

Bericht der Arbeitsgruppe

„Fehlerstrom-Schutzschalter“

der Kommission Arbeitsschutz und Normung, Sankt Augustin

Stand: Oktober 2001

Ansprechpartner:

KAN – Kommission Arbeitsschutz und Normung
Geschäftsstelle
Herr Mattiuzzo
Alte Heerstr. 111
53757 Sankt Augustin
Tel.: 02241/231-3450
Fax: 02241/231-3464
E-Mail: mattiuzzo@kan.de

Leerseite

Inhalt

Teil 1: Darstellung des Sachverhalts	5
1 In welchen Bereichen bzw. mit welchen Betriebsmitteln treten Gefährdungen auf?	5
1.1 Literatur.....	5
1.2 Ergänzung.....	5
2 Erläuterungen zum Verständnis der technischen Zusammenhänge beim Schutz vor elektrischem Schlag	5
2.1 Sicherheit elektrischer Anlagen und Betriebsmittel	5
2.2 Schutzmaßnahmen.....	6
2.3 Realisieren des Fehlerschutzes.....	7
3 Ursachen für bestehende Gefährdungen durch elektrischen Schlag bei Niederspannung	8
3.1 Literatur.....	8
3.2 Ergänzung.....	9
3.3 Situationen, die nach Ansicht der Arbeitsgruppe zu Gefährdungen durch elektrischen Schlag bei Benutzung von Betriebsmitteln führen können, unterschieden nach deren Schutzklasse	9
4 Bestehende Bestimmungen für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Deutschland	10
5 Vorwiegend angewandte Netzsysteme nach Art der Erdverbindung, evtl. ungewöhnliche Abgrenzung der Verantwortungsbereiche und Vorschriften für den Zusatzschutz in einigen Ländern Europas im Vergleich	10

Teil 2: Überlegungen um bestehende Gefährdungen zu vermeiden 12

6 Literatur	12
7 Erörterung möglicher zusätzlicher Maßnahmen an der festen Installation zur Erhöhung der Sicherheit	12
8 Erörterung möglicher zusätzlicher Maßnahmen an den ortsveränderlichen Betriebsmitteln	15
8.1 Grundsätzliches	15
8.2 Technisch mögliche Gestaltung von PRCDs bei Geräten der Schutzklasse I .	15
8.3 Risikoanalyse bei der Auswahl der PRCDs zu Geräten der Schutzklasse I	15
9 RCDs vorzugsweise in der festen Installation oder als (portable) PRCDs?	16
10 Funktion von RCDs bei variierenden Frequenzen	16

Teil 3: Vorschläge der Arbeitsgruppe 18

11 Neue Festinstallationen.....	18
12 Ortsveränderliche Geräte der Schutzklasse II	18
13 Ortsveränderliche Geräte der Schutzklasse I	18
14 Technische Gestaltung von RCDs in der Festinstallation	19
15 Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Nicht-50-Hertz-Bereich	19
16 Private Altanlagen.....	20

Teil 1: Darstellung des Sachverhalts

1 In welchen Bereichen bzw. mit welchen Betriebsmitteln treten Gefährdungen auf?

1.1 Literatur

In der jüngsten Vergangenheit musste eine leichte relative Zunahme der Stromunfälle verzeichnet werden. ... Bei Elektrolaien führt in erster Linie die Handhabung elektrischer Verbrauchsmittel, wie der Umgang mit elektromotorischen Geräten und Elektrowerkzeugen, zum Unfall und vor allem die (in der Regel) unbefugt vorgenommenen Arbeiten an elektrischen Ausrüstungen von Maschinen aller Art sowie an der so genannten festen Installation. ... Im Unfallgeschehen beim Umgang mit elektrischen Verbrauchsmitteln traten bei einer früheren Auswertung insbesondere die Elektrohandwerkzeuge als Unfallhäufigkeitsschwerpunkte hervor [1].

Signifikant ist die Häufung von Unfällen an bestimmten Orten, wobei der Privathaushalt und hierin wieder die Badezimmer, das Freie und Küchen den Schwerpunkt bilden. Elektrounfälle verlaufen besonders häufig dort tödlich, wo leitfähige Gegenstände oder Wasser eine großflächige Berührstelle mit dem Nullpotential darbieten [2].

1.2 Ergänzung

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe treten zudem in bestimmten Bereichen verstärkt Gefährdungen auf. Dazu gehören z.B. Heim- und Gartenbereich, Naßbereiche der Metallindustrie, Geräte in der Landwirtschaft und auf Kleinstbaustellen, Kernbohrmaschinen und handgeführte Nass- und Trockenschleifmaschinen.

2 Erläuterungen zum Verständnis der technischen Zusammenhänge beim Schutz vor elektrischem Schlag

2.1 Sicherheit elektrischer Anlagen und Betriebsmittel

Die Sicherheit elektrischer Anlagen und Betriebsmittel wird auf mehreren Ebenen beeinflusst:

- **Errichten** neuer Anlagen und Beschaffenheit von elektrischen Betriebsmitteln.
⇒ Die Verantwortung für das korrekte Errichten von festen Installationen liegt für Arbeitsstätten beim Unternehmer und im privaten Bereich aufgrund der „Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden“ (AVBEItV) gemeinsam bei den Elektrizitätsversorgungsunternehmen (EVU's) und dem Hausbesitzer. Grundlage ist jeweils die DIN VDE 0100 mit ihren verschiedenen Teilen (z.B. Teil 410 – Schutz – bzw. die Teile 7xx – besondere Bedingungen).

