

**VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung**



## **Sichere Elektrizitätsanwendung**

**Arbeitsergebnisse des VDE-Ausschusses  
Sicherheits- und Unfallforschung  
1973 – 2007**

**VDE**

Titel:

**Sichere Elektrizitätsanwendung**

Untertitel:

**Arbeitsergebnisse des VDE-Ausschusses  
Sicherheits- und Unfallforschung 1973 – 2007**

Autoren:

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Gerhard Hosemann**

**Prof. Dr.-Ing. Helmut Zürneck**

Herausgeber:

**VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung (SUF)**

Geschäftsstelle

Stresemannallee 15

60596 Frankfurt

tel. 069 6308-346

fax. 069 6308-9836

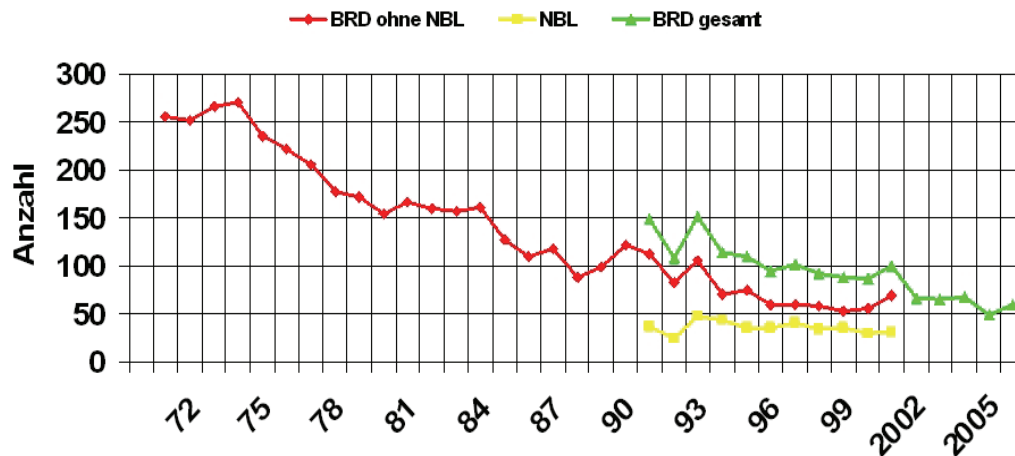
[www.vde.com/suf](http://www.vde.com/suf)

[suf@vde.com](mailto:suf@vde.com)

© VDE 4/2008

## Vorwort

Der VDE-Ausschuss „Sicherheits- und Unfallforschung“ kann selbstbewusst auf eine über dreißigjährige Geschichte zurückblicken. So hat der Ausschuss durch seine Arbeit maßgeblich mit dazu beigetragen, dass wir heute nach Bild 1 nur noch ca. 50 tödliche Stromunfälle im Jahr in Deutschland verzeichnen müssen. Dabei gab es in den sechziger Jahren noch über 400 Stromtote jährlich in Gesamtdeutschland.



**Bild 1 Statistik der tödlichen Stromunfälle**

Im Namen des Ausschusses steht nicht ohne Grund an erster Stelle das Wort Sicherheitsforschung. Es ist nicht vertretbar, dass allein das tatsächliche Unfallgeschehen Maßstab für das Niveau der Sicherheitstechnik sein soll. Anschaulich wird das angesichts der zahlreichen durch Mikroprozessoren gesteuerten Geräte. Diese müssen während der Entwicklung und vor dem in Verkehr bringen umfangreichen Analysen bezüglich der eingesetzten Soft- und Hardware unterzogen werden. Unfallvermeidung heißt aber auch, dass Beinahunfälle und vor Allem auch Unfallursachen mit nicht technischem Hintergrund in die Betrachtungen einbezogen werden müssen.

Die heutige Zusammensetzung des Ausschusses mit Vertretern von Normungsinstitutionen, Prüfinstituten, universitären Einrichtungen, Berufsgenossenschaften und weiteren Fachleuten erlaubt in besonders geeigneter Weise sicherheitstechnische Themen zu diskutieren und Lösungsansätze zu erarbeiten. Nicht zu vergessen die Kooperation mit Vertretern der Nachbarländer Österreich, Schweiz und Belgien. Mit diesem Gremium war insofern die Vorbereitung und Durchführung des 2007 vom VDE-Ausschuss organisierten Workshops zum Thema „Risikobeurteilung zur Konkretisierung staatlicher Vorschriften“ sehr erfolgreich.

Ich möchte die Gelegenheit nutzen allen bisherigen und derzeitigen Mitgliedern des VDE-Ausschusses „Sicherheits- und Unfallforschung“ für die engagierte Arbeit zu danken. Besondere Anerkennung gilt den Herren Prof. Hosemann und Prof. Zürn-  
eck, die mit viel Fleiß einerseits chronologisch die Stationen des Ausschusses und  
andererseits auch dessen wichtigste Arbeitsergebnisse mit der vorliegenden Publi-  
kation zusammen getragen haben.

Dr.-Ing. Jens Jühling  
Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik  
Leiter des VDE-Ausschusses Sicherheits- und Unfallforschung (SUF)

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Der VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung</b> .....	<b>7</b>
1.1 Überlegungen zur Gründung 1973.....	7
1.2 Aufgaben.....	7
1.3 Arbeitsgebiete.....	9
<b>2 Generalthema: Ursachen tödlicher Stromunfälle und ihre Häufungspunkte</b> .....	<b>13</b>
2.1 Ausgangslage.....	13
2.2 Das Forschungsprojekt FB 333 BAU .....	13
2.3 Zwischenbericht zu Unfällen in Badewannen.....	14
2.4 Die Forschungsberichte FB 333 und FB 941 .....	15
2.5 Aktivitäten nach 1990.....	17
2.6 Fachbericht 941 .....	17
Literatur .....	19
<b>3 Einzelthemen</b> .....	<b>21</b>
3.1 Körperströme .....	21
Literatur .....	25
3.2 VDE-Leitfaden "Technisches Gutachten bei vermuteter elektrischer Körperdurchströmung" .....	25
Literatur .....	27
3.3 Einsatz von Fehlerstrom-Schutzschaltern.....	27
Historisches.....	27
Hochempfindliche Fehlerstrom-Schutzschalter .....	28
Ortsselektiver Einsatz von Fehlerstrom-Schutzschaltern .....	29
Zuverlässigkeit von Fehlerstrom-Schutzschaltern.....	30
Fehlerstromschutzschalter in den USA .....	31
Literatur .....	31
3.4 Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder und 26. BImSchV .....	32
Situation 1973 und Entwicklung bis zur 26. BImSchV. ....	32
Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV vom 16.12.1996.	35
Literatur .....	40
<b>4 Schutzziel Sicherheit</b> .....	<b>43</b>
4.1 Sicherheit und Gefahr .....	43
4.2 Risiko - Maß der Gefährdung .....	45
4.3 Gewerbliche Lehre und Hochschullehre zur Sicherheit.....	51
Literatur .....	53
<b>5 Technisches Sachverständigenwesen</b> .....	<b>55</b>
Literatur .....	57
<b>6 Durch elektrische Energie gezündete Brände</b> .....	<b>59</b>
<b>Bildverzeichnis</b> .....	<b>61</b>
<b>Anhang</b> .....	<b>62</b>
Anhang 1 Veranstaltungen und Veröffentlichungen .....	62
Anhang 2 Verwendete Abkürzungen.....	67



# **1 Der VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung**

## **1.1 Überlegungen zur Gründung 1973**

Der Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (VDE) wird als gemeinnütziger, technisch-wissenschaftlicher Verband von der freiwilligen Mitarbeit seiner Mitglieder getragen. Seine Satzung führt im § 2, Abs. 2.b als Zweck und Aufgabe unter anderem die "Förderung der Unfallverhütung im Interesse der Sicherheit der Allgemeinheit und des Verbraucherschutzes ..." auf. Vor allem ist der VDE durch die Ausarbeitung, Herausgabe und Auslegung des VDE-Vorschriftenwerkes und durch die Durchführung des VDE Prüf- und Zertifizierungswesens bekannt. Zu seinen im Dokument VDE 0022 Bbl. 1 genannten Zielen gehört es aber auch, Zusammenhänge zwischen Technik und Gesellschaft und deren Auswirkungen im Umfeld der Elektrotechnik zu erkennen und in geeigneter Form sichtbar zu machen, was zur sachlichen Diskussion über Technik und Technikfolgen in der Öffentlichkeit beitragen soll.

