



## Elektrische Wiederholungsprüfung ohne Abschalten?

Neue Wege bei der elektrischen Wiederholungsprüfung  
nach DGUV Vorschrift 3 im Umfeld der  
Höchstverfügbarkeit in Rechenzentren

## Herausgeber

Bitkom  
Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.  
T 030 27576-0  
bitkom@bitkom.org  
www.bitkom.org

## Ansprechpartner

Dr. Roman Bansen | Bitkom e.V.  
T 030 27576-270 | r.bansen@bitkom.org

## Verantwortliches Bitkom-Gremium

AK Rechenzentren

## Autoren

Roman Bansen | Bitkom e.V.  
Peter Eckert | Bender GmbH & Co. KG  
Wolfgang Goretzki | Raritan Deutschland GmbH  
Thomas Grüşchow | TÜV SÜD AG  
Robert Krüger | Telefónica Germany GmbH & Co. OHG  
Tilo Püschel | Bachmann GmbH  
Roberto Sammler | Raritan Deutschland GmbH  
Oliver Tananow | Telefónica Germany GmbH & Co. OHG

## Satz & Layout

Katrin Krause | Bitkom e.V.

## Titelbild

© Taylor Vick – unsplash.com

## Copyright

Bitkom 2021

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung im Bitkom zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen. Alle Rechte, auch der auszugswweisen Vervielfältigung, liegen beim Bitkom.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>1 Rechtliche Anforderungen und Normen</b>	<b>6</b>
1.1 Planung – Errichtung – Erstprüfung – Gefahrenübergang	6
1.2 Der sichere Betrieb von elektrischen Anlagen	7
1.3 Wiederholungsprüfungen und alternative normgerechte Maßnahmen	10
1.4 Mess-/Prüfprotokolle als Nachweis	11
1.5 Bestandsschutz älterer Anlagen	12
1.6 Internationale Anforderungen	12
<b>2 Technische Hintergründe</b>	<b>15</b>
2.1 Die elektrische Anlage im Rechenzentrum	15
2.2 Differenzstrom-Messprinzip	16
2.3 Ableitströme vs. Fehlerströme	17
2.4 Schwellwerte und Grenzwerte	18
<b>3 Normgerechte Alternative für die Isolationsprüfung – ohne Abschalten</b>	<b>21</b>
3.1 Lösungsansatz	21
3.2 Die Umsetzung in der Praxis	22
3.3 Auswahl der RCM-Sensoren	27
3.4 RCM-System: Messwertspeicherung und -auswertung	29
3.5 Dokumentation und Speicherung der Messprotokolle	30
3.6 Abläufe	32
<b>4 Fazit</b>	<b>35</b>

# Einleitung

Rechenzentren nehmen weltweit seit vielen Jahren eine zentrale Position in der Wirtschaft und im gesellschaftlichen Leben ein. Die zunehmende Digitalisierung in Industrie, Gebäude- und Gesundheitstechnik sowie in den sozialen Medien – um nur einige zu nennen – stellt enorme Anforderungen an die Hochverfügbarkeit von Rechenzentren. Hinzu kommen veränderte Arbeitswelten durch Hybrid Work oder auch flexible Arbeitszeitmodelle, welche den Mitarbeitern die Möglichkeit bieten, digitale Tätigkeiten auch am Wochenende auszuführen. Diese Gegebenheiten stellen die Betreiber von Rechenzentren vor große Herausforderungen, wenn notwendige Wartungs- und Serviceintervalle in Rechenzentren durchgeführt werden müssen, ohne die Verfügbarkeit zu tangieren.

Die Basis für die Verarbeitung von Daten bilden u.a. eine sichere Energieversorgung durch die Netzbetreiber, ein redundantes und somit ausfallsicheres Gesamtkonzept sowie die Einhaltung gesetzlicher oder normativer Vorgaben durch den Betreiber. Eine dieser Vorgaben ist die elektrische Wiederholungsprüfung der gesamten Anlage in bestimmten Zeitabständen. Die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) empfiehlt in der Vorschrift 3 für festinstallierte elektrische Anlage einen Zeitraum von 4 Jahren. Auch die Norm DIN VDE 0105-100/A1 (VDE 0105-100/A1) »Betrieb von elektrischen Anlagen« empfiehlt, dass elektrische Anlagen wiederholt geprüft werden, ohne jedoch zeitliche Fristen zu nennen.

Im Rahmen einer elektrischen Wiederholungsprüfung gemäß DGUV Vorschrift 3 müssen diverse Prüfungen durchgeführt werden, welche im [Abschnitt 1.1](#) näher beschrieben werden. Eine wichtige Prüfung ist dabei die Isolationsmessung, welche ein Abschalten von einzelnen Stromkreisen erfordert. Dies steht im Widerspruch zur angestrebten 100% Verfügbarkeit von Rechenzentren.

Abgesehen von der Verfügbarkeit, erfordert eine elektrische Wiederholungsprüfung gemäß DGUV Vorschrift 3 personelle und zeitliche Kapazitäten, welche nicht zu unterschätzen sind. Hinzu kommt die Gefahr, dass nach dem Abschaltvorgang und dem anschließenden Wiederschalten einige Komponenten nicht ordnungsgemäß funktionieren.

Dieser Leitfaden wurde vom Arbeitskreis Rechenzentren des Bitkom erstellt und zeigt einen Lösungsweg auf, wie einerseits den gesetzlichen und normativen Anforderungen entsprochen werden kann und andererseits die 100% Verfügbarkeit eines Rechenzentrums gewährleistet bleiben.

Auszüge aus DIN-Normen mit VDE-Klassifikation sind für die angemeldete limitierte Auflage wiedergegeben mit Genehmigung 42.021 des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich. Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE VERLAG GMBH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin, [www.vde-verlag.de](http://www.vde-verlag.de), erhältlich sind.

# 1 Rechtliche Anforderungen und Normen

# 1 Rechtliche Anforderungen und Normen

## 1.1 Planung – Errichtung – Erstprüfung – Gefahrenübergang

Die Planung und Errichtung von elektrischen Anlagen erfolgt in Deutschland basierend auf dem Regelwerk DIN VDE 0100 (VDE 0100) »Errichten von Niederspannungsanlagen«, das von der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE herausgegeben wird.

Bereits während der Errichtung von elektrischen Anlagen, werden Anlagenteile elektrisch geprüft. Nach dem Abschluss aller Installationsarbeiten müssen alle Anlagenteile geprüft sein (Erstprüfung). Diese Prüfungen erfolgen auf Basis von VDE 0100-600 (0100-600) »Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen«.

Eine Erstprüfung basierend auf den zuvor genannten Normen darf ausschließlich von Elektrofachkräften durchgeführt werden und enthält folgende Prüfschritte:

- Besichtigung (Dokumentation, Prüfprotokolle der Inbetriebnahme, etc.)
- Durchgängigkeit der Verbindungen der Schutzleiter, der Schutzpotentialausgleichsleiter und der Leiter des zusätzlichen Schutzpotentialausgleichs,
- Messung des Isolationswiderstands
- Messung des Isolationswiderstand zur Bestätigung der Wirksamkeit des Schutzes durch SELV, PELV oder durch Schutztrennung
- Messung des Isolationswiderstands/-impedanz von isolierten Fußböden und isolierten Wänden
- Prüfung der Spannungspolarität
- Prüfung zur Bestätigung der Wirksamkeit des Schutzes durch automatische Abschaltung der Stromversorgung
- Prüfung zur Bestätigung der Wirksamkeit des zusätzlichen Schutzes
- Prüfung der Phasenfolge der Außenleiter
- Prüfung des ordnungsgemäßen Betriebs und Funktionsprüfungen
- Einhaltung des maximal zulässigen Spannungsfalls

Auszug 1: Prüfschritte bei Erstprüfung nach DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600)

Die Mess- und Prüfergebnisse werden gemeinsam mit den Planungsunterlagen als Dokumentation zusammengefasst und dem Betreiber im Zuge der Inbetriebnahme und Übergabe ausgehändigt. Dieser Vorgang wird rechtlich als »Gefahrenübergang« bezeichnet, weil der Betreiber mit seiner Unterschrift auf dem Abnahme-/Übergabeprotokoll die korrekte Ausführung bestätigt und ab diesem Zeitpunkt die Verantwortung für die Anlage und alle von ihr ausgehenden Gefahren übernimmt.

## 1.2 Der sichere Betrieb von elektrischen Anlagen

Ebenso wie die Planung und Errichtung von elektrischen Anlagen ist auch deren sicherer Betrieb durch gesetzliche und normative Bestimmungen geregelt. Diese sind im Wesentlichen:

- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)
- Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG)
- Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV)
- Unfallverhütungsvorschriften (UVV)
- Technische Regeln Betriebssicherheit (TRBS 1201 und 1203)
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV Vorschrift 1 und 3)
- Deutsches Institut für Normung (DIN)
- Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE)

In diesem Leitfaden können nicht alle relevanten Empfehlungen und Forderungen behandelt werden. Vielmehr werden elementare Bestandteile herausgestellt, welche dem Betreiber eines Rechenzentrums zeigen, wie er den normativen Anforderungen gerecht wird, ohne damit die Verfügbarkeit zu gefährden.

Nachdem der Betreiber die elektrische Anlage vom Errichter übernommen hat, sollte er entweder in alleiniger Regie oder mit Unterstützung von Fachspezialisten eine anlagenspezifische Gefährdungsbeurteilung gemäß Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) durchführen. Dabei werden systematisch Gefahrenpotentiale ermittelt, Gegenmaßnahmen beschrieben und wiederkehrende Prüffristen – egal für welches Gewerk – festgelegt. Ob eine Gefährdungsbeurteilung bzgl. Prüffristverlängerung durchgeführt wird oder nicht, obliegt der Verantwortung des Betreibers.

### § 3 Gefährdungsbeurteilung

- (1) Der Arbeitgeber hat vor der Verwendung von Arbeitsmitteln die auftretenden Gefährdungen zu beurteilen (Gefährdungsbeurteilung) und daraus notwendige und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten. Das Vorhandensein einer CE-Kennzeichnung am Arbeitsmittel entbindet nicht von der Pflicht zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung. (...)