- ⇒ Die Verantwortung für die Beschaffenheit von elektrischen Betriebsmitteln liegt entsprechend der Niederspannungs-Richtlinie 73/23/EWG beim Inverkehrbringer.
- **Betreiben und Instandhalten** von bestehenden Anlagen und Betriebsmitteln.
- ⇒ Die Verantwortung für das korrekte Betreiben und Instandhalten von Installationen und Betriebsmitteln liegt für Arbeitsstätten aufgrund des Arbeitsschutzrechts beim Unternehmer.
Fehler können hier durch falsches Verhalten der ausführenden Personen entstehen (so genannte organisatorische Fehler, z.B. Vernachlässigen der Prüfvorschriften o.ä.).
- ⇒ Im privaten Bereich gibt es keine gesetzlichen Vorschriften, die dem Bürger das korrekte Betreiben und Instandhalten seiner Betriebsmittel und festen Installationen vorschreiben.
Fehler können hier durch fehlende regelmäßige Prüfungen oder laienhafte Wartungsarbeiten entstehen. Zudem besteht kein Nachrüstzwang auf den jeweiligen Stand der Technik (Bestandsschutz).
- Letzteres führt zum **Problem der Altanlagen**, deren Zustand heutigen Sicherheitsstandards häufig nicht genügt, oder zumindest dem Benutzer (Hausbesitzer oder Handwerker im Haus) nicht bekannt ist.

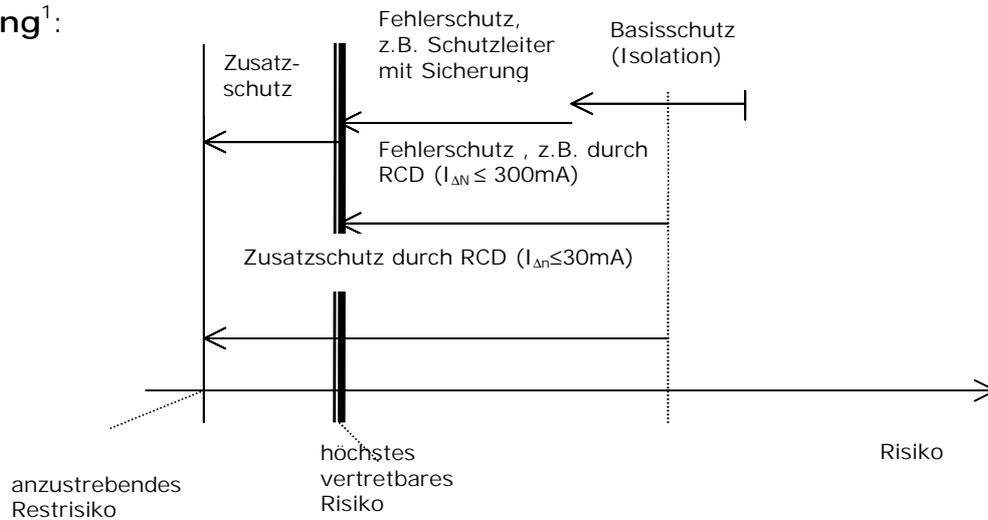
2.2 Schutzmaßnahmen

Die Reduzierung des Risikos durch elektrischen Schlag kann durch Schutzmaßnahmen, wie in der **Abbildung** beschrieben, erreicht werden. Diese Darstellung setzt jedoch voraus, dass die *Installation vollkommen fehlerfrei errichtet* wird, das heißt entsprechend den einschlägigen Gesetzen und Normen!

Die Abbildung erläutert folgende Zusammenhänge:

- Ein Basisschutz schützt gegen direktes Berühren. Falls dieser versagt (1. Fehler), sorgt der Fehlerschutz dafür, dass auch weiterhin keine Gesundheitsgefährdung durch elektrischen Schlag auftritt. Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ($I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$) sorgen für Zusatzschutz bei einem 2. Fehler oder Schutz bei direktem Berühren von spannungsführenden Teilen.
- Für den Fehlerschutz eingesetzte Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ($I_{\Delta n} \leq 300\text{mA}$) können im Falle eines Fehlers im Basisschutz auch erhebliche Teile des ursprünglich durch Basisschutz reduzierten Risikos mit abdecken.
- Für den Zusatzschutz eingesetzte Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ($I_{\Delta n} \leq 30\text{mA}$) können im Falle eines Fehlers im Fehlerschutz auch erhebliche Teile des ursprünglich durch Fehler- und Basisschutz reduzierten Risikos mit abdecken.

Abbildung¹:



2.3 Realisieren des Fehlerschutzes

Um die Gefährdung durch elektrischen Schlag *bei Benutzung von elektrischen Betriebsmitteln* zu reduzieren, kann die in der Abbildung¹ beschriebene Schutzmaßnahme „Fehlerschutz“ auf verschiedene Weise realisiert werden (Basisschutz wird in der Regel durch Isolierung erreicht):

- Betriebsmittel der Schutzklasse I:
Fehlerschutz durch **Schutzleiteranschluss** im Zusammenwirken mit **Ab-schalteinrichtung in der festen Installation** (Netz)
⇒ *Fehlerschutz hat mehrfachen, sicherheitsrelevanten Bezug zur Festinstallation (Netz)*
⇒ *Geräte der Schutzklasse I erfordern zum ordnungsgemäßen automatischen Abschalten durch die Schutzeinrichtung schon bei einem Isolationsfehler als 1. Fehler ein intaktes Netz (Einhaltung der Abschaltbedingungen)*
- Betriebsmittel der Schutzklasse II:
Fehlerschutz durch zusätzliche Isolierung oder verstärkte Basisisolierung
⇒ *Fehlerschutz:*
 - *hat keinen sicherheitsrelevanten Bezug zur Festinstallation (Netz),*
 - *sieht keinen Schutz durch Abschaltung vor (Besonderheit des Schutzes durch Isolation)*

¹ Die Abbildung soll die Zusammenhänge veranschaulichen, wie im Allgemeinen durch Zusatzschutz das Risiko reduziert werden kann; die Abbildung erhebt nicht den Anspruch, alle in der Praxis vorkommenden Situationen darzustellen.

- Betriebsmittel der Schutzklasse III:
Fehlerschutz durch Schutzkleinspannung (50V AC bzw. 120V DC), die durch Sicherheitstransformatoren erzeugt wird.
- ⇒ Weitere Arten des Fehlerschutzes für besondere Anwendungen sind: Schutz durch nicht leitende Räume, Schutz durch erdfreien Potenzialausgleich, Schutz-trennung.