## **1.2 Aufgaben**

Der VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung (SUF) stellt sich die Aufgabe, Unfälle und Schäden vermeiden zu helfen und Risiken zu mindern, welche im Umgang mit elektrotechnischen Einrichtungen, Verfahren und Dienstleistungen im privaten, gewerblichen und industriellen Bereich entstehen können. Seine Gründung wurde auf Antrag des VDE-Generalsekretärs Dr. H. Fleischer und der Professoren G. Hosemann und H. Zürneck unter der damaligen Bezeichnung "VDE-Ausschuss Unfallforschung" am 7.3.1973 vom VDE-Vorstand beschlossen. Die Federführung lag zunächst beim VDE-Generalsekretariat. Vorausgegangen war am 12.1.1973 eine eingehende Aussprache und Abstimmung mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung (BAU) in Dortmund, die W. Jeiter, der spätere Präsident der BAU, als Vertreter des Ministeriums für Arbeitsschutz und Sozialordnung leitete. In der Folge gelang es für das als förderungswürdig bezeichnete Vorhaben namhafte, mit der Unfallforschung auf dem Gebiet der Elektrotechnik vertraute Experten und Einrichtungen zur Mitarbeit zu gewinnen. Dies waren seinerzeit vor allem Prof. R. Hauf, Freiburg von der Ärztlichen Forschungsstelle für elektrische Unfälle, Prof. K. Brinkmann im Verbund mit der Tierärztlichen Hochschule Hannover, Prof. H. Zürneck mit einer Forschungsgruppe an der Technischen Hochschule Darmstadt, Prof. K.-H. Schneider mit der Forschungsgemeinschaft für Hochspannungs- und Hochstromtechnik (FGH), Mannheim, und die VDE-Prüfstelle Offenbach, vertreten durch Dr. K.-H. Hussy. Verbindung wurde mit Dipl.-Ing. F. Lauerer, München, aufgenommen, der sorgfältig dokumentierte langjährige Erfahrungen als Gutachter und Prüfer elektrischer Installationen in der Bayerischen Landwirtschaft besaß.

Die Berufsgenossenschaft Elektro Textil Feinmechanik (bis 2008 Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik) erhebt stellvertretend für die gewerblichen Berufsgenossenschaften mit ihrem "Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle" seit 1969 Daten zu Stromunfällen. Seit Anfang der achtziger Jahre beteiligt sich die BGFE bzw. heute die BGETF deshalb auch auf Initiative von Dr. D. Kieback aktiv an der Arbeit des VDE-Ausschusses. Diese Zusammenarbeit stellt eine gute Basis zum Abgleich der umfangreichen Erhebungen zu Stromunfällen dar, die im gewerblichen und im privaten Bereich auftreten.

1994 wurde der Ausschuss umbenannt in "VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung". Damit sollte der steigenden Bedeutung von Risiko- und Sicherheitsbetrachtungen bereits im Vorfeld möglicher Vorfälle mit Personen-, Sach- oder Umweltschäden entsprochen werden. Auch war nach Bild 1 die Anzahl der jährlichen Stromunfälle mit Todesfolge in Deutschland in 40 Jahren von etwa 400 auf etwa 50 gesunken, was die Aussagekraft aller statistischen Angaben zum Unfallgeschehen schmälerte und als Folge dessen den Risikobetrachtungen größere Bedeutung zuwies.

Das öffentliche Interesse richtet sich aus verständlichen Gründen vor allem auf die Abwehr von Personenschäden, die jedermann persönlich betreffen können. Daneben finden die durch elektrische Energie gezündeten Brände große Beachtung. Der Mensch vermag ja das Wesen der Elektrizität nur schwer zu erfassen, die weder Masse noch Gestalt besitzt und sich den menschlichen Sinnen nur mittelbar erschließt z. B. durch Wärme, Licht und Magnetismus. Er kommt nicht umhin, sich auf die Wirksamkeit der sicherheitstechnischen Schutzmaßnahmen zu verlassen. Solches Vertrauen ist begründet, denn der VDE und das Deutsche Institut für Normung DIN ihrerseits sind dem Staat gegenüber durch den Normenvertrag von 1975 verpflichtet, das Vorschriften- und Normenwerk subsidiär so zu gestalten, dass es die Sicherheitsanforderungen der erlassenen Gesetze und Verordnungen ordnungsgemäß und sachverständig interpretiert. Im Falle der Elektrotechnik obliegt diese Aufgabe dem VDE-Vorschriftenwerk.

Ein Mittel, um das Vertrauen sowohl der Bürger als auch des Staates in die auf DIN und VDE delegierte Arbeit zu gewinnen und zu erhalten, bietet eine sachverständige und wissenschaftliche Bearbeitung der Ursachen von Stromunfällen. Man kann sie mit der Produktbeobachtungspflicht der Produzenten vergleichen. Dabei ist es gleichgültig, ob die Unfallereignisse technisch begründet sind oder ob sie aus menschlicher Unzulänglichkeit erwachsen.



Dieser Aufgabe hat sich der VDE-Ausschuss von Anfang an gestellt. Er ist bemüht,

- Informationen über die sichere Elektrizitätsanwendung zu sammeln und an Hersteller und Betreiber rückzuführen,
- die normsetzenden Gremien auf solche Risiken hinzuweisen, die das vertretbare Maß übersteigen oder die sich in geeigneter Weise noch weiter mindern lassen,
- in ungewissen elektrotechnischen Sachlagen auf Anfrage Rat zu erteilen,
- bei erkanntem Handlungsbedarf dem VDE-Vorstand Initiativen vorzuschlagen, um die Hochschullehre im Fach "Sicherheitstechnik" weiterzuentwickeln,
- sicherheitstechnische Forschungsarbeiten an geeigneten Stellen anzuregen und zu begleiten,
- Erfahrungen in der Elektrizitätsanwendung auch über Ländergrenzen hinweg auszutauschen,
- Entwicklungen im Sachverständigenwesen und im Recht der Technik zu beobachten.

Damit übernimmt der VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung, im Nachstehenden abgekürzt als "VDE-Ausschuss" bezeichnet, gemeinnützig einen Teil der grundlegenden Aufgaben des VDE. Durch die Liberalisierung der Wirtschaft und durch die "Neue Konzeption der Europäischen Normung (new approach)" sind seine Bedeutung gewachsen.

Forschungsarbeiten führte der VDE-Ausschuss vorzugsweise durch seine Mitglieder und in ihren Instituten durch, gegebenenfalls mit Unterstützung von Einrichtungen zur Forschungsförderung.

### **1.3 Arbeitsgebiete**

Der VDE-Ausschuss nahm sich zunächst vor, den interdisziplinären Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet der Elektropathologie und Stromunfälle zu verbessern. Dabei standen im Mittelpunkt Fragen nach

- den Grenzwerten schädlicher Körperströme,
- der Schädlichkeit starker elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder,
- Unfällen mit elektromedizinischen Geräten und Einrichtungen,
- der Aussagekraft statistischer Erhebungen über Stromunfälle,
- den Randbedingungen, unter denen Stromunfälle auftreten,
- der sachverständigen Untersuchung von Stromunfällen.

Darüber hinaus sollte der VDE-Ausschuss das von Prof. H. Zürneck begonnene Projekt "Erforschung elektrischer Unfälle" wissenschaftlich begleiten. Es war auf die Vorkommnisse außerhalb von Gewerbe und Industrie ausgerichtet, also vor allem auf den Bereich von "Heim und Freizeit". Im Idealfall sollte jeder in Deutschland tödlich verlaufene Stromunfall nachträglich anhand der polizeilichen oder gerichtlichen Aktenlage wissenschaftlich untersucht werden.

Manche der genannten Themen wurden zwar in speziellen Kreisen national oder international erörtert. Dies hatte aber noch zu keinen ausreichenden Ergebnissen und zu keinen umfassenden Anweisungen für die Personensicherheit geführt. Um das verstreute Wissen auf eine solide wissenschaftliche Basis zu stellen und den Stand der Erkenntnis reproduzierbar überprüfen zu können, wurden Arbeitsgruppen als **Unterausschüsse (UA)** gebildet:

- a) **Körperströme:** Prof. R. Hauf
- b) **Elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder:**  
Prof. K.-H. Schneider
- c) **Elektromedizinische Anlagen und Geräte:** Dr. Kebbel
- d) **Schutzmaßnahmen:** Prof. H. Thielen
- e) **Ursachen von Stromunfällen:** Prof. H. Zürneck

Auf den Sitzungen des VDE-Ausschusses diskutierten dann die Mitglieder die in den UA erarbeiteten Ergebnisse aus interdisziplinärer Sicht und zogen die erforderlichen Schlüsse. Ein Beispiel sind die Überlegungen über die Notstromversorgung von Krankenhäusern nach einer Anfrage der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Krankenhausstechnik WGKT.