Auszug 2: Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) §3 Absatz 1

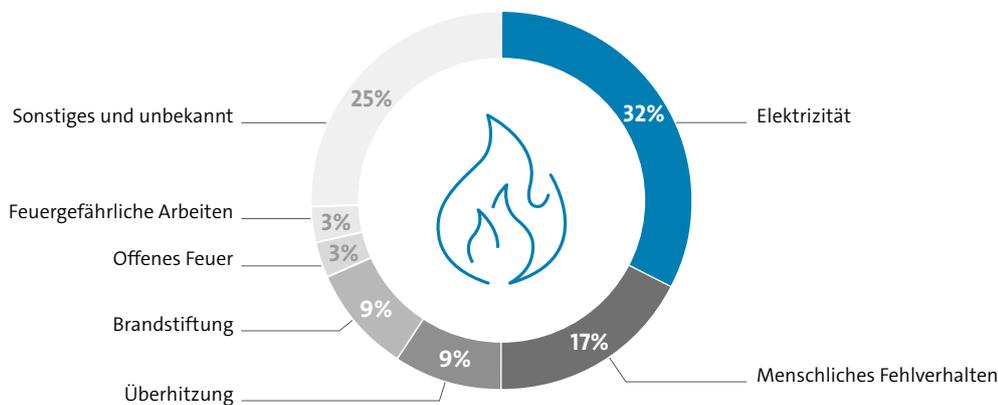
Für das Gewerk der elektrotechnischen Anlage wird in Deutschland die Norm DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100) »Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen« angewendet. Hinzu kommen konkrete Forderungen seitens der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) in der Vorschrift 3. In beiden Regelwerken werden wiederkehrende Prüfungen für die elektrische Anlage gefordert, wobei die DGUV in der Vorschrift 3 für ortsfeste elektrische Anlagen sogar eine konkrete Frist von 4 Jahren empfiehlt.

Der Grund, weshalb die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) ein großes Interesse an wiederkehrenden Prüfungen hat, besteht unter anderem in der sicheren Verwendung elektri-

scher Anlagen und Betriebsmittel für versicherungspflichtig Beschäftigte. In Bezug auf § 3 – Grundsätze der DGUV Vorschrift 3 ist abzuleiten, dass der Unternehmer ferner dafür zu sorgen hat, dass die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel den elektrotechnischen Regeln entsprechend betrieben werden. Die Notwendigkeit zur regelmäßigen Prüfung ist nach § 5 – Prüfung abzuleiten. Das bedeutet elektrische Anlagen und Betriebsmittel sind auf ihren ordnungsgemäßen Zustand zu prüfen. Der Unternehmer muss Prüffristen so festlegen, dass mögliche Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden.

### Brandursachen

2002–2019



Quelle: IFS-Schadendatenbank

Werte gerundet; dadurch Abweichung von 100%

Abbildung 1: Anteil Elektrizität an den Brandursachen gemäß IFS Ursachenstatistik Brandschäden.

Üblicherweise werden Rechenzentren – ebenso wie andere Gebäude – gegen Schäden wie Brand oder Elementarschäden (Blitzschlag, Sturm, Hagel, etc.) versichert. Somit haben die Versicherungsunternehmen ein großes Interesse daran, mögliche Schäden gering zu halten bzw. mögliche Schadensursachen frühzeitig zu erkennen. Da Schäden durch fehlerhafte elektrische Anlagen mit rund 32 % jährlich einen Großteil aller Brandursachen ausmachen, kommt dem sicheren Betrieb von elektrischen Anlagen aus Sicht der Versicherer eine besondere Bedeutung zu.<sup>1</sup>

Wesentlich höher sind allerdings die Anforderungen an den Personenschutz, welche allgemein in den Unfallverhütungsvorschriften (UVV) der Berufsgenossenschaften definiert sind. Mit Blick auf die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel werden seitens der Berufsgenossenschaften ebenfalls regelmäßige Prüfungen gefordert. Letztendlich hat der Betreiber (Unternehmer) dafür zu sorgen, dass elektrische Anlagen und Betriebsmittel nicht nur ordnungsgemäß betrieben, sondern auch regelmäßig geprüft werden.

<sup>1</sup> Ursachenstatistik Brandschäden, Institut für Schadenverhütung und Schadenforschung:  
[www.ifs-ev.org/schadenverhuetzung/ursachenstatistiken/ursachenstatistik-brandschaeden-2018](http://www.ifs-ev.org/schadenverhuetzung/ursachenstatistiken/ursachenstatistik-brandschaeden-2018)

Weiterhin muss der Betreiber den Zugang zum Rechenzentrum in der Form beschränken, dass nur autorisiertes und geschultes Personal Zutritt hat. Da ein Rechenzentrum eine elektrische Anlage ist, sollten alle Mitarbeiter mit Zutrittsberechtigung eine Schulung zur elektrotechnisch unterwiesenen Person (EuP) oder sogar zur Elektrofachkraft für festgelegte Tätigkeiten (EFKfT) erhalten. Diese Maßnahme ist u.a. Bestandteil der DGUV Vorschrift 1, welche allgemeine Hinweise zu den Pflichten des Unternehmers, des Versicherten und Hinweise zur Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes beinhaltet. Alle diese Vorgaben haben ein gemeinsames Ziel: Die Vermeidung von Unfällen jeglicher Art.

Dem Unternehmer werden in der DGUV Vorschrift 1 folgende Pflichten übertragen:

- Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung (bekannt aus BetrSichV §3 und TRBS 1111)
- die Unterweisung des Versicherten (Mitarbeiters)
- die Kontrolle fremder Auftragnehmer bei deren Handlungen
- die Kenntnis über die Befähigung bestimmter Personen für übertragene Aufgaben zu kennen
- Zutrittsberechtigungen oder auch Aufenthaltsverbote auszusprechen.

In der DGUV Vorschrift 3 wird explizit auf elektrische Anlagen und Betriebsmittel eingegangen. Somit werden die bereits erwähnten Wiederholungsprüfungen der elektrischen Anlage wie folgt definiert:

#### § 5 Prüfungen

(1) Der Unternehmer hat dafür zu sorgen, dass die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel auf ihren ordnungsgemäßen Zustand geprüft werden

1. vor der ersten Inbetriebnahme und nach einer Änderung oder Instandsetzung vor der Wiederinbetriebnahme durch eine Elektrofachkraft oder unter Leitung und Aufsicht einer Elektrofachkraft und
2. in bestimmten Zeitabständen.

Die Fristen sind so zu bemessen, dass entstehende Mängel, mit denen gerechnet werden muss, rechtzeitig festgestellt werden.

(2) Bei der Prüfung sind die sich hierauf beziehenden elektrotechnischen Regeln zu beachten.

(3) Auf Verlangen der Berufsgenossenschaft ist ein Prüfbuch mit bestimmten Eintragungen zu führen

(4) Die Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme nach Absatz 1 ist nicht erforderlich, wenn dem Unternehmer vom Hersteller oder Errichter bestätigt wird, dass die elektrischen Anlagen und Betriebsmittel den Bestimmungen dieser Unfallverhütungsvorschrift entsprechend beschaffen sind.

Bezüglich der Zeitabstände gibt es seitens der DGUV Handlungsempfehlungen:<sup>2</sup>

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
<b>Elektrische Anlagen und ortsfeste Betriebsmittel</b>	4 Jahre	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft
<b>Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel in »Betriebsstätten, Räumen und Anlagen besonderer Art« (DIN VDE 0100 Gruppe 700)</b>	1 Jahr	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft
<b>Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in nichtstationären Anlagen</b>	1 Monat	auf Wirksamkeit	Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte
<b>Fehlerstrom-, Differenzstrom und Fehlerspannungs-Schutzschalter</b> ▪ in stationären Anlagen ▪ in nichtstationären Anlagen	▪ 6 Monate ▪ arbeitstäglich	auf einwandfreie Funktion durch Betätigen der Prüfeinrichtung	Benutzer

Tabelle 1: Prüffristen nach DGUV Vorschrift 3

### 1.3 Wiederholungsprüfungen und alternative normgerechte Maßnahmen

Die Forderungen nach regelmäßigen Wiederholungsprüfungen der elektrischen Anlage im Abstand von maximal 4 Jahren einerseits und der Anspruch an 100% Verfügbarkeit des Rechenzentrums andererseits stellen eine hohe Herausforderung an jeden Betreiber eines Rechenzentrums dar, denn – wie eingangs beschrieben – müssen für eine notwendige Isolationsprüfung einzelne Stromkreise des Rechenzentrums stromlos abgeschaltet werden.

Neben der Rechenzentrumsbranche gibt es jedoch viele weitere Applikationen in Industrie und Wirtschaft, welche ganzjährig 100% verfügbar sein müssen. Diese Notwendigkeit haben auch DKE und VDE erkannt und in deren Regelwerken mögliche alternative Maßnahmen definiert. Diese alternativen Maßnahmen setzen sich aus organisatorischen und technischen Maßnahmen zusammen. In der DIN VDE 0105-100/A1 (VDE 0105-100/A1) wird u.a. folgende Regelung beschrieben:

»(...) Wenn ein Stromkreis durch ein Differenzstrom-Überwachungsgerät nach EN 62020 (VDE 0663) oder eine Isolations-Überwachungseinrichtung nach DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8) ständig überwacht wird und diese Überwachungseinrichtung einwandfrei funktionieren, kann auf die Messung des Isolationswiderstands verzichtet werden. (...)«

<sup>2</sup> DGUV Vorschrift 3 Durchführungsanweisungen Elektrische Anlagen und Betriebsmittel, aktualisierte Fassung Januar 2005

In einem weiteren Abschnitt heißt es:

»(...) Für elektrische Anlagen, die im normalen Betrieb einem wirksamen Managementsystem zur vorbeugenden Instandhaltung unterliegen, können die wiederkehrenden Prüfungen ersetzt werden durch ein angemessenes System aus einer ständigen Überwachung verbunden mit einer kontinuierlichen Instandhaltung durch Elektrofachkräfte (EFK). (...)«

Auszug 4: Alternative Maßnahmen nach DIN VDE 0105-100/A1 (VDE 0105-100/A1) »Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen; Änderung A1: Wiederkehrende Prüfungen«

Im ersten Absatz (Auszug 4) werden die permanente Differenzstrom- oder Isolationsüberwachung als mögliche alternative Maßnahmen für eine Isolationswiderstandsmessung benannt.

Der zweite Absatz (Auszug 4) beschreibt primär ein wirksames Managementsystem zur vorbeugenden Instandhaltung. Gemeint sind damit feste Inspektions-/Wartungsintervalle durch Elektrofachkräfte oder Elektrofachkräfte für festgelegte Tätigkeiten (EFKffT). Aber auch diese Möglichkeit wird verbunden mit der Forderungen nach einem System für eine ständige (permanente) Überwachung.