3 Ursachen für bestehende Gefährdungen durch elektrischen Schlag bei Niederspannung

3.1 Literatur

Beim Niederspannungsunfall der Elektrolaien stehen mit rund 47% Schäden oder Fehler an elektrischen Betriebsmitteln und Anlagen als erstrangige Unfallursachen im Vordergrund. ... Schäden an Steckvorrichtungen, an Anschluss- und Verlängerungsleitungen und an Kupplungen sowie mangelhafter Schutz gegen direktes Berühren an den Geräten selbst sind in erster Linie für dieses Unfallgeschehen maßgebend. ... Bei fast $\frac{3}{4}$ aller Unfälle mit Elektrohandwerkzeugen waren Schäden oder Fehler am Werkzeug einschließlich seiner Zuleitung die Unfallursache; $\frac{1}{4}$ der Unfälle trat ein, ohne dass das Elektrohandwerkzeug fehlerhaft war. Bei diesem Anteil lagen die Fehler u.a. in der Anlage, z.B.: Schutzleiterfehler und Isolationsfehler in Steckdosen, Isolations- oder Schutzleiterfehler in Verlängerungsleitungen, oder es wurden mit dem Werkzeug unter Spannung stehende Leitungen angebohrt, angesägt oder angeschliffen. 35% aller Schäden oder Fehler am Elektrohandwerkzeug waren Defekte an der Isolierung der beweglichen Anschlussleitung innerhalb der freien Leitungslänge und an der Kabeleinführung, am Knickschutz oder der Zugentlastung. Neben den Gerätefehlern sind etwa mit 11% Fehler in der Anlage, insbesondere schadhafte Steckdosen, zu nennen. ... Unfallursachen durch Gerätefehler werden als Sachfehler ausgewiesen, obwohl sie bei richtiger Information der Elektrolaien auch als Verhaltensfehler organisatorischer Art durch Fehlverhalten Dritter für die Arbeitssicherheit verantwortlicher Personen zu werten wären. Da die Gerätefehler und häufig auch die Anlagenfehler, z.B. defekte Steckdosen, von den Verunglückten auch bei geringem technischem Verständnis bei einfacher Sichtprüfung hätten erkannt werden können, liegen die Unfallursachen auch in Unachtsamkeit und Leichtsinns der Verunglückten. Den für die Sicherheit Verantwortlichen sind Versäumnisse anzulasten, da notwendige Prüfungen nicht durchgeführt wurden oder als zu wenig häufig bezeichnet werden mussten [1].

Die Untersuchung der Fehlerstellen ergibt eine Häufung von fehlerhaften Reparaturen und Montagen vornehmlich in Steckern, Kupplungssteckdosen, Abzweig-dosen, Steckdosen und an beweglichen Anschlussleitungen, schwerpunktmäßig haben Laien diese Montagen und Reparaturen durchgeführt. Dominant sind die Leiter-Schutzleiterverschaltung und/oder eine Schutzleiterunterbrechung. Auch die Unterbrechung des PEN-Leiters bei „klassischer Nullung“ ist immer noch zu beobach-

ten. Reparatur und Erweiterung vorhandener Anlagen und vor allem von beweglichen Betriebsmitteln sind Unfallschwerpunkt [2].

3.2 Ergänzung

Vergleiche zwischen regelmäßig und nicht regelmäßig geprüften elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln ergeben, dass das Sicherheitsniveau derer, die keiner Prüfpflicht unterliegen, wesentlich schlechter ist.

In jedem von der Maschinenbau- und Metall-BG untersuchten Kleinbetrieb waren durchschnittlich 2 Schutzleiter-Fehler zu verzeichnen, was auch für diesen Bereich das hohe Gefährdungspotenzial aufzeigt.

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe ist darüber hinaus zu befürchten, dass die Mängelliste bei privaten Anlagen zukünftig größer wird. Denn Versorgungsnetze werden zunehmend auch privat betrieben und diese privaten und harter Konkurrenz ausgesetzten Betreiber sind dann für die Kontrolle der Anschlussbedingungen zuständig. Zudem steht zu befürchten, dass auch die etablierten EVUs zur Überprüfung der Anschlussbedingungen wegen des ständig steigenden Kostendrucks weniger Ressourcen aufbringen werden.

3.3 Situationen, die nach Ansicht der Arbeitsgruppe zu Gefährdungen durch elektrischen Schlag bei Benutzung von Betriebsmitteln führen können, unterschieden nach deren Schutzklasse

1. bei Betriebsmitteln der Schutzklasse I:

- Unterbrechung des Schutzleiters
- unter Spannung stehender Schutzleiter
- Abschaltorgan (LS-Schalter; evtl. vorhandene FI-Schutzeinrichtung; etc.) defekt
- Auslösebedingungen nicht gegeben (Leitungslänge, Schleifenimpedanzen)
- Kontakt mit Fremdleitung

2. bei Betriebsmitteln der Schutzklasse II (dazu gehören in der Regel auch alle Zuleitungen):

- Beschädigung
- Überbrückung beider Isolierungen (Feuchte, Krustenbildung etc.)

⇒ *Einige Geräte der Schutzklasse II können daher streng genommen nicht als solche betrachtet werden, da bei ihnen – selbst bei bestimmungsgemäßem Gebrauch – die Isolation nicht den Betriebsbedingungen standhält.*

- Kontakt mit Fremdleitung

3. Betriebsmittel der Schutzklasse III weisen wegen der Zuverlässigkeit der Sicherheitstransformatoren einen hohen Sicherheitsstandard auf, werden aber wegen ihrer geringen Leistung (niedrige Spannungen) nicht als sinnvolle Alter-

nativen für die breite Anwendung gesehen und für die weitere Betrachtung nicht in Erwägung gezogen.

