverfügbar“ gilt, dass die dort genannten „zwei“ bzw. „drei“ Ereignisse voneinander ursächlich unabhängig sind und hinsichtlich ihrer Schadwirkung zeitlich zusammentreffen oder sich zumindest zeitlich signifikant überschneiden.

In der Praxis werden die oben dargestellten Überlegungen zur Resilienz in der Weise angewendet, dass anhand von Plänen die Folgen störender Ereignisse hinsichtlich der Verfügbarkeit des HV-RZ analysiert werden. Es gilt dabei festzustellen, ob der durch das Ereignis / die Ereignisse bewirkte Ausfall unter Berücksichtigung vorbereiteter Reaktionen (SLA, Bereitschaftsdienst, Ersatzteilverhaltung vor Ort, Redundanzen etc.) innerhalb der maximal tolerierbaren Ausfallzeit liegt oder diese überschreitet.

Es ist wichtig zu beachten, dass störende Ereignisse nicht allein darauf beschränkt sind, dass diese unvorhergesehen auf eine Struktur einwirken. Gleichmaßen müssen auch erforderliche Funktionsunterbrechungen von Strukturen auf Grund geplanter Inspektionen, Wartungen und Reparaturen in die Betrachtung einbezogen werden. Dabei ist zu bedenken, dass während einer geplanten Funktionsunterbrechung zusätzlich weitere unvorhergesehene Ereignisse eintreten können.

14.3 Relevanz von Normen

Sofern nicht ausdrücklich durch ein Gesetz oder eine Rechtsverordnung darauf verwiesen wird, haben Normen keine unmittelbare Bindungswirkung. Der Bundesgerichtshof sagt in einem Urteil vom 14.05.1998¹⁰⁶ dazu: „DIN-Normen sind keine Rechtsnormen, sondern private technische Regelungen mit Empfehlungscharakter. Sie können die anerkannten Regeln der Technik wiedergeben oder hinter diesen zurückbleiben.“

Die Bedeutung der Formulierung „allgemein anerkannte Regeln der Technik“, „Stand der Technik“ und „Stand von Wissenschaft und Technik“ wird im Handbuch der Rechtsförmlichkeiten¹⁰⁷ definiert. In Abschnitt „4.5 Bezugnahmen auf technische Regeln“ – „4.5.1 Generalklauseln“ steht dazu:

- *„Die Generalklausel ‚allgemein anerkannte Regeln der Technik‘ wird für Fälle mit vergleichsweise geringem Gefährdungspotenzial oder für Fälle verwendet, die auf Grund gesicherter Erfahrungen technisch beherrschbar sind.“*
- *„Das Anforderungsniveau bei der Generalklausel ‚Stand der Technik‘ liegt zwischen dem Anforderungsniveau der Generalklausel ‚allgemein anerkannte Regeln der Technik‘ und dem Anforderungsniveau der Generalklausel ‚Stand von Wissenschaft und Technik‘. Stand der Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, der nach herrschender Auffassung führender Fachleute das Erreichen des gesetzlich vorgegebenen Zieles gesichert erscheinen lässt.“*
- *„Die Generalklausel ‚Stand von Wissenschaft und Technik‘ umschreibt das höchste Anforderungsniveau und wird daher in Fällen mit sehr hohem Gefährdungspotenzial verwendet. Stand von Wissenschaft und Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlichster Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen, die nach Auffassung führender Fachleute aus Wissenschaft und Technik auf der Grundlage neuester wissenschaftlich vertretbarer Erkenntnisse im Hinblick auf das gesetzlich vorgegebene Ziel für erforderlich gehalten werden und das Erreichen dieses Ziels gesichert erscheinen lassen.“*

HV-RZ haben sicher ein höheres als „geringes Gefährdungspotenzial“. Die „allgemein anerkannten Regeln der Technik“ reichen also nicht aus. Folglich reicht auch die bloße Beachtung von Normen nicht aus.

¹⁰⁶ BGH, Urteil vom 14.05.1998 - VII ZR 184/97

¹⁰⁷ Bundesanzeiger 160a, 22.10.2008, Seite 84 f

14.4 Betriebs- und Wartungsredundanz, Modularität

Die **Betriebsredundanz** stellt einem oder mehreren (N) Primärsystemen, deren gemeinsames Leistungsvermögen 100 % beträgt, ein weiteres System zur Seite, das den Ausfall von einem der Primärsysteme ersetzen kann. Daher wird die Betriebsredundanz auch (N+1)-Redundanz genannt. Die Betriebsredundanz hält also im Falle eines einzelnen Fehlers den Betrieb aufrecht. N ist immer die Anzahl der Primärsysteme, also die Anzahl der Systeme, die im normalen Betrieb die erforderliche Leistung gemeinsam bereitstellen.

Bei der **Wartungsredundanz** werden dem/n primär erforderlichen System/en zwei Systeme zugeordnet, von denen jedes den Ausfall eines Primärsystems ersetzen kann. Diese Redundanzform, auch (N+2)-Redundanz genannt, ist geeignet, bei wartungsbedingter Abschaltung eines Primär-Systems den gleichzeitigen spontanen Ausfall eines weiteren Systems zu kompensieren, daher der Begriff „Wartungsredundanz“. Die Wartungsredundanz beinhaltet immer die Betriebsredundanz.

Modularität beschreibt die Kleinteiligkeit des Aufbaus der Primärsysteme, also den Wert N. Wird die erforderliche Leistung durch ein einziges Primärsystem erbracht, ist N=1. Erbringen z. B. drei Primärsysteme die erforderliche Leistung im parallelen Betrieb, ist N=3. Der Vorteil eines höheren Wertes von N besteht darin, dass die einzelnen Primärsysteme und damit auch die Redundanz-Systeme kleiner sein können, womit die Überkapazität durch die Redundanzsysteme reduziert wird.

Dass sich die Modularität mit zunehmendem Wert für N zugleich auf die maximale Auslastung der beteiligten Systeme und damit auf deren Wirkungsgrad positiv auswirkt, ist in 14.9 dargestellt.

Eine ausführliche Darstellung zu diesem Thema ist auf der BSI-Seite¹⁰⁸ zu finden.

14.5 Unabweisbare Gründe

Unabweisbare Gründe, auf die Realisierung eines Schutz- oder Sicherheitsmechanismus zu verzichten, können ausschließlich dann vorliegen, wenn es zwingende bauliche oder betriebstechnische Gründe für diesen Verzicht gibt. So können folgende Gründe unabweisbar sein (Nur Beispiele ohne Anspruch auf Vollständigkeit!):

- Der Platz für den Einbau einer Gaslöschanlage steht tatsächlich nicht zur Verfügung.
- Die Statik des Gebäudes lässt den Einbau einbruchhemmender und damit meist recht schwerer Wände nicht zu.
- Der Gebäudeeigentümer oder der Denkmalschutz stimmt den erforderlichen Maßnahmen nicht zu.

Allein die Tatsache, dass eine abweichende und dadurch ggf. weniger Schutz bietende Maßnahme kostengünstiger ist, einen einfacheren Betrieb ermöglicht o. ä., ist nicht als unabweisbar anzusehen.

14.6 Begriffserläuterung Kabel und Leitung

Sofern sich in der Fachliteratur oder im Internet Definitionen der Bezeichnungen „Kabel“ und „Leitungen“ im Kontext der Elektro- und Datentechnik finden lassen, sind diese weder trennscharf noch eindeutig. Einzige Gemeinsamkeit vieler Definitionsversuche ist der Verweis auf die bislang geübten Gepflogenheiten.

An zwei Beispielen wird das Problem dargestellt:

- Definition aus <https://www.elektronik-kompodium.de>:
„Leitungen und Kabel kann man folgender Maßen unterscheiden. Kabel sind Leitungen, die im Boden oder auf hoher See (Meeresboden) verlegt werden. Was man sehen kann, sind Leitungen, Kabel sieht man nicht, wenn sie genutzt werden.“

¹⁰⁸ <https://www.bsi.bund.de/dok/Redundanz> [März 2023]

Bei dieser Definition stellt sich sofort die Frage, was sind denn weder im Boden noch auf dem Meeresboden, sondern in Wänden und Decken von Gebäuden verlegte Drähte? Sind das, weil man sie nicht sieht, wenn sie genutzt werden, Kabel, oder, weil sie weder im Boden noch auf dem Meeresboden liegen, Leitungen?

Diese einfache Frage zeigt auf, dass die Definition nicht tragfähig ist. In manchen Quellen wird versucht, diesen Widerspruch dadurch aufzulösen, dass darauf hingewiesen wird, dass Unterputzleitungen in Schaltern, Steckdosen oder Leuchten enden, die man sehen kann. Leider trägt dieser Ansatz das Bezeichnungsproblem zu lösen, nicht zu einer klaren Definition bei.

- An anderer Stelle¹⁰⁹ wird der Unterschied unter anderem über den inneren Aufbau definiert:
„Ein Kabel kann auch aus einigen isolierten Drähten oder mehreren Litzen bestehen. Eine Litze bezeichnet dabei einen Zusammenschluss von vielen und sehr feinen Kupferdrähten. Gemeinsam bildet die Litze wiederum eine Leitung. Leitungen sind häufig nur einfach isoliert, wohingegen Kabel auch gegen physikalische Einwirkungen geschützt sind. In den meisten Fällen befindet sich hierbei unter dem Gummimantel noch eine mechanische Ummantelung als Schutz. Was häufig fälschlicherweise als Kabel bezeichnet wird, ist in vielen Fällen lediglich eine Leitung. Ein paar Beispiele dafür sind die ‚Kabel‘ von Steckdosenleisten oder aber auch von Wasserkochern und sonstigen elektronischen Haushaltsgeräten.“

Hier liegt der Widerspruch darin, dass gerade Adern von Anschlussleitungen ortsveränderlicher elektrischer Geräte, um flexibel zu sein, als Litze ausgeführt sind, was aber gemäß der Definition am Beginn des Zitats zu der Bezeichnung „Kabel“ führt.

Sucht man weiter, finden sich Unterscheidungen nach Farbe (Schwarz = Kabel, nicht schwarz = Leitung) oder, dass Kabel aus Einzeladern bestehen, welche zu einem Kabel zusammengefasst werden. Letzteres trifft aber identisch auf das zu, was „Leitung“ zu nennen sei.

Oft wird in solchen Erklärungstexten die Formulierung der „in Fachkreisen gebräuchlichen Definition“ bemüht, die aber als eigenständige Definition tatsächlich nirgends zu finden ist.

Weitere Verwirrung stiften Begriffe wie z. B. „Satelliten-Leitung“. Da gibt es über weite Strecken überhaupt kein physisches Medium, das als Kabel oder Leitung im Sinne der vorgenannten Erklärungen bezeichnet werden könnte, und trotzdem wird auch hier von „Leitung“ gesprochen.

Diese offensichtliche Grauzone ist Anlass, die Begriffe „Kabel“ und „Leitung“ in diesem Papier, wie in 2.1 dargestellt, zu verwenden.

14.7 Schirmung von MS-Kabeln am Trafo

Physik:

Wird ein einadriges Kabel geschirmt und werden die beiden Enden der Schirmung miteinander verbunden, wirken der Leiter im Kabel und die Schirmung gemeinsam wie ein Trafo: der Leiter ist die Primärseite, die Schirmung die Sekundärseite. Ein Strom auf dem Leiter induziert also einen Strom in der Schirmung, „Kreisstrom“ genannt. Je geringer der Widerstand der Sekundärseite ist, desto größer ist dieser Kreisstrom.

Praktischer Bezug:

In der Praxis geht es um die Verbindung zwischen MS-Schaltanlage und Trafo. Dabei wird die Schirmung oft beiderseitig geerdet, also in der MS-Schaltanlage und am Trafo. Der zwischen diesen beiden Erdungspunkten befindliche Erdungswiderstand (R_E) bestimmt den Widerstand der gesamten Leiterschleife aus Schirmung und Erde. Ihm kommt also für diese Betrachtung eine zentrale Bedeutung zu.

¹⁰⁹ Online verfügbar unter:
https://praxistipps.focus.de/was-ist-der-unterschied-zwischen-einem-kabel-und-einer-leitung-einfach-erklaert_97552 [März 2023]

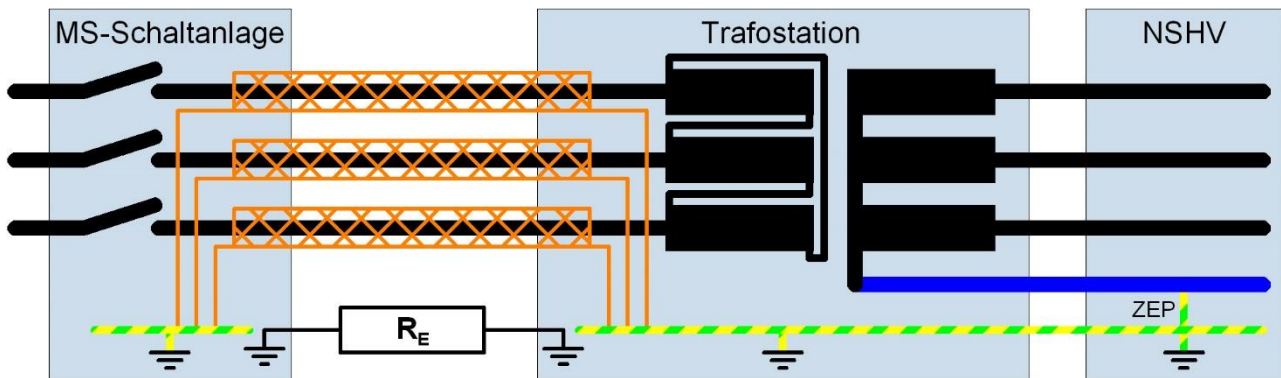


Abbildung 21: Anschluss der Schirmungen der MS-Kabel zwischen MS-Schaltanlage und Trafo auf beiden Seiten, Prinzipskizze (Bild: BSI)

Je geringer die Distanz zwischen MS-Schaltanlage und Trafo ist, desto geringer ist der Erdungswiderstand. Zudem müssen auch die Bodenverhältnisse berücksichtigt werden. Je leitfähiger der Boden ist, desto geringer ist der Erdungswiderstand.