1996 wurde die Organisation vereinfacht: Auf die Vorarbeit der UA verzichtete man fortan und bat stattdessen die Mitglieder oder Gäste des VDE-Ausschusses, aus dem jeweils vorliegenden Anlass nähere Erkundigungen einzuziehen und vorzutragen. Den Ausschussmitgliedern wurde so auf einfachste Weise ein Überblick über den Stand der Erkenntnis auf dem Gesamtgebiet der Stromunfälle, ihrer Wirkungen und ihrer Vermeidung geboten.

Gegen manche Berichte der Medien legte der VDE-Ausschuss Einspruch ein, so etwa bei riskanten elektrotechnischen Beispielen der Fernseh-Serie "Ganz schön mutig", die zur Nachahmung verleitet hätten. Auch warnte der VDE-Ausschuss, wie im Abschnitt 2 "Ursachen tödlicher Stromunfälle und ihre Häufungspunkte" beschrieben, unablässig vor den Risiken beim Eigenbau (do it yourself) fester Installationen. Verwunderung in der Öffentlichkeit und manche Rückfrage löste der unerwartete Stopp der Auslieferung kompakter Schuko-Mehrfachstecker aus, ohne dass hierzu formell ein rechtlicher Anlass vorlag: Diese Stecker waren zwar bequem anzuwen-

den, führten aber vor allem in Kombinationen zu Gefährdungen und ließen sich letzten Endes z. B. durch Mehrfachsteckerleisten vorteilhaft ersetzen.

Bis heute gibt es kein harmonisiertes Steckvorrichtungssystem. Der Mangel ist wohl dadurch begründet, dass die Bemühungen um eine europäische oder internationale Normung zu spät einsetzten. Ein nachträgliches Umrüsten aller Installationen wäre dann unverhältnismäßig aufwendig und gewiss nicht risikolos geworden.

Auf die zahlreichen Einzelfragen einzugehen, über die in den Sitzungen beraten wurde, ist hier nicht möglich.

Dem VDE-Ausschuss gehörten etwa 15 Mitglieder als Experten an, sowie Gäste und Berater. Von Anfang an beteiligten sich auch Experten aus den Nachbarländern an den Arbeiten. Solange die Energiewirtschaft noch nicht "liberalisiert" war, vertraten sich die Versorgungsunternehmen im VDE-Ausschuss abwechselnd durch jeweils ein aktives Vorstandsmitglied und bewiesen damit ihr Verantwortungsbewusstsein für die Sicherheit der Energieversorgung.

Vorsitzende des VDE-Ausschusses waren:

1973 – 1986	Prof. G. Hosemann
1987 – 1993	Prof. H. Zürneck
1994 - 2002	Prof. S. Altmann
2003 - heute	Dr. J. Jühling

Den VDE-Vorstand repräsentierte ex officio sein Generalsekretär.

Der weit gefächerte Mitarbeiterkreis, der auch Ingenieure der elektrotechnischen Firmen, des Handwerks, der Hochschulen, der Versicherer und anderer Dienstleister umfasste, sorgte für eine rasche Verbreitung der im VDE-Ausschuss gewonnenen Erkenntnisse.

Der VDE-Ausschuss trat nach der Berufung seiner Mitglieder durch den Vorstand des VDE erstmals am 11.12.1973 zusammen. Prof. H. Zürneck hatte mit den Arbeiten des UA "Ursachen von Stromunfällen" bereits vorher begonnen. Dieses Generalthema wird bis heute fortlaufend bearbeitet.

Eine "Gemeinsame Erklärung zum sicheren Umgang mit Elektrizität" vom März 2006, die der VDE-Ausschuss anregte und entwarf, um eine frühere Ausgabe von 1998 dem Stand der Technik anzupassen, weist auf die Konsequenzen nicht fach- und normgerecht ausgeführter Arbeiten an elektrischen Anlagen durch unautorisierte Personen und auf die notwendige Instandhaltung der elektrischen Einrichtungen hin. Die Erklärung wird vom VDE und 11 weiteren Institutionen getragen und repräsentiert damit die Ansicht der deutschen Fachöffentlichkeit.



## **2 Generalthema: Ursachen tödlicher Stromunfälle und ihre Häufungspunkte**

### **2.1 Ausgangslage**

Zur Zeit der Gründung des Ausschusses für Sicherheits- und Unfallforschung im Jahr 1973 stellte sich die Situation wie folgt dar:

Es gab (und es gibt sie heute noch) eine jährlich ergänzte Statistik tödlich verlaufener Elektrounfälle aus dem Statistischen Bundesamt, die für Westdeutschland einschließlich Westberlin, die z. B. 260 tödliche Unfälle für das Jahr 1973 ausweist. Die Ereignisse sind in Gruppen grob nach den Unfallorten eingeteilt. Dabei wird nicht unterschieden, ob es sich um Hoch- oder Niederspannungsunfälle handelt. Diese Statistik lässt keine Rückschlüsse auf den Unfallhergang und damit die Ursache im Einzelfall zu.

Bekannt war ferner eine Untersuchung, die privat von F. Lauerer, München, durchgeführt wurde, in der staatsanwaltschaftliche Ermittlungen über Unfälle, die sich in Bayern ereignet haben, ausgewertet wurden. Sein Ziel war die Bewertung und vor allem die Verbesserung der Schutzmaßnahmen [1][2].

Theoretische Arbeiten zur Bewertung von Schutzmaßnahmen waren im Entstehen begriffen und schon zum Teil bekannt geworden [3][4], wobei [3] später, 1983, mit der Definition von Netztypen Eingang in DIN VDE 0100-410 fand.

Seitens der BGFE und ihrem Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle in Köln wurden beruflich bedingte Unfälle analysiert und veröffentlicht. Die Erkenntnisse fanden regelmäßig ihren Niederschlag in Erstellung und Verbesserung von Unfallverhütungsvorschriften.

Eine Recherche bei einem Forschungsteam [5], welches über Heim- und Freizeitunfälle arbeitete, ergab, dass nur acht Stromunfälle auf Interviewbasis untersucht wurden. Dies reicht natürlich nicht aus, um Unfallursachen statistisch zu ergründen.

### **2.2 Das Forschungsprojekt FB 333 BAU**

Der VDE-Ausschuss gelangte zu der Auffassung, dass es im Interesse der Reduktion der Unfallzahlen und auch zur Positionswahrung im internationalen Vergleich in der europäischen Union nötig ist, in einem über mehrere Jahre angelegten Forschungsvorhaben die Ursachen von Stromunfällen zu ermitteln.

Daraufhin beschloss der VDE, zusammen mit der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung ein derartiges Forschungsprogramm durchzuführen. Dabei sollte die von F. Lauerer entwickelte Methode, in den Akten der Staatsanwaltschaften zu recherchieren, verwendet und weiterentwickelt sowie auf das gesamte Bundesgebiet der alten Länder ausgeweitet werden. Es gelang, bei den obersten Bundes-

behörden eine Empfehlung zu erwirken, die den Zugang zu einschlägigen Akten ermöglichte. In Abgrenzung zur BGFE beschränkte man sich auf Niederspannungsunfälle und auf tödliche Unfälle, weil allein letztere bei den Staatsanwaltschaften meldepflichtig sind. Zunächst konnte F. Lauerer dazu bewogen werden, die Akten zu beschaffen und nach dem vom Forschungsleiter H. Zürneck entwickelten Auswertungsschema zu sichten. Im Verlauf der Arbeiten wurde der Verkehr mit den Staatsanwaltschaften von M. Honnens, Darmstadt, ehrenamtlich übernommen und die Auswertung von D. Hackstein, Darmstadt, ausgeführt. Zur Sortierung und Einordnung der Unfälle nach bestimmten Merkmalen dienten, damals neu, speziell entwickelte Rechnerprogramme mit Lochkarten als Datenträger. Der Dateneingang erfolgte zunächst durch die Behörden. Gelegentlich wurde wegen Arbeitsüberlastung der Zugang verweigert, ab Anfang der 90er Jahre aber zunehmend aus datenschutzrechtlichen Motiven blockiert, obwohl vollständige Anonymisierung zugesagt wurde. Das reduzierte den Materialzugang, unterbrach ihn jedoch nicht vollständig.

### **2.3 Zwischenbericht zu Unfällen in Badewannen**

Ende der 70er Jahre häuften sich Berichte über Unfälle, die sich in Badewannen ereignet hatten. In den Medien fand eine übertrieben heftige Behandlung dieser Unfälle statt, die letztlich zu einer Anfrage, betreffend die Sicherheitsmaßnahmen in Bädern, im Deutschen Bundestag führte [6]. Auf Anregung der BAU wurde aus dem Forschungsvorhaben heraus ein Zwischenbericht erstellt, der allein diesen Unfalltyp behandelte [7]. Der Bericht zeigte, dass eine auffällige Häufung, nämlich 40 % der bis zu diesem Zeitpunkt untersuchten tödlichen Unfälle in Wohnungen, das Badezimmer als Unfallort betrafen. Dabei ereignete sich etwa die Hälfte dieser Unfälle in den Badewannen und waren auf krasse Fehlverwendung schutzisolierter Haartrockner zurückzuführen. Daneben gab es Unfälle, die durch ins Wasser gefallene Radiogeräte und Heizlüfter entstanden. Auch Suizid und kriminelle Handlungen spielten eine Rolle.