4 Bestehende Bestimmungen für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Deutschland

Die Normen der Reihe VDE 0100 behandeln Starkstromanlagen mit Nennwechselspannungen bis 1 kV. Für die Anwendung (Vorschriften bzw. Empfehlungen) von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen handelt es sich insbesondere um Teil 410 (Schutz gegen elektrischen Schlag), sowie verschiedene Teile der Serie 7XX, in denen zusätzliche Bestimmungen für Räume und Anlagen besonderer Art festgelegt werden.

Hervorzuheben ist, dass durch die Unfallverhütungsvorschrift BGV A2 in Verbindung mit VDE 0100-704 und BGI 608 jede Kleinbaustelle immer über einen Zusatzschutz verfügen muss. Allerdings sind einzelne Empfehlungen der BGI 608 nur durch so genannte PRCD-S zu erfüllen, die im Augenblick ausschließlich von einem Hersteller angeboten werden.

5 Vorwiegend angewandte Netzsysteme nach Art der Erdverbindung, evtl. ungewöhnliche Abgrenzung der Verantwortungsbereiche und Vorschriften für den Zusatzschutz in einigen Ländern Europas im Vergleich

DE: TN- und TT-Systeme; IT-Systeme nur in einzelnen Industrieunternehmen, Krankenhäusern und wenigen sehr alten Netzen in den neuen Ländern; bei wesentlichen Änderungen müssen auch private Anlagen auf den neuesten Stand gebracht werden; bei TT-Systemen werden RCDs mit $I_{\Delta N} \leq 500$ (oder 300) mA als Fehlerstromschutz angewandt. Da EVU's in Deutschland keine Werte für Erdungswiderstände garantieren, wird eine hauseigene Erde vorgesehen; Zusatzschutz $I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$ wird nur für spezielle Anwendungen verlangt (z.B. Außensteckdosen).

A: TN- und TT-Systeme, jedoch müssen EVU's überall auf TN-Systeme umrüsten und dies wird auch durchgeführt; Zusatzschutz ($I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$) muss für spezielle Anwendungen aber auch an allen Steckdosenstromkreisen realisiert werden (in der Praxis etwa 1 RCD/5 Steckdosen).

GB: Alle Netzsysteme nach Art der Erdung sind vorhanden; Zusatzschutz ($I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$) wird nur für spezielle Anwendungen verlangt.

F: TT-Systeme dominieren; im Bereich des Zählers ist grundsätzlich ein LS-Schalter vorgesehen; dieser kann bei TN-Systemen optional mit einem RCD kombiniert werden; bei TT-Systemen muss er mit einem RCD kombiniert werden, dessen Empfindlichkeit in Abhängigkeit des vom EVU garantierten Erdungswiderstands auszuwählen ist; in einigen Fällen – immer wenn das RCD mit $I_{\Delta N} \leq 30\text{ mA}$ eingesetzt werden muss – ergibt sich daraus gewissermaßen das Niveau eines Zusatzschutzes; für Steckdosen ist ein Zusatzschutz von $I_{\Delta N} \leq 30\text{ mA}$ vorgeschrieben.

I: TN-Systeme und TT-Systeme (vorwiegend mittlere und kleinere Abnehmer); Im Bereich des Arbeitsschutzes sind regelmäßige Überprüfungen der Erdung vorgeschrieben; neue und existierende Anlagen müssen den bestehenden Sicherheitsvorschriften entsprechen; TT-Systeme müssen mit RCD $I_{\Delta n} \leq 1000$ mA ausgestattet sein; es obliegt der Verantwortung des (qualifizierten) Installateurs in Anbetracht des vorhandenen Erdungswiderstands den Wert von $I_{\Delta n}$ zu reduzieren; Zusatzschutz $I_{\Delta n} \leq 30$ mA ist nicht vorgeschrieben, wird aber empfohlen.

S: TN-Systeme für das öffentliche Versorgungsnetz, IT-Systeme für die lokale Anwendung in einigen Industrieanlagen, TT-Systeme sind normalerweise nicht erlaubt; die Verantwortung für elektrische Anlagen sind nicht wie sonst üblich fest auf Versorger und Abnehmer verteilt, sondern folgen einem „Agreement about electrical installation“ zwischen beiden; bemerkenswert ist, dass Arbeiten an elektrischen Installationen von all denen durchgeführt werden dürfen, die sich selbst als qualifiziert bezeichnen.

Allgemein: In der EU sind alle Netzsysteme nach Art der Erdung vorhanden, es besteht allerdings zunehmend (auch aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit) die Tendenz, elektrische Netze als TN-Systeme zu gestalten; der Verantwortungsbereich ist in der Regel (außer in S) beim Versorgungsunternehmen bis zum Zähler und von diesem aus abwärts beim Abnehmer; die Vorschriften für den Zusatzschutz sind unterschiedlich, insbesondere in A, aber auch in F und I gibt es stärkere Vorgaben.

Die Situation stellt sich damit in Europa sehr komplex dar. Es gibt unterschiedliche Netzsysteme nach Art der Erdung, es gelten unterschiedliche gesetzliche Anforderungen an Neuanlagen sowie unterschiedliche Anforderungen an bestehende Anlagen. Dem muss bei Erwägungen zur Reduzierung der bestehenden Gefährdungen Rechnung getragen werden.

Insbesondere die vollständige Harmonisierung im Bereich der Betriebsmittel führt dazu, dass jede Maßnahme, die evtl. in der diesbezüglichen Produktnormung durchgesetzt werden soll, von den einzelnen Ländern auf Grund der dort vorliegenden Situation der festen Installationen kritisch bewertet werden wird.