In der Praxis hat sich gezeigt, dass bei einem Erdungswiderstand zwischen den beiden Schirmungsanschlüssen unter 200 m Ω das Problem der induktiven Einkopplung nicht mehr vernachlässigt werden darf.

Stehen MS-Schaltanlage und Trafo gemeinsam in einem Gebäude, ist davon auszugehen, dass die Verbindung zwischen den beiden Erdungspunkten sogar gezielt durch Verwendung z. B. von Bandstahlerdern so niederimpedant wie möglich gemacht wird. In solchen Fällen ist davon auszugehen, dass die 200 m Ω deutlich unterschritten werden und bis zu 30 % des MS-Leiterstroms auf die Schirmung und damit das Erdungssystem eingekoppelt werden.

Maßnahme:

Es gibt zwei Möglichkeiten, die induktive Einkopplung von Strömen aus den MS-Kabeln über die Schutzleitererdung in das PE-System des RZ zu verhindern:

Die Schirmungen der MS-Kabel werden trafoseitig nicht aufgelegt und gekappt.

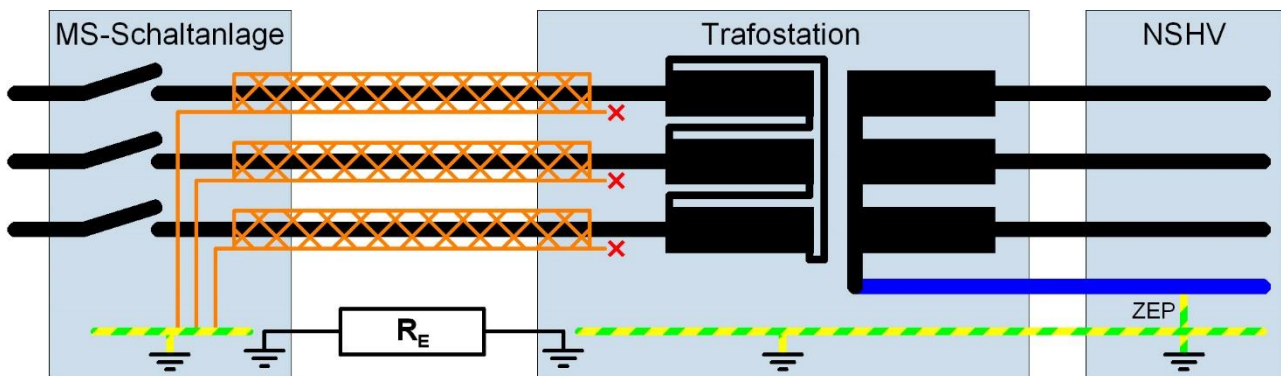


Abbildung 22: Gekappte und nicht aufgelegte Schirmung der MS-Kabel, Prinzipskizze (Bild: BSI)



Abbildung 23: Gekappte und nicht aufgelegte Schirmung der MS-Kabel (Bild: Karl-Heinz Otto)

Die Schirmungen der MS-Kabel werden trafoseitig auf einem gemeinsamen, gegenüber dem Erdungssystem des 230/400 V-Netzes isolierten Stützpunkt zusammengeführt.

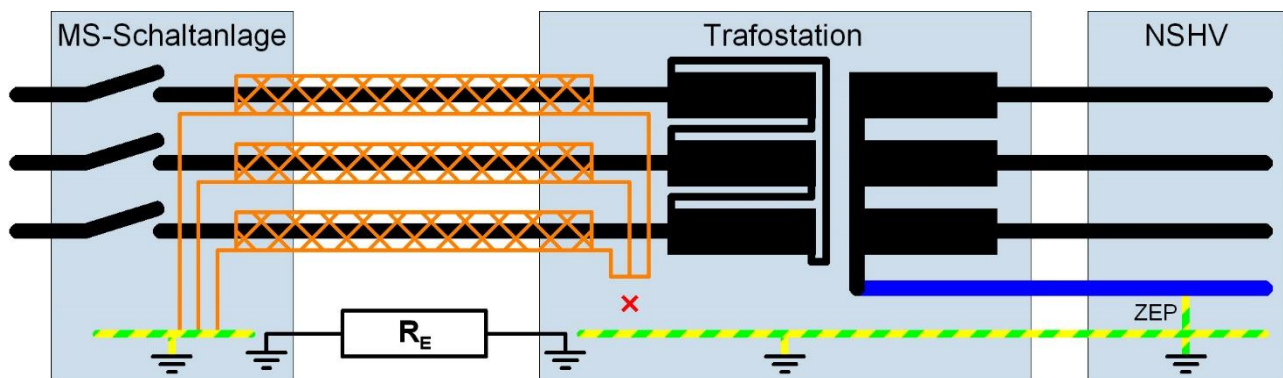


Abbildung 24: Zusammengeführte Schirmung der MS-Kabel auf einen von der Erdung isolierten Stützpunkt in der Trafostation, Prinzipskizze (Bild: BSI)

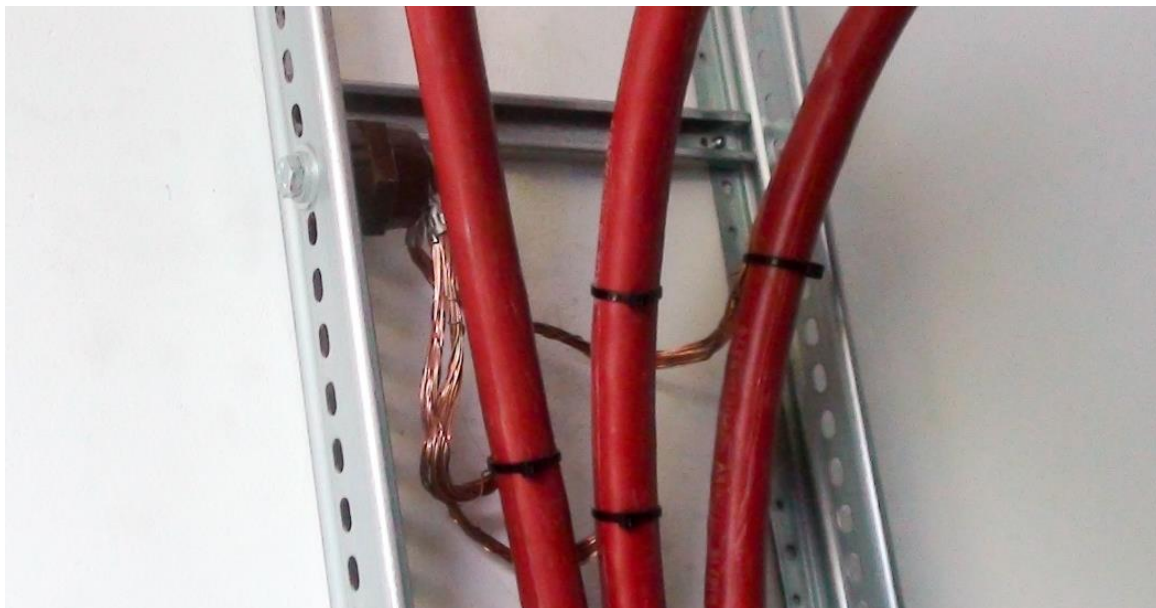


Abbildung 25: Die Schirmung der MS-Kabel ist auf einen isolierten Stützpunkt gelegt. Das ist der schwarze Isolator am linken Tragrahmenholm. (Bild: Karl-Heinz Otto)

Beide Varianten sind zulässig und stellen keine Beeinträchtigung von Schutzfunktionen dar.

14.8 Treibstoffanalyse

Für eine sichere Aussage zur aktuellen Verwendungsfähigkeit des Treibstoffs einer NEA sind mindestens folgende Parameter zu analysieren und durch einen zertifizierten Sachverständigen für Kraft- und Brennstoffe oder durch eine Person mit mindestens gleichwertiger Qualifikation einer Bewertung zu unterziehen:

Analyse	Norm / Methode	Bemerkung
Aussehen	visuell	insbesondere Schmutzpartikel und Wassertröpfchen
Gesamtverschmutzung	DIN EN 12662	Einsatzfähigkeit, Alterung
Wassergehalt	DIN EN ISO 12937	Einsatzfähigkeit, Alterung
FAME-Gehalt	DIN EN 14078	Lagerfähigkeit
Oxidationsstabilität 110 °C oder Oxidationsstabilität 95 °C	DIN EN 15751 DIN EN ISO 12205	Zusätzlich bei einem FAME-Gehalt > 0,5 Vol. % Kraftstoffzustand
Säurezahl	DIN EN 14104	Bei einem FAME-Gehalt > 0,5 Vol. % Alterungszustand

Tabelle 3: Bei jeder Prüfung mindestens zu prüfende Treibstoff-Parameter

Bei der erstmaligen Analyse eines Tankinhaltes sowie zur Einschätzung des Gesamtzustands ist zudem die Betrachtung folgender Parameter erforderlich:

Analyse	Norm / Methode	Bemerkung
Dichte bei 1 °C	DIN EN ISO 12185	Kraftstoffcharakterisierung / Motorische Einsatzfähigkeit
Schwefelgehalt	DIN EN ISO 20884	Kraftstoffcharakterisierung
Cetanzahl	DIN 51773	Zündwilligkeit, Motorische Einsatzfähigkeit
ICP Kupfer	geeignete Methode mit einer Bestimmungsgrenze von bis zu 0,1 mg/kg, z. B. ICP-OES	Lagerbedingungen / Lagerfähigkeit (Kupfer beschleunigt katalytisch die Alterung)

Tabelle 4: Bei der erstmaligen Prüfung zusätzlich zu prüfende Treibstoff-Parameter

14.9 Leistungsauslegung redundanter Systeme

Im Normalbetrieb ist die maximale Auslastung eines einzelnen Systems in einer Redundanzgruppe von folgenden Faktoren abhängig:

- Zahl der für die volle Leistungserbringung erforderlicher Systeme, also vom Wert „N“;
- angestrebte Art der Redundanz, also „+ 1“ für eine Betriebsredundanz oder „+ 2“ für eine Wartungsredundanz.

Daraus ergeben sich für die maximale Auslastung der beteiligten Systeme sehr unterschiedliche Werte.

Beiden hier betrachteten Redundanzmodellen (N+1) und (N+2) ist aber gemeinsam, dass die maximale Auslastung im Normalbetrieb mit steigendem Wert von „N“ zunimmt, also einen immer besseren Wirkungsgrad ermöglicht.¹¹⁰ Im Umkehrschluss heißt das, dass Redundanzmodelle mit kleinen Werten für „N“ hinsichtlich der Energieeffizienz ungünstiger sind.

Aus den nachfolgenden Tabellen lässt sich des Weiteren erkennen, dass ein Wert von „N“ über 4 nur noch geringe Zuwächse bei der maximalen Auslastung im Normalfall und damit bei der Energieeffizienz bewirkt. Zugleich nimmt mit steigendem Wert von „N“ die Komplexität der Redundanzgruppe weiter zu, weshalb Werte von mehr als 4 für „N“ nicht zweckmäßig sind.

¹¹⁰ Es ist eine grundlegende Eigenschaft vieler technischen Systeme, dass der beste Wirkungsgrad erst bei einer höheren Auslastung erreicht wird. Eine geringe Auslastung führt oft zu einem schlechten Wirkungsgrad und damit zu vermeidbarer Verlustleistung.

N + 1 (Betriebsredundanz)							
Normalbetrieb				1. Fehlerfall (1 System fällt aus)			
a	b	c	d	e	f	g	h
N	Lastsumme	Zahl der verfügbaren Systeme	Anteil jedes Systems an der Lastsumme (b)	Lastsumme	Zahl der verfügbaren Systeme	Anteil je verbleibendem System an der Lastsumme (e)	maximal Auslastung jedes Systems im Normalbetrieb
1	100 %	2	50,0 %	100 %	1	100 %	50,0 %
2	100 %	3	33,3 %	100 %	2	50,0 %	66,7 %
3	100 %	4	25,0 %	100 %	3	33,3 %	75,0 %
4	100 %	5	20,0 %	100 %	4	25,0 %	80,0 %
5	100 %	6	16,7 %	100 %	5	20,0 %	83,3 %
6	100 %	7	14,3 %	100 %	6	16,7 %	85,7 %
7	100 %	8	12,5 %	100 %	7	14,3 %	87,5 %

Tabelle 5: Auslastung bei (N+1)-Redundanz für den 1. Fehlerfall
(Der Fall N=4 ist in Abbildung 26 veranschaulicht.)

N + 2 (Wartungsredundanz)							
Normalbetrieb				2. Fehlerfall ¹¹¹ (2 Systeme fallen aus)			
a	b	c	d	e	f	g	h
N	Lastsumme	Zahl der verfügbaren Systeme	Anteil jedes Systems an der Lastsumme (b)	Lastsumme	Zahl der verfügbaren Systeme	Anteil je verbleibendem System an der Lastsumme (e)	maximal Auslastung jedes Systems im Normalbetrieb
1	100 %	3	33,3 %	100 %	1	100 %	33,3 %
2	100 %	4	25,0 %	100 %	2	50,0 %	50,0 %
3	100 %	5	20,0 %	100 %	3	33,3 %	60,0 %
4	100 %	6	16,7 %	100 %	4	25,0 %	66,7 %
5	100 %	7	14,3 %	100 %	5	20,0 %	71,4 %
6	100 %	8	12,5 %	100 %	6	16,7 %	75,0 %
7	100 %	9	11,1 %	100 %	7	14,3 %	77,8 %

Tabelle 6: Auslastung bei (N+2)-Redundanz für den 2. Fehlerfall

¹¹¹ Für den 1. Fehlerfall bei (N+2) ergeben sich in allen Spalten die gleichen Werte wie für den um 1 erhöhten Wert „N“ bei (N+1).

Erläuterung der Tabellen:

Allgemein: Die in beiden Tabellen genannten Prozentwerte sind zum Zwecke der Veranschaulichung des Prinzips idealisiert.

