

# Informationen

## zur Sicherstellung der Anforderungen gemäß § 5 UVV-BGV A3

### Mit Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen Einsparpotenziale bei der Wiederholungsprüfung nutzen

**Kosteneinsparung durch frühzeitige Instandsetzung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel**

**Ist eine gefährdungsbezogene Ermittlung der zutreffenden Prüffristen für elektrische Betriebsmittel möglich? In diesem Beitrag sollen verschiedene Möglichkeiten zur Sicherstellung der Schutzzielanforderungen nach § 5 „Wiederholungsprüfungen“ der Unfallverhütungsvorschrift (UVV) „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ (BGV A3) vorgestellt und auch bewertet werden.**

Durch gezielten Einsatz von Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen wird es möglich, neben einer klaren Zustandsbewertung der ortsfesten Elektroanlagen-Installation auch Beurteilungsmaßstäbe für die angeschlossenen und mit elektrischer Energie versorgten handgeführten Betriebsmittel zu erhalten. Im Rahmen des betrieblichen Prüfmanagements können angepasste, zielgerichtete Prüffristen für den Einsatz ortsveränderlicher elektrischer Arbeitsmittel ermittelt und aufgestellt werden. Die im Beitrag vorgestellte Gerätetechnik ermöglicht eine auf die Erfordernisse zugeschnittene Festlegung der Einzel-Prüffristen und somit die betriebliche Sicherstellung einer kostenoptimierten vorbeugenden Instandhaltung.

#### 1. Anwendungsbereich und Regelungen der Durchführungsanweisung (DA) zu § 5 (Prüfungen), BGV A3

Für alle elektrischen Arbeitsmittel (elektrische Anlagen und Betriebsmittel) gilt: Der sichere Zustand sowie die vorgesehene bestimmungsgemäße Verwendung (Auswahl und Benutzung) der Arbeitsmittel ist nur dann zuverlässig und korrekt möglich, wenn der ordnungsgemäße Zustand der elektrischen Arbeitsmittel auf Dauer sichergestellt ist. Das heißt, für elektrische Anlagen und Betriebsmittel müssen beim Betrieb unterschiedliche Sicherheitsaspekte (z. B. Isolationswiderstand, Spannungsfestigkeit, Ableitstrom) berücksichtigt und auch überprüft werden.

Neben den Schutzmaßnahmen zum Schutz gegen direktes Berühren (Basisschutz), z. B. Schutzabdeckungen, Umhüllungen, bestimm-



Bild 1: Messung des Schleifenwiderstands an der „widerstandsgräbten“ Stromkreis-Steckdose

men der vorliegende Isolationswiderstand, der mögliche Berührungs- und Ableitstrom ganz maßgeblich den sicheren Zustand eines elektrischen Arbeitsmittels. Um den physikalischen Eigenschaften der Isolierstoffe und den Gegebenheiten am Einsatzort Rechnung zu tragen, hat die Unfallverhütungsvorschrift „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ BGV A3 ganz bewusst Regelungen und Festlegungen zur Prüfung der elektrischen Anlagen und Betriebsmittel eingeführt. In Abhängigkeit von der Betriebsmittelauswahl oder der Betriebsart werden auch in der Durchführungsanweisung zu § 5 verschiedene Prüfarten und/oder Prüffristen aufgezeigt.

Die Prüfung der Abschaltbedingungen (Schutz bei indirektem Berühren – Fehlerschutz) für eine containerfertige Betriebsstätte (inkl. Arbeitsmittel) ist in **Bild 1** dargestellt. **Bild 2** zeigt die Messung des Isolationswiderstandes an einer elektrischen Verteileranlage.



**BGFE**

Berufsgenossenschaft  
der Feinmechanik  
und Elektrotechnik

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist	Art der Prüfung	Prüfer
Elektrische Anlagen und Betriebsmittel	4 Jahre	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft
Elektrische Anlagen und ortsfeste elektrische Betriebsmittel „Betriebsstätten, Räume und Anlagen besondere Art“ (DIN VDE 0100 Gruppe 700)	1 Jahr		
Schutzmaßnahmen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in nichtstationären Anlagen	1 Monat	auf Wirksamkeit	Elektrofachkraft oder elektrotechnisch unterwiesene Person bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte
Fehlerstrom-, Differenzstrom und Fehlerspannungs-Schutzschalter <ul style="list-style-type: none"> <li>• in stationären Anlagen</li> <li>• in nichtstationären Anlagen</li> </ul>	6 Monate arbeitstäglich	auf einwandfreie Funktion durch Betätigen der Prüfeinrichtung	Benutzer

Tabelle 1: Wiederholungsprüfungen ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel nach BGV A3, Tabelle 1A

## 2. Erhalt des ordnungsgemäßen Zustands

In den Schutzzielvorgaben der UVV „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ BGV A3 sowie in den mitgeltenden „elektrotechnischen Regeln“ sind Geräte- und Anlagenprüfungen vorgesehen, um den sicheren Zustand/ordnungsgemäßen Zustand auf Dauer



Bild 2: Messung des Isolationswiderstandes nach DIN VDE 0100-610 (VDE 0100-600)

zu gewährleisten. Elektrische Anlagen sind auch den Errichtungs-Normen entsprechend im ordnungsgemäßen Zustand zu erhalten. Hierzu gehören auch folgende Errichtungs- und Wiederholungsprüfungen:

- Prüfung nach Errichtung und vor der ersten Inbetriebnahme, vergleiche auch DIN VDE 0100-610 (VDE 0100-610)
- Prüfung nach Instandsetzung und vor Wiederinbetriebnahme, vergleiche auch DIN VDE 0105-100 (VDE 0105-100) für elektrische Anlagen und DIN VDE 0701 (VDE 0701) für instandgesetzte elektrische Betriebsmittel
- Wiederholungsprüfung, siehe DA zu § 5 (1) BGV A3 und DIN VDE 0702 (VDE 0702), „Wiederholungsprüfungen an elektrischen Geräten“, sprich handgeführte elektrische Betriebsmittel.

## 3. „Ständige Überwachung“ für ortsfeste elektrische Anlagen

Für ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel sind die Forderungen aus der Unfallverhütungsvorschrift, § 5 (Prüfungen) hinsichtlich Prüffrist und Prüfer dann erfüllt, wenn die in der **Tabelle 1** genannten Festlegungen eingehalten werden.

Die Forderungen zur Einhaltung des ordnungsgemäßen Zustandes sind für ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel z.B. auch erfüllt, wenn diese von einer Elektrofachkraft ständig überwacht werden!

Ortsfeste elektrische Anlagen und Betriebsmittel gelten entsprechend der Durchführungsanweisung zu § 5 der UVV-BGV A3 als ständig überwacht, wenn sie kontinuierlich

- **von Elektrofachkräften instandgehalten** und
- **durch messtechnische Maßnahmen im Rahmen des Betriebes (z. B. Überwachen des Isolationswiderstandes) geprüft** werden.

Die zulässigen messtechnischen Maßnahmen schließen auch ergänzende Prüfungen (z. B. der Abschaltbedingungen im Fehlerfall) oder Alternativmessungen (z. B. Differenzstrommessung und/oder Ableitstrommessung) mit ein.

### 3.1 Ständige Überwachung am Beispiel Energieversorgung/Kraftwerke

Der „Fachausschuss Elektrotechnik“ des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften hat bereits vor Jahren nachfolgende beispielhafte Zusammenstellung zur Umsetzung der Festlegungen zur „ständigen Überwachung“ im Energieversorgungsbereich aufgestellt und veröffentlicht.

Im Rahmen des Betriebsablaufes muss gewährleistet sein, dass die laufenden Instandhaltungsmaßnahmen zusammen mit den im Rahmen des Betriebes erforderlichen Messungen – ähnlich wie bei Wiederholungsprüfungen – vorhandene Mängel aufzeigen. Diese Bedingungen sind in der Regel in Netzen der Energieverteilung erfüllt. Für bestimmte Industrieanlagen kann unter vergleichbaren Bedingungen ebenfalls die ständige Überwachung erreicht werden.

„Ständige Überwachung wird beispielhaft erreicht durch:

Alle ortsfesten elektrischen Anlagen und Betriebsmittel werden kontinuierlich von Elektrofachkräften instand gehalten.

- a) Einige der Anlagen und Betriebsmittel, z. B. 6 kV-Anlagen, Erregeranlagen und Gleichstromanlagen, werden durch die kontinuierliche Überwachung des Isolationswiderstandes geprüft.
- b) Vor Revision eines Blockes werden Schleifenwiderstände der Steckdosen im Blockbereich gemessen und dokumentiert.
- c) Die Schleifenwiderstände der Steckdosen im Allgemeinbereich (Restkraftwerk) werden alle 4 Jahre gemessen und dokumentiert.
- d) Wenn Fehler in den elektrischen Anlagen auftreten, z. B. Versprödung von Kabeln, lose Klemmen oder schlechter Isolationswiderstand, wird im Normalfall nicht nur der Fehler behoben, sondern die Elektrofachkraft untersucht **auch** gleich-

artige Anlagen, ob der Fehler **auch** dort auftreten kann, alle festgestellten Fehler werden auch beseitigt.

- e) Vor Neuinbetriebnahme und vor Inbetriebnahme nach einer Reparatur werden alle erforderlichen Prüfungen durchgeführt, die Prüfungen vor Neuinbetriebnahme werden dokumentiert.“

Durch diese kontinuierliche Instandhaltung und die messtechnischen Maßnahmen ist gewährleistet, dass vorhandene Mängel ähnlich wie bei der Wiederholungsprüfung rechtzeitig erkannt werden.

Bei Einhaltung dieser Bedingungen kann auf die Fristsetzung der Wiederholungsprüfung in Netzen der Energieverteilung und in Industrieanlagen verzichtet werden.

Bei elektrischen Anlagen und ortsfesten elektrischen Betriebsmitteln in Büro- und Verwaltungsgebäuden kann aufgrund der geringen Anzahl der Störungen und der somit fehlenden gleichartigen Vergleichsmessungen (siehe Abs. 3.1.d) nicht von einer „ständigen Überwachung“ ausgegangen werden. Diese ortsfesten elektrischen Betriebsmittel und Anlagen müssen alle 4 Jahre einer Überprüfung unterzogen werden.

### 3.2 Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel

Die ständige Überwachung als Ersatz für die Wiederholungsprüfung gilt nicht für ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel gemäß Tabelle 1B und 1C der Durchführungsanweisung zu § 5 der UVV-BGV A3.

Tabelle 1B der UVV-BGV A3 (vergl. **Tabelle 2**) enthält Richtwerte für die Bestimmung der Prüffristen.

Als Maß, ob die oben genannten Prüffristen ausreichend bemessen sind, gilt die bei den Wiederholungsprüfungen in speziellen Betriebsbereichen festgestellte Fehleranzahl von gleichartigen/vergleichbaren Betriebsmitteln. Die Abweichungen von den Grenzwerten (Fehlerquote) darf einen definierten Maximalwert nicht überschreiten. Beträgt die Fehlerquote höchstens 2 %, kann die Prüffrist als ausreichend angesehen werden.