Teil 2: Überlegungen um bestehende Gefährdungen zu vermeiden

6 Literatur

Sofern nicht Schutzkleinspannung, Schutztrennung oder Schutzisolierung angewendet wird, ist der einwandfreie Zustand des Schutzleiteranschlusses die wichtigste Forderung beim Einsatz elektrischer Betriebsmittel, damit im Fehlerfall rechtzeitig selbsttätig eine Abschaltung des Gerätes erfolgen kann. ... Man sollte sich darüber im Klaren sein, dass bei elektrischen Betriebsmitteln je nach Art der Schutzklasse nicht nur eine regelmäßige Prüfung der Geräte und Apparate und ihrer Anschlussleitungen und Steckvorrichtungen für die Sicherheit dieser Betriebsmittel erforderlich ist; auch die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen bei den vorgeschalteten Verteilungen sind von entscheidender Bedeutung. ... Eine verstärkte sicherheitstechnische Information und Unterweisung der an elektrischen Anlagen und elektrischen Betriebsmitteln tätigen Personen muss schließlich garantieren, dass vor Beginn der Arbeiten immer, auch unter allen denkbaren Betriebsverhältnissen zunächst bestimmte schematisch festgelegte Sicherheitsmaßnahmen abgewickelt werden [1].

Den an dieser Stelle 1982 gegebenen Empfehlungen, nämlich Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen als zusätzliche Schutzmaßnahme für diejenigen Bereiche vorzusehen, wo Unfälle mit Stromfluss gegen 0-Potenzial gehäuft aufgetreten sind, ist die Entwicklung des Vorschriftenwerkes weitgehend gefolgt. Auch portable FI-Schalter zur Schutzpegelerhöhung führen sich in zunehmendem Maß ein. Die Anwendung dieser Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ($I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$) wird z.B. in DIN VDE 0100/739 empfohlen [2].

7 Erörterung möglicher zusätzlicher Maßnahmen an der festen Installation zur Erhöhung der Sicherheit

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe können unter der Voraussetzung, dass Anlagen und Betriebsmittel fachgerecht errichtet werden, elektrische Installationen insgesamt als „risikoarm“ bezeichnet werden. Trotzdem besteht ein bestimmtes „Restrisiko“, das auf Fehler beim Betreiben und Instandhalten sowie auf Alterungsprozesse der Bestandteile und Materialien zurückzuführen ist. Um das Restrisiko zu reduzieren könnten folgende Maßnahmen angewandt werden:

- a) Verbessern der organisatorischen Maßnahmen für Arbeitsstätten.
- b) Einführen organisatorischer Maßnahmen wo noch keine vorhanden sind (z.B. Überprüfungen im privaten Bereich).
- c) Bestandsschutz bei privaten Altanlagen aufheben, um sie an den Stand der Technik anzupassen.
- d) Einsatz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ($I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$).

e) Da, wo Gefährdungen wegen erfahrungsgemäß häufig nicht erfolgreicher Überprüfungen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen auftreten, wird der Einsatz von Geräten geprüft, die ihre Funktionsfähigkeit selbst überwachen.

Zu diesen möglichen Maßnahmen ist zu sagen:

zu a): Da die bereits bestehenden Überprüfungspflichten oder Schutzmaßnahmen teilweise schon nicht eingehalten werden, wäre es unrealistisch das Restrisiko durch zusätzliche Überprüfungen reduzieren zu wollen.

zu b): Für die im privaten Bereich bestehende Gefährdungssituation wären rein organisatorische Maßnahmen (wie Überprüfungen) einerseits nicht ausreichend und zudem bei realistischer Betrachtung auch schwer durchsetz- bzw. durchführbar.

zu c): Eine wirkliche Anpassung privater Altanlagen würde in vielen Fällen mit einem enormen Aufwand verbunden sein, da über den Einbau von neuen Geräten und Schaltern hinaus beispielsweise auch neue Leitungen verlegt werden müssten. Eine weniger tiefgreifende Maßnahme wäre die Beschränkung auf Teilbereiche – so könnte man sich z.B. auf Badezimmer und Küchen beschränken oder nur die Steckdosen mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ausrüsten. Die soziale Akzeptanz einer solchen Aufhebung des Bestandsschutzes ist eher fraglich.

zu d): Die verbindliche Einführung Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen ($I_{\Delta N} \leq 30\text{mA}$) wäre eine Lösung, die das Restrisiko spürbar herabsetzen würde. Zunächst wäre sie allerdings auf das Errichten von Neuanlagen oder wesentliche Erweiterungen beschränkt.

zu e): Bisher durchgeführte Untersuchungen (z.B. von Biegelmeier, Elektroberatung Bayern, BAuA oder der BG) ergaben, dass bis zu 6% aller untersuchten, fest installierten RCDs ihre Schutzfunktion nicht mehr erfüllten. Dabei lassen sie den Benutzer jedoch im Glauben, er sei geschützt.

Ohne Zweifel würde ein regelmäßiges Drücken der Prüftaste diese Situation erheblich verbessern, denn der Defekt würde erkannt und das RCD könnte im Falle eines Defektes ausgewechselt werden. Zudem bewirkt das Drücken der Prüftaste neben der Testfunktion auch eine Rekonditionierung wichtiger Funktionen, die ansonsten mit zunehmender Alterung ausfallen können. Es handelt sich um ein Komfortproblem, denn trotz bestehender Vorschriften und Empfehlungen wird die Prüftaste z.B. im landwirtschaftlichen und privaten Bereich sehr häufig nicht regelmäßig gedrückt. Dieses Komfortproblem hat somit einige Sicherheitsrelevanz.

Verschiedene Hersteller haben Vorschläge zur Erhöhung der Zuverlässigkeit von RCDs gemacht, denen z.B. folgende Überlegungen zu Grunde liegen:

- Unter der Voraussetzung, dass der Komplex *Schaltwerk/Schaltkontakte* relativ zuverlässig ist, das heißt die Fehlerrate nicht dominiert, wäre es mittels einer zusätzlichen Testelektronik sinnvoll, den Komplex *Vorverarbeitung* im RCD zyklisch und ohne Funktionsunterbrechung elektronisch zu testen und/oder rekonditionieren zu lassen. Damit hätte der Betreiber einen erheblichen Komfortgewinn, denn er müsste das Drücken der Prüftaste nur noch für den Komplex *Schaltwerk/Schaltkontakte* in sehr großen Zeitabständen (voraussichtliche Größenordnung: einige Jahre) ausführen. Letzteres könnte u.a. dann geschehen, wenn ohnehin eine von einer Elektrofachkraft durchzuführende Wiederholungsprüfung der betreffenden Anlage ansteht.
- Unter der Voraussetzung, dass sogar die gesamte Funktion des „Drückens der Prüftaste“ von einer geeigneten Testelektronik übernommen werden könnte, bräuchte vom Betreiber keine organisatorische Maßnahme hinsichtlich des RCD mehr durchgeführt zu werden.