Es wird davon ausgegangen, dass alle in der Redundanzgruppe enthaltenen Systeme die gleichen Leistungsdaten haben.

Spalte a: N gibt an, wie viele Systeme erforderlich sind, um gemeinsam die erforderliche Leistung (100 %) bereitzustellen.

Spalte b: Die Leistung, die durch alle in der Redundanzgruppe enthaltenen Systeme gemeinsam bereitgestellt werden muss. Diese ist in allen Fällen 100 %.

Spalte c: Anzahl der im Normalbetrieb verfügbaren Systeme

Spalte d: Bei Betriebsredundanz, also (N+1) [Tabelle 5], verteilt sich die bereitzustellende Leistung (Spalte b) im Normalbetrieb bei gleichem Wert von „N“ immer auf ein System weniger als bei Wartungsredundanz (N+2) [Tabelle 6].

Die Auslastung und damit der Wirkungsgrad der beteiligten Systeme ist also bei ansonsten gleichen Bedingungen bei Wartungsredundanz immer geringer als bei Betriebsredundanz.

Spalte e: Die Leistung, die nach Ausfall von ein oder zwei Systemen von den verbliebenen Systemen bereitgestellt werden muss. Das ist für alle Fälle der gleiche Wert wie in Spalte b.

Spalte f: Anzahl der im Fehlerfall verfügbaren Systeme

Spalte g: Nach Ausfall von einem System bei Betriebs- und von zwei Systemen bei Wartungsredundanz stehen in beiden Fällen nur noch die „N“-Systeme zur Verfügung, auf die sich die bereitzustellende Gesamtlast anteilig verteilt. Dieser Anteil der Gesamtlast ist die für den jeweiligen Fehlerfall zu erwartende maximale Last für jedes der „N“-Systeme. Auf diese Last sind die an der Redundanzgruppe beteiligten Systeme auszulegen.

Spalte h: Der Vergleich der Spalten d und g zeigt, dass die Last je System im Fehlerfall immer höher ist, als im Normalbetrieb. Aus diesem Verhältnis ergibt sich die maximale prozentuale Belastung der Systeme für den Normalfall.

In Abbildung 26 werden die Verhältnisse für den Fall „N+1“ mit N=1 und N=4 noch einmal grafisch dargestellt.

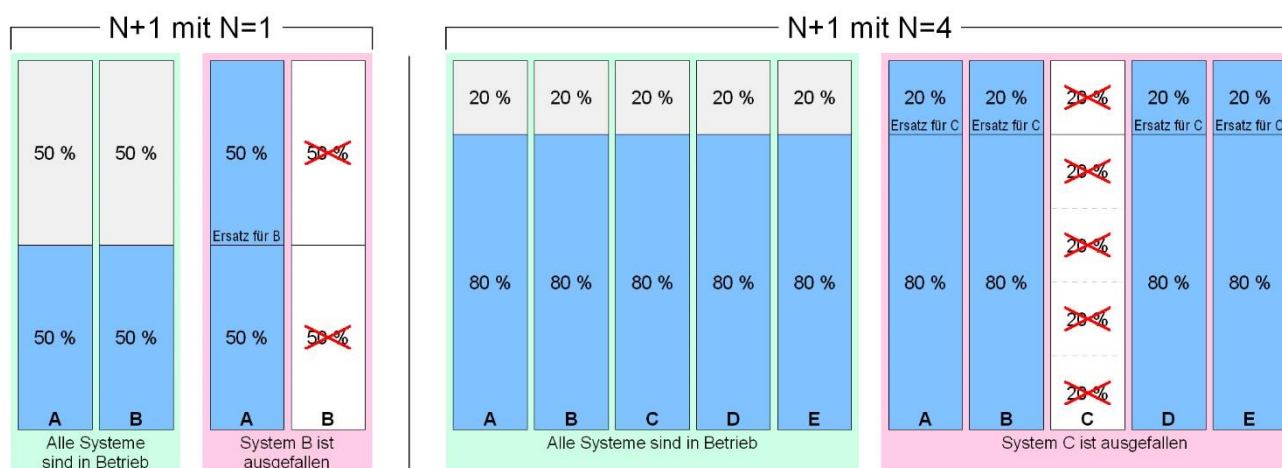


Abbildung 26: Lastübernahme bei einer "N+1"-Redundanz mit N=1 und N=4 bei Ausfall eines Systems (Bild: BSI)

Je mehr Systeme zur Verfügung stehen, je größer also die Modularität ist, desto geringer ist für jedes einzelne System der Anteil, den es von seiner Leistung als Reserve (graue Fläche) für die Lastübernahme bei Ausfall eines anderen Systems bereithalten muss und somit im Normalbetrieb nicht nutzen kann.

14.10 Getrennte Unterbringung der Batterien

Die beiden Hauptkomponenten einer USV sind zum einen die Batterien als Energiespeicher und zum anderen die Leistungselektronik zur Bereitstellung der Energie an die Verbraucher. Hinsichtlich der optimalen Betriebstemperatur haben diese beiden Komponenten unterschiedliche Ansprüche.

Batterien reagieren auf Temperaturen, welche die optimale Betriebstemperatur (in der Regel um 20 °C) dauerhaft überschreiten, mit einer deutlichen Verkürzung der Lebensdauer. Als Faustformel gilt, dass sich je 10 K dauerhafte Überschreitung die Lebensdauer halbiert. Wird also z. B. eine auf 10 Betriebsjahre ausgelegte Batterie statt bei einer optimalen Temperatur von 20 °C dauerhaft bei 30 °C gehalten, dürfte sie schon nach 5 Jahren ihren Dienst versagen.

Die Leistungselektronik eines modernen USV-Systems arbeitet hingegen je nach Bauart und Leistungsumsatz bei 35–40 °C Umgebungstemperatur noch störungsfrei.

Für die Kühlung der beiden Komponenten bedeutet das Folgendes:

Die Batterie sollte in einem engeren und zudem niedriger liegenden Temperaturbereich gehalten werden. Da im normalen Ladeerhaltungsbetrieb kaum Wärme entsteht, ist der Kühlaufwand überschaubar. Der in der Regel seltene Fall, dass sich die Batterie beim Wiederaufladen nach einer echten Belastung vorübergehend über die optimale Temperatur erwärmt, kann wegen der verhältnismäßig kurzen Zeit (einige Stunden) gegenüber der Gesamtnutzungsdauer der Batterie vernachlässigt werden.

Die Leistungselektronik erzeugt in Abhängigkeit von der umgesetzten Leistung ständig Wärme, die durch die Kühlung abgeführt werden muss. Da hier jedoch eine Umgebungstemperatur von 35–40 °C zulässig ist, kann über weite Strecken des Jahres mit energiesparender freier Kühlung gearbeitet werden.

Würden nun beide Komponenten in einem gemeinsamen Luftvolumen untergebracht, müsste dieses zum Schutz der Batterien auf ca. 20 °C gehalten werden, also deutlich niedriger, als es für den Hauptwärmelasterzeuger, die Leistungselektronik, eigentlich erforderlich ist. Damit müsste bei einer solchen gemeinsamen Unterbringung weitaus mehr Kühlleistung erbracht werden, als bei einer getrennten.

Neben diesem Energiespareffekt hat die getrennte Unterbringung aber auch einen deutlichen Verfügbarkeitsnutzen: Kommt es bei einer gemeinsamen Unterbringung zu einer Reduzierung der Kühlleistung, können durch die Wärmeabgabe der Leistungselektronik die Batterien in einem nicht feststellbaren Maße Schaden nehmen. Bei einer unklaren Schadenslage wird aber niemand – allein auf der Schadensmöglichkeit basierend – den kompletten Batteriesatz einer USV durch einen neuen ersetzen lassen. Damit sind sowohl die ursprünglich geplante USV-Leistung als auch die Autonomiezeit und infolge die Verfügbarkeit des USV-Systems nicht mehr sichergestellt.

14.11 Transferschalter

Transferschalter haben den Zweck, zur Erhöhung der Versorgungssicherheit zwischen zwei alternativen Stromversorgungspfaden umschalten zu können.

14.11.1 Transferschalter-Typen

Transferschalter haben in der Regel zwei Speisungs-Eingänge und einen Ausgang. Im Regelbetrieb wird einer der beiden Eingänge auf den Ausgang durchgeschaltet. Fällt die Speisung an diesem Eingang aus, wechselt der Transferschalter automatisch auf den anderen Eingang. Erfolgt diese Umschaltung kontaktbehaftet spricht man von einem „Automatischem Transferschalter – ATS“. Erfolgt die Umschaltung vollelektronisch, also kontaktfrei, spricht man von „Statischen Transferschaltern – STS“.

Grundsätzlich erfolgt beim ATS wie beim STS die Umschaltung in weniger als 20 ms. Damit bleibt die Ausgangsspannung innerhalb des unkritischen (grünen) Bereichs der ITIC-Kurve.

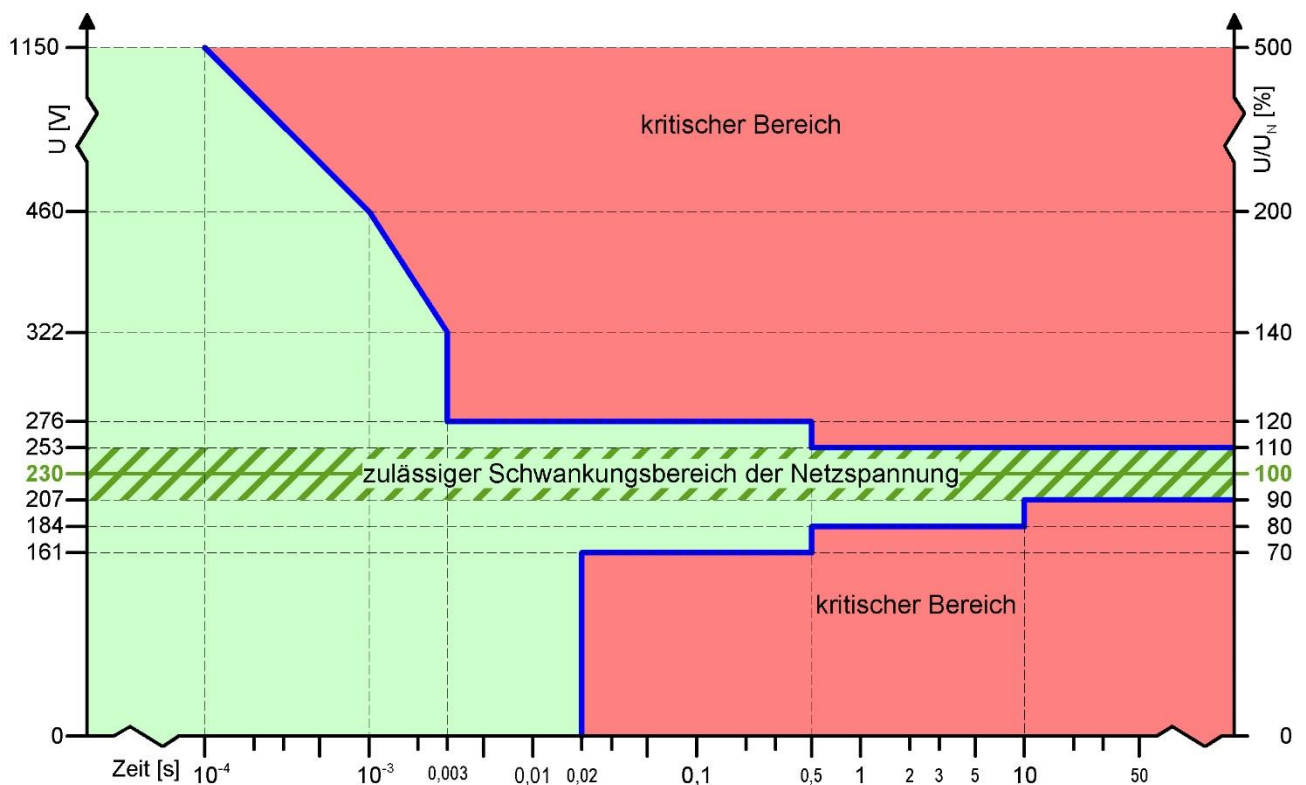


Abbildung 27: Die ITIC¹¹²-Kurve stellt dar, in welchem Bereich (grüne Fläche) die Versorgungsspannung schwanken darf, ohne dass es bei IT-Geräten zu Fehlfunktionen oder Abschaltungen kommt. (Bild: BSI)

Mechanisch arbeitenden ATS haben gegenüber den rein elektronisch arbeitenden STS den Nachteil, dass die Kontakte durch Alterung (Abreißfunken, Wärmebeanspruchung etc.) ihre Schaltcharakteristik so ändern können, dass die Umschaltzeit auch über 20 ms hinausgehen und damit in den kritischen Bereich der ITIC-Kurve reichen kann. Folglich sollte STS immer der Vorrang gegeben werden.

Ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Auswahl eines geeigneten Transferschalters ist, ob die Umschaltung nur für die Außenleiter erfolgt oder ob der N-Leiter mit geschaltet wird.