Anlage/Betriebsmittel	Prüffrist Richt- und Maximal-Werte	Art der Prüfung	Prüfer
Ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel (soweit benutzt) Verlängerungs- und Geräteanschlussleitungen mit Steckvorrichtungen	Richtwert 6 Monate, auf Baustellen 3 Monate. Wird bei den Prüfungen eine Fehlerquote < 2 % erreicht, kann die Prüffrist entsprechend verlängert werden.	auf ordnungsgemäßen Zustand	Elektrofachkraft, bei Verwendung geeigneter Mess- und Prüfgeräte auch elektrotechnisch unterwiesene Person
Anschlussleitungen mit Stecker, bewegliche Leitungen mit Stecker und Festanschluss	Maximalwerte: Auf <b>Baustellen</b> , in <b>Fertigungsstätten</b> und <b>Werkstätten</b> oder unter ähnlichen Bedingungen ein Jahr, in <b>Büros</b> oder unter ähnlichen Bedingungen zwei Jahre.		

Tabelle 2: Wiederholungsprüfungen ortsveränderlicher elektrischer Betriebsmittel nach BGV A3, Tabelle 1B



Wird durch eine Messung während der Benutzung der ortsveränderlichen elektrischen Betriebsmittel der gerätespezifische Sicherheitszustand (z. B. Isolationswiderstand, Differenzstrom) der angeschlossenen Betriebsmittel/Arbeitsmittel ermittelt und auch dokumentiert, so kann anhand der ausgewerteten Ergebnisse die Prüffrist natürlich bedarfsbezogen ermittelt und ausgewählt werden.

Diese praxisorientierte Ermittlung der notwendigen Prüffristen sieht auch die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) konkret über § 10 (Prüfung der Arbeitsmittel), bzw. § 3 (Gefährdungsbeurteilung) vor. Dabei ist zwingend zu berücksichtigen, dass die erforderlichen Prüffristen von einer befähigten Person nach § 2 (7) BetrSichV ermittelt werden.

Mit Differenzstrom-Überwachungsgeräten (RCMs) oder Differenzstrom-Überwachungssystemen (RCMS) können die oben genannten Messwerte praxisgerecht gemessen werden und somit wird mit Hilfe der gemessenen Daten eine betriebliche Umsetzung möglich.

### 3.3 Isolationswiderstandsmessung und/oder Differenzstrommessung in elektrischen Anlagen – eine Fachaussage

Das Unterkomitee der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik in DIN und VDE) UK 964.1 (Geräte zum Prüfen von Schutzmaßnahmen) ist nach eingehender Diskussion der Auffassung,

„... dass sowohl die temporäre Messung als auch die ständige Überwachung vom Differenzstrom oder Ableitstrom eine zusätzliche Aussage zum Isolationszustand einer Anlage liefern kann.

Voraussetzung dafür ist der Einsatz von geeigneten Stromzangen, Stromsensoren oder stationär an geeigneter Stelle eingebaute Differenzstrom-Überwachungsgeräte/Systeme (RCMs/RCMS) sowie die richtige Beurteilung der Ergebnisse.

Die Vorteile dieser alternativen Messmethoden liegen vor allem in der Prävention; d.h. diese Messungen können kontinuierlich durchgeführt werden und liefern frühzeitig die erforderlichen Messwerte zur sicherheitstechnischen Beurteilung. Im Sinne der elektrischen Sicherheit, insbesondere der elektrischen Betriebsmittel, die eine hohe Verfügbarkeit aufweisen müssen, oder Anlagen, bei denen eine Isolationswiderstandsmessung aus technischen



Bild 3 und Bild 4: Auswahl von Differenzstrom-Überwachungssystem Typ RCMS460-D, RCM420 und Messtrom-Wandlern (Werksbild Fa. Bender)

Gründen nur schwer möglich ist, bietet dieses Messverfahren viele Vorteile für den praktischen Betrieb.

Die Anwendung dieser Messmethoden entbindet aber keinesfalls von der Verpflichtung zur wiederkehrenden Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel z. B. durch Besichtigung, Prüfung der Durchgängigkeit der Schutz- und Potentialausgleichsleiter sowie der Wirksamkeit der Abschaltbedingungen. Entsprechend der notwendigen Gefährdungsbeurteilung müssen Art, Umfang und Prüfschärfe sowie das Zeitintervall zur Wiederholungsprüfung festgelegt werden“.

## 4. Differenzstrom-Überwachung

### 4.1. Differenzstrom-Überwachungsgerät (RCM), allgemeine Anforderungen

Die Aufgabe eines Differenzstrom-Überwachungsgeräts (RCM) ist es, eine elektrische Installation oder einen Stromkreis auf das Auftreten eines Differenzstroms zu überwachen und durch einen Alarm anzuzeigen, wenn dieser einen festgelegten Wert überschreitet [DIN EN 62020 (VDE 0663):2005-11]. **(Bild 3)**

RCMs unterscheiden sich nach der Art und Frequenz der Fehler-



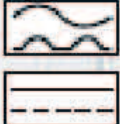
<p><b>Baureihe RCM:</b></p> 	<p>– <b>Baureihe RCM:</b> Differenzstrom-Überwachungsgeräte Typ A für die Überwachung von Wechselströmen (40...400 Hz) und pulsierenden Gleichströmen.</p>
<p><b>Baureihe RCMS:</b></p> 	<p>– <b>Baureihe RCMS:</b> Mehrkanalige Differenzstrom-Sucheinrichtung Typ A für die Überwachung von Wechselströmen (40...400 Hz) und pulsierenden Gleichströmen.</p> <p>RCMS Systeme bestehen im Gegensatz zu RCMs aus mehreren Wandlern, die gemeinsam an eine Auswerteeinheit angeschlossen sind <b>(Bild 18 und Bild 19)</b>.</p>
<p><b>Baureihe RCMA:</b></p> 	<p>– <b>Baureihe RCMA:</b> Differenzstrom-Überwachungsgeräte Typ B für die Überwachung von Wechselströmen, pulsierenden und glatten Gleichströmen (DC, 0...1000 Hz).</p>

Bild 5: Baureihen RCM nach Art und Frequenz der Ströme

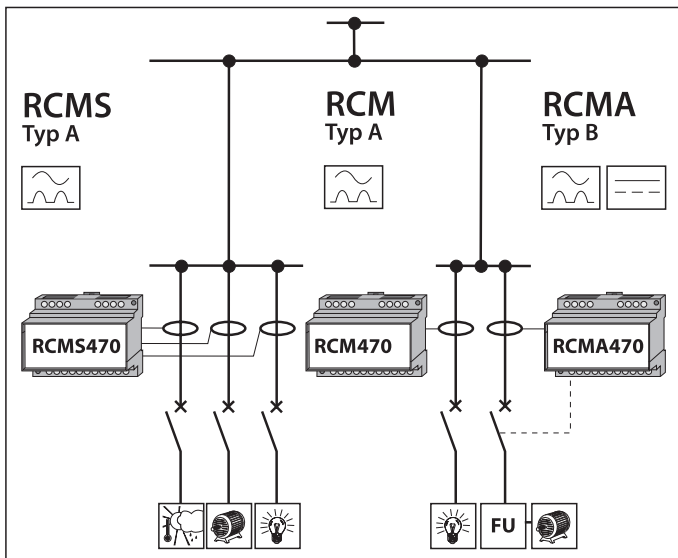


Bild 6: Applikationsbeispiel zur Geräteauswahl von RCMs

ströme, die sie erfassen können (Bild 5 und Bild 6). Die Auswahl der anzuwendenden Messtechnik erfolgt nach der Art der Fehlerströme, welche in der zu überwachenden elektrischen Anlage auftreten können. Nach der Differenzierung nach Fehlerwechselströmen und pulsierenden Fehlergleichströmen ist die Frequenz der Fehlerströme zu beachten.

#### 4.2 Messtechnik von RCM

Ein grundlegendes Gesetz der Elektrotechnik, der erste Kirchhoff'sche Satz, besagt, dass die geometrische Summe der Ströme in einem elektrischen Stromkreis gleich Null ist. Wie im Bild 7 dargestellt, entspricht im fehlerfreien Netz  $I_1$  gleich  $I_2$ .

Entsteht aufgrund eines Isolationsfehlers ein Fehlerstrom  $I_{\Delta}$ , der über den Körper bzw. Erde abfließt, ergibt sich laut Kirchhoff'schem Satz:  $I_{\Delta} = I_1 - I_2$

Das Kirchhoff'sche Gesetz gilt analog auch für mehrphasige Systeme. Durch die Stromdifferenz  $I_{\Delta}$  wird in der Sekundärwicklung des Summenstromwandlers ein Strom erzeugt, der in der Eingangsstufe in eine auswertbare Messspannung umgewandelt wird. Diese Messspannung wird wiederum mit einer Referenzspannung verglichen, die einem vorgegebenen Grenzwert (Differenzstrom/Isolationswiderstand) entspricht. Überschreitet nun die Messspannung den vorgegebenen Grenzwert, löst dies eine Meldung aus bzw. aktiviert ein Melderelais. Dieses Schalten kann mit Hilfe einer Zeitstufe in vorgegebenen Bereichen verzögert werden. Für die Erfassung kurzzeitiger Differenzströme durch Erdschlüsse (Wischer) steht ein Fehlerspeicher zur Verfügung. Für die Funktionsprüfung des RCM ist ferner eine Prüftaste vorgesehen, die am Eingang des RCM einen entsprechenden Fehlerstrom simuliert (Bild 8).

Für die Überwachung der ordnungsgemäßen Verbindung zwischen Wandler und Elektronik, insbesondere bei Geräten mit externen Wandlern, ist eine Überwachungsstufe integriert. Diese meldet, wenn eine Unterbrechung oder ein Kurzschluss in der Wandlerleitung vorliegt.

#### 4.3 Hinweise auf Netzformen/Netzverhältnisse

RCMs können in allen drei Netzformen eingesetzt werden (Bild 9). Beim Einsatz von RCMs in IT-Systemen müssen die Besonderheiten dieser Netzform beachtet werden. Hier gelten Einschränkungen bei kleinen oder geringen Netzableitkapazitäten. In IT-Systemen muss bei der Anwendung von Differenzstrom-Überwachungsgeräten sichergestellt sein, dass im Falle des ersten Fehlers ein Fehlerstrom zum Fließen kommt, der größer als der Nennansprechwert des RCM's ist. Der Fehlerstrom ist anlagenbedingt. Die Anwendung von RCMs im IT-System wird in Deutschland jedoch kaum angewendet.