Welche konzeptionellen Maßnahmen bei den Inspektions-/Wartungsintervalle zu berücksichtigen sind und welche Form der messtechnischen Überwachung zur Anwendung kommt muss im Rahmen der zuvor erwähnten Gefährdungsbeurteilung gemäß Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) ermittelt und festgelegt werden.

Sollte ein Betreiber – im Gegensatz zur empfohlenen ständigen messtechnischen Überwachung – sich lediglich für stichprobenartige Messungen der Differenz- oder Ableitströme durch eine Elektrofachkraft entscheiden, muss er im Eskalationsfall nachvollziehbar und rechtssicher begründen, warum er diese Maßnahme und den Zeitraum so gewählt hat.

## 1.4 Mess-/Prüfprotokolle als Nachweis

Allein die Existenz eines der zuvor erwähnten permanenten Überwachungssysteme und die lokalen Messwertanzeigen an den Messgeräten selbst stellen noch keinen Nachweis dar. Zur Erinnerung: Die Norm DIN VDE 0105-100/A1 (VDE 0105-100/A1) beschreibt die Ausnahme für eine nicht durchführbare Wiederholungsprüfung wie folgt:

»(...) 5.3.3.101.0.3 Sind in besonderen Fällen Messungen an oder in elektrischen Anlagen mit technisch oder wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nicht durchführbar, (...), so ist auf andere Weise nachzuweisen, dass die zu ermittelnden Werte eingehalten werden, (...)«

Auszug 5: DIN VDE 0105-100/A1 (VDE 0105-100/A1) »Betrieb von elektrischen Anlagen Teil 100 Allgemeine Festlegungen; A1 Wiederkehrende Prüfungen«

Bezogen auf die Differenzstrommessung bedeutet »(...) auf andere Weise nachzuweisen (...)«, dass die Messwerte der installierten Überwachungssysteme zu dokumentieren sind. Die kontinuierlich erfassten Messwerte sollten idealerweise digital gespeichert und als Tages-, Wochen- oder Monats-Report manipulationssicher dokumentiert werden. Nur dann können die Reports an den Prüfer oder Auditor als Nachweis für das Isolationsniveau übergeben werden. Im Schadensfall liegt die Beweislast auf der Seite des Betreibers (Unternehmers). Nur anhand einer schlüssigen Gefährdungsbeurteilung in Zusammenhang mit entsprechenden Prüfprotokollen und Zugangsberechtigungen sind Betreiber in der Lage, den Nachweis für die Erfüllung ihrer Pflichten zu erbringen. Weitere Details folgen im [Abschnitt 3.4](#) »RCM-System: Messwertspeicherung und -auswertung«.

## 1.5 Bestandsschutz älterer Anlagen

Bestandsschutz wird allgemein anerkannt, wenn die elektrische Anlage zum Zeitpunkt der Errichtung den »allgemein anerkannten Regeln der Technik« – quasi den damals gültigen VDE-Vorschriften – entsprochen hat.

Ein Bestandsschutz besteht nicht, wenn die Anlage oder Anlagenteile zwischenzeitlich verändert, angepasst wurden oder deren Nutzung sich geändert hat. Der Bestandsschutz gilt ebenfalls nicht, wenn sich notwendige Anpassungen durch eine unmittelbare Gefahr ergeben oder wesentliche normative Anpassungen durch VDE oder Forderungen durch die Berufsgenossenschaften eine Änderung bzw. Erweiterung der existierenden Anlage verlangen.

Ein existierender Bestandsschutz bezieht sich ausschließlich auf die Ausführung der ortsfesten elektrischen Anlage. Die notwendigen Wiederholungsprüfungen sind nicht automatisch Teil des Bestandsschutzes nach dem Motto: Da die Anlage bisher nicht geprüft wurde, muss diese auch zukünftig nicht geprüft werden. Hier steht der Betreiber (Unternehmer) voll in der Pflicht und muss im Schadensfall die in [Abschnitt 1.4](#) beschriebenen Nachweise erbringen.

## 1.6 Internationale Anforderungen

Die Forderungen zur Errichtung und zum sicheren Betrieb von elektrotechnischen Anlagen wie sie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben wurden, finden sich auch in den internationalen Normen wieder. Große Teile der deutschen Normenreihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) haben ihre Entsprechung in der internationalen Normenreihe IEC 60364 (IEC – International Electrotechnical Commission). So ist z.B. das Pendant zum Teil 600 der DIN VDE 0100 die IEC 60364-6.

Mit der EU-Richtlinie 2009/104/EG hat das europäische Parlament Mindestvorschriften für Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Benutzung von Arbeitsmitteln durch Arbeitnehmer bei der Arbeit definiert, welche quasi der deutschen Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) entspricht. Dadurch entsteht den Rechenzentrumsbetreibern in Deutschland kein Wettbewerbs-

nachteil im Vergleich zu anderen Standorten innerhalb der EU. So wurden z.B. in Kapitel II die **Pflichten des Arbeitgebers** definiert

»(...) Ist es nicht möglich, demgemäß die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer bei der Benutzung der Arbeitsmittel in vollem Umfang zu gewährleisten, so trifft der Arbeitgeber die geeigneten Maßnahmen, um die Gefahren weitestgehend zu verringern. (...)«

Auszug: 6 Allgemeine Pflichten des Arbeitgebers nach EU-Richtlinie 2009/104/EG Kapitel II Artikel 3 Abs. 2

Die Pflichten des Arbeitgebers umfassen u.a. die Überprüfung der Arbeitsmittel sowie die Dokumentation der entsprechenden Prüfergebnisse:

- (2) Damit die Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften eingehalten und Schäden, welche zu gefährlichen Situationen führen können, rechtzeitig entdeckt und behoben werden können, sorgt der Arbeitgeber dafür, dass die Arbeitsmittel, die Schäden verursachenden Einflüssen unterliegen,
  - a. durch im Sinne der einzelstaatlichen Rechtsvorschriften oder Praktiken hierzu befähigte Personen regelmäßig überprüft und gegebenenfalls erprobt werden und
  - b. durch im Sinne der einzelstaatlichen Rechtsvorschriften oder Praktiken hierzu befähigte Personen jedes Mal einer außerordentlichen Überprüfung unterzogen werden, wenn außergewöhnliche Ereignisse stattgefunden haben, die schädigende Auswirkungen auf die Sicherheit des Arbeitsmittels haben können, beispielsweise Veränderungen, Unfälle, Naturereignisse, längere Zeiträume, in denen das Arbeitsmittel nicht benutzt wurde.

Auszug 7: Überprüfung der Arbeitsmittel nach EU-Richtlinie 2009/104/EG Kapitel II Artikel 5 Abs. 2

- (3) Die Ergebnisse der Überprüfungen werden schriftlich festgehalten und stehen den zuständigen Behörden zur Verfügung. Sie werden während eines angemessenen Zeitraums aufbewahrt.

Auszug 8: Dokumentation der Prüfergebnisse nach EU-Richtlinie 2009/104/EG Kapitel II Artikel 5 Abs. 3

Die Kontrolle bezüglich der Einhaltung und Umsetzung dieser Vorgaben liegt bei den jeweiligen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union. Hier nimmt Deutschland – getrieben von der Deutschen gesetzlichen Unfallversicherung und deren Vorgaben – eine Vorreiterrolle ein.

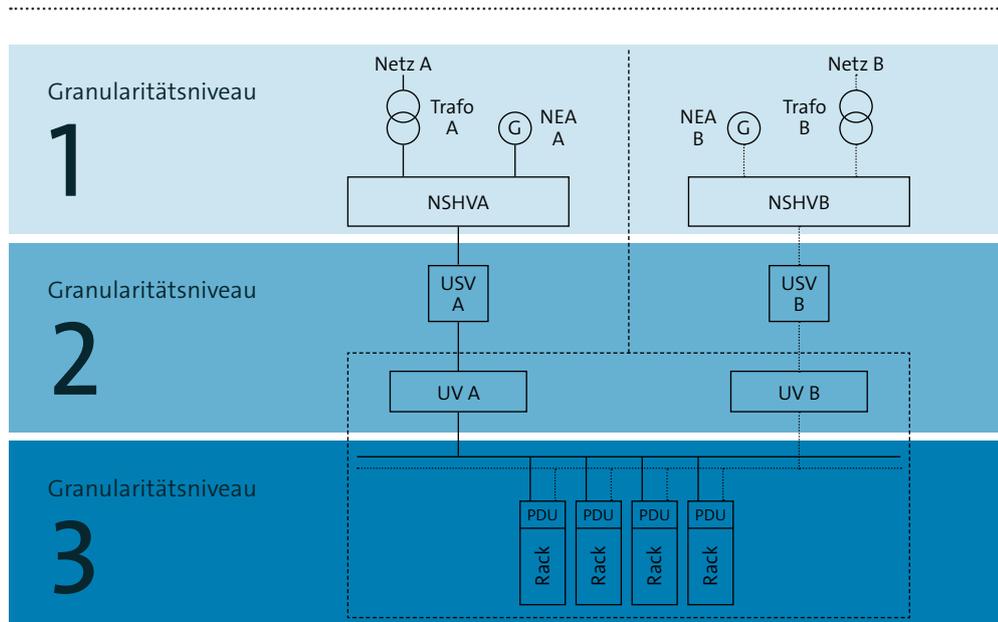
# 2 Technische Hintergründe

## 2 Technische Hintergründe

### 2.1 Die elektrische Anlage im Rechenzentrum

Ein Rechenzentrum besteht aus mehreren Gewerken wovon eines die elektrische Anlage ist. In Abhängigkeit des Verfügbarkeitsanspruchs und der Größe eines Rechenzentrums besteht die elektrische Anlage aus den in Abbildung 2 dargestellten Anlagenteilen.

Granularitätsniveaus werden in EN50600 definiert. Im Hinblick auf die Befähigung zur Energieeffizienz werden drei Granularitätsstufen definiert, welche die Messpunkte beinhalten, an denen der Stromverbrauch der elektrischen Einrichtungen und Infrastrukturen eines Rechenzentrums zu erfassen ist.