¹¹² Information Technology Industry Council

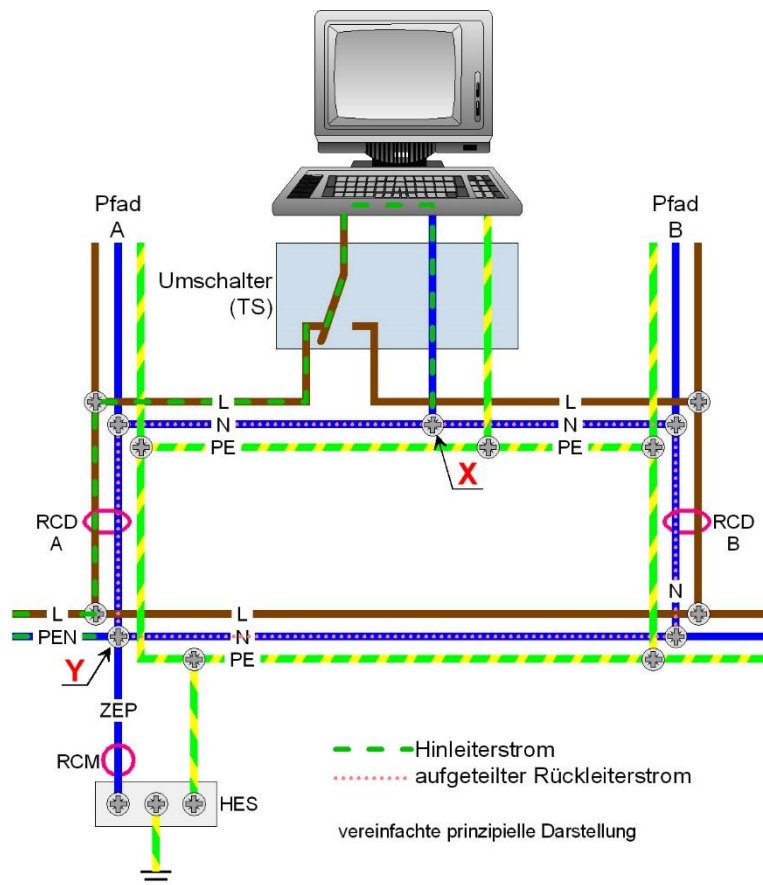


Abbildung 28: Transferschalter ohne Umschaltung des N-Leiters (Bild: BSI)

Wird nur der Außenleiter umgeschaltet, ist der N-Leiter permanent mit beiden Pfaden verbunden. Damit teilt sich der Rückleiterstrom der Verbrauchsmittel zwischen **X** und **Y** auf die beiden Pfade auf. In der Schaltsituation von Abbildung 28 ist der Rückleiterstrom im N-Leiter von Pfad A dann geringer als der Hinleiterstrom. Im Pfad B wird der Strom auf dem N-Leiter hingegen um den Rückleiterteilstrom erhöht. Damit bestehen in beiden Pfaden Differenzen zwischen der Summe der Außenleiterströme und dem N-Leiterstrom. Mögliche nachteilige Folgen sind:

- Eventuell in den Pfaden installierte RCD erkennen diese Differenzen und lösen aus, was zu einem erhöhten Risiko für die Verfügbarkeit beider Strompfade führt.
- Da die Strombelastung der Außenleiter und des zugehörigen Neutralleiters nicht mehr ausgeglichen ist, heben sich die Magnetfelder der einzelnen Leiter nicht mehr auf und es kommt verstärkt zu induktiven Einkopplungen auf andere Leiter, so auch auf den PE.
- Durch die permanente Verbindung der N-Leiter der beiden Pfade kann es durch Rückleitungsströme aus dem anderen Pfad zu Überlastungen eines der beiden N-Leiter kommen. Da N-Leiter nicht durch Leitungsschutzschalter abgesichert sind, wird eine solche Überlastung meist erst erkannt, wenn es dadurch zu einem Versagen des Leiters oder von N-Klemmen kommt. Siehe hierzu auch 14.12.

14.11.2 Transferschalter-Einbindung

Bei der Verwendung von Transferschaltern ist die Art der Einbindung in das Verteilnetz von großer Bedeutung für die risikomindernde Wirkung. Vier grundsätzliche Varianten werden betrachtet:

Variante 1

Die Transferschalter (TS) sind unmittelbar bei den speisenden Verteilungen angeordnet. Die Speiseleitung der folgenden Unterverteilungen (UV A und B) verlaufen auf getrennten Trassen.

Betrachtet man das Fehlerverhalten dieser Anordnung anhand von drei unterschiedlichen Fehlerfällen, ist festzustellen, dass im ersten Fall beide Stränge, im zweiten einer weiterversorgt werden. Im dritten Fall stellt keiner der beiden Stränge eine Versorgung bereit.

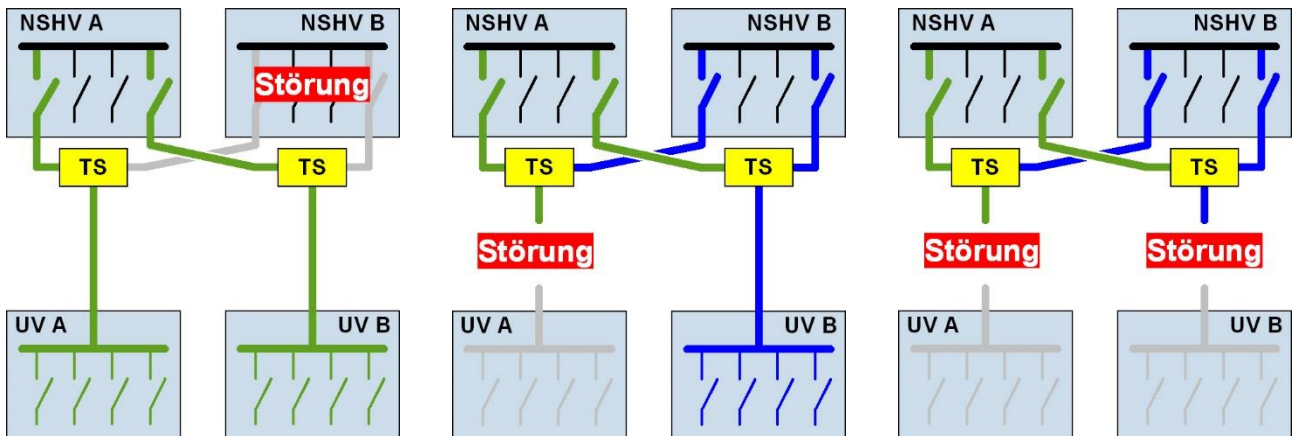


Abbildung 29: Transferschalter in Variante 1 mit unterschiedlichen Störungsorten (Bilder: BSI)

Variante 2

Die Transferschalter sind, anders als in Variante 1, unmittelbar bei der jeweils gespeisten Verteilung (UV A und B) angeordnet. Die Speiseleitungen zu den beiden TS verlaufen ab den NHSVen TS-weise zusammengefasst auf getrennten Trassen.

Die drei beispielhaften Fehlerfälle führen zum gleichen Verhalten dieser Anordnung wie die der Variante 1.

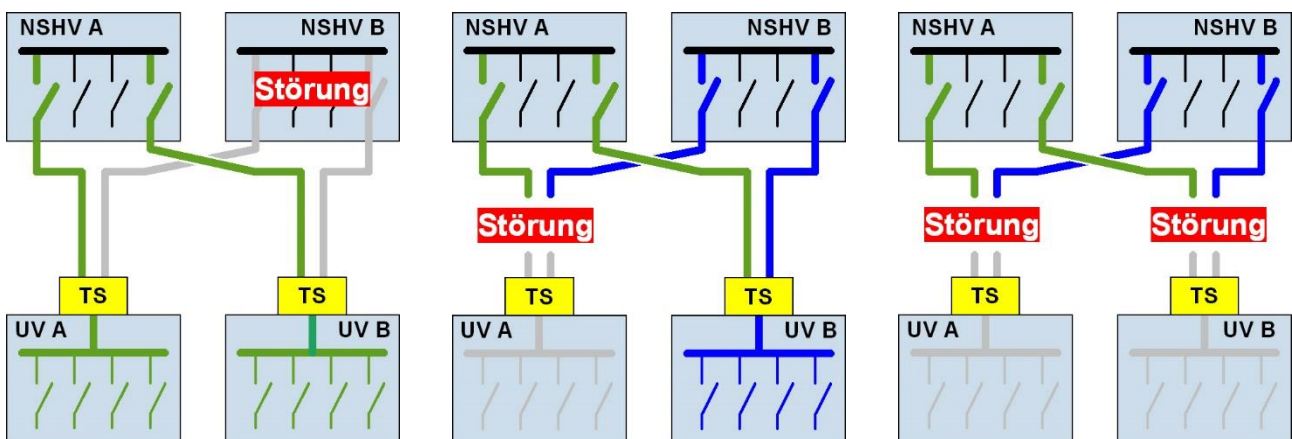


Abbildung 30: Transferschalter in Variante 2 mit unterschiedlichen Störungsorten (Bilder: BSI)

Variante 3

Die dritte Variante unterscheidet sich von der Variante 2 dadurch, dass Verbindungsleitungen zwischen den NHSVen und den TS erst unmittelbar vor den gespeisten Unterverteilungen auf den anderen Pfad geschwenkt werden.

Die positive Änderung im Fehlerverhalten dieser Variante liegt darin, dass nun in zwei der drei betrachteten Fehlerfälle weiterhin beide Unterverteilungen versorgt werden.

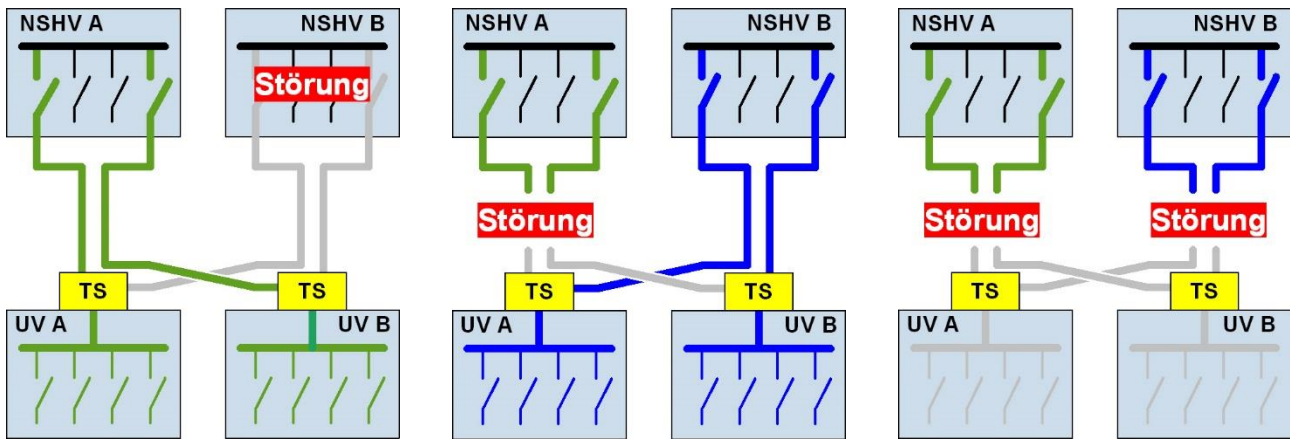


Abbildung 31: Transferschalter in Variante 3 mit unterschiedlichen Störungsorten (Bilder: BSI)

Variante 4

Der wesentliche Unterschied dieser Variante gegenüber den drei vorausgehenden ist, dass die Verbindungsleitungen zwischen den speisenden NSHVn und den TS über eine dritte Trasse und somit getrennt von den anderen geführt werden.

Diese Änderung der Trassenführung zusammen mit der Anordnung der TS bei den gespeisten Unterverteilungen bewirkt, dass in allen drei Fehlerfällen beide Unterverteilungen versorgt werden, es also zu einer ganz deutlichen Verbesserung der Verfügbarkeit in der A-B-Versorgung kommt.

Waren die Varianten 1 bis 3 nur einem Fehler gegenüber tolerant, wird die Variante 4 auch durch einen zweiten Fehler nicht außer Funktion gesetzt.

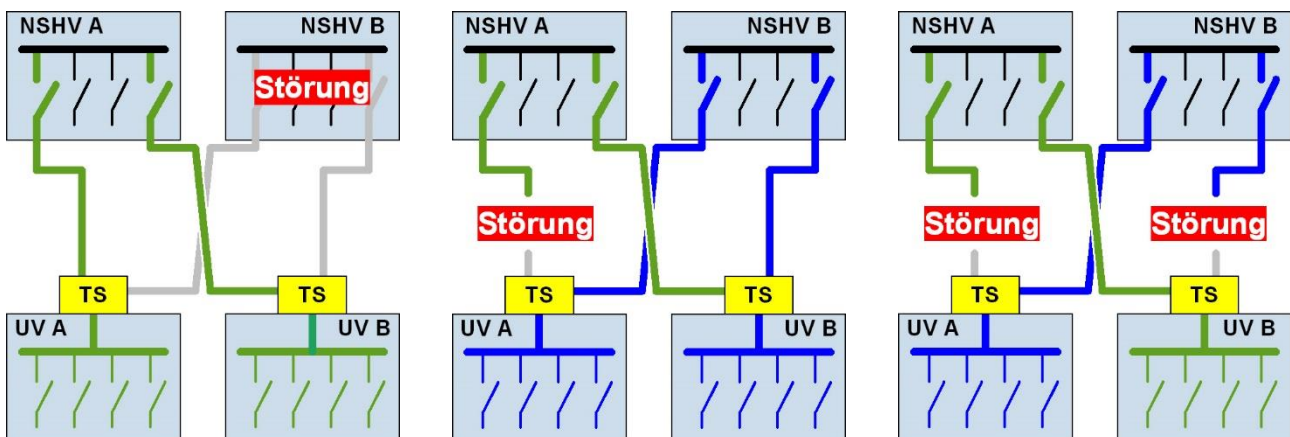


Abbildung 32: Transferschalter in Variante 4 mit unterschiedlichen Störungsorten (Bilder: BSI)

14.12 Neutralleiter

Nahezu alle Betriebsmittel in einem RZ haben zwei, für die Strombelastung des Neutralleiters nachteilige Eigenschaften:

- Es sind einphasige Verbraucher.
Sie bewirken also keine symmetrische Belastung der drei Außenleiter.
- Es sind nichtlineare Verbraucher.
Sie bewirken Oberschwingungen¹¹³, die sich im gesamten Verteilnetz ausbreiten.

Beide Eigenschaften führen dazu, dass in Verteilnetzen für nichtlineare und einphasige Verbraucher der Neutralleiter mit deutlich größeren Strömen belastet wird, als in Netzen mit ausschließlich linearen dreiphasigen Verbrauchern. Das hat entscheidende Konsequenzen für den Aufbau der Verteilungen und des

¹¹³ Siehe 14.13.2.