Dieser Bericht löste etliche, im Sinne der Unfallbekämpfung als positiv zu bewertende Aktivitäten aus:

- Die Betriebsanleitungen von Haartrocknern bekamen Warnhinweise. Auf Haartrocknern wurden Warnhinweise angebracht.
- Eine im Polizeipräsidium Frankfurt am Main abgehaltene Weiterbildungsveranstaltung zum Thema "Unfallaufnahme, Erkennung, kriminelle Handlung?" fand statt und erregte lebhaftes Interesse der zumeist (elektro-) fachfremden Ermittlungsbeamten.
- Diese Veranstaltung veranlasste die Akademie der hessischen Polizei in Wiesbaden zusammen mit dem VDE mehrere Seminare zum Thema Elektrounfälle abzuhalten.

- Auf der jährlichen Fachtagung des Bundeskriminalamtes in Wiesbaden erhielt das Thema Elektrounfälle breiten Raum, wobei auch die Fachleute einzelner Landeskriminalämter teilnahmen, mitdiskutierten und später für Publizität in ihren Bereichen sorgten.
- In [7] wird als eine Möglichkeit des Schutzes vorgeschlagen, einen Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schutzschalter) mit  $I_{\Delta N} < 10 \text{ mA}$  zusammen mit einer Steckdose so zu vereinen, dass das so neu entstandene Installationselement zum Nachrüsten in eine vorhandene Einbaudose hineinpasst. Eine Großfirma der Elektroindustrie hat den Vorschlag aufgegriffen und das Gerät auf den Markt gebracht.
- Im Jahr 1984 trat mit DIN VDE 0100-701 eine Bestimmung in Kraft, die besagt, dass in Neubauten nur Steckvorrichtungen in Badezimmern zugelassen sind, denen ein FI-Schutzschalter mit  $I_{\Delta N} < 30 \text{ mA}$  vorgeschaltet ist.

Negative Begleiterscheinungen gab es auch:

- Mindestens ein Theaterstück handelte von einem Mord, der mit einem Haartrockner ausgeführt wurde.
- Mehrere Kriminalfilme entstanden mit dem gleichen Handlungsschema.

Es bedurfte erheblicher Überzeugungsarbeit, sich in den Unterhaltungsprogrammen solcher Mordanleitungen zu enthalten.

## 2.4 Die Forschungsberichte FB 333 und FB 941

1982 wurde erstmals zusammenfassend über das Ergebnis der Untersuchungen an Hand von 517 Unfallakten berichtet [8]. 1987 wurde eine Ergänzung vorgenommen und eine zweite Auflage [9] herausgegeben. Dort wurde festgestellt, dass lt. Tabelle des statistischen Bundesamtes die Zahl der tödlich verlaufenen Stromunfälle seit 1970 von 260 auf 109 d. h. auf 41,9% abgesunken war. Vor allem der beruflich-industrielle Bereich hat nennenswert zu diesem Ergebnis beigetragen, wo hingegen der Bereich der Privathaushalte nur auf 44,8% rückläufig war. Zahlenmäßig lässt sich natürlich nicht belegen, inwieweit die Forschungsergebnisse des VDE an dieser erfreulichen Bilanz mitbeteiligt waren. Es ist jedoch festzuhalten, dass in der Zeit von 1982 bis 1987 zahlreiche Fachtagungen (VDE, BAU, VDE-Bezirksvereine und Polizeiorganisationen) stattfanden, darunter auch solche, in denen das Schwergewicht auf dem Bereich der Privathaushalte lag. Diese Fachtagungen fanden große Resonanz bei Fachleuten, Verbraucherverbänden und Ermittlungsbehörden. Es war auch der Zeitraum, in dem das Sicherheitsbewusstsein zunahm, die Gewerbeaufsicht schlagkräftiger wurde und immer mehr Sicherheitsfachleute im industriellen Bereich tätig wurden. Bei vielen Elektrizitätsversorgungsunternehmen wurde FB 333 zur Pflichtlektüre für neu eingestellte Mitarbeiter.

Es konnte auch beobachtet werden, dass in Baumärkten angebotenes Installationsmaterial zunehmend verpackt und mit ausführlichen Benutzungs- und Warnhinweisen in den Verkehr gebracht wurde. Der Anteil schutzisolierter Geräte (Schutzklasse II) nahm ebenfalls zu.

Besonders hervorzuheben ist, dass die Industrie dazu übergegangen ist, Heimwerkergeräte, insbesondere Bohrmaschinen, mit isolierenden Kunststoffgehäusen zu versehen, oder Metallgehäuse mit Kunststoff zu umkleiden. Dies wirkt vor allem den Unfällen entgegen, bei denen mit dem Bohrgerät spannungsführende Leitungen angeschlagen werden und beim geerdeten Bediener einen tödlichen Unfall hätten auslösen können. Dies betrifft einen Teil tödlicher Unfälle in Privathaushalten, insbesondere in Küchen.

Auch in DIN VDE 0100-410 haben die Ergebnisse Eingang gefunden.

Im Jahr 1990 erschien die dritte und letzte Auflage von FB 333 [10] vor der deutschen Wiedervereinigung auf der Basis von 707 tödlich verlaufenen Unfällen. Nochmals hatte sich die Unfallrate auf 38,7 % verglichen mit 1970 gesenkt. Auch in Privathaushalten lag sie jetzt unterdurchschnittlich bei 36,8%.

**Als wichtiges Fazit über den gesamten Untersuchungszeitraum von 1968 bis 1989 ist festzuhalten, dass die Wahrscheinlichkeit einen tödlichen Stromunfall zu erleiden, stark vom Unfallort abhängt.**

Das liegt daran, dass zwischen 80 und 90 % der tödlichen Unfälle an der "zweiten Berührstelle" das Umgebungspotential haben, welches in fast allen Fällen mit dem des Neutralleiters und des Schutzleiters identisch ist: Erde, nasser Boden, Wasserleitungen, Wasser, Zentralheizungen und Körper von Geräten der Schutzklasse I u.a.m. Erwiesen hat sich dieses Faktum eindeutig bei 58,4% der Unfälle, bei einem Rest von 29% lassen die Unfallberichte vermuten, dass ebenfalls Umgebungspotential an der zweiten Berührstelle vorlag, was jedoch wegen ungenauer Ermittlungen nicht als bewiesen gelten kann.

Die erste Berührstelle kann dabei mannigfaltige Ursachen haben wie z. B. fehlerhafte Installation, Schutzleiter-Leiter-Vertauschung, Bedienungsfehler (Verwendung des schutzisolierten Haartrockners in der Badewanne), Reparatur und Wartung an elektrischen Betriebsmitteln und Installationen, unterlassene Wartung an beweglichen Verbindungsleitungen und deren Stecker oder Kupplungen.

Der Unfall wird an denjenigen Orten oft tödlich, an denen das Umgebungspotential breit zugänglich ist, also "im Freien" von Haushalten, Landwirtschaft, Baugewerbe, in sonstigen Räumen des Haushaltes, in Bädern (Badewannenwasser, Körper von Geräten der Schutzklasse I, Wasserhähne), in Küchen (Heizkörper, Metallspülen, Herde, Kühlschränke).



Dieses Ergebnis hatte zur Folge, dass in DIN 57100 (DIN VDE 0100-410) im Jahr 1983 die FI-Schutzschalter als "ergänzende Schutzmaßnahme" bei direktem Berühren und als Schutzmaßnahme bei indirektem Berühren zugelassen und damit die Möglichkeit eröffnet wurde, auch einzelne Netzabschnitte, die in gefährliche Räume - potentielle Unfallorte - führen, selektiv zu schützen. Sorgfältig vermied man, in den Formulierungen das Wort "Personenschutz", das von verschiedenen Seiten ins Gespräch gebracht wurde, zu verwenden. Es hätte sonst Anlagen mit und ohne "Personenschutz" gegeben, mit nicht voraussehbaren rechtlichen Konsequenzen.

Ab 1984 verfügte man mit DIN 57100 (VDE 0100-701), dass in Neubauten in Badezimmern oder Duschräumen Steckdosenstromkreise durch eine Fehlerstromschutzschaltung mit  $I_{\Delta N} < 30 \text{ mA}$  geschützt werden *müssen*, sofern sie nicht aus Trenntransformatoren oder mit Schutzkleinspannung betrieben werden. Damit ist dem Hauptergebnis der Untersuchungen für die Zukunft Rechnung getragen worden.