NEA = Netz-Ersatz-Anlagen

USV = Unterbrechungsfreie  
Stromversorgung

UV = Unterverteilung

NSHV = Niederspannungshauptverteilung

PDU = Power Distribution Unit

Abbildung 2: Beispiel eines Elektroschemas im Rechenzentrum (einpolige Darstellung)

Elektrische Anlagen in einem Rechenzentrum können in Anlagen größer 1000 Volt und in Anlagen kleiner 1000 Volt unterschieden werden. Die weiteren Ausführungen in diesem Leitfadens beziehen sich auf elektrischen Anlagen kleiner 1000 Volt nach Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) bzw. IEC 60364.

Eine Installation als TN-S System ist dabei in Deutschland vorgeschrieben bzw. gefordert und entspricht auch dem aktuellen Stand der Technik für die Stromverteilung im Rechenzentrum.

Maßgeblich für das Vorgehen zum Schutz vor elektromagnetischen Störungen ist die Norm DIN VDE 0100-444 (VDE 0100-444) »Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-444: Schutz-

maßnahmen – Schutz bei Störspannungen und elektromagnetischen Störgrößen«. Nach diesen normativen Vorgaben muss bei einer Neuinstallation mit informationstechnischen Betriebsmitteln ein 5-Leiter-TN-S-System aufgebaut werden. Das TN-S-System ermöglicht den störspannungsfreien Potentialausgleich von Niederspannungsanlagen und weist unter anderem günstigere EMV-Eigenschaften auf. Außerdem können mögliche Personengefährdungen, Brand- und Sachschäden vermieden werden.

## 2.2 Differenzstrom-Messprinzip

Ein grundlegendes Gesetz der Elektrotechnik – der erste Kirchhoffsche Satz – besagt, dass die geometrische Summe der Ströme in einem elektrischen Stromkreis gleich Null ist. In einem fehlerfreien Netz ist der Strom  $I_1$  immer gleich dem Strom  $I_2$ .

Entsteht aufgrund eines Isolationsfehlers ein Fehlerstrom  $I_\Delta$ , der über den Körper bzw. Erde abfließt, ergibt sich laut dem Kirchhoffsche Satz:  $I_\Delta = I_1 - I_2$  der so genannte Differenzstrom.

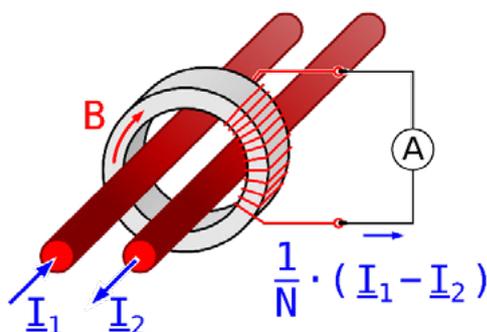


Abbildung 3: Messprinzip Differenzstrom (Quelle: [Biezl, Summen Stromwandler Zeichnung, CC BY 3.0](#))

Differenzströme müssen nicht zwingend fehlerhafte Installationen als Ursache haben, sondern können durch elektronische Schaltungen auch physikalisch bedingt auftreten. Für den Betreiber ist es sehr wichtig, diese Differenzströme zu überwachen, um ggfs. erhöhte Differenzströme zu erkennen und deren Ursache zu lokalisieren.

Die Aufgabe eines Differenzstrom-Überwachungsgeräts (RCM – Residual Current Monitor) ist es, eine elektrische Installation oder einen Stromkreis auf das Auftreten eines Differenzstroms zu überwachen und einen optischen und akustischen Alarm zu generieren, wenn der Differenzstrom einen festgelegten Wert überschreitet [DIN EN 62020 (VDE 0663):2005-11].

Mitentscheidend für eine zuverlässige Messung ist auch die richtige Platzierung der RCM-Sensoren. Physikalisch bedingt können nur Differenzstromwerte erfasst werden, die hinter dem

Sensor auftreten und nicht davor. Aus diesem Grund sollten z.B. die Abgänge der Verteil- oder Erzeugereinrichtung (z.B. USV Abgang, Abgang der Unterverteiler (Abgänge zu den Endstromkreisen), Tap-Off-Box der Stromschiene, Rack-PDU, etc.) überwacht werden und nicht nur der jeweilige Eingang. Nur so kann die Installation komplett überwacht werden.

## 2.3 Ableitströme vs. Fehlerströme

Was sind Ableitströme und was sind Fehlerströme?

Ableitströme sind betriebsbedingte Ströme auf dem Schutzleiter (PE-Leiter), welche in Rechenzentren oftmals aufgrund von Kondensatoren in den EMV-Filtern der Netzteile oder über die kapazitive Kopplung der Stromschiene oder Leitungen zur Erde abfließen. Diese Ableitströme können gleichzeitig verschiedene Frequenzen aufweisen.

Die Norm DIN VDE 0701-0702 (VDE 0701-0702) beschränkt die betriebsbedingten Ableitströme pro Gerät auf maximal 3,5 mA und liefert damit ein erstes Indiz für eine Interpretation des Differenzstrommesswerte (RCM).

Ein Fehlerstrom hat – wie der Name schon sagt – einen Fehler als Ursache. Dies kann im einfachsten Fall eine fehlerhafte Isolierung eines Kabels oder ein defektes Bauteil sein. Auch Fehlerströme können völlig unterschiedliche Frequenzen aufweisen, da ein Fehler in jedem Teil einer elektrischen Anlage auftreten kann. Innerhalb des Gleichrichters und der Batterieanlage der USV-Systeme könnten z.B. auch Gleich-Fehlerströme entstehen. Gleiches gilt für die Elektronik des IT-Equipments (Server, Switches, etc.) im Rechenzentrum.

Um Differenzstrommesswerte in Rechenzentren leichter zu interpretieren, hat das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) in seinen IT-Grundschatz Katalogen – speziell im Maßnahmenkatalog IT-Infrastruktur – basierend auf vielen Erfahrungen folgendes festgelegt:

»(...) Leider verfügen moderne elektronische Geräte, also nahezu alle IT-Geräte über Netzteile, die einen mehr oder weniger hohen Strom auf dem PE-System bewirken, den sogenannten Ableitstrom. Dieser darf entsprechend der aktuellen Normenentwürfe ca. 0,2 Promille des Arbeitsstroms nicht überschreiten. Pro 1 A Arbeitsstrom sind also maximal 0,2 mA Ableitstrom zulässig. Dieser Strom fließt zwangsläufig auch über den ZEP und kann dort gemessen werden. Da der Ableitstrom in einem begrenzten Verhältnis zum Arbeitsstrom steht, kann aus dem Vergleich zwischen den tatsächlichen Werten von Arbeits- und Ableitstrom ermittelt werden, ob das TN-S-System ordnungsgemäß betrieben wird. (...)«

Auszug 9: Zulässige Ableitströme nach Quelle BSI Maßnahmenkatalog Infrastruktur 2016 / Kapitel M1.74

Basierend auf diesen Vorgaben ist es möglich, die zu erwartenden Ableitströme im entsprechenden Anlagenteil zu prognostizieren und darauf basierend Schwellwerte anlagenspezifisch zu definieren.

Die Ableitströme unterliegen also einer gewissen Dynamik, d.h. mit steigender elektrischer Leistung und dem dadurch erhöhten Stromfluss, steigen auch die Ableitströme.

Die Summe aller Ableit- und Fehlerströme eines Rechenzentrums kann innerhalb der Hauptverteilung am zentralen Erdungspunkt (ZEP) gemessen werden.

Nach der fachgerechten Installation inkl. Prüfung gemäß DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600) und der Inbetriebnahme können die erwarteten Ableitströme durch Vergleichsmessungen z.B. am zentralen Erdungspunkt (ZEP) der Hauptverteilung (HV), in den Unterverteilungen (UV) und auf Rack-(PDU)-Ebene überprüft werden, um danach die Schwellwerte und Grenzwerte für die Alarmierung festzulegen.

## 2.4 Schwellwerte und Grenzwerte

Als Schwellwert können Messwerte bezeichnet werden, welche im Rahmen einer Messkette signifikant wichtig sind, aber noch nicht einen kritischen Wert – den so genannten Grenzwert – darstellen. Für den sicheren Betrieb eines Rechenzentrums sind nach Auffassung des AK Rechenzentrum zwei Grenzwerte von Bedeutung, welche in der Niederspannungs-Hauptverteilung (NSHV) und in den Unterverteilungen (UV) betrachtet werden sollten:

- NSHV 300mA für den Anlagen- und Brandschutz
- UV 30mA für den Personenschutz (in Anlehnung an den FI-Schutzschalter RCD)



Abbildung 4: RCMS Visualisierung – Alarm: Überschreitung der Grenzwerte für RCMS

Der Betreiber erhält durch eine installierte Differenzstromüberwachung (RCM) eine Art Informationsvorsprung, d.h. er kann nach dem Erreichen des ersten Schwellwertes (Warnmeldung) entsprechende Korrekturmaßnahmen einleiten und somit die Abschaltung oder einen Ausfall vermeiden. Somit trägt die Differenzstromüberwachung einen erheblichen Teil zur hundertprozentigen Verfügbarkeit von Rechenzentren bei.

In Abhängigkeit davon, wie granular die Differenzstromüberwachung aufgebaut und auf welcher Ebene (Granularitätsniveau 1-3) gemessen wird, können auch kleinere Schwell-/Grenzwerte z.B. 1...10mA auf Rack-(PDU)-Ebene in das Monitoring integriert werden. Das liegt im Ermessen des Betreibers und hängt auch von der Größe der zu überwachenden elektrischen Anlage ab.

# 3 Normgerechte Alternative für die Isolationsprüfung – ohne Abschalten

## 3 Normgerechte Alternative für die Isolationsprüfung – ohne Abschalten

### 3.1 Lösungsansatz

Wie bereits in [Kapitel 1.3](#) beschrieben, werden in den Normen und Vorschriften alternative Messmethoden zugelassen. Nach Einschätzung des Bitkom AK Rechenzentren ist die Anwendung einer permanenten Differenzstromüberwachung im geerdeten TNS-Netz oder die Isolationsüberwachung im ungeerdeten IT-Netz in Verbindung mit einer Gefährdungsbeurteilung gemäß BetrSichV eine bewährte Möglichkeit, die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen, und die Isolationswiderstandsmessung zu ersetzen.

**Hinweis:** Die Differenzstrom- oder Isolationsüberwachung ersetzt nicht die komplette Wiederholungsprüfung, sondern lediglich den Prüfvorgang der Isolationsmessung. Alle anderen Prüfschritte gemäß DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600) sind in Abhängigkeit einer Gefährdungsbeurteilung nach Betriebs-Sicherheitsverordnung (BetrSichV) trotzdem durchzuführen.