Leitungsnetzes in einem HV-RZ: Zur Sicherstellung einer hohen Verfügbarkeit sind aus technischer Sicht weder eine Reduzierung des Neutralleiter-Querschnitts noch der Einbau von N-Trennklemmen zulässig.

14.12.1 Reduzierter N-Leiter-Querschnitt

In Verteilnetzen mit ausschließlich oder zumindest überwiegend linearen Lasten heben sich die Ströme der einzelnen Verbrauchsmittel weitestgehend auf, weshalb in solchen Netzen der Neutralleiter mit reduziertem Querschnitt ausgeführt werden konnte.

Die in nichtlinear belasteten Verteilnetzen auftretenden Oberschwingungen führen dazu, dass sich selbst bei symmetrischer Belastung der Außenleiter die Ströme auf dem Neutralleiter nicht mehr gegenseitig aufheben, sondern zu einem Gesamtstrom addieren, der den Außenleiterstrom sogar übersteigen kann. Der Neutralleiter ist damit hinsichtlich Strombelastung und infolge Erwärmung in einem nichtlinearen Netz ganz anderen Ansprüchen ausgesetzt als in linearen Netzen. Eine Reduzierung des Neutralleiter-Querschnitts kommt somit in Verteilnetzen von HV-RZ keinesfalls in Betracht. Weitaus sinnvoller ist es sogar, den Neutralleiter in einem größeren Querschnitt als die Außenleiter zu verlegen. Moderne Methoden zur Berechnung des erforderlichen Neutralleiter-Querschnitts unter Berücksichtigung der Oberschwingungen führen schon zu solchen Ergebnissen.

14.12.2 N-Trennklemmen

Die höhere Strombelastung des Neutralleiters durch nichtlineare Verbraucher wirkt sich auch auf evtl. in einer Verteilung eingebaute N-Trennklemmen aus.

In der DGUV 203-072 Wiederkehrende Prüfungen elektrischer Anlagen und ortsfester Betriebsmittel, Abschnitt 3.4.5.4 wird zum Thema N-Trennklemmen folgendes ausgeführt: „Die damit [Anm. d. Verf.: gemeint ist die höhere Strombelastung] *verbundene Temperaturbelastung kann im Neutralleitersystem zur Schädigung der Isolation, Unterbrechung der Neutralleiterverbindung und gegebenenfalls zu Bränden führen. Insbesondere haben sich Neutralleitertrennklemmen als kritische Bauteile herausgestellt.*“

Neben möglichen Schäden durch thermischen Belastungen bergen N-Trennklemmen weitere Fehlerquellen:

- Werden beim Einbau von N-Trennklemmen Bauteile mit unterschiedlich veredelten Oberflächen miteinander verbunden, kann sich an solchen Klemmstellen aufgrund der elektrochemischen Spannungsreihe ein Element bilden. Das kann schon in Verbindung mit normaler Luftfeuchte zu Korrosion an der Klemmstelle und infolge zu einem steigenden Übergangswiderstand bis hin zur Unterbrechung führen.

Bei einphasig versorgten Betriebsmitteln führt die Unterbrechung des individuellen N-Leiters lediglich zum sofortigen Ausfall der über den zugehörigen Außenleiter versorgten Betriebsmittel. Bei mehrphasig versorgten Betriebsmitteln oder Gruppen einphasiger Betriebsmittel sieht das ganz anders aus. Hierbei führt die Unterbrechung des N-Leiters zu einem sog. schwebenden Nullpunkt. Die weiterhin mit einer gegenseitigen Spannung von 400 V anliegenden Außenleiter führen dazu, dass sich in den Betriebsmitteln Spannungen einstellen, die in beide Richtungen über die zulässige Schwankungsbreite der normalen Netzspannung von 230 V abweichen.

Die Spannungen zwischen diesem und den Außenleitern können beliebige Werte zwischen 0 V und 400 V annehmen. Zu niedrigen Spannungen hin führt das zum Ausfall des Betriebsmittels, bei Spannungen über 253 V ($230\text{ V} + 10\%$) ist mit dauerhaften Schäden am Betriebsmittel zu rechnen.

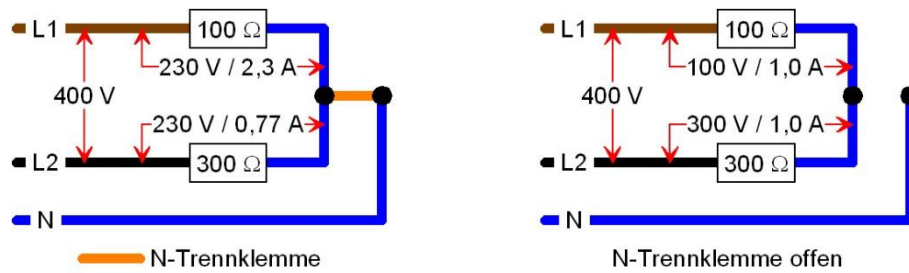


Abbildung 33: Wirkung einer geöffneten N-Trennklemme, beispielhaft für ein Gruppe von zwei einphasigen Betriebsmitteln dargestellt (Bilder: BSI)

- N-Trennklemmen sind meist nur bis maximal 150 Hz, also bis zur 3. Harmonischen geprüft und zugelassen. Da in nichtlinearen Netzen von Rechenzentren aber Oberschwingungen bis weit in den 10⁵ Hz-Bereich vorkommen, würden N-Trennklemmen hier in einem nicht geprüften und nicht zugelassenen Frequenzbereich betrieben werden.

Über die vorgenannten technischen Probleme von N-Trennklemmen hinaus, ist der Einbau für die in DIN VDE 0100-718-421-8 vorgeschriebene Messung des Isolationswiderstandes in aktiven HV-RZ gar nicht geeignet. Um Schäden durch einen schwebenden Nullpunkt zu vermeiden, müssen die betroffenen Betriebsmittel komplett spannungsfrei, also abgeschaltet werden. Das kommt aber in einem HV-RZ in der Regel nicht in Betracht.

14.13 Wichtige Grenzwerte

Die Verfügbarkeit moderner IT-System ist nicht allein davon abhängig, dass die Energieversorgung grundsätzlich zur Verfügung steht. Insbesondere der korrekte Aufbau des RZ-internen Verteilnetzes als TN-S-System wie auch eine möglichst geringe Verzerrung von Spannung und Strom sind hier zu beachten.

14.13.1 Schutzleiterstrom

Ein TN-S-System hat die prinzipielle physikalische Eigenschaft, dass auf dem PE-System (Schutzleiter) bei Fehlerfreiheit kein Strom fließt. Ein Strom auf dem PE-System weist im Idealfall also unmittelbar auf einen Fehler im System hin. Diese Eigenschaft wird durch die Verwendung von Fehlerstrom-Schutzschaltern (RCD) in Endstromkreisen und kleinen Netzen zum Schutz gegen elektrischen Schlag (Personenschutz) und zum Brandschutz genutzt.

Viele moderne Betriebsmittel, vornehmlich Netzteile und Frequenzumrichter, verursachen Ströme auf dem PE-System, die nicht auf einen Fehler, sondern auf ihren inneren Aufbau zurückzuführen sind. Für diese, durch Betriebsmittel verursachten Schutzleiterströme (auch Ableitströme genannt) nennt die DIN EN 61140:2002, Anhang B (informativ) folgende maximal zulässigen Werte für Schutzleiterströme:

Für steckbare Betriebsmittel bis zu 32 A Bemessungsstrom:

Bemessungsstrom (A_B)	maximaler Schutzleiterstrom
$\leq 4 \text{ A}$	2 mA
$> 4 \text{ A}$ aber $\leq 10 \text{ A}$	$= A_B \cdot 0,5 \text{ mA / A}$
$> 10 \text{ A}$	5 mA

Tabelle 7: Maximaler Schutzleiterstrom bei steckbaren Betriebsmitteln

Für dauerhaft angeschlossene oder ortsfeste Betriebsmittel mit einem Bemessungsstrom größer als 32 A:

Bemessungsstrom (A_B)	maximaler Schutzleiterstrom
$\leq 7 \text{ A}$	3,5 mA
$> 7 \text{ A aber } \leq 20 \text{ A}$	$= A_B \cdot 0,5 \text{ mA} / \text{A}$
$> 20 \text{ A}$	10 mA

Tabelle 8: Maximaler Schutzleiterstrom bei dauerhaft angeschlossenen Betriebsmitteln

Für ein HV-RZ haben diese Werte der Norm das Problem, dass sie jeweils individuell für jedes einzelne Betriebsmittel gelten, sich also nicht auf Versorgungsbereiche mit einer Vielzahl von Betriebsmitteln übertragen lassen: zum einen, weil die Bemessungsströme aller über eine Verteilung versorgten Betriebsmittel nicht bekannt sind, und zum anderen, weil durch die Vermaschung des Schutzleitersystems eine eindeutige Beziehung zwischen den tatsächlichen Betriebsströmen an einer Verteilung und dem dort messbaren Schutzleiterstrom nicht herstellbar ist.

Die Beurteilung des Schutzleiterstroms muss bei Messungen im Bereich der Verteilung also indirekt erfolgen, indem man den über alle drei Außenleiter gemeinsam gemessenen mittleren Phasenstrom (N-Bedarf) mit dem Strom auf dem N-Leiter (N-Ist) vergleicht. Die Differenz der beiden Messwerte (N-Bedarf minus N-Ist) zeigt auf, wie groß der Strom ist, der nicht über den vorgesehenen Weg, also über den N-Leiter, sondern über andere Wege, also das PE-System, zur speisenden Quelle zurückfließt.

Zahllose Messungen¹¹⁴ in realen Betriebsumgebungen haben ergeben, dass ein maximaler Schutzleiterstrom (also N-Bedarf minus N-Ist) mit ca. 2 ‰ des N-Bedarfs sowohl technisch realisierbar als auch geeignet ist, die nachfolgend dargestellten Probleme hinreichend zu vermeiden. Übersteigt der Schutzleiterstrom die 2 ‰ des N-Bedarf deutlich, ist ein Fehler im Verteilsystem (unzulässige N-PE-Verbindung) zu vermuten.

Die Begrenzung des Schutzleiterstroms hat neben dem Personenschutz in HV-RZ einen weiteren wichtigen Grund. Die harmonischen Verzerrungen (14.13.2) breiten sich auf allen stromdurchflossenen Leitern aus, also auch auf dem PE-System. Ist der Strom auf dem PE-System hoch, ist auch der Pegel des harmonischen Anteils hoch. Da alle PE-Ströme anteilig auch über die Schirmungen von Datenleitungen fließen, können die harmonischen Frequenzanteile dort Störungen der Datenübertragung bewirken, die bis zum Abbruch der Kommunikation führen können.

Unbeschadet der individuellen, der Größe und Struktur des Verteilungssystems angepassten Messungen, ist die Messung des Stroms über den Zentralen Erdungspunkt (ZEP) in jedem Fall zwingend erforderlich. Die DIN EN 50600-2-2:2019-08 sagt dazu in Abschnitt 6.5.1 Fehlerstrommessung: „Es müssen Einrichtungen installiert werden, die in der Lage sind, Fehlerströme an der Verbindung zwischen den Schutzleitern und den Neutralleitern [Anm. d. Autors: also am ZEP] des Stromverteilungssystems der Gebäude des Rechenzentrums zu messen und aufzuzeichnen.“

In jedem Fall ist zu verhindern, dass von außerhalb des TN-S-Systems zusätzliche Ströme auf das PE-System gelangen. Eine sehr häufige Quelle für störende PE-Ströme ist die Erdung der Schirmung von Mittelspannungskabeln an Trafos. Hierzu sind die in 2.2.2 und 14.7 gemachten Ausführungen zu beachten.

14.13.2 Harmonische Verzerrung

Die harmonische Verzerrung (THD¹¹⁵) ist die Abweichung der tatsächlichen Kurvenform der Spannung oder des Stroms von der reinen Sinusform. Verursacht wird diese Verzerrung durch nicht lineare Verbraucher wie z. B. Schaltnetzteile oder Frequenzumrichter. Physikalisch sind solche Verzerrungen nichts Anderes als

¹¹⁴ Durchgeführt von Herrn Karl-Heinz Otto, seit 1981 tätig als „öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für elektrische Niederspannungsanlagen, Leistungs- und EDV-Elektronik“.

¹¹⁵ Total Harmonic Distortion
THD_U ist der THD-Wert für die Spannung, THD_I ist der THD-Wert für den Strom.

Frequenzanteile (Oberwellen) in Spannung und Strom, die teils weit über die Grundfrequenz von 50 Hz hinausgehen und durchaus bis deutlich in den dreistelligen kHz-Bereich hineinreichen. Da diese Oberwellen sowohl auf die ordnungsgemäße Funktion als auch auf die Lebensdauer von Geräten nachteilige Wirkung¹¹⁶ haben, muss der THD-Wert in Grenzen gehalten werden.

Die DIN EN 50160:02-2011 legt den Grenzwert der harmonischen Verzerrung, verursacht durch alle Oberschwingungen bis zur 25sten Ordnung¹¹⁷ (1.250 Hz), auf $\leq 8\%$ fest. Die IEC 1000 spannt diesen Bereich deutlich weiter bis zur 40sten Harmonischen, also bis 2 kHz. Für ein HV-RZ muss es, über diese Festlegungen hinausgehend, Ziel sein, den THD_U -Wert bis 150 kHz bei $\leq 5\%$ zu halten.

14.14 Black-Building-Test

Grundsätzlich sollte ein Black-Building-Test (BBT) für alle ggf. Betroffenen vollkommen unvorbereitet durchgeführt werden. Ein spontaner Ausfall der Stromversorgung tritt im echten Leben auch ohne Vorwarnung ein. Es entspricht daher nicht der Lebenswirklichkeit, einen BBT nur durchzuführen, wenn alle Hilfskräfte schon vor Beginn des BBT vor Ort bereitstehen.