Auf Tagungen über Verbraucherschutz wurde intensiv über Schutzmaßnahmen durch portable, einer Steckdose nachzuschaltende FI-Schutzschalter diskutiert. Trotz vieler Bedenken, die dahin gingen, dass dadurch der rechtliche Wert bestehender Bestimmungen relativiert würde, wurde gleichwohl 1989 eine VDE-Richtlinie VDE 0100-739 erlassen, nach der auch portable FI-Schutzschalter als *zusätzliche* Schutzmaßnahme genormt wurde. Die Voraussetzungen dafür finden sich in DIN VDE 0100-410. Das Wort "Personenschutz" wurde auch hier vermieden.

## 2.5 Aktivitäten nach 1990

Nach der deutschen Wiedervereinigung arbeitete S. Altmann, Leipzig, der mit dem Unfallgeschehen in der ehemaligen DDR vertraut war, im VDE-Ausschuss mit und war von 1994 bis 2002 dessen Vorsitzender. Auf der Jubiläumstagung des VDE 1993 in Berlin fasste er in einem Beitrag [11] seine Erkenntnisse zusammen.

Auf Anregung und mit erheblichem Arbeitseinsatz von J. Jühling, BGFE, Vorsitzender des VDE-Ausschusses seit 2003, entstand 2002 der Forschungsbericht FB 941 [12] der mittlerweile in Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin umbenannten BAU.

## 2.6 Fachbericht 941

Unter der Redaktion von D. Kieback und J. Jühling wurden etliche Forschungsergebnisse des Instituts zur Erforschung elektrischer Unfälle der BGFE, der Forschungsbericht FB 333 [10] und eine Untersuchung über "Tödliche Stromunfälle in den Bereichen Haushalt, Freizeit und Gewerbe in den neuen Bundesländern und in Berlin in den Jahren 1990 bis 1999" [11] von S. Altmann detailliert zusammengefasst.

Im Rahmen ihres gesetzlichen Auftrages stehen der BGFE wesentlich mehr Quellen als anderen Einrichtungen und Behörden für Recherchen zur Verfügung. Sie kann auch eigene Ermittlungen bis hin zur Klärung medizinischer Fragen durchführen. Demzufolge umfassen die Untersuchungen der BGFE auch die weitaus zahlreicheren nicht-tödlichen Stromunfälle, Hochspannungsunfälle und thermisch verursachte Unfälle (Lichtbogen) aus dem gewerblich-industriellen Bereich. Bedeutsam sind aber auch bei der BGFE Niederspannungsunfälle mit 86,3 % und einer Letalität von 0,5 %. An Hochspannung ereigneten sich 7,3 % der Unfälle, allerdings mit einer Letalität von 8,7 % bezogen auf alle Stromunfälle.

In FB 941 wird auch der Zusammenhang zwischen Stromunfall und der beruflichen Qualifikation der Verunfallten dargestellt.

Unter den Verhaltensfehlern, die den Hauptanteil am Unfallgeschehen im beruflichen Bereich haben, ist die Nichtbeachtung von bestehenden und bekannten Sicherheitsvorschriften herausragend und bemerkenswert. Der Bericht der BGFE schließt mit der Schilderung einiger typischer Unfallhergänge.

Im zweiten Teil von [12] ist dann mit [10] der FB 333 verarbeitet, dessen Hauptergebnisse und Auswirkungen bereits dargestellt wurden.

Im 5. Kapitel beschreibt S. Altmann die Situation tödlicher Stromunfälle in den neuen Bundesländern in den Jahren 1990 bis 1999. Das Material stammt von statistischen Ämtern und von Justizbehörden und ist nach Bundesländern geordnet. Überraschend ist der Unterschied der auf Einwohnerzahlen bezogenen tödlichen Stromunfälle in 10 Jahren von z. B. 67,96 pro Million in Berlin, verglichen mit 27,02 pro Million Einwohner in Thüringen. Dabei fällt unter den Stromtoten eine besonders hohe Zahl von Suizidfällen auf. Das steht im Gegensatz zu FB 333, der sich auf die alten Bundesländer bezieht, wo dieses Merkmal lediglich in vier Fällen auftrat, wovon nur drei Fälle wirklich belegt sind.

Der Bericht aus den neuen Bundesländern schließt ebenfalls mit einer Reihe von Unfallschilderungen ab.

Im Anhang 1 von FB 941 ist die in Abschnitt 1.3 erwähnte "Gemeinsame Erklärung zur Verwendung und Einbau von Elektroinstallationsmaterial" abgedruckt, die auf dem Material von FB 941 fußt und von 12 an Sicherheitsfragen interessierten Behörden und Verbänden unterzeichnet wurde.

Die Anhänge 2 und 3 von FB 941 tragen der Erwartung Rechnung, dass das Thema der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung erweitert in die Diskussion gebracht wird. Es sind die internationalen und die deutschen Begriffe und Abkürzungen aufgeführt, erklärt und ihre Positionen in den Vorschriften dargestellt. Anhang 4 von FB 941 ist eine Tabelle der zeitlichen Verläufe möglicher Fehlerströme aus Betriebsmitteln und der unterschiedlichen anzuwendenden FI-Schutzschalter.

## Literatur

- [1] Lauerer, F.: Unfallverhütung bei Stromverbraucheranlagen durch hochempfindliche Fehlerstromschutzschalter, Forschungsbericht FB 78, Dortmund 1972
- [2] Lauerer, F.: Schutzwert der Nullung mit besonderem Schutzleiter gegenüber der klassischen Nullung, Forschungsbericht FB 119, BAU Dortmund 1974
- [3] Edwin, K., Jäkli, G., Thielen, H.: Möglichkeiten zur Bewertung von Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme, FB 155 BAU, Dortmund 1976
- [4] Jäkli, G.: Zuverlässigkeitsuntersuchungen an Schutzmaßnahmen in Niederspannungsverbraucheranlagen, Diss. Aachen 1978 und "Zuverlässigkeitsuntersuchungen an Schutzmassnahmen in Niederspannungsanlagen", FB221, BAU, Dortmund 1980
- [5] Werner, Dringelsberg, Frielingsdorf, Nordalm, Otto: Repräsentativbefragung zum Unfallgeschehen in Haus und Freizeit, FB 112 BAU, Dortmund 1973
- [6] Deutscher Bundestag, 8. Wahlperiode, 221. Sitzung, Freitag den 13.Juni 1980, S. 17821
- [7] Zürneck, H., Hackstein: Elektro-Unfälle in Badewannen, FB 257 BAU, Dortmund 1981
- [8] Zürneck, H.: Ursachen tödlicher Stromunfälle bei Niederspannung. FB 333 BAU, Dortmund 1982
- [9] desgl. 2. Aufl., Dortmund 1987
- [10] desgl. 3. Aufl., Dortmund 1990
- [11] Altmann, S.: Auswirkung tödlicher Stromunfälle im Heim- und Freizeitbereich in der ehemaligen DDR und heute, VDE-Fachbericht 43, Berlin 1993
- [12] Altmann, S., Jühling, J., Kieback, D., Zürneck, H.: Elektrounfälle in Deutschland, Unfälle durch Elektrizität am Arbeitsplatz und im privaten Bereich. BAU FB 941, Dortmund 2002



## 3 Einzelthemen

### 3.1 Körperströme

Der im Unterabschnitt 1.3 aufgeführte UA a richtete sich sofort auf eine internationale Mitarbeit im Technical Committee TC 64 der IEC ein. Den uneinheitlichen Stand der Kenntnisse von 1973 beschreibt [13].

R. Hauf war deutsches Mitglied in der Arbeitsgruppe 4, die sich mit den "Effects of current passing through the human body" befasste. Man hatte sich dort vorgenommen, die in den einzelnen Ländern sehr unterschiedlichen Schutzmaßnahmen gegen Stromunfälle in Niederspannungsnetzen nach dem Stand der internationalen Erkenntnisse zu optimieren und auf eine einheitliche, wissenschaftlich gesicherte Basis umzustellen, die nicht im Widerspruch zu den vorliegenden Erfahrungen steht.

Als Maß für das mit einem Stromunfall verbundene Risiko wurde der "Körperstrom" angesehen, also der über den Körper der Unfallperson fließende Strom. Auch wenn die in den einzelnen Ländern bisher angewandten empirischen Regeln und Maßnahmen - wie etwa nach VDE 0100:1973-05 - sich durchaus bewährt hatten, schien es nicht möglich zu sein, irgendeine weltweite und verbindliche Zustimmung zu erreichen.