Diskussion dazu:

⇒ Es ist noch nicht öffentlich nachgewiesen, dass der Komplex *Schaltwerk/Schaltkontakte* relativ zuverlässig ist, das heißt die Fehlerrate nicht dominiert.

⇒ Während eine Kontrollfunktion der Testelektronik einwandfrei realisiert werden kann, muss ihre Fähigkeit zur Rekonditionierung noch öffentlich nachgewiesen werden.

⇒ Ein RCD muss nach den gültigen Normen auch spannungsunabhängig funktionieren; selbst wenn ein oben vorgestelltes RCD dies könnte, würde es vom VDE nicht dessen Prüfzeichen erhalten. Dies liegt an einer strikten Auslegung des Normentextes, nach der das RCD – einschließlich Testelektronik – stromlos funktionieren muss. Da dieses Bauteil an sich jedoch keine Auswirkung auf die Schutzfunktion des RCD hat, wird dies von anderen Prüfstellen nicht verlangt.

⇒ Das RCD darf durch die Testelektronik nicht öfter ungewollt auslösen. Gleichzeitig darf auch die Auslösefähigkeit des RCD durch die Testelektronik nicht verschlechtert werden. Diese so genannte Rückwirkungsfreiheit ist jedoch nicht leicht nachzuweisen.

⇒ Die Frage ist, was passiert, wenn die Testelektronik feststellt, dass das RCD nicht funktioniert. Eine sofortige Abschaltung ist zumindest stark diskussionsbedürftig, denn auf die Verfügbarkeit des Stroms ohne aktuellen, tatsächlich gefährdenden Fehler kann nicht ohne weiteres verzichtet werden. Ein nicht funktionierendes RCD stellt für sich selbst keine Gefahr dar, sondern täuscht nur eine nicht vorhandene Schutzwirkung vor.

⇒ Es ist zu klären, ob solche Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen unter erschwerten Umgebungsbedingungen in bestimmten Einsatzbereichen immer geeignet sind.

8 Erörterung möglicher zusätzlicher Maßnahmen an den ortsveränderlichen Betriebsmitteln

8.1 Grundsätzliches

Ein PRCD ist immer zur Schutzpegelerhöhung bei der Verwendung von ortsveränderlichen Betriebsmitteln an Steckdosen aufzufassen.

Während VDE 0661 seit 1988 den PRCD mit geschaltetem Schutzleiter beschreibt, sehen IEC 61540 und prHD 639 S1 nur den PRCD mit nicht geschaltetem Schutzleiter vor und verbieten sogar solche mit geschaltetem Schutzleiter; entsprechend wurde von DE eine SNC (Special National Condition) zu PRCD mit geschaltetem Schutzleiter mit und ohne Schutzleiterüberwachung beantragt, die jedoch abgelehnt worden ist (siehe dazu E VDE 0661-101/A3 bzw. prHD 639 S1/prAA, April 2000); statt dessen wird die VDE 0661 für PRCD mit geschaltetem Schutzleiter in Deutschland als so genannte Restnorm neu herausgegeben. In Australien und Deutschland sind PRCDs mit geschaltetem Schutzleiter üblich.

Die verbindliche Anwendung bei bestimmten Geräten von PRCDs, die auch die Schutzleiterfunktion sicherstellen und bei PE-Fehlern gar nicht einzuschalten sind (so genannte PRCD-S), würde bei bestimmten Anwendern auf große Widerstände treffen; denn solche Geräte sind z.B. bei IT-Systemen nicht funktionsfähig und es ist zudem zu befürchten, dass viele Anwender das Fehlen des Schutzleiters eher in Kauf nehmen, als ihre Arbeit nicht weiter führen zu können.

8.2 Technisch mögliche Gestaltung von PRCDs bei Geräten der Schutzklasse I

Man unterscheidet zwischen 3 Typen von PRCD:

- mit nicht geschaltetem Schutzleiter nach der inzwischen in Europa als HD 639 S1 übernommenen IEC 61540;
- mit geschaltetem Schutzleiter nach VDE 0661 und mit Prüffunktionen nach BGI 608.

8.3 Risikoanalyse bei der Auswahl der PRCDs zu Geräten der Schutzklasse I

In vielen internationalen Gremien und auch seitens einiger Experten in Deutschland wird im Augenblick der Einsatz von PRCDs nach IEC 61540 als ausreichend angesehen. Offenbar deshalb, weil folgende Kriterien zur Auswahl eines geeigneten PRCD mit herangezogen wurden:

- die Einsetzbarkeit bei jedem Netzsystem nach Art der Erdung (Vorteil für die Anwender, Vermeiden von Manipulationen);
- der Vertrieb einheitlicher Geräte weltweit (Vorteil für die Hersteller);
- die Möglichkeit ohne technischen Aufwand auch nach Abschaltung Fremdströme ableiten zu können.

Aus Sicht der Arbeitsgruppe liegt dieser Haltung jedoch die Fehleinschätzung zu Grunde, dass der Schutz vor einem "2. Fehler" auf einem sicherheitstechnisch akzeptablen Niveau gewährleistet ist. Die Risikoanalyse betrachtet dabei Anlage und ortsveränderliches Gerät als Einheit und stellt der Ein-Fehler-Theorie entsprechend fest, dass gleichzeitige Fehler in Anlage und Gerät äußerst unwahrscheinlich sind.