Ein BBT hat neben dem Aspekt der rein technischen Prüfung, ob alle für einen Stromausfall seitens des EVU/VNB bereitgehaltenen Einrichtungen korrekt reagieren, auch den Zweck, Alarmierungswege und Rufbereitschaften im Personalbereich zu prüfen.

Da alle Erfahrungen zeigen, dass die für einen Stromausfall bereitgehaltenen Einrichtungen und Organisationsstrukturen nicht von Anfang an korrekt arbeiten, sollten vor dem ersten scharfen BBT vorbereitende Übungen erfolgen. Dies könnte z. B. in der folgenden Reihung geschehen:

- Tischübung unter Beteiligung des erforderlichen Personals
- NEA-Test mit Lastwiderstand und vorheriger Information des erforderlichen Personals
- BBT mit echten Verbrauchern zur Schwachlastzeit und mit vorheriger Information des erforderlichen Personals
- BBT mit echten Verbrauchern zur Hochlastzeit und mit vorheriger Information des erforderlichen Personals
- BBT mit echten Verbrauchern zur Hochlastzeit ohne vorherige Information des erforderlichen Personals
-> scharfer BBT

Um die Folgen von Gerätealterung, kleineren Reparaturen oder Umbauarbeiten sowie Änderungen der Personalorganisation erkennen zu können, ist es erforderlich, spätestens nach Ablauf von 24 Monaten einen scharfen BBT zu wiederholen.

Weiterführende Informationen zur Durchführung von BBT können z. B. der VDI-Richtlinie 6010, Blatt 3 entnommen werden.

14.15 Blitzschutz bei Außenanlagen

Der Schutz von Außenanlagen basiert auf folgenden zwei Grundprinzipien:

- Der Schutz von Außenanlagen wird dadurch erreicht, dass um sie herum durch geeignete Blitz-Fangeinrichtungen die LPZ 0_B ausgebildet wird.
- Außenanlagen mit galvanisch leitenden Verbindungen in das Innere eines Gebäudes dürfen nicht mit der Blitz-Fangeinrichtung verbunden werden.

¹¹⁶ Zu den Folgen harmonischer Verzerrungen im Bereich der Neutralleiter siehe 14.12.

¹¹⁷ Die „25ste Ordnung“ ist die 25-fache Grundfrequenz, also $25 \times 50 \text{ Hz} = 1.250 \text{ Hz}$.

Ziel dieser Maßnahmen ist es, hinreichend sicher zu verhindern, dass bei einem Blitzeinschlag in die Fangeinrichtung des Gebäudes über Außenanlagen Blitzteilströme in das Gebäude geleitet werden, die dort Schäden verursachen können.

14.15.1 Blitzschutzzonen

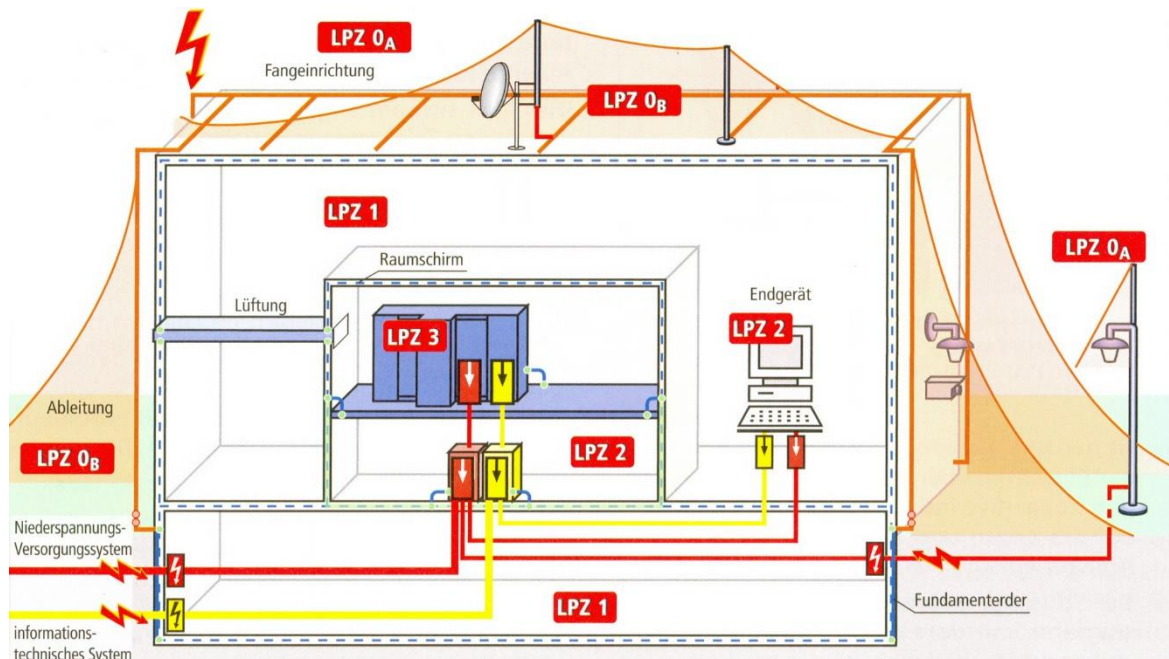


Abbildung 34: Darstellung der Blitzschutzzonen (Bild: Blitzplaner, 4. Auflage, DEHN + SÖHNE GmbH + Co.KG.)

Die Blitzschutzzone 0_A (LPZ 0_A) ist der Bereich außerhalb eines Bauwerks und außerhalb des Schutzes von Fangeinrichtungen (vulgo Blitzableiter), in dem ein Blitz unmittelbar einschlagen kann.

Die LPZ 0_B ist der Bereich außerhalb eines Bauwerks, der durch Fangeinrichtungen gegen unmittelbaren Blitzeinschlag geschützt wird.

14.15.2 Beispielbilder

Anhand einiger Bilder wird im Folgenden dargestellt, wie Außenanlagen entsprechend der DIN EN 62305 Teil 3 korrekt gegen Blitzeinschlag geschützt werden. Es wird aber auch gezeigt, welche typischen Fehler selbst Jahre nach Inkrafttreten¹¹⁸ der DIN EN 62305 noch gemacht werden.

In Abbildung 35 ist im linken Bild der Blitzschutz des Abgasrohrs einer NEA korrekt aufgebaut. Eine Fangstange, die das obere Ende des Abgasrohrs deutlich überragt, wurde gegenüber dem Abgasrohr isoliert angebracht und mit der Fangeinrichtung verbunden. Damit ist für das Abgasrohr die LPZ 0_B realisiert.

In Abbildung 35 ist im rechten Bild erkennbar, dass das Abgasrohr oben an der Dachkante unmittelbar, also elektrisch leitend, mit der Fangeinrichtung verbunden ist. Das Abgasrohr ist damit der LPZ 0_A zugeordnet. Dadurch werden Teile des über die Fangeinrichtung fließenden Blitzstroms über das Abgasrohr in das Gebäude hinein und direkt auf die NEA geleitet.

¹¹⁸ Die Teile 1, 3 und 4 der DIN EN 62305 sind im Oktober 2011, Teil 2 ist im Februar 2013 in Kraft getreten.

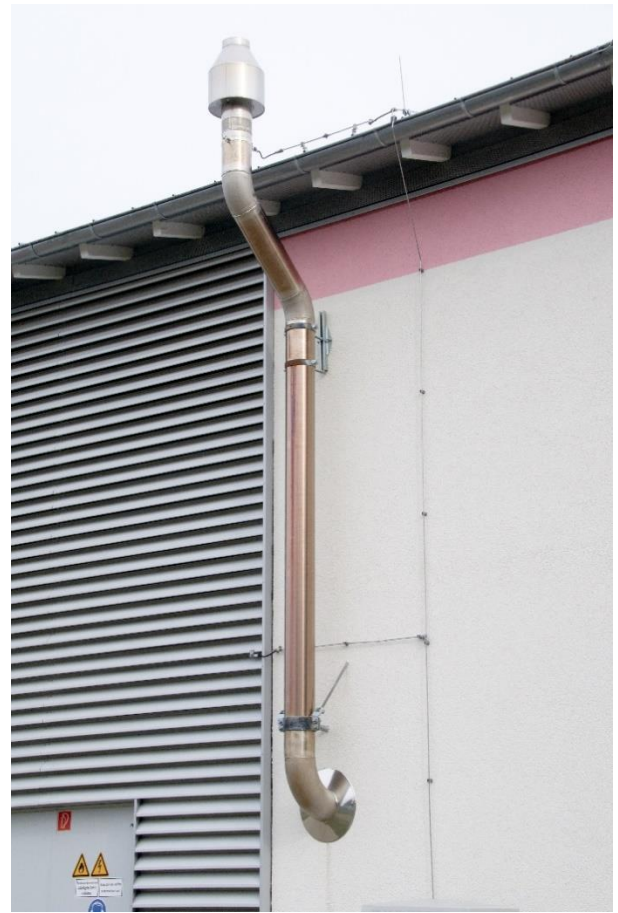


Abbildung 35: Korrekt aufgebauter Blitzschutz im linken Bild. Im rechten ist der Blitzschutz falsch realisiert.
(Bilder: BSI)



Abbildung 36: Fehlerhaft ausgeführter Blitzschutz (Bild: BSI)

Abbildung 36 zeigt ebenfalls einen fehlerhaft ausgeführten Blitzschutz. Hier wurde zwar eine Fangstange so aufgebaut, dass sich das Abgasrohr einer NEA innerhalb der LPZ 0_B befindet. Parallel wurde das Abgasrohr aber direkt an die Regenrinne und damit an die Fangeirichtung des Gebäudes angeschlossen. Dadurch wird

der Schutz der Fangstange aufgehoben und ein Blitzteilstrom kann über das Abgasrohr in das Gebäude fließen und dort zu Schäden führen.

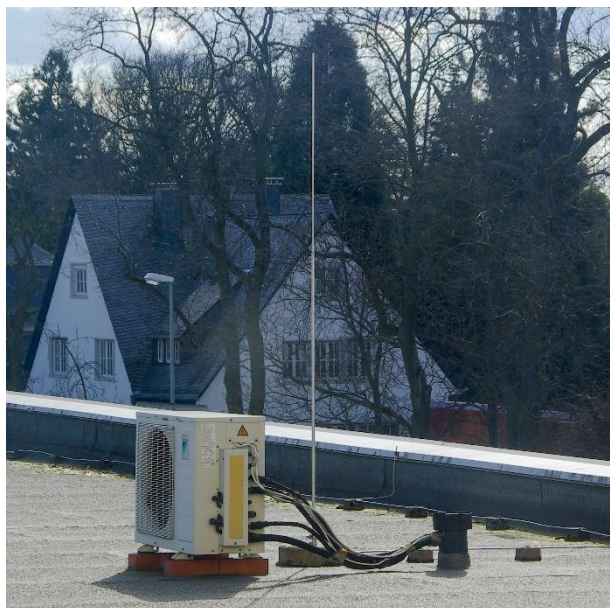


Abbildung 37: Korrektur ausgeführter Blitzschutz im linken Bild und falsch ausgeführter Blitzschutz im rechten Bild (beide Bilder: BSI)

Zum linken Bild in Abbildung 37: Hier wurde neben dem Rückkühler einer Klimaanlage eine Fangstange aufgestellt, die mit der Fangeinrichtung des Gebäudes verbunden ist, aber keinerlei leitende Verbindung zum Rückkühler hat. Damit steht der Rückkühler im Schutzbereich der Fangstange, also in der LPZ 0_B.

Das rechte Bild in Abbildung 37 zeigt zwei Rückkühler, die über Trennfunkstrecken (die beiden roten Elemente) an die Fangeinrichtung des Gebäudes angeschlossen sind. Ein hinreichend starker Blitz kann über diese Trennfunkstrecke aus der Fangeinrichtung auf das so angeschlossene Gerät, hier den Rückkühler, überspringen, diesen beschädigen und durch dessen Anschlussleitungen (Stromversorgung, Steuerung und Kühlmittel) in das Gebäude gelangen und auch dort technische Einrichtungen beschädigen.

Abbildung 38 zeigt den vorbildlich ausgeführten Blitzschutz einer Antennenanlage. Die vier, an die Fangeinrichtung des Gebäudes angeschlossenen Fangstangen bauen für die Antenne eine LPZ 0_B auf, wodurch die Antenne vor einem direkten Blitzschlag geschützt ist. Selbst der kleine Windmesser rechts unten an der Dachkante ist durch eine Fangstange geschützt.

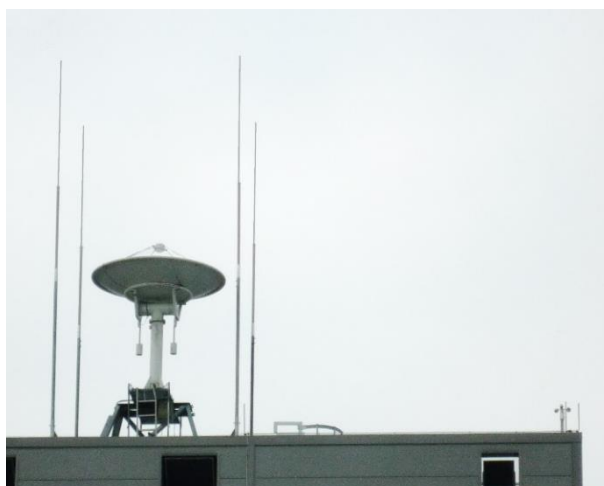


Abbildung 38: Korrektur ausgeführter Blitzschutz (Bild: BSI)

Abbildung 39 zeigt die Entlüftung des Tanks einer NEA. Der Anschluss an die Fangeinrichtung des Gebäudes ist in diesem Fall gleichermaßen falsch wie unnötig. Falsch ist er, weil durch die Verbindung zur Fangeinrichtung Blitzteilströme über das Entlüftungsrohr in das Innere des Gebäudes gelangen können. Unnötig ist der Anschluss zudem, weil sich diese Entlüftung weit unterhalb der Dachkante und damit sicher im Schutzbereich der LPZ 0_B befindet. Dem Grunde nach wurde hier der gleiche Fehler gemacht, wie bei dem Abgasrohr in Abbildung 36.