International kam man überein, dass das physiologische Herzkammerflimmern, das der Körperstrom auslösen kann, das Kriterium für den letalen Stromunfall bildet. Seine Risiken lassen sich nur probabilistisch erfassen. Auch bestand kein Zweifel, dass die Stromstärke  $I_b$  des Körperstromes und seine Einwirkdauer  $t$  die Wahrscheinlichkeit  $w$  eines tödlichen Ausgangs des Unfalls bestimmen. Vereinzelt Wertepaare  $I_b(t)$  ließen sich in seltenen Fällen aus Unfallberichten rekonstruieren. Die für die Praxis entscheidenden dazugehörigen Wahrscheinlichkeitsaussagen waren aber aus Einzelfällen nicht zu gewinnen. Überdies war zu bedenken, dass für sicherheitstechnische Betrachtungen keine Fälle mit 50%iger Wahrscheinlichkeit, sondern nur Fälle mit sehr geringer Schadenswahrscheinlichkeit interessieren.

Hinweise auf die Wahrscheinlichkeit eines tödlichen, durch Stromfluss ausgelösten Herzkammerflimmerns schien eine sachgerechte Auswertung von Tierversuchen zu bieten, die Dalziel (USA) an Hunden vorgenommen hatte. Der IEC-Report 479 von 1974 konstruierte mit diesen Daten eine Modellvorstellung für jene Fälle, in denen Körperströme  $i(t)$  mit 50%iger Wahrscheinlichkeit beim Menschen das tödliche Herzkammerflimmern auslösen würde. G. Biegelmeier, korrespondierendes Mitglied des VDE-Ausschusses, beanstandete an diesem Modell die zugrunde gelegte monokausale Betrachtungsweise: Eine Gaußsche Normalverteilung war aus den von Dalziel vorgelegten Ergebnissen nicht einmal näherungsweise zu erkennen: Offensichtlich war oberhalb von etwa 0,5 A Körperstrom keine monokausale Betrachtung der physiologischen Vorgänge zulässig.

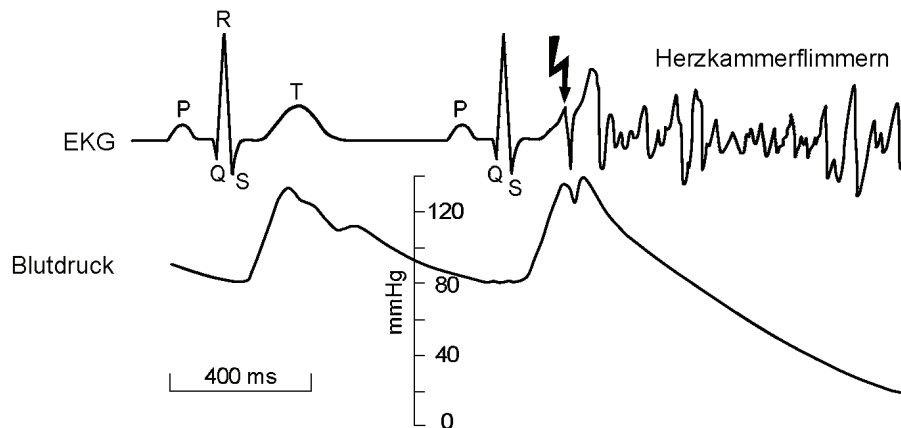
Um dieser Lage gerecht zu werden, stellte der UA a ein umfangreiches Untersuchungsprogramm auf. Dessen Ergebnisse sollten den deutschen Vertretern in der IEC nicht nur helfen, die dort aufgeworfenen aktuellen Fragen zu beantworten, sondern sie auch in die Lage versetzen, weitergehende Schlüsse zu ziehen. Als Prioritäten des Programms sahen die Mitglieder 1975 die folgenden Untersuchungen an:

- die Wirkung von Gleichströmen,
- die Wirkung von kurzunterbrochenen Wechselströmen,
- die Wirkung von kapazitiven Einschwingvorgängen beim Einschalten und anderen dynamischen Vorgängen, sowie
- die Abhängigkeit der "Flimmerschwelle" von der Netzfrequenz bis 10 kHz.

Die von R. Hauf geleitete Forschungsstelle für Elektropathologie in Freiburg führte in der Folgezeit zusätzlich auch eigene Kolloquien durch. Sie dienten vorwiegend der Verbreitung und Diskussion der Ergebnisse elektro-physiologischer und tierexperimenteller Untersuchungen. Daran anschließend wurde der VDE-Ausschuss über die Ergebnisse unterrichtet, um über weitere Schlüsse zu beraten.

Die Abweichungen der tierexperimentell bei Durchströmung nachgewiesenen Wahrscheinlichkeits-Grenzkurven für Herzkammerflimmern vom Typus eines monokausalen Verlaufs ließen sich in der Folgezeit durch verschiedene Beobachtungen und Untersuchungen erklären.

G. Biegelmeier und K. Berger (SEV) wiesen aus der Blitzforschung nach, dass nicht alle von einem Blitzschlag direkt getroffenen Menschen durch die atmosphärische Entladung getötet wurden. Die Wahrscheinlichkeit hierzu beträgt nur etwa 1/3 und ist damit etwa gleichgroß wie die Länge der so genannten vulnerablen Phase, dividiert durch die Länge der Herzperiode. Daraus zogen sie den Schluss, dass es bei kurzen Stromschlägen vor allem darauf ankommt, ob sie mit der vulnerablen Phase koinzidieren oder nicht. Bei Körperströmen, die länger als eine Herzperiode fließen, ist die Wahrscheinlichkeit einer Koinzidenz naturgemäß gleich 1, d. h. gewiss. Näheres hierzu beschreibt G. Biegelmeier in [14].



**Bild 2 Elektrokardiogramm EKG und Verlauf des Blutdrucks beim Auslösen des Herz-Kammerflimmerns in der vulnerablen Phase. [aus: VDE V 0140-479-1:2007-05 Bild 18 und IEC-Report 479-1]**

Beim EKG werden üblich bezeichnet:

- P Zacke im Aktionsbereich der Vorhöfe
- Q-R-S Zacken im Aktionsbereich der Herzkammern
- T Zacke während der Erregungsrückbildung

Die vulnerable Phase liegt dann vor, wenn das EKG zur T-Zacke ansteigt.

Beim Herz-Kammerflimmern handelt es sich nach heutiger Erkenntnis um eine direkte Muskelreizung mit großer Stromdichte, wenn beispielsweise ein Körperstromimpuls von 1 A durch einen Thoraxquerschnitt von  $0,05 \text{ m}^2$  fließt. Dies kann eine großflächige gleichzeitige Erregung des Herzens auslösen, das in der Folge nur unkoordiniert kontrahiert, ohne eine Pumpwirkung zu erzeugen. Dieser chaotische Zustand kann sich unter zwei Umständen einstellen:

- Im ersten Fall fällt der Körperstromimpuls in die Erholphase des Herzens nach einem Pulsschlag, das ist die so genannte vulnerable Phase nach Bild 2. Dann genügt schon ein ganz kurzer Körperstromimpuls von etwa 1 A, um das Flimmern in der gesamten Herzmuskulatur auszulösen. Auch bei weniger kurzen Stromimpulsen vermindern rasch ausschaltende FI-Schutzschalter vorteilhaft die Wahrscheinlichkeit, dass der Körperstrom noch in die vulnerable Phase fällt.
- Im zweiten Fall, wenn die Durchströmungen oberhalb 50 mA noch länger anhalten, vergrößert sich der flimmernde Bereich des Herzens sukzessive bis zum totalen Flimmerzustand. Rasch ausschaltende FI-Schutzschalter sind auch in diesem Fall vorteilhaft, wenn sie den Körperstrom unterbrechen, noch bevor dieser totale Flimmerzustand erreicht ist.

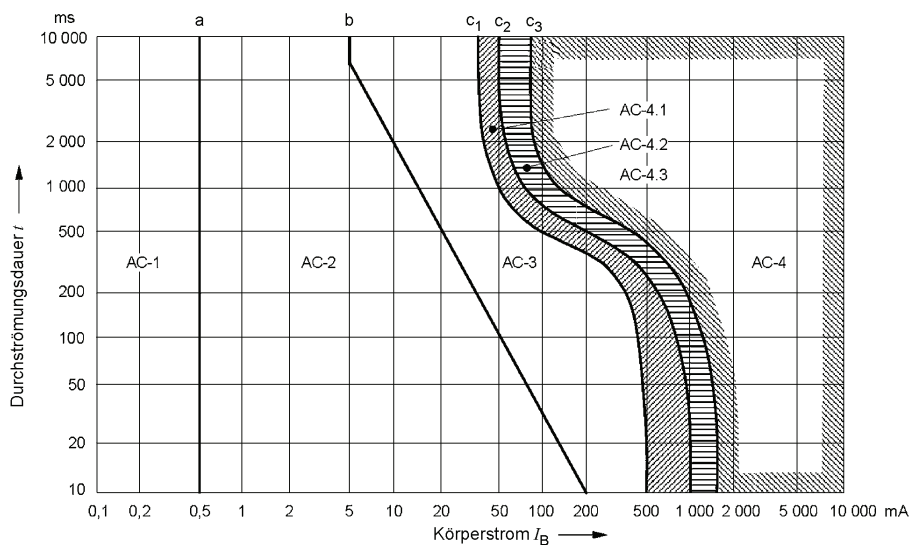
Dagegen bringen Bemühungen, die Auslösezeiten des üblichen, vergleichsweise trägen Netzschutzes moderat zu verkürzen, für den Personenschutz keinen Nut-

zen. Ihre Wirksamkeit beschränkt sich auf die durch elektrische Energie gezündeten Brände nach Abschnitt 6.