#### 4.4 Ableitimpedanz eines TN-, TT- oder IT-Systems

Jedes Niederspannungsnetz hat durch seinen Kabel-/Leitungsaufbau spezifische Ableitwerte zur Erde oder zum Schutzleiter. Die Gesamtimpedanz wird durch die Isolationswiderstände und Netzkapazitäten bestimmt. Die Gesamtkapazität setzt sich aus den natürlichen Kapazitäten des Leitungsnetzes und den in den adaptierten Betriebsmitteln eingebauten Kapazitäten zusammen. Die

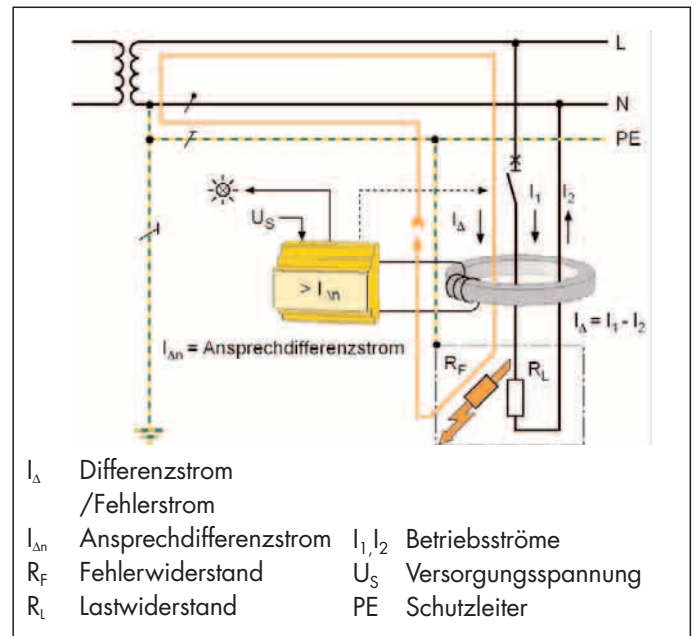


Bild 7: Isolationsfehler im TN-System

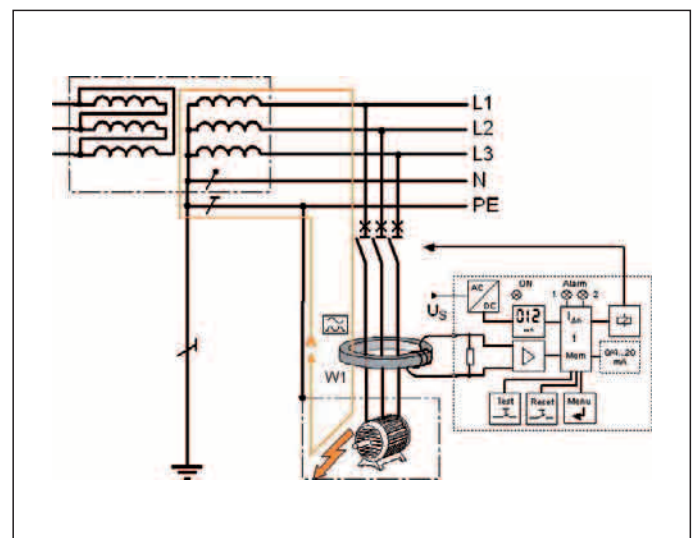
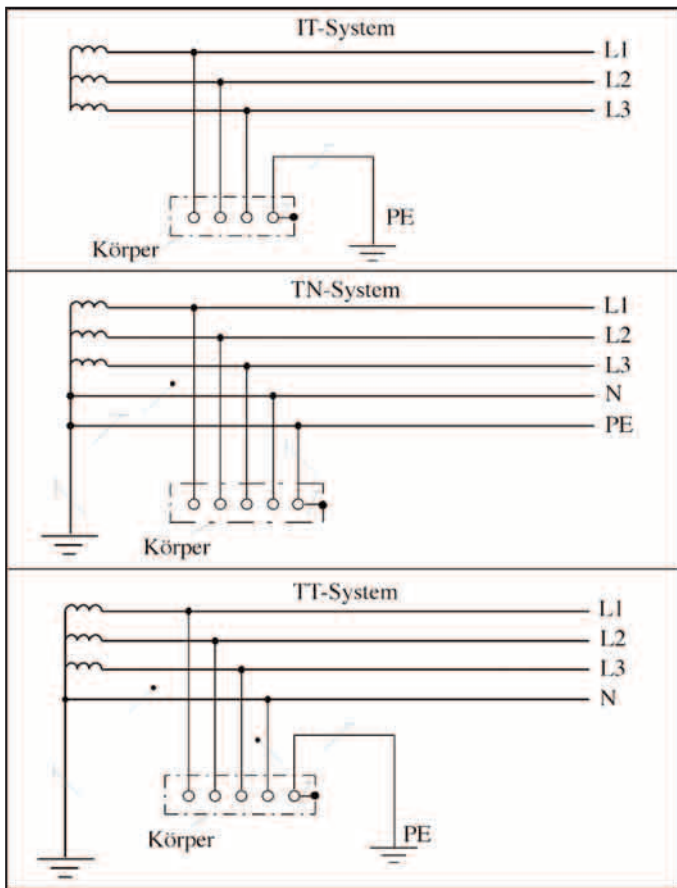


Bild 8: Blockschaubild eines Differenzstrom-Überwachungsgerätes (RCM)



- Darstellung für den Schutzleiter
- Darstellung für den PEN-Leiter
- Darstellung für den Neutralleiter

Bild 9: Art der Systeme nach DIN VDE 0100-300 (VDE 0100-300):1996-01

durch die feste Installationen sich ergebenden natürlichen Kapazitäten bleiben meist unverändert. Auch bei festinstallierten elektrischen Betriebsmitteln mit eingebauten Entstörkapazitäten bleibt in der Regel die Betriebsmittelkapazität unverändert. Im Gegensatz dazu verändert sich der Isolationswiderstand einer festen In-

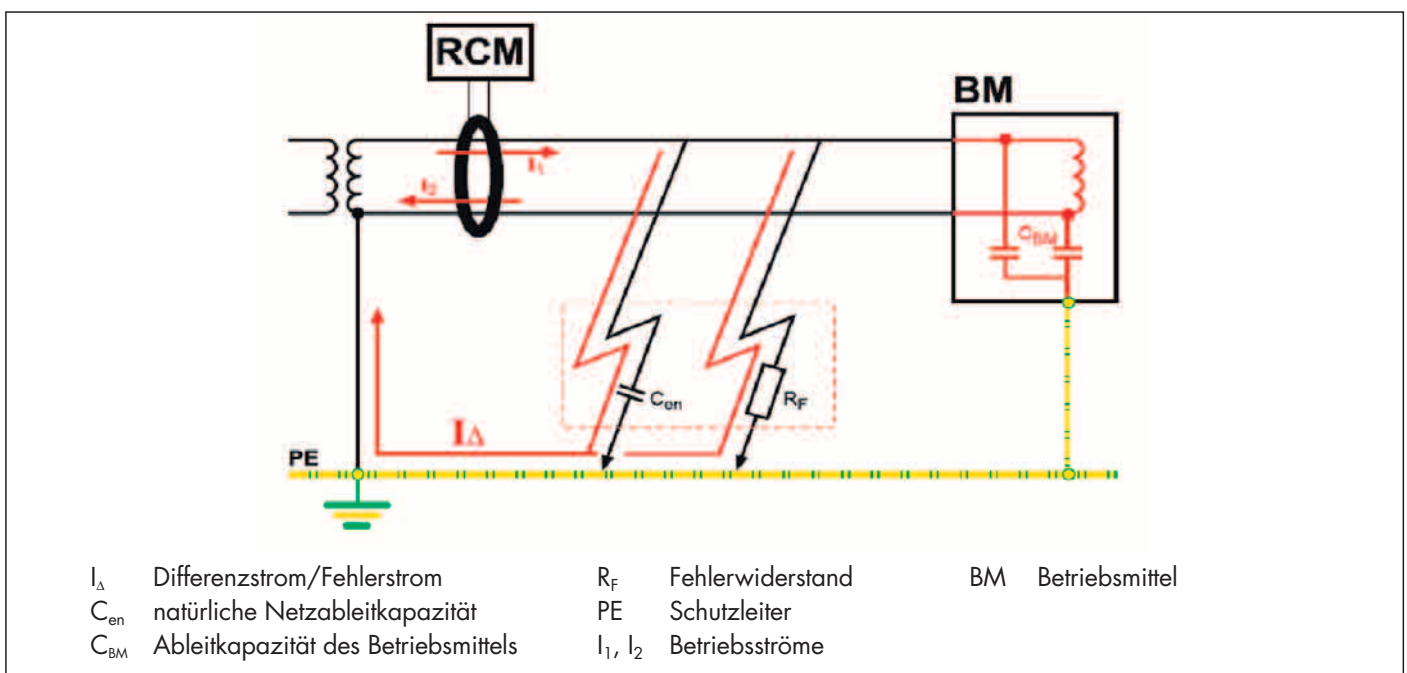
stallation durch unterschiedliche Einflüsse, wie Staub, Feuchte, Dampf oder durch den Anschluss/die Versorgung weiterer ortsveränderlicher Betriebsmittel. Durch den symmetrischen Kabelaufbau und der damit verbundenen Leiter-/Schutzleiterkapazität kann in Drehstromnetzen der Differenzstrom mit hinreichender Genauigkeit vernachlässigt werden.

In einer festen Installation kann somit eine konstante Ableitkapazität vorausgesetzt werden. Unter Vernachlässigung der Ableitinduktivitäten, kann der gemessene Differenzstrom als Abbild (**Bild 10**) des Isolationswiderstandes  $R_F$  im ersten Fehlerfall betrachtet werden.

#### 4.5 Normative Verweise zur Prüfung von Arbeitsmitteln

Die BetrSichV legt eindeutig über § 10 fest, dass Arbeitsmittel sicherheitstechnisch zu überprüfen sind. Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung muss in Abhängigkeit vom Gefährdungsgrad/-umfang (Einsatzart, Häufigkeit des betrachteten Arbeitsmittels) vom Arbeitgeber der Prüfumfang und die Prüfhäufigkeit bedarfsgerecht festgelegt werden. Die Interpretation des § 10 der BetrSichV erwartet dabei eine „gefährdungsbezogene“ und praxisorientierte Ermittlung der Prüf Fristen. Neben Prüfpfehlungen der Produkt hersteller können bzw. müssen natürlich die ermittelte Mängelhäufigkeit sowie die Fehlerfall- und Fehlerortermittlung (z. B. erschwerte mechanische Belastung, enge leitfähige Räume) zur Bestimmung und Festlegung der Prüf Fristen herangezogen werden. Die BetrSichV folgt damit dem praxisbezogenen Gefährdungsansatz bei der Auswahl und der Verwendung elektrischer „Arbeitsmittel“ und soll den starren Fristenansatz in der DA zu § 5 der BGV A3 ersetzen bzw. gefährdungsbezogen definieren. Die dazu konkretisierenden technischen Regelungen (Vermutungswirkung zur BetrSichV!) werden in den technischen Ausschüssen zur BetrSichV erarbeitet. (z. B. TRBS 1201 „Prüfungen“)

Aus **Bilder 11, 12 und 13** ist deutlich erkennbar, dass durch eine Erstprüfung der ordnungsgemäße Zustand eines technischen Arbeitsmittels bestätigt werden muss.