Abbildung 39: Falscher Anschluss einer Tankentlüftung an den Blitzschutz (Bild: BSI)

Abbildung 40 zeigt den Anschluss einer elektrischen Außenanlage mittels Trennfunkstrecke (das rote Element) an die Fangeinrichtung. Das ist zwar schon etwas besser, als der direkte Anschluss in Abbildung 39. Aber auch hier wird, wenn die Spannung auf dem Ableiter hoch genug ist, die Trennfunkstrecke durchzünden und ein Blitzteilstrom über den Schutzleiteranschluss der Außenanlage ins Gebäude geleitet.



Abbildung 40: Falscher Anschluss an die Fangeinrichtung mittels Trennfunkstrecke (Bild: BSI)

14.16 EMV-günstige Bauwerksausführung

Der Begriff Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) beschreibt einen Systemzustand, in dem sich elektrische Einrichtungen gegenseitig nicht stören und in dem die Funktion elektrischer Einrichtungen auch durch externen Quelle, z. B. Blitze, nicht nachteilig beeinflusst wird.

Hat man früher versucht, die EMV durch nachträgliche Einzelmaßnahmen, z. B. Schirmungen, positiv zu beeinflussen, ist das heute bei der hohen Durchdringung aller technischen Bereiche mit elektronischen und damit viel empfindlicheren Komponenten so nicht mehr möglich. Die EMV muss heute von ersten Planungsschritten über den Entwurf und die Bauausführung eines Gebäudes und weiter über dessen gesamte Betriebszeit hinweg eines der wesentlichen Ziele sein. U. a. gehört auch der Schutz gegen *Magnetische Wechselfelder (10.1)* zu den hier zu beachtenden Themen. Ohne ausreichend günstige EMV-Eigenschaften des Gebäudes und aller darin befindlichen Einrichtungen ist ein sehr hoch oder höchstverfügbares RZ nicht realisierbar.

14.17 Maximaltemperaturen in Deutschland

Auf Basis der seit 1881 regelmäßig aufgezeichneten Wetterdaten hat der Deutsche Wetterdienst (DWD) die in der nachfolgenden Abbildung gezeigte Karte erstellt. Dazu wurde für jede Wetterstation des DWD der jeweils höchste Temperaturwert im Zeitraum 1881 bis Anfang 2022 ermittelt und diese Werte in die Fläche interpoliert. Diese Karte stellt nicht den thermischen Zustand zu einem bestimmten Zeitpunkt dar, sondern ein synthetisches Produkt aus den Messungen vieler, unterschiedlicher Jahre. Sie kann daher nur für eine erste grobe Einschätzung der regionalen Maximaltemperatur herangezogen werden. Der exakte Wert ist an geeigneter Stelle (z. B. beim DWD) zu erfragen.

Auf Grund des Klimawandels ist in den kommenden Jahren nicht nur ein Anstieg der globalen Durchschnittstemperaturen, sondern auch der regionalen Maximaltemperaturen zu erwarten. Um diesem Effekt Rechnung zu tragen, ist es für eine zukunftsorientierte Planung der Kühlung von HV-RZ erforderlich, als Berechnungsgrundlage die bislang festgestellten regionalen Maximaltemperaturen um mindestens 2 K anzuheben.

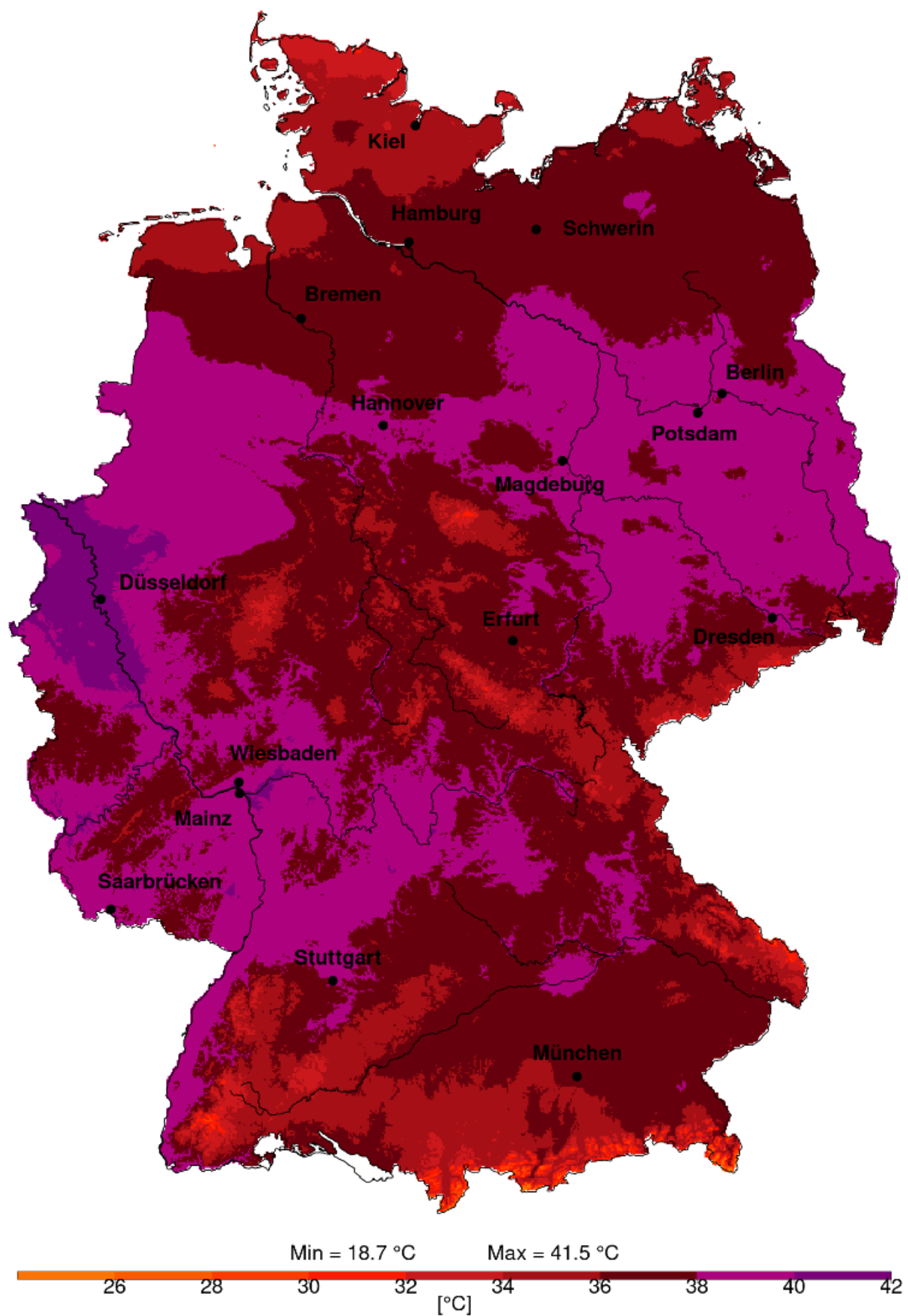


Abbildung 41: Verteilung der maximalen Tagestemperaturen in Deutschland für den Zeitraum von 1881 bis 03.2022 (Datengrundlage und Berechnung: DWD)

14.18 PVC-Vermeidung

Der Grund, alle Gewerke so PCV-frei wie möglich auszuführen, liegt darin, dass PVC beim Verbrennen zahlreiche, für Mensch und IT schädliche Substanzen freisetzt. Diese reichen von CO (Kohlenmonoxid) über HCN (Blausäure), HCl (Salzsäure) und Acrolein, einem sehr starken Umweltgift bis zu polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK).

Des Weiteren führt PVC bei der Verbrennung zu einer sehr starken Schwarzrauchbildung, dessen Rauchpartikel zu elektrisch leitenden Ruß-Brücken und damit zum Ausfall von elektrischen Einrichtungen führen können, selbst wenn diese durch den eigentlichen Brand gar nicht betroffen sind.¹¹⁹

Insgesamt muss also davon ausgegangen werden, dass ein Bereich, in dem PCV gebrannt hat, vor der Wiederinbetriebnahme vollständig durch eine Fachfirma gereinigt werden muss.

Die Tatsache, dass zahlreiche Bauprodukte aus PVC schwer entflammbar ausgerüstet sind, reicht nicht aus, auf eine möglichst PVC-freie Gebäudeausrüstung zu verzichten.

Der in der Quelle¹¹⁹ angeführte Vergleich des ökonomischen Schadens mit den Kosten der PVC-Substitution ist für HV-RZ nicht tragfähig, da der Ausfall eines HV-RZ je nach den dort betriebenen IT-Verfahren zu Schäden führen kann, die sich einer rein ökonomischen Betrachtung entziehen. Das können z. B. Verfahren zur Aufrechterhaltung der öffentlichen Ordnung und Sicherheit sein oder solche zur Beherrschung von Großschadenslagen oder Pandemien.

14.19 Brandverhalten von Kabeln

Seit Mitte 2016 fallen Kabel und Leitungen, die dauerhaft mit dem Bauwerk verbunden sind, unter die Bauproduktenverordnung (BauPVO).¹²⁰ Seit Mitte 2017 muss für alle unter die BauPVO fallenden Kabel und Leitungen im Rahmen einer Europäischen Konformitätserklärung (CE) die Brandklasse nach EN 50575 und damit das Brandverhalten angegeben werden. Die entsprechenden Kennbuchstaben reichen von F_{CA}¹²¹ (leicht entflammbar) bis A_{CA} (nicht brennbar).

Obschon in der EN 50575 formal auch Kabel beschrieben sind, die den Brandklassen A und B1 gemäß DIN 4102-1, also nicht brennbar oder schwer entflammbar, entsprechen, sind solche Kabel auf dem Markt so gut wie nicht erhältlich. Damit sind Kabel der Brandklasse B2_{CA} zurzeit die mit dem besten verfügbaren Brandverhalten. Sie werden daher z. B. vom ZVEI¹²² für die Verwendung in „Gebäuden mit sehr hohem Sicherheitsbedarf“ vorgeschlagen.

14.20 Brandschott-Kataster

Für das HV-RZ ist ab dem frühestmöglichen Zeitpunkt ein Brandschott-Kataster zu führen, das mindestens folgende Anforderungen erfüllt:

- Im Kataster sind alle Schotten aufzunehmen, also reine Kabelschotten, Rohrleitungsschotten, Kombischotten etc.
- Jedes Brandschott im HV-RZ ist im Kataster individuell zu führen.
Die Aufnahme von Schotten in das Kataster kann für solche Schotten entfallen, deren Versagen nachweislich keinerlei nachteiligen Einfluss auf den IT-Betrieb des HV-RZ hat.

¹¹⁹ Quelle: <https://www.vinylplus.de/alles-ueber-pvc/brandverhalten> [März 2023]

¹²⁰ Inwieweit das für Datenleitungen gilt, die auf Kabeltragsystemen verlegt sind, wird hier nicht erörtert.

¹²¹ Das tiefgestellte _{CA} steht für „Cable“, also Kabel.

¹²² Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.

-
- Jedes Brandschott ist im Kataster unter einer individuellen eindeutigen Kennzeichnung zu führen. Diese Kennung ist im unmittelbaren Umfeld des betreffenden Schotts (soweit möglich auf beiden Seiten) gut lesbar anzubringen.
 - Im Kataster ist für jedes Brandschott individuell der Nachweis einer mindestens jährlichen Sichtkontrolle mit den sich dabei ergebenden Feststellungen zu führen.
 - In das Kataster sind für Schotten, die zum Zeitpunkt der Erstellung des Katasters schon eingebaut sind, alle verfügbaren Informationen strukturiert aufzunehmen. Das sind mindestens:
 - Einbauort;
 - Hersteller des Schotts;
 - Produktbezeichnung;
 - die zum Zeitpunkt des Einbaus gültigen Allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen (AbZ) oder die Allgemeinen bauaufsichtlichen Prüfzeugnisse (AbP);¹²³
 - Einbaudatum;
 - Einbaufirma und ein aktuelles Foto möglichst beider Seiten des eingebauten Schotts.

Können diese Mindestangaben nicht beigebracht werden, ist das Schott durch ein neues zu ersetzen.

Für alle nach der erstmaligen Erstellung des Katasters neu eingebauten oder veränderten Schotten (Umbau oder Reparatur) sind über die oben genannten Informationen hinaus mindestens folgende im Kataster zusätzlich aufzunehmen:

- Lückenlose Fotodokumentation aller wesentlichen Einzelschritte des Ein- oder Umbaus;
- Bei Umbau:
Grund des Umbaus und der Nachweis, dass die beim Umbau verwendeten Materialien vom Hersteller des Schotts für den Umbau zugelassen sind.
- Alle Eintragungen im Kataster sind unverzüglich vorzunehmen, spätestens 4 Wochen nach Beendigung der Arbeiten.
- Nach einem Umbau oder einer Reparatur ist das alte Zertifikat am Einbauort deutlich als ungültig zu kennzeichnen (aber so, dass man noch alle relevanten technischen Informationen lesen kann) und durch ein neues, den Umbau berücksichtigendes Zertifikat zu ergänzen.

14.21 Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre

Die arbeitsmedizinischen Rahmenbedingungen werden in der DGUV Information 205-006:2019-01 „Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre“ geregelt. Darin werden in Abhängigkeit vom Sauerstoffanteil vier Risikoklassen mit den zugehörigen Sicherheitsmaßnahmen definiert.

¹²³ AbZ und AbP sind in der Regel nur 5 Jahre gültig und werden danach entweder verlängert oder aufgehoben.