Nach Einschätzung der Arbeitsgruppe muss die Risikoanalyse jedoch gestaffelt durchgeführt werden. In diesem Falle muss man davon ausgehen, dass mit sicherheitstechnisch vergleichsweise hoher Wahrscheinlichkeit ein dauerhafter Anlagenfehler vorliegen kann. Dies heißt, dass die Zuverlässigkeit des Komplexes Schutzleiter/Abschaltorgan aus sicherheitstechnischer Sicht kritisch ist. Somit kommt man bei der Risikoanalyse von ortsveränderlichen Geräten zum Schluss, dass bei Normalbetrieb zusätzlich am Gerät auftretende Fehler ähnlich wahrscheinlich sind wie ein 1. Fehler aber gleichzeitig zu erheblichen Gefährdungen führen können (vergleichbar mit den von einem "2. Fehler" verursachten).

Zudem würde im immer noch häufig auftretenden Fall der „klassischen Nullung“, wo Schutz- und Neutralleiter im so genannten PEN-Leiter zusammengeführt werden, ein PRCD mit nicht geschaltetem Schutzleiter bei Unterbrechung des PEN-Leiters auch im Fehlerfall keinen ausreichenden Schutz bieten.

Gleichzeitig ist bei der Verwendung von PRCDs mit geschaltetem Schutzleiter in die Risikoanalyse mit einzubeziehen, dass es Geräte gibt, bei denen eine Gefährdung wegen Berührens eines anderen (so genannten Fremd-)Stromkreises bestehen kann, z.B. durch Anbohren einer Leitung. Die Schutzleiterverbindung muss in diesem besonderen Fehlerfalle des Berührens einer solchen "Fremdspannung eines anderen Stromkreises" aufrecht erhalten und nicht geschaltet werden, damit der Fehlerstrom über den Schutzleiterpfad abfließen kann.

9 RCDs vorzugsweise in der festen Installation oder als (portable) PRCDs?

Eine Fehlerstrom-Schutzeinrichtung sollte so nah wie möglich am Beginn der elektrischen Versorgungskette installiert sein.

Dies bedeutet, dass RCDs *vorzugsweise* in der festen Installation angebracht werden sollten. Zusätzlich sollten „portable RCDs“ für bestimmte ortsveränderliche Geräte verwendet werden.

10 Funktion von RCDs bei variierenden Frequenzen

Historisch gesehen wurden alle elektrischen Betriebsmittel und Geräte für ein 50-Hz-Umfeld entwickelt. Vorschriften und Bedingungen für (Sicherheits-)Prüfungen waren auf diesen Frequenzbereich beschränkt und zwar sowohl im Hinblick auf ihre Fähigkeiten, Ströme zu beherrschen als auch den Menschen zu schützen. Darüber hinaus wird bei der Sicherheitsphilosophie „Schutz durch Abschalten“ eigentlich ein

stromfreier Schutzleiter vorausgesetzt, der jedoch ebenfalls nur im Lichte eines reinen 50-Hz-Umfelds denkbar ist.

Diese historisch begründeten und noch immer bestehenden Rahmenbedingungen der Schutzgerätetechnik entsprechen nicht mehr der rasch zunehmenden Nutzung von Verbrauchsmitteln, die Nicht-50-Hz-Phänomene verursachen. Insbesondere ist festzuhalten:

1. Das in der Praxis auftretende Frequenzspektrum ist unendlich variabel denkbar.
2. Bei Leitungs- und FI-Schutzschaltern verändern sich die Auslöseschwellen bei von 50 Hz abweichenden Frequenzen. Dadurch kann auch die vorgesehene Schutzfunktion beeinträchtigt werden.
3. Ströme anderer Frequenzen haben andere Wirkungen auf den Menschen. Der in der IEC 60479-1 dargestellten Kenntnisstand hinsichtlich der Einwirkungen ist für die heutige Situation nicht ausreichend, da er auf Untersuchungen bei 50 Hz beruht. Die Abhängigkeit der Gefährdung als Funktion der Einwirkungsdauer, Stromstärke **und** Frequenz wurde bisher noch nicht auf wissenschaftlich tragfähiger Basis bestimmt².
4. Trotz einiger technischer Lösungen (wie etwa den so genannten FI-Schutzschaltern des Typs B) gibt es jedoch für viele heute anzutreffenden Fälle noch keine voll befriedigende Lösung.

Auf diese Situation könnte man theoretisch reagieren, indem Alternativen zum automatischen Abschalten, z.B. Schutztrennung, umgesetzt werden. Der notwendige Aufwand wäre allerdings wirtschaftlich nicht vertretbar.

² In IEC 60479-2 ist der Einfluss von sinusförmigen Wechselströmen mit Frequenzen bis 1 kHz für die Gefahr des Herzkammerflimmerns und bis 10 kHz für die jeweiligen Grenzwerte bzgl. der Wahrnehmbarkeit und der Loslassgrenze mit Faktoren bezogen auf 50 Hz dargestellt. Diese Angaben beruhen auf einer geringen Anzahl experimenteller Untersuchungen und gelten für sinusförmige Wechselströme. Für Mischfrequenzen, wie sie z.B. nach Frequenzumrichtern entstehen können und von der Sinusform abweichende Ströme gibt es keine publizierten Werte.

Teil 3: Vorschläge der Arbeitsgruppe

11 Neue Festinstallationen

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe müssen alle Festinstallationen im Verteiler über ein RCD (z.B. mit $I_{\Delta N} \leq 300$ mA) verfügen; zudem müssen alle Steckdosen- und Lichtstromkreise jeweils mit RCD $I_{\Delta N} \leq 30$ mA geschützt sein.

Anmerkung: seitens der Elektroinstallateure kann auf Grund des hohen Konkurrenzdruckes keine Initiative erwartet werden, den *freiwilligen* Zusatzschutz zu fördern, da mit Zusatzschutz ausgerüstete Installationen teurer werden und die Kunden erfahrungsgemäß die kostengünstigste Variante auswählen; die Angebote der Installateure werden daher meist nur den bindenden Vorschriften entsprechen.