Im Folgenden zwei Fotos zur beispielhaften Praxisanwendung:



Abbildung 5: RCMS – Edge Datacenter (Container)



Abbildung 6: RCMS im Rechenzentrum

## 3.2 Die Umsetzung in der Praxis

Die Schutzzielvorgaben DGUV Vorschrift 3 »Elektrische Anlagen und Betriebsmittel« hinsichtlich der durchzuführenden Wiederholungsprüfungen sind immer dann erfüllt, wenn sichergestellt ist, dass die elektrischen Betriebsmittel keinen Mangel aufweisen. Neben der festen Prüffrist besteht für ortsfeste elektrische Anlagen die Möglichkeit der »ständigen Überwachung«.

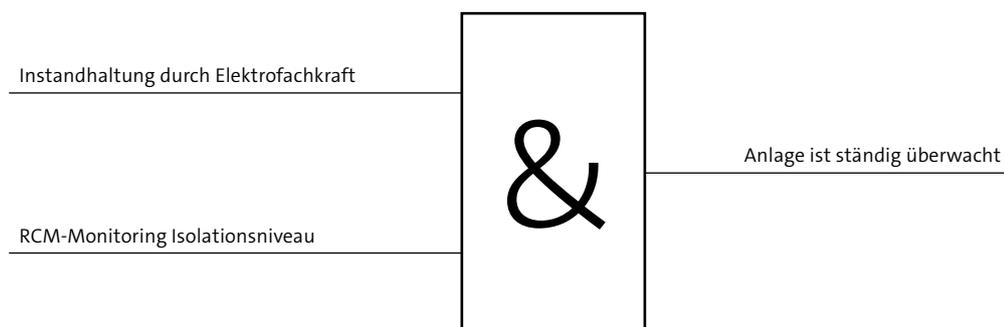
Über die vorgestellten Differenzstrom-Messverfahren wird es für die Elektrofachkraft (befähigte Person im Sinne der BetrSichV) möglich, eindeutige und zielgerichtete Prüffristen zu ermitteln und anwendungsbezogen festzulegen. Diese Festlegung kann sowohl eine Reduzierung der Prüffristen als auch eine Erweiterung der Prüfintervalle beinhalten. In Abhängigkeit vom »Beanspruchungsgrad« der Betriebsmittel ist somit eine sicherheitstechnisch und betriebswirtschaftlich angepasste (Fristenfestlegung) Wiederholungsprüfung möglich.

Abschaltungen zur wiederkehrenden Prüfung der Isolation, auch nur für kurze Zeit, gehören damit durch den gezielten Einsatz von Differenzstrom-Überwachungssystemen (RCMS) der Vergangenheit an. Die Verfügbarkeit einer elektrischen Anlage wird erhöht und der Kostenaufwand für die Wiederholungsprüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel minimiert.

RCMs überwachen Differenzströme in elektrischen Anlagen, zeigen den aktuellen Wert an und melden das Überschreiten von Ansprechwerten. Um diese Lösung umzusetzen sind aber zwei Voraussetzungen notwendig, welche in einem direkten Zusammenhang stehen:

- Die elektrische Anlage wird von einer Elektrofachkraft dauernd überwacht und gewartet
- Die elektrische Anlage wird durch messtechnische Maßnahmen (z.B. Monitoring Isolationsniveau) ständig überwacht.

Beide Maßnahmen müssen im Zusammenhang betrachtet und angewendet werden.



---

Abbildung 7: Verknüpfung der technischen und organisatorischen Maßnahme

Durch die Maßnahmen (Instandhaltung & Monitoring) kann sichergestellt werden, dass potenzielle Gefährdungen und Isolationschäden rechtzeitig erkannt und umgehend behoben werden. Die Anwendung der RCM Technik setzt allerdings voraus, dass Fehler tatsächlich so rechtzeitig erkannt werden können, dass Handlungen zur Gefahrenabwehr noch möglich sind!

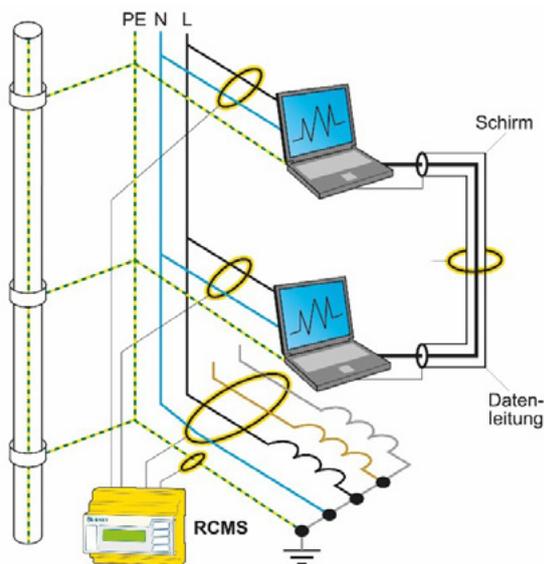


Abbildung 8: EMV-günstiges TN-S-System (5-Leiter) für informationstechnische Anlagen

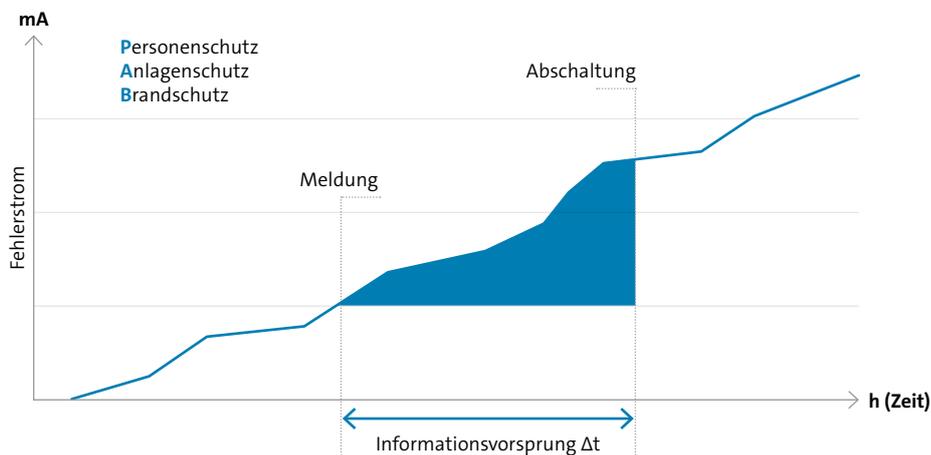


Abbildung 9: Informationsvorsprung durch Frühwarnung und tiefes Granularitätsniveau

Doch bevor man sich mit der Messtechnik und der Umsetzung beschäftigt, steht die Planung.

Dies setzt voraus, im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung die Risiken zu benennen und sich mit der technischen und organisatorischen Lösung anbahnende Isolationsverschlechterungen und Störungen frühzeitig zu erkennen und damit sowohl die Sicherheit als auch die Hochverfügbarkeit zu gewährleisten.

Das bedingt in den meisten Fällen eine ganzheitliche Betrachtung der elektrischen Anlage von der Hauptverteilung bis zu den Endstromkreisen und bis hin zu den installierten Systemen. Der durchgängige Einsatz von Differenzstromsensoren ermöglicht eine rechtzeitige Erkennung von Fehlern. Je weiter die Technik in Richtung der Endstromkreise installiert wird, desto genauer können tatsächliche Fehlerströme von betriebsbedingten Ableitströmen unterschieden werden, und desto besser können Fehler lokalisiert werden.

Im Vergleich zur klassischen Isolationsmessung bietet die permanente Überwachung die Möglichkeit, nicht nur die Leitungen, sondern auch die Verbraucher einer elektrischen Anlage einzeln zu überwachen. Denn insbesondere die energiesparende Server-Netzteile und Lüfter (Frequenzumrichter), aber auch deren fehlerhafter Anschluss (z.B. interner PEN-Brücke, schlechter Kontakt von IEC Steckern und Buchsen, etc.) sind meistens die Quellen für Ableit- und Fehlerströme. Nur durch deren gezielte und granulare Überwachung können betriebsbedingte Ströme von Fehlerströmen unterschieden werden und Isolationsfehler in kurzer Zeit gefunden und behoben werden.

Nach § 3 (1) der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) muss der Arbeitgeber für sämtliche Arbeitsmittel, also auch die elektrische Anlage oder eine elektrische Maschine, eine Gefährdungsbeurteilung nach § 5 des Arbeitsschutzgesetzes anfertigen.

Unter Berücksichtigung der Anhänge der Gefahrstoffverordnung und der allgemeinen Grundsätze des § 4 des Arbeitsschutzgesetzes sind die notwendigen Maßnahmen für die sichere Bereitstellung und Benutzung der Arbeitsmittel zu ermitteln.

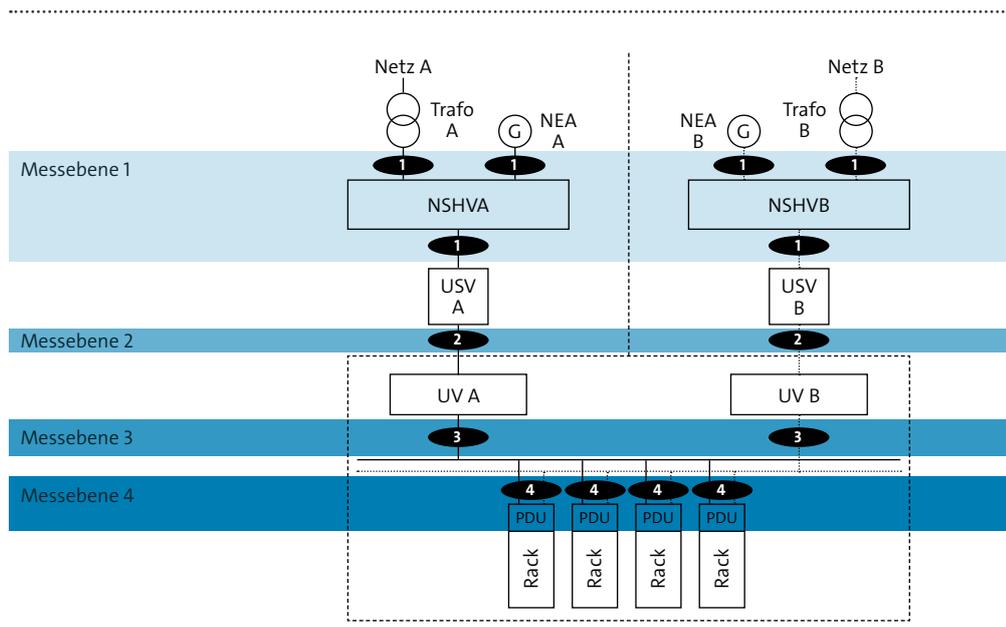
Dabei hat er insbesondere die Gefährdungen zu berücksichtigen, die mit der Benutzung des Arbeitsmittels selbst verbunden sind und die am Arbeitsplatz durch Wechselwirkungen der Arbeitsmittel untereinander oder mit Arbeitsstoffen oder der Arbeitsumgebung hervorgerufen werden. Der Arbeitgeber muss im Rahmen der Anfertigung der Gefährdungsbeurteilung nach § 3 (6) der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) für Arbeitsmittel insbesondere Art, Umfang und Fristen erforderlicher Prüfungen ermitteln.