- |              |                                     |            |                  |    |                |
|--------------|-------------------------------------|------------|------------------|----|----------------|
| $I_{\Delta}$ | Differenzstrom/Fehlerstrom          | $R_F$      | Fehlerwiderstand | BM | Betriebsmittel |
| $C_{en}$     | natürliche Netzableitkapazität      | PE         | Schutzleiter     |    |                |
| $C_{BM}$     | Ableitkapazität des Betriebsmittels | $I_1, I_2$ | Betriebsströme   |    |                |

Bild 10: Ableitimpedanz eines einphasigen TN-S-Systems im ersten Fehlerfall



#### 4.5.1 Entwurf DIN IEC 60364-4-41 (VDE 0100-410): 2006-xx, Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 4-41: Schutzmaßnahmen; Schutz gegen elektrischen Schlag<sup>1</sup>

In der zukünftigen DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410), Kapitel 411.1, Anmerkung 2, welche voraussichtlich in 2007 erscheinen wird und auf dem in der Überschrift genannten Entwurf basiert, werden Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) erwähnt werden.

Übersetzung der Anmerkung 2 aus IEC 60364-4-41, Kapitel 411.1

„Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) sind keine Schutz-einrichtungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag, sondern können zur Fehlerstrom-Überwachung in elektrischen Anlagen eingesetzt werden. RCMs rufen ein hörbares oder hör- und sichtbares Signal hervor, wenn der vorgewählte Wert des Differenzstroms überschritten ist.“

<sup>1</sup> Die derzeit noch gültige deutsche Norm ist DIN VDE 0100-410 (VDE 0100-410):1997-01 Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 V – Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 41: Schutz gegen elektrischen Schlag

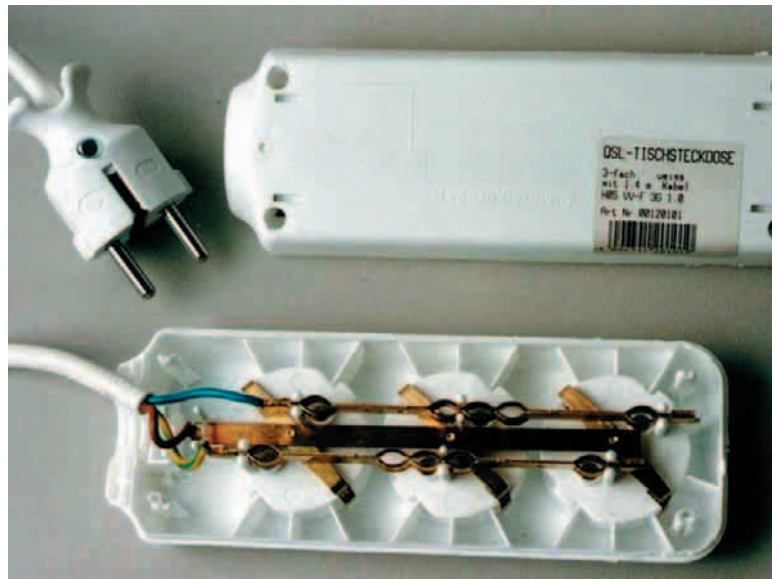
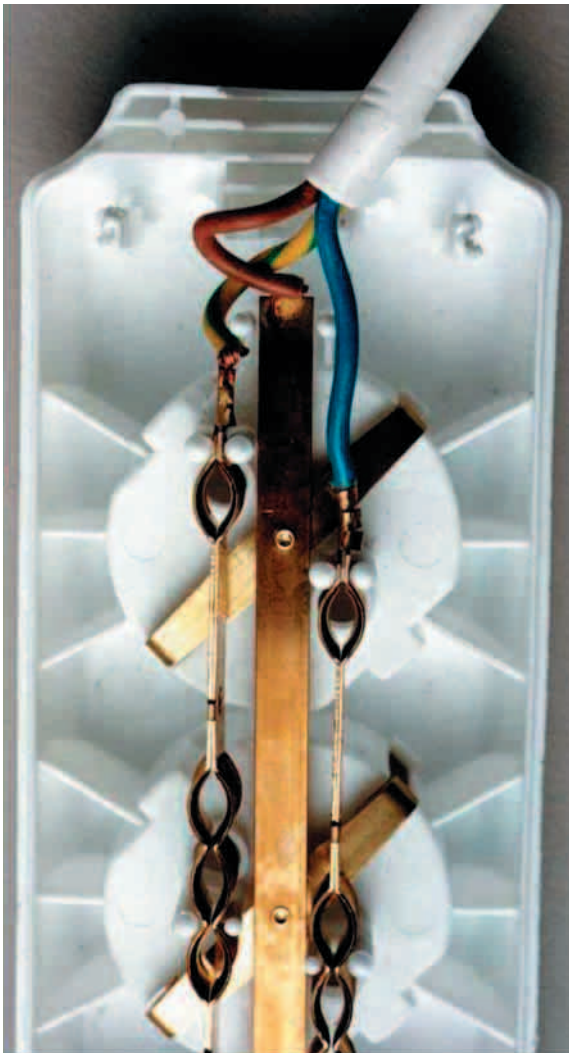
Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) sind also keine Schutz-einrichtung zum Schutz bei indirektem Berühren/Fehler-schutz. RCMs können ergänzend zur Fehlerstrom-Überwachung in ortsfesten elektrischen Anlagen eingesetzt werden. Ferner besteht die Möglichkeit, die erfassten Messwerte zu visualisieren und zur Anlagen-Fehlerortbestimmung zu nutzen.

#### 4.5.2 DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530):2005-06, Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 530: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel-, Schalt- und Steuergeräte, Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) zum Brand-schutz

Zitat aus 532.3:

„Wenn bei bestimmten Anwendungsfällen Fehlerstrom-Schutz-einrichtungen (RCDs) nicht eingesetzt werden können, z. B. weil der Betriebsstrom des zu schützenden Stromkreises größer ist als der größte Bemessungsstrom der Fehlerstrom-Schutz-einrichtung (RCD), dürfen Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) nach DIN EN 62020 (VDE 0663) eingesetzt werden.“

Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) dürfen nur in Verbindung mit einem Schaltgerät mit Trennfunktion betrieben



Bilder 11, 12 und 13: Vertauschung zwischen Außen- und Schutzleiter an einem elektrischen Betriebsmittel; Notwendigkeit der Prüfung vor der ersten Inbetriebnahme

werden. Der Ansprechdifferenzstrom darf 300 mA nicht übersteigen.

Bei Ausfall der Spannungsversorgung der Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) muss eine Abschaltung des überwachten Stromkreises erfolgen.“

Erläuterung:

Durch die oben zitierten Abschnitte der Norm VDE 0100-530 wird klargestellt, dass für einen Bemessungsfehlerstrom von 300 mA das zuständige Komitee K221 der DKE (Deutsche Kommission Elektrotechnik) ein Differenzstrom-Überwachungsgerät (RCM) als Schutzeinrichtung zum Brandschutz und als Zusatzschutz akzeptiert.

#### **4.5.3 Differenzstrom-Überwachungsgeräte gemäß Anhang A von DIN VDE 0100-530 (VDE 0100-530)**

Differenzstrom Überwachungsgeräte (RCMs) nach DIN EN 62020 (VDE 0663)

Differenzstrom-Überwachungsgeräte müssen der Produkt-Norm DIN EN 62020 (VDE 0663):2005-11, „Elektrisches Installationsmaterial – Differenzstrom-Überwachungsgeräte für Hausinstallationen und ähnliche Verwendungen (RCMs), (IEC 62020:1998 + A1:2003, modifiziert); Deutsche Fassung EN 62020:1998 + A1: 2005“ entsprechen. National wurde diese Norm inzwischen durch VDE 0663:2005-11 umgesetzt.

#### **4.5.4 Ergänzende Hinweise der Sachversicherer (VdS)**

Zur Sicherstellung einer ordnungsgemäßen elektrischen Ausrüstung innerhalb feuergefährdeter Betriebsstätten und zur Sicherstellung einer störungsarmen Elektroinstallation hat der Verband der Sachversicherer (VdS) Richtlinien zur Schadensverhütung herausgegeben.

##### **4.5.4.1 VdS 2033: 2002-02 „Feuergefährdete Betriebsstätten und diesen gleichzusetzenden Risiken – Richtlinie zur Schadensverhütung“**

In Abschnitt 5.2 der oben zitierten VdS-Schrift wird der Schutz durch Meldungen und Abschaltung bei Isolationsfehlern beschrieben. Abschnitt 5.2.1 nennt „Einrichtungen zum Fehlerstromschutz“

„In 230/400 V-Anlagen werden im Allgemeinen Einrichtungen verwendet, die Fehlerströme < 300 mA erfassen. Bei Abschaltung im Fehlerfall werden üblicherweise Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD – Residual Current Device) mit einem Bemessungsdifferenzstrom  $I_{\Delta N} < 300$  mA eingesetzt und bei Signalisierung Fehlerstrom-Meldegeräte (Relais) oder Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCM – Residual Current Monitor). Im Fehlerfall können jedoch auch geringere Ströme als 300 mA Brände verursachen. Flächenheizelemente können sich bereits bei Fehlerströmen < 100 mA entzünden, so dass bei Einsatz von RCD der Bemessungsdifferenzstrom höchstens 30 mA betragen darf.“

Werden Schutzeinrichtungen für eine Abschaltung im Gefahren- bzw. Fehlerfall eingesetzt, so kommen folgende Geräte in Frage:

- „Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mit der Kennzeichnung (Typ A) nach DIN VDE 0664,
- allstromsensitive RCD (Typ B) nach DIN VDE 0664, oder
- Leistungsschalter mit zugeordnetem Fehlerstromschutz (CBR)

mit der Kennzeichnung (Bauart A) nach DIN VDE 0660 Teil 101 (Anhang B).“

„Werden zur Abschaltung Fehlerstrom-Meldegeräte oder RCM verwendet, sind zusätzlich Abschaltvorrichtungen, z. B. Leistungsschalter, empfehlenswert. Erforderlich sind derartige Abschaltvorrichtungen, wenn nicht gewährleistet ist, dass eine Fehlermeldung frühzeitig erkannt wird und/oder Fachpersonal zur Verfügung steht, um den Fehler kurzfristig zu beheben.“

##### **4.5.4.2 VdS 2046: 1998-05 Sicherheitsvorschriften für Starkstromanlagen bis 1000 V**

In Abschnitt 3.2 beschreibt diese VdS-Schrift den „Erhalt des ordnungsgemäßen Zustandes“, und gibt ebenfalls einen Anwendungshinweis auf eine ergänzende Stromkreis-Überwachung mit Differenzstrom-Überwachungsgeräten und verweist auf VdS 2349 (siehe 4.5.4.3).