12 Ortsveränderliche Geräte der Schutzklasse II

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe müssen einige am Netz betriebene Geräte der Schutzklasse II mit PRCD $I_{\Delta n} \leq 30$ mA zur Schutzpegelerhöhung ausgerüstet sein; darunter können fallen:

- ortsveränderliche Nass- und Trockenschleifmaschinen,
- Kernbohrmaschinen,
- ortsveränderliche landwirtschaftliche Geräte,
- ortsveränderliche Gartengeräte,
- ortsveränderliche Hochdruckreiniger,
- ortsveränderliche Reinigungsgeräte,
- mit oder im Wasser funktionierende ortsveränderliche Pumpen.

Dabei muss das PRCD einen möglichst großen Bereich der Anschlussleitung zur Stromversorgung mitschützen, d.h. möglichst nahe an der Versorgung (Stecker) positioniert sein.

Die entsprechenden Prüfungsvorschriften für PRCDs sind vom zuständigen Komitee für Bauvorschriften für PRCDs (in Deutschland UK 541.3) zu erarbeiten.

13 Ortsveränderliche Geräte der Schutzklasse I

Nach Ansicht der Arbeitsgruppe ist eine Schutzpegelerhöhung bei all den Geräten der Schutzklasse I notwendig, die beim Betrieb in der Hand geführt werden oder auf Grund von Bauart, Nutzung und üblichem Einsatzbereich eine besondere Gefährdung darstellen (z.B. Leitungsroller, Betonmischmaschinen), denn:

- die Zuverlässigkeit des Komplexes Schutzleiter/Abschaltorgan ist kritisch, Anlagenfehler können zweifellos bestehen; diese Tatsache ist vom benutzten ortsveränderlichen Gerät unabhängig;
- in der Regel tritt ein Fehler während der Bedienung des Gerätes auf.

Nach Meinung der Arbeitsgruppe müssen diese Geräte der Schutzklasse I mit PRCDs mit geschaltetem Schutzleiter in Verkehr gebracht werden.

In jedem Fall muss das PRCD einen möglichst großen Bereich der Anschlussleitung zur Stromversorgung mitschützen, d.h. möglichst nahe an der Versorgung (Stekker) positioniert sein.

Die entsprechenden Prüfungsvorschriften für PRCDs sind vom zuständigen Komitee für Bauvorschriften für PRCDs (in Deutschland UK 541.3) zu erarbeiten.

Für diejenigen Geräte, die mit Fremdleitungen in Berührung kommen können (z.B. Kernbohrmaschinen, Bohrhämmer), sollten, so weit nicht bereits vorhanden, Arbeitsschutzvorschriften erlassen werden, die vorschreiben, diese Geräte nur in Verbindung mit PRCD mit Prüffunktion nach BGI 608 zu benutzen. Die Nutzung solcher PRCDs sollte vom Hersteller in jedem Falle in der Betriebsanleitung empfohlen werden.

14 Technische Gestaltung von RCDs in der Festinstallation

Erfahrungsgemäß werden elektrische Anlagen, Betriebsmittel und RCDs nicht wie empfohlen vom Betreiber regelmäßig überprüft.

Im Falle einer defekten Fehlerstrom-Schutzeinrichtung geht der Benutzer irrtümlich davon aus, dass dieser voll funktionsfähig und er entsprechend geschützt ist.

Aus diesem Grunde sollten so schnell wie möglich technische Lösungen zur Reife gebracht und in der Normung verankert werden, die bisher notwendige organisatorische Maßnahmen überflüssig machen.

15 Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Nicht-50-Hertz-Bereich

Die bestehenden Rahmenbedingungen der Schutzgerätetechnik entsprechen nicht mehr der rasch zunehmenden Nutzung von Verbrauchsmitteln, die Nicht-50-Hz-Phänomene verursachen.

Daher muss Grundlagenforschung zu den Auswirkungen von frequenzvariierten Strömen auf den Menschen vorangetrieben und finanziell unterstützt werden, da anderweitig keine sinnvolle Risikoanalyse möglich ist.

Auf Grund der Ergebnisse dieser Arbeiten müsste die Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen überprüft und daraus Bauvorschriften für die Schutzschalt-Geräte abgeleitet werden.

Des Weiteren wäre für die Begrenzung der Ableitströme von Frequenzumrichtern die Bestimmung von Grenzflächen notwendig, die die Funktion „Frequenz-Strom-Einwirkungsdauer“ darstellen. Denn zur Realisierung der bewährten Schutzmaßnahmen müssen die Betriebsmittel (z.B. Frequenzumrichter) den ordnungsgemäßen Einsatz und Betrieb der Schutzschaltgeräte ermöglichen.

16 Private Altanlagen

Elektrische Anlagen sollten auch im häuslichen Bereich dauerhaft in ordnungsgemäßen Zustand erhalten werden. Regelmäßige Prüfungen durch Elektrofachkräfte, wie sie im gewerblichen Bereich durchgeführt werden, würden auch hier zu mehr Sicherheit beitragen.

Daher empfiehlt es sich, Prüfungen an der gesamten elektrischen Anlage regelmäßig und im Falle von Mietwohnungen bei jeder Wohnungsübergabe an der jeweils betroffenen Anlage von Elektrofachkräften durchführen zu lassen. Diese verfügen über die Fachkenntnis, was die notwendigen, angemessenen Maßnahmen zur Behebung der Mängel betrifft.

Betroffene Ministerien, Verbände und Versicherungen können im Rahmen der ihnen zur Verfügung stehenden Möglichkeiten aktiv Anreize zur Umsetzung und Förderung dieser Maßnahmen schaffen.

[1] BG F&E, 1998 „Gefahren des elektrischen Stroms“

[2] H. Zürneck, Schriftenreihe BAuA, 1990 „Ursachen tödlicher Stromunfälle bei Niederspannung“