Ferner hat der Arbeitgeber die notwendigen Voraussetzungen zu ermitteln und festzulegen, welche die Personen erfüllen müssen, die von ihm mit der Prüfung oder Erprobung von Arbeitsmitteln zu beauftragen sind.

Ein wichtiger Punkt bei der Planung sollte eine Abstimmung zwischen Planer, Installationsfachbetrieb (Errichter der Anlage) und dem Endkunden (Betreiber der Anlage) um folgende Details zu klären:

- Welcher Versorgungsstrang und welche physikalische Größe soll (und kann) mit welchem Differenzstromsensor (RCM – Residual Current Monitor) überwacht werden?
- Wo sind die beiden Enden der Prüfpflicht? (Anfang und Ende der Energieversorgungskette)
- Wie werden u.U. existierende Bestandsysteme in das Konzept eingebunden?
- Wo werden übergeordnete Controller und Alarmgeber (Warnleuchte, Sirene, etc.) positioniert.
- Wo und wie werden die Messwerte gespeichert und ausgewertet?

Die RCM-Sensoren können in verschiedenen »Messebenen« platziert werden. Die folgende Grafik zeigt den Anfang und das Ende der Energieversorgungskette (end-to-end) mit den entsprechenden Sensoren:



NEA = Netz-Ersatz-Anlagen                      USV = Unterbrechungsfreie Stromversorgung                      UV = Unterverteilung  
 NSHV = Niederspannungshauptverteilung                      PDU = Power Distribution Unit

Abbildung 10: Beispiel eines Elektroschemas im Rechenzentrum (einpolige Darstellung)

Mitentscheidend ist auch die richtige Installation der Messtechnik. Entgegen der Laststromerfassung ist bei der Differenzstrommessung die richtige Platzierung der RCM-Sensoren entscheidend. Physikalisch bedingt können nur Differenzstromwerte erfasst werden, die hinter dem Sensor auftreten und nicht davor. Aus diesem Grund sollten z.B. die Abgänge der Verteil- oder Erzeugereinrichtung (z.B. USV Abgang, Abgang der Unterverteiler (Abgänge zu den Endstromkreisen), Tap-Off Box der Stromschiene, etc.) überwacht werden und nicht nur der jeweilige Eingang. Nur so kann die Installation komplett überwacht werden.

In Abhängigkeit der unterschiedlichen Größe und Auslastung der Server und der elektrischen Anlagen können Messwerte mit einer relativ hohen Auflösung notwendig sein. RCM-Sensoren welche z.B. auf der »Messebene 1« installiert sind, können Veränderungen des Isolationsniveaus innerhalb der »Messebene 3« kaum wahrnehmen bzw. eine Vielzahl von Ableitströmen aus den angeschlossenen Endgeräten wie Server oder Switches, die einzeln betrachtet eher klein sind (z.B. 1-2 mA pro Gerät) können in Summe aber einen sehr hohen Ableitstrom erzeugen.

Dazu ist eine granulare, genaue und leistungsfähige Messtechnik erforderlich, um auftretende Fehler und den betriebsbedingten Zustand genau zu erkennen. Denn der gemessene Differenzstrom allein sagt noch nichts über die Teilströme aus.

Mit der Bewertung der Messergebnisse muss man anschließend feststellen, welche Teilströme daran beteiligt sind und von welchen Betriebsmitteln diese kommen. Betriebsbedingte Laständerungen, wie z.B. der ein – und Ausbau von Systemen, führt dann zu immer wieder anderen Ableitströmen, sodass immer wieder kontrolliert werden muss ob es sich nun um eine Gefährdung oder eine betriebsbedingte Änderung handelt. Lediglich bei einem granularen Aufbau kann eine solche Analyse auf einfache Weise erfolgen, da deren Ableitströme bekannt sind bzw. ermittelt werden können.

In der Regel erfüllt die RCM Messtechnik folgende Messziele:

- Erfüllung der technischen Voraussetzungen einer ständigen Überwachung als Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung zur Anpassung der Prüffristen nach DGUV V3 und dem Verzicht auf die notwendige Isolationsmessung im Zuge einer wiederkehrenden elektrischen Prüfung
- Sicherer Betrieb ohne FI-Schutzschalter (RCD – Residual Current Device)
- Schnelle Fehlerlokalisierung zur Erhöhung der Verfügbarkeit

In Abhängigkeit des Messziels ergeben sich folgende Messgenauigkeiten, welche von den RCM-Sensoren detektiert werden müssen:

- RCM-System erkennt Fehler im TN-S System und erkennt PEN-Brücken
- Überwachung des zentralen Erdungspunktes ZEP
- Erkennen gefährlicher Differenzströme bzgl. Brandschutz >300mA
- Erkennen gefährlicher Ableitströme bzgl. Personenschutz >30mA
- Erkennen von Gerätefehlern innerhalb der »Messebene 4«: Veränderung der Differenzströme >3,5mA

### 3.3 Auswahl der RCM-Sensoren

Bei der Planung muss zuerst die passende Messtechnik hinsichtlich Messverfahren, Frequenzbereich und Stromart ausgewählt werden. Die Vorgaben zur geeigneten Prüftechnik müssen bei der Prüfung von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln eingehalten werden.

Natürlich kommt es auch darauf an, dass die richtigen Messpunkte und die passenden Sensoren geplant und diese auch ordnungsgemäß positioniert werden können. Wichtig ist auch noch bei der Auswahl der Technik festzustellen inwieweit die verwendete Messeinrichtung auch geeignet ist. Andernfalls bekommt man Messwerte, die keine qualifizierte Aussage erlauben und sogar bessere Systeme schlechter bewerten können.

Die Auswahl der RCM-Sensoren richtet sich einerseits nach den zu erwartenden Ableitströmen und andererseits nach den verbauten Komponenten und Frequenzen. Dabei können sich Planer und Errichter auch an den Vorgaben in der Norm DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530) (Auswahl von RCDs) orientieren.

»(...) Wenn auf der Lastseite einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) elektrische Betriebsmittel fest errichtet sind, die reine Gleichfehlerströme erzeugen können, muss die Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) vom Typ B oder Typ B+ sein. (...) Ist bekannt, dass ein anzuschließendes Betriebsmittel/Verbrauchsmittel einen für Typ A unverträglichen Gleichstromanteil im Fehlerstrom verursacht, und wird für diesen Stromkreis der Fehlerschutz nach DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):2007-06, 411 mit einer Fehlerstrom-Schutzeinrichtung (RCD) ausgeführt, muss diese vom Typ B oder vom Typ B+ sein. (...)«

Auszug 10: Auswahl der RCD nach VDE 0100-530

Die im Rechenzentrum eingesetzten Betriebsmittel wie z. B. USV Systeme (Wechselrichter) 6 Puls Brückengleichrichter (in den Netzteilen mit PFC Schaltung) oder Frequenzumrichter (z.B. bei Lüftern) erzeugen im Betrieb und aber auch im Fehlerfall neben Fehlerströmen mit Netzfrequenz und glatten Gleichfehlerströmen auch Fehlerströme mit einem Frequenzgemisch aus der Taktfrequenz mit deren harmonischen Oberschwingungen sowie der Ausgangsfrequenz verursachen.

Um auch bei Einsatz dieser Betriebsmittel einen umfassenden Schutz durch rechtzeitiges Erkennen sicherzustellen, muss die hierzu verwendete RCM Messeinrichtung daher auch bei glattem Gleichfehlerstrom auf Fehlerströme aller Frequenzen von 0 Hz bis mindestens 2 KHz messen, damit der gewünschte Schutzpegel nicht nur bei der Bemessungsfrequenz, sondern über den gesamten Frequenzbereich gewährleistet ist.

Die Messtechnik sollte demnach für den Einsatz im Rechenzentrum geeignet sein und die Differenzströme der redundanten Stromkreise (A+B) nach der USV im Frequenzbereich von 0 ...2000 Hz (allstromsensitiv, min. Typ B) erfassen.

Die Sensibilität der am Markt erhältlichen Sensoren reicht dabei von 3 mA bis 20A. Für die Endstromkreise von den Unterverteilungen bis hin zum Serverrack sind ebenso Sensoren vom Typ B einzusetzen. Je sensibler dabei die Messtechnik ist, umso besser.

Will der Betreiber neben der elektrischen Installation auch noch die eingebauten Systeme wie z.B. Server und Switche entsprechend ihrer Isolation bewerten, auch um den Ansprüchen der Geräte-Norm DIN VDE 0701-0702 (VDE 0701-0702) zu genügen und Veränderungen oberhalb von 3,5mA zu erkennen, empfiehlt sich eine Messtechnik die auch in der Lage ist diesen Messbereich abzudecken. Der obere Messbereich auf PDU-Ebene sollte bis 100mA bei einer Messgenauigkeit (Auflösung) von 1% erfolgen. Die Auswertung muss in allen Fällen innerhalb von 180ms erfolgen.

Um die zuvor beschriebenen Messbereiche abdecken zu können ist bei der Auswahl der RCM Messsensoren

- a. der Messbereich
- b. die Genauigkeit
- c. der Frequenzbereich

zu beachten.