Auszug aus VdS 2046, Abschnitt 3.2.5:

„In elektrischen Anlagen, in denen Fehlerstromschutz, z. B. Fehlerstrom-Schutzeinrichtung, aus brandschutztechnischen Gründen nicht vorgeschrieben ist, darf auf eine Isolationswiderstandsmessung verzichtet werden, wenn aus örtlichen oder betrieblichen Gegebenheiten nicht abgeschaltet werden kann und Maßnahmen zum Schutz bei Isolationsfehlern nach VdS 2349 getroffen worden sind.“

##### **4.5.4.3 VdS 2349: 2000-02 Störungsarme Elektroinstallationen – Richtlinien zur Schadensverhütung**

In Kapitel 4 „Schutzvorkehrungen“, Abschnitt 4.1 (Isolationsfehler) sind folgende Schutzvorkehrungen beschrieben:

„4.1.1 TN- und TT-Systeme (geerdete Netze)

Fehlerströme können durch Geräte nach

- DIN EN 61008 (VDE 0664-10) „Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) oder Fehlerstrommeldegeräte,
- DIN EN 62020 (VDE 0663) „Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCM)“,
- DIN EN 60947-2 (VDE 0660-101), Anhang B „Leistungsschalter mit zugeordneten Fehlerstromschutz“

erfasst werden. Ihr Bemessungsdifferenzstrom bzw. der Ansprechstrom darf 300 mA nicht übersteigen.

Der Schutzleiter ist in der gesamten elektrischen Anlage konsequent in unmittelbarer Nähe der stromführenden Leiter zu führen. Der Schutz wird optimiert, wenn Kabel mit konzentrischem (PE)-Leiter ausgewählt werden und der Schutzleiter auch in schutzisolierte elektrische Geräte eingeführt wird.

Es wird empfohlen, Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (auch FI-Schutzschalter oder FI genannt) einzusetzen. Werden Fehlerstrommeldegeräte oder Differenzstrom-Überwachungsgeräte verwendet, sollten zusätzlich Abschaltvorrichtungen, z. B. Leistungsschalter, vorgesehen werden. Letzteres ist erforderlich, wenn die Erkennung einer Fehlermeldung nicht ständig gewährleistet ist und Fachpersonal für eine schnelle Fehlerbehebung nicht zur Verfügung steht.“



#### 4.5.5 BGI 608: 2004-06 „Auswahl und Betrieb von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln auf Bau- und Montagestellen“

Die inzwischen überarbeitete BGI 608, Stand Juni 2004, beschreibt in Übereinstimmung mit dem Stand der Technik die bewährten Möglichkeiten einer störungsfreien elektrischen Energieversorgung auf Bau- und Montagestellen. Mit einer dezentralen und zentralen Erfassung von Differenzströmen in den einzelnen Stromkreisen (Versorgungseinheiten) wird es möglich, eine gesicherte und dauerhafte Versorgung mit elektrischer Energie zu gewährleisten. Durch die frühzeitige Erkennung schleichender Isolationsfehler kann eine vorbeugende Instandhaltung zielgerichtet eingeplant und auch eingeleitet werden. Dies insbesondere in Bereichen, in denen eine kontinuierliche Stromversorgung sichergestellt sein muss (z. B. Pumpstationen, Betonfördereinrichtung, Tunnelvortriebsmaschinen, Signalsteuereinheiten der dauerhaften Versorgung (**Bilder 14, 15**)).

#### 4.5.6 BGI 867:2005-05 „Auswahl und Betrieb von Ersatzstromerzeugern auf Bau- und Montagestellen“

Kapitel 5 Schutz gegen elektrischen Schlag unter Fehlerbedingungen (Fehlerschutz)

##### 5.1 Schutzmaßnahmen in TN- und TT-Systemen

In TN- und TT-Systemen muss Schutz durch Abschaltung mit pulsstromsensitiven (Typ A) oder allstromsensitiven (Typ B) Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) mit einem Bemessungsdifferenzstrom  $I_{\Delta N} \leq 30 \text{ mA}$  realisiert werden.

Hinweis: Der Einsatz von elektrischen Betriebsmitteln, die hochfrequente Fehlerströme oder glatte Gleichfehlerströme erzeugen können, z. B. Frequenzumrichter, darf die Wirksamkeit der erforderlichen Schutzmaßnahme nicht beeinträchtigen (siehe BGI



Bild 14: Bau- und Montagearbeiten an einem Arbeitsmittel. Notwendige Prüfungen nach der Montage und vor der Inbetriebnahme.



Bild 15: Pumpstation mit der Notwendigkeit einer störungsarmen elektrischen Energieversorgung

608). In diesen Fällen müssen allstromsensitive Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (Typ B) eingesetzt werden.

Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen lösen aus, wenn der Bemessungsfehlerstrom erreicht wird. Sie schalten auch ab, wenn im fehlerfreien Zustand die Summe der Ableitströme der Betriebsmittel größer als der Ansprechwert der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung wird. Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCM) können den Ableitstrom kontinuierlich erfassen und anzeigen.

#### 4.5.7 Landwirtschafts-BG

Der inzwischen vorgelegte Vor-Normentwurf DIN V VDE 0100-705 (VDE V 0100-705):2003-04 „Elektrische Anlagen in landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Betriebsstätten“ ermöglicht ebenfalls den Einsatz von Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen, wenn die installierte Überwachungseinrichtung netzunabhängig wirksam ist.

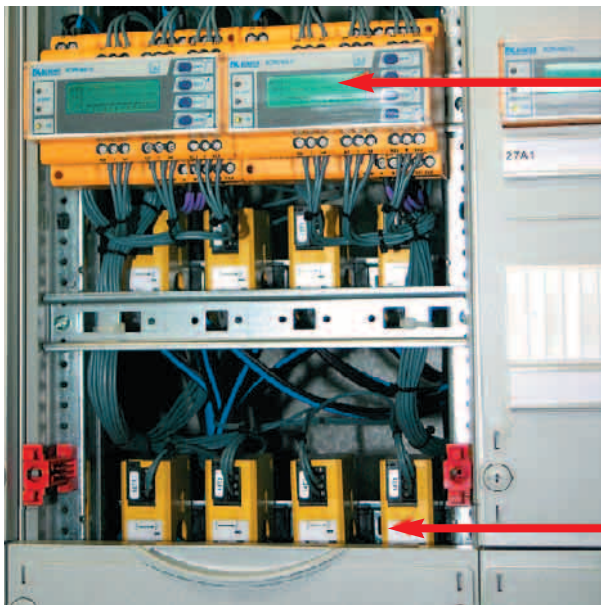
##### 4.5.7.1 DIN V VDE V 0100-0705 (VDE V 0100-0705):2003-04, Abschnitt 705.422, Abschnitt 705.422 Brandschutz

Zitat

„Wenn Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCD) oder Leistungsschalter mit Fehlerstromschutz zum Schutz gegen elektrischen Schlag nicht eingesetzt werden können, z. B. wegen Gleichfehlerströmen, dürfen auch Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen (RCM) nach DIN EN 62020 (VDE 0663) eingesetzt werden, wenn deren Versorgungsspannung vom speisenden Netz unabhängig ist.“

#### 4.6 Aufbau und Installation der Überwachungseinrichtung

Im folgenden Kapitel wird der grundlegende Aufbau einer RCMS-Anlage (Differenzstrom-Überwachungsgeräte mit Messstrom-



Differenzstrom-Überwachungsgerät vom Typ RCMS460

Messstromwandler

Bild 16: Isolationsüberwachungseinrichtung in einer Anlage bestehend aus RCMS und Messwandler

wandler und Auswerte- und Anzeigemöglichkeit) in einer elektrischen Energieversorgungsanlage beschrieben (**Bilder 16 bis 19**).

#### 4.6.1 Aufbau der Differenzstrom-Überwachungseinrichtung

Eine Differenzstrom-Überwachungseinrichtung besteht aus dem Differenzstrom-Überwachungsgerät (RCM) und kann zusätzlich eine Melde- und Prüfkombination beinhalten. (DIN VDE 0100-610 (VDE 0100-610):2004-04, Nationales Vorwort)

Der Grundaufbau (**Bild 18**) zeigt die Stromkreis-Überwachung der Stromversorgung mit bis zu 12 Abgängen (Stromkreise). Dargestellt wird auch der jeweils bevorzugte Einbauort der benötigten Messstromwandler zur Ermittlung des Fehlerstromes und dient gleichzeitig zur Fehlerorterkennung (Stromkreiszuordnung).

**Bild 19** zeigt die Schaltübersicht mit Versorgungsstromkreisen, deren maximale Anzahl auf 1.080 Stromkreise begrenzt ist. Die Auswahl der Messstromwandler erfolgt nach den Kabel-

querschnitten des zu überwachenden Netzes und den möglicherweise auftretenden Fehlerströmen.

#### 4.6.2 Informationsvorsprung – ein wichtiger Faktor

Moderne Verbraucher, wie geregelte (frequenzgesteuerte) Antriebe oder PC-Schaltnetzeile, erzeugen Fehlerströme, die mit der guten, alten Sinusform nichts mehr gemeinsam haben. Ein breites Oberwellenspektrum und unterschiedlichste Kurvenformen sind heute in jedem Netz zu erwarten bzw. vorhanden.

Die Lösung besteht:

1. in der Auswahl und Installation allstromsensitiver Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen, welche in der Lage sind, eine Echt-Effektivwertmessung des Fehlerstromes vorzunehmen und auch den

Anteil der harmonischen Oberwellen im Netz eindeutig zu analysieren

oder

2. in der Auswahl und Installation eines RCMS-Systems, bei dem die Überwachungseinrichtungen die unter 1. genannten Bedingungen (Oberwellenanalyse, Effektivwertmessung des Fehlerstroms) erfüllen (**Bild 6**).