Grob betrachtet gehen diese beiden Reizvorgänge bei einer Durchströmungsdauer von etwa einer halben Sekunde und Körperstromstärken über etwa einem halben Ampère nach Bild 3 ineinander über und bestimmen zusammen die Wahrscheinlichkeit der Letalität von Körperströmen. Dieser Einsicht schließen sich die überarbeiteten Auflagen des IEC-Reports 479 an.

Jeder Stromunfall ist nach Maßgabe von Körperstrom und Durchströmungsdauer mit einem Risiko verbunden. Die Wahrscheinlichkeit "Null", also der Ausschluss eines tödlichen Ausgangs, ist unrealistisch. Es bedarf einer internationalen Abstimmung, welcher Wahrscheinlichkeitswert noch als realistisch und vertretbar anzusehen ist. Dabei ist zu beachten, dass alle Überlegungen auf einer Kombination von Beobachtungen, Erfahrungen und umgerechneten Ergebnissen tierexperimenteller Versuche beruhen.

Extrem lange Einwirkungsauern des Körperstromes sind tunlichst auf die bekannte Loslassgrenze zu beschränken, die bei 10...15 mA liegt. Das Einhalten dieses Grenzwertes soll Atemstillstände verhindern.



**Bild 3 Konventionelle Zeit-Stromstärke-Bereiche mit Wirkungen von Wechselströmen 15 Hz bis 100 Hz auf Personen bei einem Stromweg von der linken Hand zu den Füßen [aus: VDE V 0140-479-1:2007-05 Bild 20, siehe auch IEC-Report 479-1]**

Zugrundegelegter Stromweg: Von der linken Hand zu beiden Füßen. Andere Stromwege lassen sich mit dem Herzstromfaktor nach VDE 0149 Tabelle 5 umrechnen. Es bedeuten die Bereiche

- AC-1 keine Reaktionen,
- AC-2 keine schädlichen physiologischen Effekte,
- AC-3 krampfartige Muskelkontraktionen, über 2000 ms auch Atemschwierigkeiten und reversible Störung der Herzmuskeltätigkeit,
- AC-4.1 Wahrscheinlichkeit von Herzkammerflimmern bis zu etwa 5%,



AC-4.2 desgleichen zwischen 5% und 50%,  
rechts von AC-4.3 desgleichen über 50%.

Man entnimmt dem Bild 3:

- bei kürzester Stromflussdauer führen etwa 1000 mA in 5% der Fälle zu Herzkammerflimmern, sofern sie die vulnerable Phase erfassen,
- bei Stromflussdauern, die einen Herzzyklus von etwa 800 ms erreichen oder übersteigen, reichen schon etwa 50 mA aus, um ungünstigstenfalls Herzkammerflimmern auszulösen,
- Stromflussdauern unter 50 ms zu verringern bringt nur dadurch Gewinn, dass damit die Wahrscheinlichkeit sinkt, die vulnerable Phase zu treffen.

Vorstehende Überlegungen wurden im VDE-Ausschuss, in den Organisationen seiner Mitglieder und einer von K.-H. Schneider einberufenen Expertenkommission sorgfältig geprüft und konnten auch von den Neuauflagen des IEC-Reports 479 übernommen werden.

Eine umfassende Zusammenstellung aus Beiträgen auch über Tierversuche bieten K. Brinkmann und H. Schaefer in [16].

International abgestimmt sind

- VDE 0140-1:2003 Schutz gegen elektrischen Schlag - Gemeinsame Anforderungen für Anlagen und Betriebsmittel
- VDE V 0140-479:2007 Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere - Allgemeine Aspekte

## Literatur

- [13] Thielen, H.: Wirkungsbereiche von Körperströmen und ihre Rückwirkungen auf Schutzmaßnahmen, etz a 95 (1974) S.155-160
- [14] Biegelmeier, G.: Über die Wirkungen des elektrischen Stroms auf den Menschen, E&M 94 (1977) S.107-118
- [15] Brinkmann, K., Schäfer, H.: Der Elektrounfall. Springer, Berlin 1982

## 3.2 VDE-Leitfaden "Technisches Gutachten bei vermuteter elektrischer Körperdurchströmung"

Bei der Durchsicht behördlicher Akten, in denen die Aufnahme tödlicher Stromunfälle beschrieben wird, ergaben sich bedeutende Unterschiede in der Qualität und im Tiefgang der Untersuchungen. Dies betrifft vorwiegend diejenigen Fälle, die sich im privaten Bereich ereigneten. In der Regel stellt ein Arzt den Tod fest, den Umständen nach vermutet er einen Stromunfall, also einen nicht natürlichen Todesfall, und er veranlasst demzufolge eine Meldung an die zuständige lokale Polizeibehörde. Diese leitet eine Untersuchung ein, die darauf ausgerichtet ist, die Unfallursache, vor

allem in Hinblick auf mögliches Fremdverschulden zu ermitteln. Erweist sich der Fall als "einfach" wie z. B. der Betrieb eines Haartrockners in der Badewanne, so wird ein Selbstverschulden der verunfallten Person festgestellt, das Verfahren nicht weiterverfolgt und ein entsprechender Abschlussbericht verfasst.

In komplizierteren Fällen findet eine Obduktion statt, es wird ein Elektrosachverständiger mit der Erstellung eines Gutachtens beauftragt und in wenigen Fällen das zuständige Landeskriminalamt eingeschaltet. Der Sachverständige, meist von der zuständigen Kammer benannt, ist Elektrofachkraft, jedoch oftmals nicht eingehend mit Elektrounfällen vertraut, da Stromunfälle selten vorkommen. Findet er einen Geräte- oder Installationsfehler, beschreibt er ihn und stellt ggf. die Nichteinhaltung einschlägiger VDE-Bestimmungen fest. Hier endet dann oft das Gutachten, ohne dass der direkte Bezug des technischen Fehlers zu dem Unfallgeschehen hergestellt wird:

- Weg der Durchströmung im Körper des Verunfallten?
- Höhe und Zeitdauer der Stromeinwirkung?
- leitende oder isolierende Umgebung des Unfallortes?
- Feuchtigkeit?

Diese Fragen werden oft nicht gestellt und damit auch nicht geklärt, wenn ein technischer Fehler als Unfallursache angegeben wurde.

Sehr viel später, nämlich im Verlauf eines Straf- oder Zivilprozesses, kann der technische Fehler als alleinige Todesursache angezweifelt oder bestritten werden. Nachträgliche Ermittlungen sind dann nicht mehr möglich, und so bleiben statt beweiskräftiger Tatsachen Restzweifel und Vermutungen, d. h. das Ziel des Verfahrens wird nicht erreicht.

Aus derartigen Erfahrungen heraus hat der VDE-Ausschuss den im Anhang 1 aufgeführten VDE-Leitfaden „Technisches Gutachten bei vermuteter elektrischer Körperdurchströmung“ entwickelt. Dieser enthält die wichtigsten Gesichtspunkte, die zur Erstellung des Unfallgutachtens beachtet werden müssen, in Form von Merkposten. Sie sind gegliedert nach allgemeinen Angaben zum Gutachten, nach dem elektrischen Zustand des Unfallortes, nach Angaben zur verunfallten Person, Zeugenaussagen, nach dem Stromweg durch den menschlichen Körper und nach dem Zustand des Stromnetzes. Der Zustand beteiligter Geräte wird abgefragt. Beigefügt ist ein Verzeichnis der wichtigsten Begriffe, Abkürzungen und Skizzen aus VDE 0100-410.

Der VDE-Leitfaden richtet sich hauptsächlich an Elektrofachkräfte. Er ist jedoch, schon von der Sprache her, so gehalten, dass auch andere mit der Unfallaufnahme befasste Personen, wie etwa Polizeibeamte, daraus entnehmen können, was z. B. am Unfallort im Interesse der Vollständigkeit nachfolgender Untersuchungen nicht verändert werden darf.