Wiederholungsprüfungen gemäß BetrSichV oder DGUV Vorschrift 3 müssen mit den dafür geeigneten Prüfgeräten durchgeführt werden. Zum Beispiel ist eine Rogowski Spule mit einem Messbereich, der erst ab 100mA beginnt und eine Genauigkeit von +/-20% angibt, Bauartbedingt nicht in der Lage detaillierten Werte über die Erreichung der 30mA Schwelle bei einem Ableitstrom unter 100mA zu geben. Ebenso ist es nicht möglich, z.B. mit einem Sensor dessen Messbereich erst ab 20mA (Genauigkeit +/-20%) beginnt eine entsprechende Vorwarnstufe kleiner 10mA zu erreichen. Das gleiche gilt aber auch für Typ B Messtechnik, die einen großen Bereich überwachen soll. Meist wird auch angenommen, dass ein RCM Sensor TYP B pro Verteilung oder Stromschiene ausreicht. Dieser ist zwar sicherlich in der Lage Veränderungen oder Trends der Isolation zu erkennen und zu messen, aber bei einem höheren Wert für den betriebsbedingten Ableitstrom (z.B. über 100mA) nicht mehr in der Lage einen gefährlichen Fehlerstrom von 30mA in einer Frequenz von 50-100 Hz sicher zu detektieren.

Definition RCM Typ B: Wechselstrom + Pulsstrom + Gleichstrom = Allstrom-sensitiv

**Generell ist zu empfehlen sich für die Planung und Projektierung eines RCM Konzeptes an einen Fachmann bzw. an ein Unternehmen mit der entsprechenden Erfahrung wenden. Im Rahmen der zu erstellenden Gefährdungsbeurteilung ist die Auswahl der Sensoren und Messpunkte entsprechend zu definieren.**

### 3.4 RCM-System: Messwertspeicherung und -auswertung

Ein RCM-System besteht aus einem oder mehreren RCM-Sensoren und einem Controller, welcher die Daten über ein geeignetes Bussystem (z.B. Ethernet oder Modbus TCP) an ein übergeordnetes System (z.B. Gebäudeleittechnik GLT) übermitteln kann. Das Erreichen und Überschreiten definierter Schwellwerte kann in Form von Warn- oder Alarmmeldungen elektronisch (z.B. SNMP-Trap) und/oder mittels potentialfreien Kontakts erfolgen. Empfehlenswert sind hier auch redundante Meldewege, wie z.B. Netzwerkunabhängig mit einem Kontakt und einer lokalen Anzeige sowie eine elektronische Übermittlung (SNMP, E-Mail, ...). Die Generierung von Warnungen und Alarmierungen sollte durch die Messtechnik Hardware Autark erfolgen damit das RCM System im Fehlerfall selbstständig (optisches und akustisches Signal) warnen und alarmieren kann. Idealerweise sollte ein Datenlogger alle Ereignisse historisch speichern, denn die zeitliche Dokumentation des Anlagenverhaltens bildet die Basis für evtl. angepasste Prüffristen nach DGUV Vorschrift 3.

Durch Anlagenspezifisches Parametrieren der Anlage im Neuzustand und das kontinuierliche Monitoring sind alle Veränderungen des Anlagenzustandes ab Inbetriebnahme-Zeitpunkt erkennbar. Hiermit können auch schleichende Fehlerströme erkannt werden. Anhand historischer Verläufe der Last und des Ableitstroms kann der »GUT«-Zustand ermittelt und ein sinnvoller Fehlerstromgrenzwert bestimmt werden. Integrierte Speicher der Messgeräte und überlagerte SCADA Systeme oder die Energiedatenerfassungssoftware ermöglichen zusätzlich Aussagen und Analysen. Das im ersten Abschnitt erwähnte »übergeordnete System«, z.B. in Form einer Gebäudeleittechnik (GLT) stellt oftmals eine personell besetzte Leitwarte (24/7) dar, wo einerseits alle Fehlermeldungen empfangen und andererseits Aktion z.B. in Form von Service-Einsätzen initiiert

Eine zentrale Rolle – sowohl bei der ersten Analyse über die Inbetriebnahme bis hin zum Eskalationsmanagement – kommt der Anlagenbetreiber (alternativ auch Anlagenverantwortlicher, Arbeitsverantwortlicher) vor Ort zu. Diese dürfen über den Zustand der elektrischen Anlage entscheiden, Korrekturmaßnahmen einleiten oder die Anlage erneut für alle berechtigten Mitarbeiter freigeben.

Auf diesen Umstand sollte im Rahmen einer Unterweisung der Mitarbeiter gemäß BetrSichV (Betriebs-Sicherheits-Verordnung) hingewiesen werden. Auch das Verhalten im Falle eines RCM-Alarms muss klar geregelt sein. Die Organisatorische Implementierung einer Prozesskette zur Behandlung von Störungen bei Grenzwertüberschreitungen sollte Teil der Lösung sein. Ähnlich wie bei einem Feueralarm sollte geregelt sein was von wem zu tun ist.

Ein mögliches Szenario stellt folgendes Hinweisschild dar:

---

### Achtung: RCM Fehlerstromüberwachung ist aktiv



#### Bei Alarmierung

- Gefährdete Personen Warnen
- Von leitenden Gegenständen fernhalten
- Raum sofort verlassen
- RZ Beauftragten informieren
- Elektrofachkraft hinzuziehen

---

Abbildung 11: Infoschild am Eingang zum Rechenzentrum

## 3.5 Dokumentation und Speicherung der Messprotokolle

Gesetzgeber und Berufsgenossenschaften geben keine konkreten Vorgaben zur Dokumentation der Prüfungen zurück. Lediglich in § 5 (3) der genannten DGUV Vorschrift 3 wird angedeutet »Auf Verlangen der Berufsgenossenschaft ist ein Prüfbuch mit bestimmten Eintragungen zu führen.« Wie ein solches Prüfbuch auszusehen hat oder welche »bestimmten Eintragungen« kon-

kret gemeint sind, ist nicht geregelt. Der Begriff »Prüfprotokoll« taucht in der DGUV Vorschrift 3 gar nicht auf.

Wie und in welchem Umfang die Prüfung dokumentiert wird, bleibt daher dem für das Prüfen Verantwortlichen überlassen. Normen und Vorschriften bleiben hier vage mit Formulierungen wie »Die Prüfung ist in geeigneter Weise zu dokumentieren.« Es ist nicht vorgeschrieben, welche Formulare oder Papierformate verwendet werden. Software-gestützte Verfahren sind ebenfalls zulässig. Auch wenn es in den meisten Fällen nicht explizit vorgeschrieben ist, wird empfohlen, Messwerte aufzuzeichnen und in Form eines Protokolls schriftlich festzuhalten.

### Nachweis der Prüfung

Entscheidend ist: Bei Bedarf sollte jederzeit nachzuweisen sein, wann welches Betriebsmittel von wem auf welche Weise geprüft wurde.

### Beweisurkunde Prüfprotokoll

Ein manipulationssicheres Prüfprotokoll gilt vor Gericht als Nachweis für den Betreiber elektrischer Anlagen, dass er seiner Sorgfaltspflicht nachgekommen ist. Bei Elektro-Unfällen mit Personenschäden oder Bränden mit hohen Sachschäden wird ein Prüfprotokoll zur wichtigsten Beweisurkunde. Daher gilt die Empfehlung das die ständig erfassten Messwerte nachvollziehbar und plausibel sind, sowie regelmäßig gespeichert und als Tages-, Wochen- oder Monats-Report generiert werden (PDF) und manipulationssicher gespeichert werden.

Nur dann können die Reports an die Prüfer oder Auditoren als Nachweis für das Isolationsniveau übergeben werden.

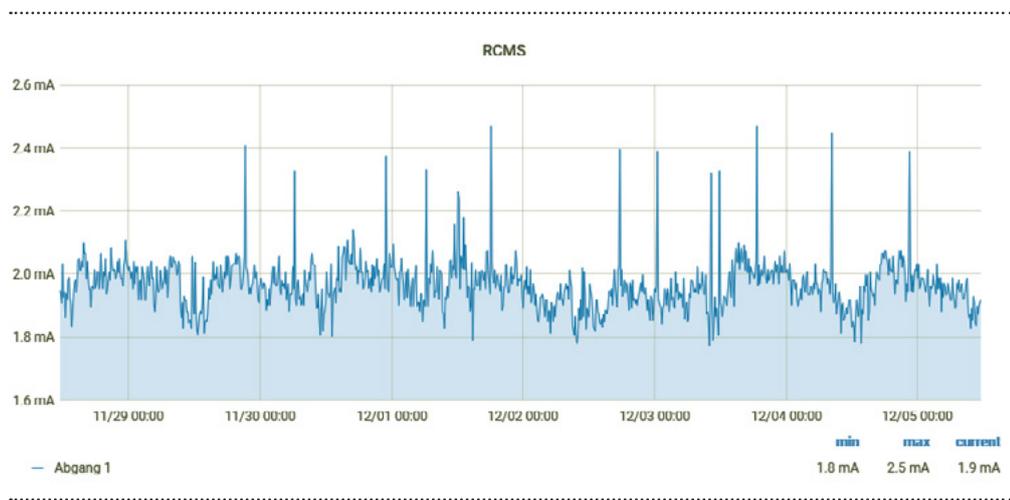


Abbildung 12: RCMS 7-Tage-Trend – Reale Werte aus Edge-Rechenzentrum im Mobilfunknetz

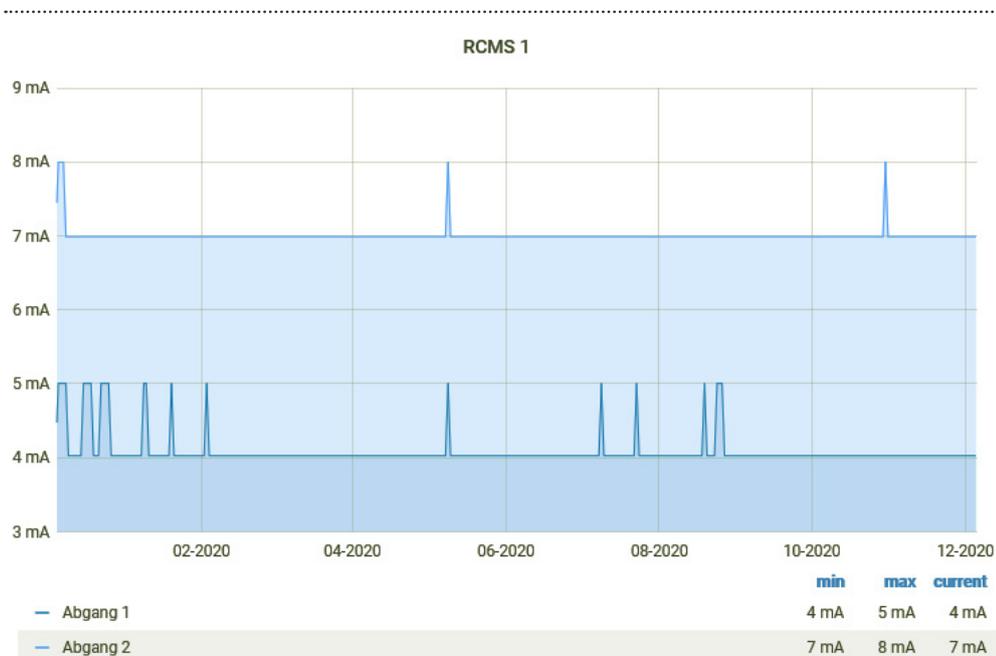


Abbildung 13: RCMS – 365-Tage-Trend – Reale Werte aus dem in Abbildung 6 gezeigten Rechenzentrum

### 3.6 Abläufe

Neben dem Einsatz der entsprechenden RCM-Technik und der Dokumentation sind festgelegte Abläufe nötig, um Technik, handelnde Personen und Maßnahmen sinnvoll und nachvollziehbar miteinander zu verknüpfen.