#### 4.6.3 Reduzierung der Messzeit

Der Einsatz moderner Prozessortechnik, empfindliche Produktionsabläufe sowie zeitkritische Schalthandlungen erfordern oftmals eine sofortige Reaktion auf kritische Situationen (z. B. bei Reduzierung des Isolationszustandes der elektrischen Anlage). Es werden derzeit Differenzstrom-Überwachungssysteme angeboten, welche Fehlerströme in elektrischen Anlagen bis zu 1080 Kanäle/Einzelstromkreise innerhalb von 180 ms erfassen können. Einzelne

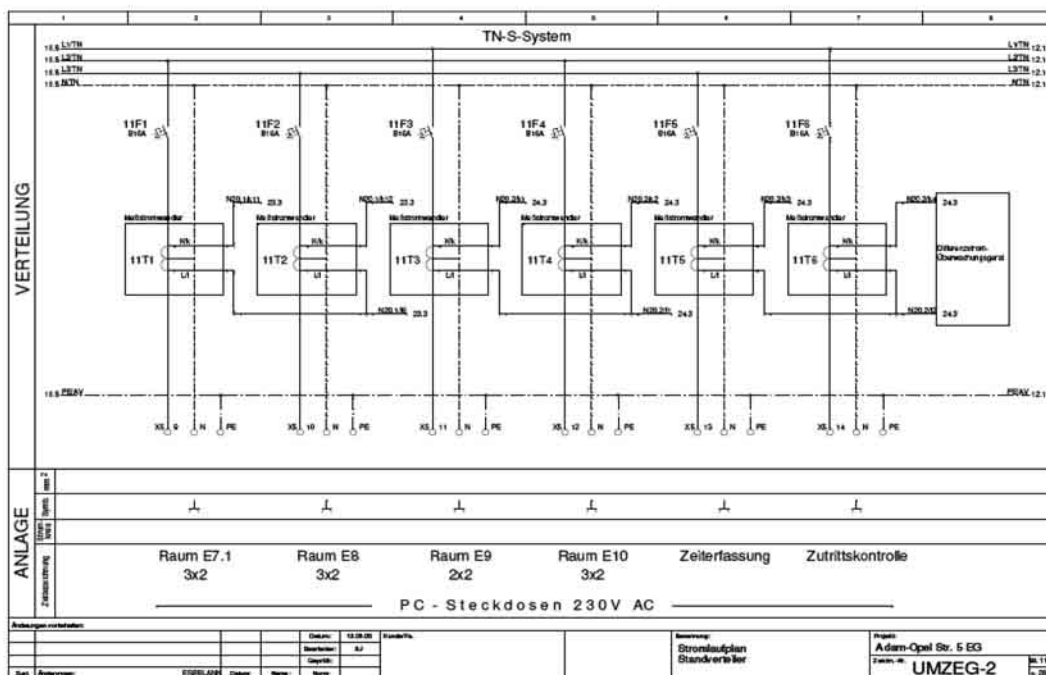


Bild 17: Stromlaufplan – Standverteiler; TN-S-System mit Einbindung der Messwandler und der Überwachungsgeräte



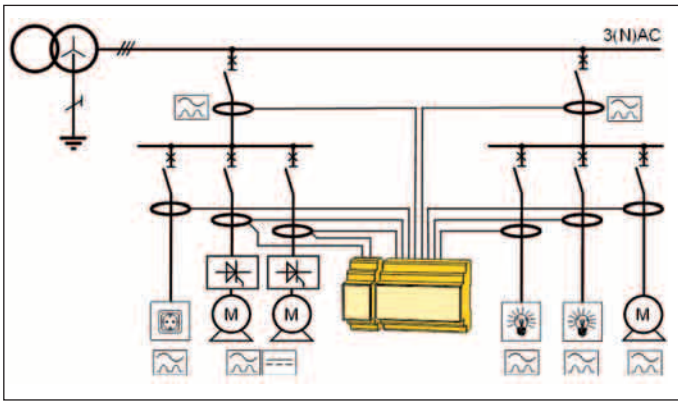


Bild 18: Schematische Darstellung einer Überwachung der Stromversorgung von bis zu 12 Einzel-Stromkreisen

Differenzstrom-Überwachungsgeräte sind in der Lage, Fehlerströme innerhalb von 40 ms zu erfassen und auszuwerten. Für den Fall, dass eine automatische Abschaltung vorgesehen wird, sind die Schalteinheiten (z. B. RCM plus Leistungsschalter) in der Lage, innerhalb der oben genannten Erfassungszeiten den fehlerhaften Stromkreis selektiv abzuschalten.

#### 4.6.3.2 Anwendungsbereich der RCM-Messtechnik

Differenzstrom-Überwachungssysteme werden überwiegend dort eingesetzt, wo eine sichere und dauerhafte Energieversorgung erforderlich ist. Neben der Anwendung im medizinischen Bereich werden solche Überwachungssysteme zunehmend im Bereich der

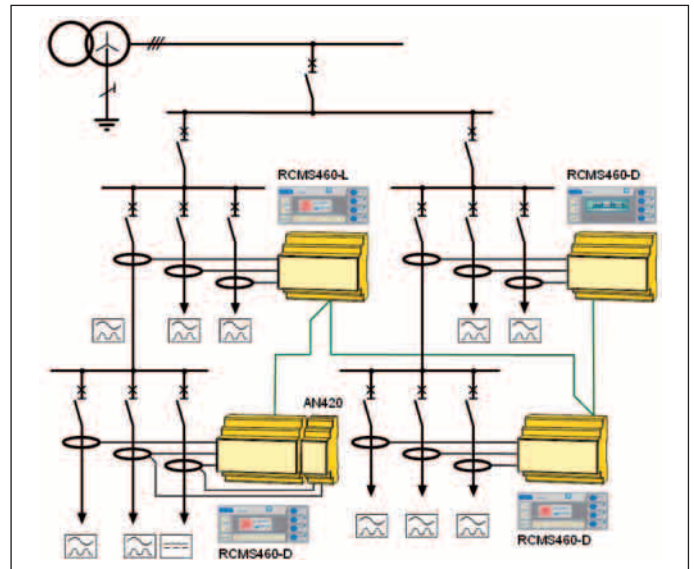


Bild 19: Schematische Darstellung einer Überwachung der Stromversorgung von bis zu 1080 Einzel-Stromkreisen

Datenverarbeitung, Rundfunk und Fernseh-Technik, Elektronikfertigung und der Kraftwerkstechnik eingesetzt.

Wie bereits eingangs beschrieben, ermöglicht die RCM- Messtechnik eine prozessabhängige Ermittlung „kritischer“ elektrischer Kenndaten. Die gemessenen Daten können bei der Ermittlung und Festlegung der Prüfintervalle zielbewusst berücksichtigt werden und

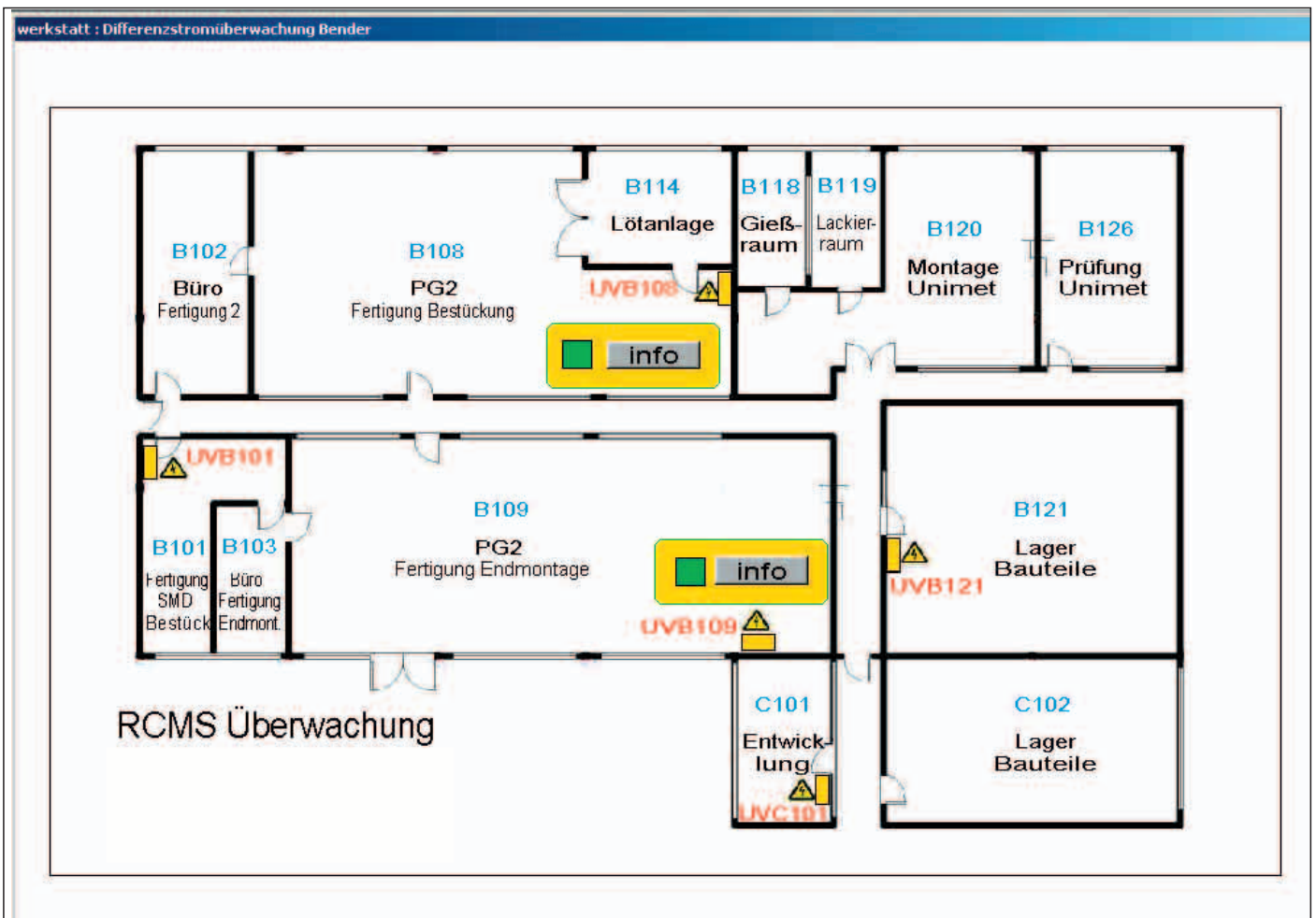


Bild 20: Vereinfachter Lageplan mit Angabe der nachgeschalteten Messstellen



## WEB-Server FTC470XET

- Startseite
- Systemübersicht
- Aktuelle Alarmmeldungen
- Historienspeicher
- Datenlogger
- Adresse 1: PRC 1470
- Adresse 2: FTC 470XET
- Adresse 3: RCMS 470- 12
- Adresse 4: RCMS 470- 12
- Adresse 5: RCMS 470- 12
- Adresse 6: RCMS 470- 12
  - Aktuelle Messwerte
  - Geräteinformation
  - Systembeschreibung
- Adresse 7: RCMS 470- 12
- Adresse 8: RCMS 470- 12
- Adresse 9: RCMS 470- 12
- Adresse 10: RCMS 470- 12
- Adresse 11: RCMS 470- 12
- Adresse 12: RCMS 470- 12
- Adresse 13: RCMS 470- 12
- Adresse 14: RCMS 470- 12
- Adresse 15: RCMS 470- 12
- Adresse 16: RCMS 470- 12
- Adresse 17: SMI 472- 12
- Adresse 28: IRDH 275B-4
- Adresse 29: 107TD47
- Adresse 30: MK 2418C- 11
- Adresse 61: RCMS 470E- 12
- Adresse 62: RCMS 470E- 12

**Aktuelle Messwerte** Adresse : 6

Gerätebeschreibung: Differenzstrom - Überwachungsgerät  
 Standortbeschreibung: UV B 109 Raum B 109 ( Fertigung 2 Endmontage )

Kanal	Messwert	Einheit	Typ	Messstelle
1	12	mA	Differenzstrom	Zuleitung UV B 109 Raum B 109 PG2 Endmontage
2	0	mA	Differenzstrom	2 Steckdosen an den Eingängen (3F6.2)
3	0	mA	Differenzstrom	Absaugung Platz 4 (5F5)
4	0	mA	Differenzstrom	Computer bei Paternoster B 109 (3F5.1+3F5.2)
5	0	mA	Differenzstrom	Computer Platz 9 B 109 (3F6.1+3F6.3)
6	10	mA	Differenzstrom	Paternoster B 109 (4F2)
7	0	mA	Differenzstrom	Platz 1+4 B 109 (4F3+4F6)
8	0	mA	Differenzstrom	Platz 2+5 B 109 (4F4+4F7)
9	0	mA	Differenzstrom	Platz 3+6 B 109 (4F5+4F8)
10	0	mA	Differenzstrom	Platz 7 B 109 (5F2)
11	0	mA	Differenzstrom	Platz 8 B 109 (5F3)
12	0	mA	Differenzstrom	Platz 9 B 109 (5F4)

Bild 21: Übersichtsprotokoll der Differenzstrom-Überwachung; Messkreise 1 und 6 mit vorliegenden/gemessenen Differenzstromwerten

können somit eine betrieblich und auch sicherheitstechnisch angepasste Festlegung der erforderlichen Prüffristen für handgeführte elektrische Arbeitsmittel ermöglichen.