Risiko- klassen	Sauerstoff- konzentration c in Vol. % O ₂	Sicherheitsmaßnahmen
Klasse 0	20,9 > c ≥ 17,0	Unterweisung der Beschäftigten
Klasse 1	17,0 > c ≥ 15,0	Arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß DGUV Grundsatz 28 „Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre“ Unterweisung der Beschäftigten Nach 4 Stunden Aufenthalt ist eine Pause von 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche notwendig.
Klasse 2	15,0 > c ≥ 13,0	Arbeitsmedizinische Untersuchung gemäß DGUV Grundsatz 28 „Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre“ Unterweisung der Beschäftigten Nach 2 Stunden Aufenthalt ist eine Pause von mindestens 30 Minuten außerhalb der sauerstoffreduzierten Bereiche notwendig.
Klasse 3	c < 13,0	Nicht im Regelungsbereich der DGUV Information 205-006:2019-01 Betreten ohne spezifische Zusatzmaßnahmen nicht zulässig

Tabelle 9: Risikoklassifikation für das Arbeiten in sauerstoffreduzierter Atmosphäre
Quelle: <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/2607> (Stand: April 2020)

14.22 Durchsetzungsfähige Reaktion

Eine durchsetzungsfähige Reaktion eines Wach- und Sicherheitsdienstes ist nur dann als möglich zu erwarten, wenn

- das Wach-/Sicherheitspersonal permanent (24/7) vor Ort anwesend ist und
- das Wach-/Sicherheitspersonal hinsichtlich
 - Beauftragung,
 - Personalstärke (mind. 2 Personen),
 - Ausbildung,
 - Ausrüstung,
 - Befugnis sowie
 - persönlicher Eignung
- jederzeit in der Lage ist,
 - einzelne unbefugte Personen mindestens durch den Einsatz körperlicher Gewalt von deren unbefugten Handlungen abzuhalten,
 - mindestens aber sie dabei zu behindern und
 - sie nach Möglichkeit bis zum Eintreffen der Polizei festhalten zu können.

Eine „durchsetzungsfähige Reaktion“ ist ausdrücklich dann NICHT als möglich zu erwarten, wenn schon eine der folgenden Umstände gegeben ist

- Wach-/Sicherheitspersonal ist nur temporär am Objekt anwesend, sog. Streifenfahrer.
- Es ist nur eine Person permanent vor Ort.
- Die Aufgabe des Wach-/Sicherheitspersonals besteht lediglich darin, Meldungen automatischer Meldesysteme zu verifizieren und dann ohne eigenes Eingreifen an die Polizei weiterzuleiten.

14.23 Gefahr durch Explosivstoffe

Der Wert von 200 kg_{TNT} ist pragmatisch festgelegt worden. Reale Fälle zeigen, dass situationsbedingt auch von höheren Sprengwirkungen ausgegangen werden sollte:

- 22.07.2011, Oslo, Norwegen
Der Attentäter hatte auf der Basis von 950 kg Ammoniumnitrat eine Bombe hergestellt, die eine Sprengkraft von ca. 400–500 kg_{TNT} hatte.
- 22.07.2021, Rastplatz Brockbachtal an der A 30, Deutschland
Ein Gefahrgut-LKW, beladen mit 18.000 kg Explosivstoff, wurde von der Polizei wegen zahlreicher technischer Mängel aus dem Verkehr gezogen. Unter anderem hatte die Bremsanlage keine ausreichende Wirkung.

Ob Fälle mit einer Sprengwirkung über 200 kg_{TNT} zu berücksichtigen sind, muss Teil einer individuellen Risikobetrachtung sein.

14.24 Schneelast in Deutschland

Aus der DIN EN 1991-1-3 (2010-12) ergeben sich für die darin definierten 5 Schneelastzonen in Deutschland folgende s_k -Werte:

- Zone 1: $s_k \geq 0,65$
- Zone 1a: s_k der Zone 1 x 1,25, also $\geq 0,81^{124}$
- Zone 2: $s_k \geq 0,85$
- Zone 2a: s_k der Zone 2 x 1,25, also $\geq 1,06^{124}$
- Zone 3: $s_k \geq 1,10$

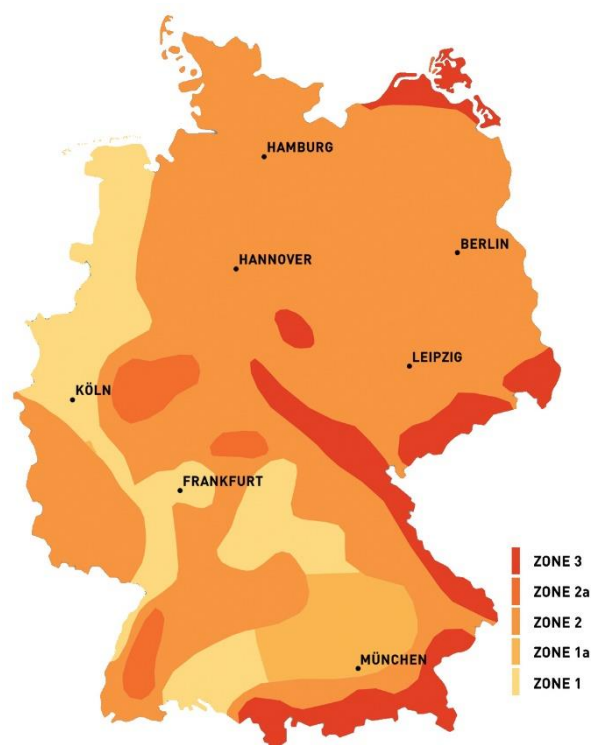


Abbildung 42: Schneelastzonen in Deutschland

Quelle: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2020)

¹²⁴ Durch den Verfasser ergänzt.

Abweichend von den sk-Werten nach der Norm müssen für bestimmte Lagen in Zone 3 nach Vorgabe durch die örtlich zuständigen Stellen höhere Schneelasten angenommen werden.

Für die Schneelastzonen 1 und 2 gilt im Norddeutschen Tiefland, dass der Rechenwert für den außergewöhnlichen Lastfall in bestimmten Orten mit dem Faktor 2,3 zu multiplizieren ist. Welche Orte davon betroffen sind, geht aus technischen Baubestimmungen der Bundesländer oder der Schneelastzonentabelle des Deutschen Instituts für Bautechnik hervor.

14.25 Hagel

Hagelkörner können durch die Kombination aus Masse und Geschwindigkeit erhebliche mechanische Schäden verursachen. Angesichts der fortschreitenden Erwärmung des Klimas muss für die Zukunft mit häufigeren und stärkeren Hagelniederschlägen gerechnet werden. Folglich müssen auch Schutzmaßnahmen gegen Schäden durch Hagel bei der Ertüchtigung von HV-RZ berücksichtigt werden.

14.25.1 Hagelstürme in Deutschland

Massive Hagelniederschläge sind in Deutschland recht selten. Dennoch wurde am 06.07.2013 in der Gemeinde Sonnenbühl (Landkreis Reutlingen) ein Hagelkorn mit 14,1 cm Durchmesser, also einer Masse von knapp 1,3 kg und einer Geschwindigkeit von 186 km/h registriert.¹²⁵

Im Verlauf der beiden Hagelstürme Andreas und Bernd am 27. und 28.07.2013 wurden Hagelkörner mit einem Durchmesser bis zu 8 cm beobachtet.¹²⁶ Bei dieser Größe ist von einer Masse von knapp 250 g mit einer Fallendgeschwindigkeit von ca. 140 km/h auszugehen, was zu einer Aufprallenergie von ca. 183 J führt.

Bei dem Hagelsturm, der am 12.07.1984 München schwer getroffen hat, wurden Hagelkörner bis zu 95 mm Durchmesser und ca. 300 g Masse festgestellt.

In der Abbildung 43 sind die Hauptniederschlagsgebiete der drei genannten Hagelereignisse ungefähr in die vom BBK herausgegebenen Karte der Hagelzonen in Deutschland durch den Autor eingetragen:

Grün Hagelsturm über München am 12.07.1984

Rot Hagelsturm Andreas am 27.07.2013

Blau Hagelsturm Bernd am 28.07.2013

¹²⁵ Quelle: <https://de.wikipedia.org/wiki/Hagel> [März 2023]

¹²⁶ Quelle: www.gdv.de, Naturgefahrenreport 2014

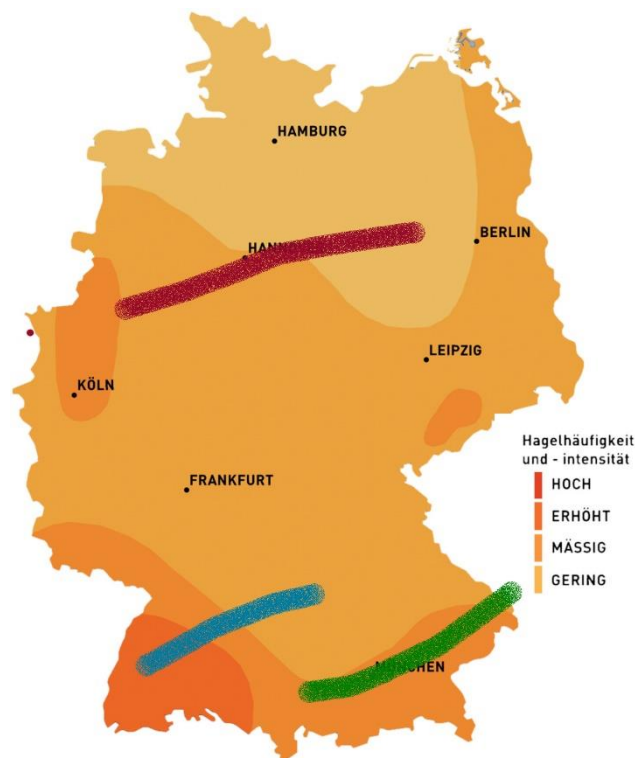


Abbildung 43: Hagelzonen in Deutschland

Quelle der Hagelzonenkarte: Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (2020)

Es wird deutlich, dass nur beim Hagelsturm Bernd (blau) ein Teil des Hagels im Bereich der höchsten Hagelhäufigkeit und -intensität niederging. Der Hagelsturm Andreas (rot) hat sogar Gebiete mit der niedrigsten Häufigkeit und Intensität betroffen. Das zeigt, dass es für den Hagelschutz von HV-RZ belanglos ist, in welcher der vier Hagelzonen Deutschlands es liegt.

14.25.2 E DIN EN IEC 61215

Die E DIN EN IEC 61215 definiert für Photovoltaik-Module fünf Hagelwiderstandsklassen:

Hagelwiderstand	Durchmesser	Masse	Geschwindigkeit	Auftreffenergie
HW1	10 mm	0,5 g	13,8 m/s	0,04 J
HW2	20 mm	3,6 g	19,5 m/s	0,7 J
HW3	30 mm	12,3 g	23,9 m/s	3,5 J
HW4	40 mm	29,2 g	27,5 m/s	11,1 J
HW5	50 mm	56,9 g	30,8 m/s	27 J

Tabelle 10: Übersicht der Hagelwiderstandsklassen

Obschon diese Norm speziell die Hagelwiderstandseigenschaften terrestrischer Photovoltaik-Module behandelt, erscheinen sie hinsichtlich der darin genannten Werte und Widerstandsklassen dennoch als geeignet, im Bereich des Hagelschutzes bei HV-RZ grundsätzlich angewendet zu werden.

14.26 Abkürzungsverzeichnis

BaFin	Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht
BauPVO	Bauproduktenverordnung
BBK	Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMA	Brandmeldeanlage
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMZ	Brandmeldezentrale
BSI	Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik
DGUV	Deutsche gesetzliche Unfallversicherung
DWD	Deutscher Wetterdienst
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
EVU	Energieversorgungsunternehmen
FI/LS	Kombinierter Fehlerstrom- und Leitungs-Schutzschalter (RCBO)
GA	Gebäudeautomation
GDV	Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V.
GMA	Gefahrenmeldeanlage
HES	Haupterdungsschiene
HHW(JAHRESZAHL)	höchstes Hochwasser seit JAHRESZAHL
IFS	Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung der öffentlichen Versicherer e. V.
ISMS	Information Security Management System
ISP	Informationsschwerpunkt (in der TGA)
ITIC	Information Technology Industry Council
LS	Leitungsschutzschalter
LPL	Lightning Protection Level Maß für den Schutzwert der Blitzfangeinrichtung (vulgo Blitzableiter) Die Werte laufen von „IV“, dem geringsten Schutzwert, bis „I“, dem höchsten in der Norm DIN EN 62305 beschriebenen Schutzwert.
LPZ	Lightning Protection Zone (Blitzschutzzone) Die Werte laufen von „0“ für den freien Raum außerhalb von Gebäuden ohne irgendwelche schützenden Einrichtungen bis „2“ oder mehr für geschützte Bereiche z. B. innerhalb von Gebäuden.
MBO	Musterbauordnung
mNEA	mobile Netzersatzanlage
MTBF	Mean Time Between Failures
MTTR	Mean Time To Repair
NdB	Netze des Bundes

NEA	Netzersatzanlage
NHN	Normalhöhennull
NSHV	Niederspannungshauptverteilung
oNEA	ortsfeste Netzersatzanlage
PDU	Power Distribution Unit
PUE	Power Usage Effectiveness Verhältnis des Energieverbrauchs des kompletten RZ zu dem der reinen IT
RCBO	Residual current operated Circuit-Breaker with Overcurrent protection, siehe FI/LS
RCD	Residual Current Device (Fehlerstrom-Schutzeinrichtung)
RCM	Residual Current Monitor (Strommessenrichtung ohne Schaltfunktion)
RMS	Root Mean Square (Effektivwert einer zeitlich veränderlichen physikalischen Größe, hier von Spannung, Strom und Leistung)
RZ	Rechenzentrum
SLA	Service Level Agreement
SPD	Surge Protective Device (Überspannungsableiter)
SPOF	Single Point of Failure
SV	Sicherheitsstromversorgung
TGA	Technische Gebäudeausrüstung
THD	Total Harmonic Distortion (Gesamte harmonische Verzerrung) Die THD gibt in Prozent an, wie stark der tatsächliche Kurvenverlauf der Wechselspannung (THD _U) und des Wechselstroms (THD _I) von seinem idealen Sinusverlauf abweicht.
USV	Unterbrechungsfreie Stromversorgung
VNB	Verteilnetzbetreiber
ZEP	Zentraler Erdungspunkt
ZKA	Zutrittskontrollanlage
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e. V.