Das betrifft z.B.

- Die Inbetriebnahme der Anlage
- Den Betrieb der Anlage
- Die Durchführung der Wiederholungsprüfung
- Maßnahmen bei Alarmierungen durch das RCM-System (s. Beispiel in Abbildung 14)

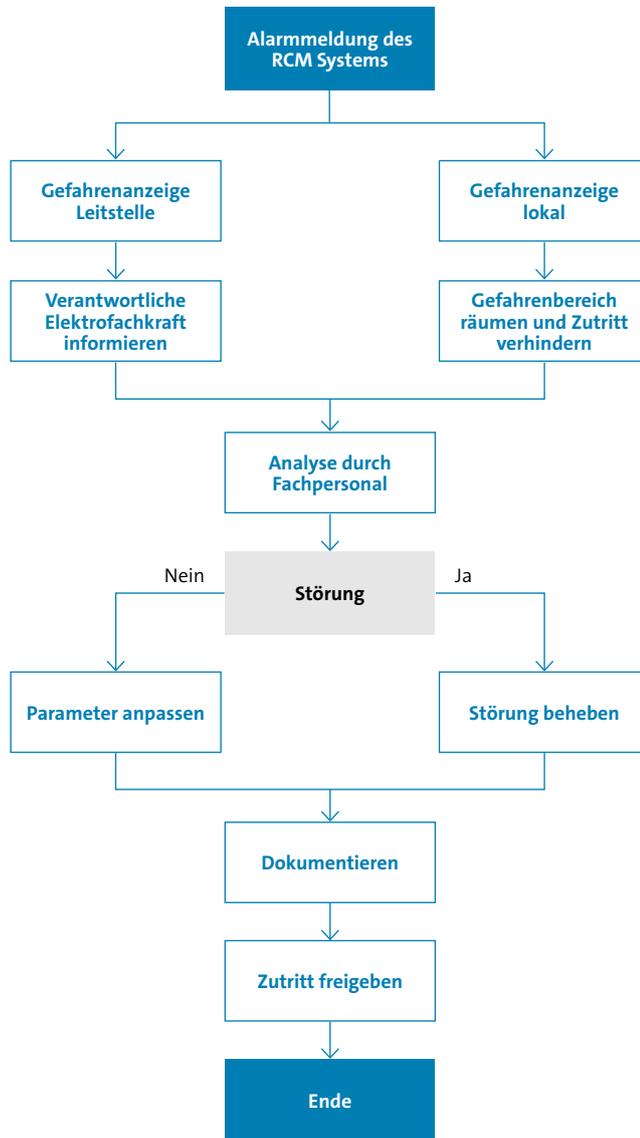


Abbildung 14: Ablauf bei Auftreten einer Alarmierung des RCM-Systems (vereinfacht)

# 4 Fazit

## 4 Fazit

Ziel von wiederkehrenden elektrischen Prüfungen gemäß DGUV Vorschrift 3 ist die schnelle Feststellung und Beseitigung von Mängeln, um ein sicheres Bedienen und Arbeiten mit der elektrischen Anlage zu ermöglichen. Auch die elektrische Anlage eines Rechenzentrums darf zu keinem Zeitpunkt eine Gefahr darstellen und somit gilt die Forderung einer elektrischen Wiederholungsprüfung auch für Rechenzentren.

Rechenzentren gehören zur Kategorie der hochverfügbaren Anlagen mit nahezu 100% Verfügbarkeit über mehrere Jahre, was Wartungsarbeiten oder Prüfungen zur Herausforderung macht. Rechenzentren werden ganzjährig mit einer homogenen Temperatur und bei annähernd gleichbleibender Luftfeuchtigkeit betrieben. Die elektrische Anlage selbst als auch die verbauten IT-Komponenten (Server, Switches, etc.) sind außerdem keinen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt. Allein diese Rahmenbedingung könnten eine Verlängerung der empfohlenen Prüffristen von 4 Jahren ermöglichen. Dies muss – gemeinsam mit weiteren Gefahrenquellen – im Rahmen einer Gefährdungsbeurteilung gemäß Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) seitens des Betreibers analysiert und definiert werden.

Eine elektrische Wiederholungsprüfung ist – egal welche Frist in der Gefährdungsbeurteilung definiert wurde – irgendwann fällig und muss gemäß DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600) »Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen« durchgeführt werden. Ein elementarer Bestandteil dieser Wiederholungsprüfung ist die Messung des Isolationswiderstandes, welche ausschließlich im ausgeschalteten Zustand der Anlage oder des Anlagenteils erfolgen kann. Dies steht im Widerspruch zur hundertprozentigen Verfügbarkeit eines Rechenzentrums.

**Die Norm DIN VDE 0105 (VDE 0105) »Betrieb von elektrischen Anlagen – Teil 100: Allgemeine Festlegungen« beschreibt für elektrische Anlagen mit hoher Verfügbarkeit eine Ausnahme, unter welchen Voraussetzungen auf die manuelle Isolationsprüfung verzichtet werden kann. Neben organisatorischen Maßnahmen wie Zutrittskontrolle oder die Einweisung/Schulung der Mitarbeiter, werden als technische Maßnahmen die Isolationsüberwachung in ungeerdeten und die Differenzstrommessung in geerdeten Netzen empfohlen. Dabei sind Sensoren zu verwenden, welche folgende Anforderungen erfüllen: Isolations-Überwachungseinrichtung nach DIN EN 61557-8 (VDE 0413-8) oder Differenzstrom-Überwachungsgerät nach DIN EN 62020 (VDE 0663).**

Ein vorhandenes Isolations- oder Differenzstromüberwachungssystem entbindet den Betreiber allerdings nicht, alle weiteren Prüfschritte der DIN VDE 0100-600 (VDE 0100-600) »Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 6: Prüfungen« durchzuführen. Dies kann im eingeschalteten Zustand, d.h. bei 100% Verfügbarkeit erfolgen.

Abgesehen von der vereinfachten, aber jederzeit normkonformen, elektrischen Wiederholungsprüfung bieten die beschriebenen Überwachungssysteme weitere Vorteile, welche sich wie folgt zusammenfassen lassen:

### Optimierte Instandhaltung

- Permanente Überwachung anstatt kosten- und personalintensiver Anlagenprüfung nach DGUV Vorschrift 3 und BetrSichV über einen längeren Zeitraum
- Instandhaltungsmaßnahmen können anlagenspezifisch durchgeführt werden
- Zentrale Information über Veränderungen des Anlagenzustandes (Isolationsniveau)

### Höhere Betriebs-/Anlagensicherheit

- Präventive Sicherheit zum Schutz von Menschen vor Gefährdungen durch elektrischen Strom
- Störungen und unerwartete Betriebsunterbrechungen sensibler Einrichtungen werden minimiert
- Isolationsfehler bei neu installierten Anlagen und Geräten werden sofort erkannt
- TN-S-Systeme werden auf zusätzlich unerwünschte N-PE-Brücken überwacht.

### Höhere Wirtschaftlichkeit

- Keine teuren und ungeplanten Anlagenstillstände
- Weniger Zeit-/Personalaufwand für die Instandhaltung und Prüfung
- Mögliche Kosteneinsparung durch niedrigere Versicherungsprämien

### Höhere Brandsicherheit

- Fehlerströme werden schon in der Entstehungsphase erkannt
- Überlastung von N-Leitern wird erkannt

Brandgefahren in elektrischen Anlagen werden reduziert.

Die Vielzahl von Vorteilen einer Isolations- oder Differenzstromüberwachung zur permanenten Überwachung der elektrischen Anlage ergibt somit betriebswirtschaftlich eine optimale Konstellation bei einer CAPEX- und OPEX-Betrachtung.

Bitkom vertritt mehr als 2.700 Unternehmen der digitalen Wirtschaft, davon gut 2.000 Direktmitglieder. Sie erzielen allein mit IT- und Telekommunikationsleistungen jährlich Umsätze von 190 Milliarden Euro, darunter Exporte in Höhe von 50 Milliarden Euro. Die Bitkom-Mitglieder beschäftigen in Deutschland mehr als 2 Millionen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Zu den Mitgliedern zählen mehr als 1.000 Mittelständler, über 500 Startups und nahezu alle Global Player. Sie bieten Software, IT-Services, Telekommunikations- oder Internetdienste an, stellen Geräte und Bauteile her, sind im Bereich der digitalen Medien tätig oder in anderer Weise Teil der digitalen Wirtschaft. 80 Prozent der Unternehmen haben ihren Hauptsitz in Deutschland, jeweils 8 Prozent kommen aus Europa und den USA, 4 Prozent aus anderen Regionen. Bitkom fördert und treibt die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft und setzt sich für eine breite gesellschaftliche Teilhabe an den digitalen Entwicklungen ein. Ziel ist es, Deutschland zu einem weltweit führenden Digitalstandort zu machen.

**Bundesverband Informationswirtschaft,  
Telekommunikation und neue Medien e.V.**

Albrechtstraße 10  
10117 Berlin  
**T** 030 27576-0  
**F** 030 27576-400  
bitkom@bitkom.org  
[www.bitkom.org](http://www.bitkom.org)

**bitkom**