### 4.6.3.1 Messergebnisse und Zubehör

Einzelne Messwerte der Differenzstrom-Überwachungssysteme



Bild 22: Kontrolleinheit zur Meldung von Isolationsfehlern in der elektrischen Anlage mit Erkennungsmöglichkeit der einzelnen Fehlerorte (z. B. Steckdosenstromkreis)

können problemlos vom Arbeitsplatz der Elektrofachkraft beobachtet werden. Veränderungen oder auftretende Fehlerströme in der zu überwachenden Stromversorgung (**Bild 20**) werden visualisiert (**Bild 21**) und somit kann auch der Fehlerort/Endstromkreis zweifelsfrei ermittelt werden. Dies schließt auch den Anschluss und den Betrieb elektrischer Betriebsmittel der Schutzklasse I an die



Bild 23: Bildschirm mit Darstellmöglichkeit der durch RCMS überwachten Produktions- und Fertigungsstätten

Energieversorgung über Steckvorrichtungen mit einem Schutzkontakt ein. Verschiedene Bildschirmansichten zeigen die **Bilder 21, 22 und 23**.

#### 4.6.3.2 Bewertung der Messergebnisse

Die gewählte Darstellungsart zur Visualisierung des Fehlerstroms ermöglicht der Elektrofachkraft eine klare Aussage über den augenblicklichen Sicherheitszustand der elektrischen Anlage. Da die Zustandsanzeige zeitbezogen erfasst wird, können einzelne Schalthandlungen oder kritische Betriebszustände zeitnah ermittelt und lokalisiert werden.

Selbstverständlich ist eine einfache Dokumentation der Messungen mit Hilfe der Datentechnik möglich (**Bild 24**). Ebenso werden hier mittel- und langfristig Veränderungen des Isolationszustandes der gesamten elektrischen Anlage datenmäßig erfasst und ermöglichen somit eine zuverlässige Sicherheitsanalyse. Beim Unterschreiten betrieblich festgelegter Grenzwerte können bei Bedarf unverzüglich Instandhaltungs- und Wartungsmaßnahmen eingeleitet werden.

#### 4.7 Visualisierung detektierter Fehlerstromkreise/ angeschlossener elektrischer Betriebsmittel

Werden die elektrischen Arbeitsmittel über einen längeren Zeitraum ort- und prozessbezogen (Einsatzbedingungen der Betriebsmittel) eingesetzt, erhält die zuständige Elektrofachkraft/Befähigte Person eine lückenlose Information über den zeitlichen Verlauf möglicher physikalischer Änderungen der Isolierstoffeigenschaften der eingesetzten Betriebsmittel. Im Rahmen einer umfassenden Gefährdungsbeurteilung lässt sich mit dieser Messmethode die jeweils zutreffende Prüffrist ermitteln.

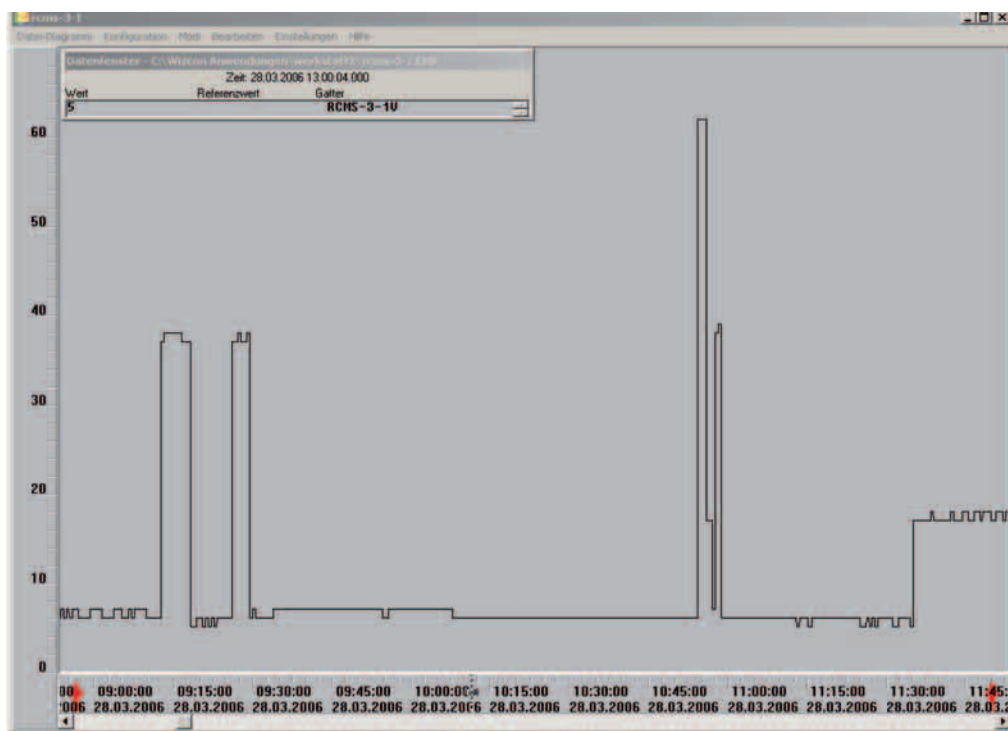


Bild 24: Zeitlicher Verlauf des Fehlerstroms des überwachten Stromkreises (hier: RCMS 3-10)

## 5. Vorbeugende Instandhaltung

### 5.1 Vorbeugende Instandhaltung – anlagenbezogen

In TN-S und TT-Systemen kann durch die modernen Mittel der Differenzstrom-Überwachung und der selektiven Fehlerorterkennung in gewisser Weise auch von „voraussagender“ Instandhaltung gesprochen werden.

Dazu definiert DIN EN 13306 die Begrifflichkeit „Voraussagende Instandhaltung“ wie folgt:

„7.5 Voraussagende Instandhaltung

Zustandsabhängige Instandhaltung, die nach einer Vorhersage, abgeleitet von der Analyse und Bestimmung von Parametern, welche die Verschlechterung der Einheit kennzeichnen, durchgeführt wird.“

In TN-S und TT-Systemen kann durch die modernen Mittel der Isolationsüberwachung und der selektiven Fehlerorterkennung in gewisser Weise auch von **ferngesteuerter Instandhaltung** gesprochen werden: „Instandhaltung einer Einheit, ausgeführt ohne physischen Zugriff des Personals auf die Einheit“ (DIN EN 13306:2001, 7.7).

### 6. Einsparpotential durch angepasste Prüffristen bei einer kontinuierlichen Differenzstrom-Überwachung

Die Schutzzielvorgaben der BetrSichV und der UVV-BGV A3 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“. Für ortsveränderliche elektrische Betriebsmittel ist in der Durchführungsanweisung zur UVV-BGV A3 „Elektrische Anlagen und Betriebsmittel“ neben der starren Inbezugnahme der zugeordneten Prüffristen eine Erweiterung der Prüffristen durch die Ermittlung einer Fehlerquote von unter 2 % zu-

lässig. Selbstverständlich sind nach der UVV auch andere technisch/organisatorische Lösungen denkbar, wenn damit sichergestellt ist, dass dem Mitarbeiter nur ordnungsgemäße Arbeitsmittel zur Verfügung gestellt werden.

Über die vorgestellten Differenzstrom-Messverfahren wird es für die Elektrofachkraft (befähigte Person i. S. d. BetrSichV) möglich, eindeutige und zielgerichtete Prüffristen zu ermitteln und anwendungsbezogen festzulegen. Diese Festlegung kann sowohl eine Reduzierung der Prüffristen als auch eine Erweiterung der Prüffristen beinhalten. In Abhängigkeit vom „Beanspruchungsgrad“ der Betriebsmittel (**Bild 25**) ist somit eine sicherheitstechnisch und betriebswirtschaftlich angepasste (Fristenfestlegung) Wiederholungsprüfung aller handgeführten elektrischen Betriebsmittel der Schutzklasse I möglich.

## 7. Vorschläge zur betrieblichen Umsetzung innerhalb bestehender elektrischer Anlagen

Die vorhandene Gerätetechnik ermöglicht ohne großen Aufwand den Einbau der Messstromwandler und der entsprechenden Auswerteeinrichtung. Durch die Montage der teilbaren Messstromwandler ist eine Nachrüstung ohne Abklemmen der Leistungskreise möglich. Die zu berücksichtigenden Wandler sind entsprechend der Nennstromstärke der zu überwachenden Stromkreise zu dimensionieren. Das Installationsmaterial und die benötigten Montagehilfen sind entsprechend der Normenreihe DIN VDE 0100 (VDE 0100) „Errichten von Niederspannungsanlagen“ auszuwählen.

Hinsichtlich der geplanten und festzulegenden Arbeits- und Montageverfahren, z. B. Arbeiten im spannungsfreien Zustand, wird auf die einschlägigen Regelungen der BGV A3 § 6 verwiesen.

## 8. Optimierung und Einsparpotentiale

Durch den gezielten Einsatz von Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen kann die Verfügbarkeit einer elektrischen Anlage optimiert und der Kostenaufwand für die Wiederholungsprüfung elektrischer Arbeitsmittel minimiert werden. Die Vorteile lassen sich wie folgt zusammenfassen:

### Optimierte Instandhaltung

- Permanente Überwachung anstatt kosten- und personalin-



Bild 25: Einsatz handgeführter elektrischer Betriebsmittel unter besonderen Umgebungsbedingungen; z. B. Nässe oder leitfähiger Staub

tensive manuelle Anlagenprüfung nach BGV A3 in längeren Zeitabständen

- Instandhaltungsmaßnahmen können planmäßig durchgeführt werden
- Zentrale Informationen über Veränderungen des Anlagenzustandes
- Ferndiagnose über Internet/Ethernet möglich

### Höhere Betriebs-/Anlagensicherheit

- Störungen in sensiblen Einrichtungen werden vermieden
- Wahlweise Melden statt Schalten
- Fehler bei neu installierten Anlagen oder bei der Inbetriebnahme neuer Geräte werden sofort erkannt
- Unerwartete Betriebsunterbrechungen werden vermieden
- TN-S Systeme werden auf zusätzliche unerwünschte N-PE-Brücken überwacht

### Höhere Wirtschaftlichkeit

- Keine teuren und ungeplante Anlagenstillstände
- Weniger Zeit-/Personalaufwand für die Instandhaltung
- Mögliche Kosteneinsparung durch niedrige Versicherungsprämien
- Unterstützung für interne Investitionsentscheidungen

### Höhere Brandsicherheit

- Fehlerströme werden schon in der Entstehungsphase erkannt
- Überlastung von N-Leitern wird erkannt
- Brandgefahren in elektrischen Anlagen werden reduziert
- Anlagen-Schwachstellen werden erkannt (z. B. mehrere N-PE-Brücken)

## 9. Vergleich notwendiger Isolationswiderstandsmessungen mit einer RCM-überwachten elektrischen Anlage

Im nachfolgenden Abschnitt ist die herkömmliche DC-Isolationswiderstandsmessung und die Überwachung der Anlage mit Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen in Verbindung mit dem Prüfpersonal gegenübergestellt (**Tabelle 3**).



Nachteile der Isolationsmessung mit DC-Messspannung	Vorteile von RCM-Messungen
<b>Technik</b>	
Alterung und Vorschädigung von Varistoren durch Isolationsmessung mit hoher DC-Messspannung.	RCMs sind passiv messende Überwachungsgeräte – diese Fehlerquelle ist ausgeschlossen.
Zu hoher oder zu lange aufgeschalteter Prüfstrom kann zu Verbrennungen von Schutzrelais führen.	RCMs sind passiv messende Überwachungsgeräte – diese Fehlerquelle ist ausgeschlossen.
Verbraucher, die während der Isolationsmessung nicht vom Netz getrennt wurden, können beschädigt werden.	RCMs sind passiv messende Überwachungsgeräte – diese Fehlerquelle ist ausgeschlossen.
USV gestützte Anlagenteile können nicht gemessen werden – keine Abschaltung möglich	RCMs sind passiv messende Überwachungsgeräte – diese Fehlerquelle ist ausgeschlossen.
In ausgedehnten Netzen, großen Leiterquerschnitten, vermaschten Netzen ist der zeitliche Aufwand der Koordination, Isolationsprüfung und Beurteilung aus wirtschaftlichen Gründen nicht vertretbar.	RCMs können mit einem technisch und wirtschaftlichen vertretbaren Aufwand die Aufgaben für die Isolationsmessung übernehmen.
Wiederkehrende Prüfungen sind nur Stichproben. Sie sind nicht repräsentativ und können aufgrund z. B. klimatischer Verhältnisse unterschiedliche Werte anzeigen.	RCMs überwachen online. Es kann eine Trendanalyse und eine Aussage über zukünftige Ausfälle getroffen werden, wenn Messwerte protokolliert und ausgewertet werden. Mängel, die eine Gefahr für Personen, Nutztiere und Sachen darstellen, sind unverzüglich zu beseitigen.
Elektronische Betriebsmittel können durch die Prüfspannung beschädigt werden, wenn der Neutralleiter nicht getrennt ist oder Kopplungen z. B. durch Isolationsfehler, vorhanden sind. In diesen Fällen besteht die Gefahr, dass die Prüfspannung des Isolationsmessgerätes an den Eingangsklemmen der Betriebsmittel auftritt.	Keine N-Leiter-Auftrennung notwendig.
Innerbetriebliche Abschaltprobleme; nicht alle Anlagenteile werden überprüft.	Keine Abschaltung notwendig.
Beeinflussung der Betriebsabläufe und Ausfallkosten durch Abschaltungen.	Keine Ausfallkosten.
Anklemmen der N-Leitertrennklemme als Gefahrenpunkt für Unterbrechung, oder Verbindung nach der Messung vergessen.	N-Leitertrennklemmen müssen nicht verwendet werden.
N-Leitertrennklemmen sind als Schwachstelle bei hohen Oberschwingungsströme bekannt. Eine Unterbrechung bewirkt eine Spannungserhöhung.	N-Leitertrennklemmen müssen nicht verwendet werden.
Im spannungslosen Zustand kann nur bis zum Trennschutz gemessen werden.	RCMs messen die komplette Installation einschließlich eingeschalteter ortsfester und ortsveränderlichen Betriebsmitteln.
Werden die Isolationswiderstände mehrerer Stromkreise gemeinsam geprüft, können Kopplungen unterschiedlicher Stromkreise unentdeckt bleiben. Eventuelle Folgen sind Rückspannungen und Einschränkungen der RCD-Funktion.	RCMs erkennen solche Kopplungen, wenn jeder Stromkreis einzeln überwacht wird.
Keine aufschlussreichen Messergebnisse bei Vorhandensein von Überspannungsableitern.	
<b>Prüfer</b>	
Hohe Personalbindung und erheblicher Kostenfaktor	
Fach- und sachkundiges Bedienpersonal (Befähigte Personen) der Prüfgeräte notwendig. Sie müssen die einschlägigen Sicherheitsanforderungen, -vorschriften, betriebliche Anweisungen und die mit den Arbeiten verbundenen Gefahren kennen.	Kein fach- und sachkundiges Bedienpersonal bei der Überwachung notwendig. Erst bei dem Eintritt einer Grenzwertunterschreitung wird eine Elektrofachkraft benötigt.

Von den an elektrischen Anlagen arbeitenden Personen muss eine ausreichende Anzahl so ausgebildet sein, um Erste Hilfe leisten zu können. Eine richtige Dokumentation ist notwendig, aber in vielen Fällen nicht vorhanden.	Kein fach- und sachkundiges Bedienpersonal bei der Überwachung notwendig. Erst bei dem Eintritt einer Grenzwertüberschreitung wird eine Elektrofachkraft benötigt.
Gefährdungen und Belastungen des Prüfers: 1. Mangelhafte Vorbereitung, gefährliche Improvisation, Arbeiten unter Zeitdruck 2. Arbeiten bei ausgeschalteten oder demontierten Schutzrichtungen 3. Arbeiten unter schwierigen Umgebungsbedingungen 4. Arbeiten auf Leitern 5. Arbeiten unter Spannung oder in der Nähe von spannungsführenden Leitern	Keine Gefährdung
<b>Weitere Unterscheidungsmerkmale der RCM-Messung</b>	<b>Vorteile der Isolationsmessung mit DC-Messspannung</b>
Isolationsfehler zwischen aktiven Leiter wird nicht festgestellt. Isolationsfehler zwischen N- und PE können gemessen werden, wenn Verbraucher angeschlossen und eingeschaltet sind.	Kann gemessen werden.
RCMs können nur in TNS und nicht in TN-C-Systemen eingesetzt werden.	Kann in allen Netzformen eingesetzt werden.
Erkennen durch den Ansprechwert keine hochohmigen Isolationsfehler laut DIN EN 50110-1 (VDE 0105-1).	Ansprechwert ab ca. 5 mA: Isolationsfehler kleiner 40 kOhm zwischen Phase und Erde können gemessen werden.
Bei der Isolationsprüfung werden symmetrische und unsymmetrische ohmsche Isolationsfehler erfasst. Kapazitive Fehlerströme sind brand-ungefährlich, da sie sich gleichmäßig auf die Leitungslänge aufteilen.	Erkennt nur unsymmetrische kapazitive und ohmsche Fehler.
Es gibt noch keine genormten Ansprechwerte. Die Ansprechwerte können je nach Netzableitkapazität und Anlage stark schwanken. Die Auswahl des richtigen Ansprechwertes muss von einer Elektrofachkraft durchgeführt werden.	Min. Isolationswerte sind in DIN VDE 0105-100: 2000-06 vorgegeben
Bedingt einsetzbar in Anlagenteilen, wo kein Schutzleiter mitgeführt wird. Zur sicheren Beurteilung des Isolationswiderstandes sollte der PE immer mitgeführt werden.	
In IT-Systemen kann der Fehlerstrom nicht einem Isolationsfehler hinter dem Messstromwandler zugeordnet werden.	Kann in allen Netzformen eingesetzt werden.

Tabelle 3: Vergleichstabelle Isolationsmessung/RCM-Überwachung

## 10. Zusammenfassung

Innerhalb ortsfester elektrischer Anlagen und Betriebsmittel bieten die Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen eine optimale Möglichkeit zur Beurteilung des tatsächlichen Isolationszustandes. Die gemessenen Fehlerströme lassen sich eindeutig den jeweiligen Stromkreisen zuordnen und somit ist eine anlagenbezogene sicherheitstechnische Zustandsbewertung möglich. Dabei ist das Messverfahren der anzuwendenden Differenzstrom-Überwachungsgeräte (RCMs) und der anzuschließenden Messstromwandler anlagenspezifisch (siehe Abschnitt 4.1) auszuwählen. Im Rahmen der ständigen Überwachung können solche Überwachungseinrichtungen die geforderte „kontinuierliche“ messtechnische Prüfung sicherstellen. Ebenso wird bei Stromkreisen, die durch Differenzstrom-Überwachungseinrichtungen überwacht werden, der Anschluss fehlerhafter handgeführter, elektrischer Betriebsmittel messtechnisch erfasst, visualisiert und gegebenenfalls der Stromkreis abgeschaltet. Das setzt voraus, dass die zulässigen Grenzwerte des Fehlerstroms von einer Elektrofachkraft anlagenspezifisch vorgegeben werden.

Über die zeitliche Dokumentation des Anlagenverhaltens, z. B. Senkung oder Erhöhung der Fehlerströme wird es möglich, angepasste Prüffristen für die anzuschließenden elektrischen Arbeitsmittel festzulegen. Wird organisatorisch festgelegt, welche Betriebsmittel betriebsbedingt zum Einsatz kommen, kann aufgrund der Messergebnisse eine Korrektur der Prüfintervalle vorgenommen werden. Die bisherigen praktischen Erfahrungen zeigen eindeutig, dass mit diesem Messverfahren eine zugeschnittene Zuordnung der einzelnen Wiederholungsprüfungen möglich wird und somit das Schutzziel der BetrSichV „Festlegung gefährdungsbezogener Prüffristen“ erfüllt wird. Es bleibt zu hoffen, dass diese Lösungsmöglichkeit Einzug in das technische Regelwerk zur BetrSichV findet und als beispielhafte Lösung zur Sicherstellung der notwendigen Geräteprüfungen praxisnah umgesetzt wird.

Dieter Seibel, BGFE  
Wolfgang Hofheinz, W. Bender GmbH