Schließlich ermöglicht der Leitfaden beim Auswerten eines Gutachtens auch eine Kontrolle, ob es den gestellten Anforderungen entspricht.

Als Nebeneffekt erhofft sich der VDE-Ausschuss im Interesse seiner eigenen Arbeiten eine Verbesserung der Unfallbeschreibungen.

## Literatur

[16] Brinkmann, K., Schaefer, H.: Der Elektrounfall. Springer

### 3.3 Einsatz von Fehlerstrom-Schutzschaltern

#### Historisches

Bereits in den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts gab es die Idee, unzulässig hohe Ableitströme aus Teilen von Niederspannungsnetzen, die infolge eines Isolationsfehlers die regulären Leiter verlassen, zu erkennen und zu signalisieren, und gegebenenfalls das Netz oder Teile davon abzuschalten. Einen Ansatz hierzu bot der Gedanke, die regulären Ströme im Wechsel- oder Drehstromnetz gemeinsam als Durchflutung in der Primärwicklung eines Meßtransformators zu erfassen. Ergibt die Summe der Durchflutungen Null, liegt kein Fehler vor; ergibt sich dagegen eine Restdurchflutung, liegt ein Ableitstrom vor. Die Restdurchflutung induziert in der Sekundärwicklung des Messtransformators eine Spannung, mit deren Hilfe eine Abschaltmaßnahme eingeleitet wird.

Wo dieses Verfahren entstand, war nicht mehr festzustellen. Vermutlich entwickelte es sich an mehreren Stellen, wohl auf handwerklicher Ebene.

In den 1930er Jahren gab es dann industriell hergestellte Fehlerstrom-Schutzschalter (FI-Schutzschalter) in Form eines Installationsgerätes, welches den Messtransformators, das Auslöserelais und die Abschaltorgane vereinte. Der Ansprechstrom  $I_{\Delta N}$  lag im Bereich 0,3...0,5 A. Angewendet wurden diese Schalter zunächst als Schutzmaßnahme gegen indirektes Berühren in TT-Netzen, bei denen es oft schwierig ist, den zur Erfüllung der Nullungsbedingungen erforderlichen hohen Strom zu erzielen oder aufrecht zu halten, der notwendig ist für das Ansprechen der Überstrom-Schutzorgane im Fall eines Körperschlusses.

Vor allem in Frankreich, aber auch z. T. in Deutschland, schrieben Energieversorgungsunternehmen die Verwendung des FI-Schutzschalters in ihren Anschlussbedingungen vor. Das galt auch für Brandversicherungen, vorwiegend in Landwirtschaftsbetrieben.

Nach Ende des II. Weltkriegs ermöglichte die Entwicklung hochpermeabler Ringbandkerne eine Verbesserung der Meßtransformatoren als Erfassungsglied für Fehlerströme: Sie ließen sich kleiner und streuungsärmer ausführen, und kamen mit nur einer Primärwindung je Leiter aus. Verbesserungen der Lackisolierung von Drähten

ermöglichten schließlich die Herstellung dieses Bauelementes in automatischer Fertigung.

1953 wurde der FI-Schutzschalter mit  $I_{\Delta N} = 0,3 \text{ A}$  in Baustromverteilern zwingend vorgeschrieben. Beobachtungen hatten nämlich ergeben, dass Körperschlüsse im rauen und oft feuchten Betrieb von Baustellen besonders häufig auftraten und zu Unfällen führten. Die metallenen Gehäuse von Steckverbindungen erwiesen sich als wesentliche Unfallquelle.

### **Hochempfindliche Fehlerstrom-Schutzschalter**

Ende der 60er Jahre waren FI-Schutzschalter verfügbar, die bei einem Fehlerstrom von nur 30 mA innerhalb von 35 ms abschalteten. Diese Daten, insbesondere die kurze Abschaltzeit, liegen nach Bild 3 im Bereich AC-2, der keine schädlichen physiologischen Effekten kennt. Daraus erwuchs die Hoffnung, diesen "hochempfindlichen" FI-Schutzschalter als "Personenschutzmaßnahme" gegen Stromunfälle einsetzen zu können, die bei einpoliger Berührung eines unter Spannung stehenden Leiters oder Geräteteils als Folge des Stromdurchgangs durch den menschlichen Körper und Ableitung gegen Erde (Umgebungspotential) entstehen. Insbesondere in [17] wurde sie nachhaltig propagiert; auch industrielle Hersteller warben für diese "Personenschutzmaßnahme".

Dass diese Maßnahme seinerzeit nur zögerliche Beachtung fand und nicht sofort Gegenstand der Normung wurde, hatte sowohl technische als auch mentale Gründe:

Es bestanden Zweifel an der dauerhaften Zuverlässigkeit einer Schutzmaßnahme, die auf einem Auslöseglied basierte, welches mit einigen 100 mW Ansprechleistung (Sekundärseite des Toroidübertragers) auskommen musste. Unveröffentlichte Untersuchungen an einigen, der Produktionsserie entnommenen FI-Schutzschaltern, die Kunststoffteile in der Kraftübertragung der Auslösung enthielten, stützten diese Zweifel: Von 8 in einem Maschinenlabor eingesetzten FI-Schutzschaltern versagten 5 innerhalb von 3 Jahren dadurch, dass die Oberfläche eines gleitgelagerten Kunststoffstößels durch chemische Umgebungseinflüsse rau wurde und die Ansprechzeit signifikant, bis zu einigen Sekunden, heraufsetzte. Näheres siehe unter „Zuverlässigkeit von FI-Schutzschaltern“.

Normungsgremien der Sicherheitstechnik verhalten sich vorsichtig. Zur damaligen Zeit war die Schutzmaßnahme gegen indirektes Berühren ganz überwiegend die "klassische" Nullung ohne getrennt verlegten Schutzleiter. Lediglich Neuanlagen wurden mit getrennt verlegtem Schutzleiter ausgerüstet. Die Zahl der Stromunfälle mit tödlichem Ausgang war mit 300 pro Jahr klein, verglichen mit anderen Unfallarten wie z. B. im Straßenverkehr. Der Einsatz einer neuen Schutzmaßnahme wie der des hochempfindlichen FI-Schutzschalters mit dessen damals noch nicht überschaubarem Schutzwert, erschien daher unbegründet und geradezu

waghalsig, da die Gefahr gesehen wurde, dass ein neues System die Unfallrate möglicherweise erhöht hätte. Außerdem hätte eine neuartige genormte Schutzmaßnahme den Wert der bisher praktizierten Nullung relativiert und hätte dadurch rechtliche Probleme heraufbeschworen.

Ein technisches Problem ergab sich daraus, dass die Fehlerstrom-Schutzschaltung einen vom Neutralleiter getrennt verlegten Schutzleiter erforderte, welcher nach den damals gültigen Bestimmungen entsprechend, an einen eigens dazu bestimmten Schutzleiter angeschlossen werden musste. Eine Umrüstung von Altanlagen innerhalb kurzer Zeit kam aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage, es hätte also umfangreicher Umrüstungsbestimmungen und Jahrzehnte lang gültiger Übergangsregelungen bedurft.

Zudem gab es die Schwierigkeit, dass Gleichstromanteile im Fehlerstrom die Ansprechempfindlichkeit damaliger FI-Schutzschalter herabsetzte [18]. Mit derartigen Gleichstromanteilen war zu rechnen, da damals eine große Zahl von Geräten der Unterhaltungselektronik ( Fernsehgeräte ) direkt aus dem Netz durch Einweggleichrichter gespeist wurde. Dieses Problem ließ sich praktisch und wirtschaftlich dadurch lösen, dass man die FI-Schutzschalter im Laufe der Weiterentwicklung magnetisch so auslegte, dass ein Restgleichstrom von bis zu 6 mA vertragen wurde, ohne dass sich Ansprechempfindlichkeit und -zeit veränderten ("Gleichstromertüchtigung").

Außerdem wurden die Bestimmungen dahingehend verändert, dass der transformatorlose Betrieb von Einweggleichrichtern und Gleichrichtern in Drehstrom-Mittelpunktschaltung für unzulässig erklärt wurde. Letzteres war möglich, da sich schon damals der Trend abzeichnete, Schaltnetzteile zu verwenden. Diese werden durchweg aus Vollweggleichrichtern gespeist. Heute sind alle Geräte der Unterhaltungselektronik und alle Personalcomputer auf diese Art ausgerüstet.

### **Ortsselektiver Einsatz von Fehlerstrom-Schutzschaltern**

1982 erschien der erste Bericht des vom VDE-Ausschuss angeregten Forschungsvorhabens über die Ursachen tödlicher Stromunfälle bei Niederspannung, zusammenfassend über die drei Auflagen hinweg in [8][9][10] dargestellt. Dort, und in mehreren Fachtagungen diskutiert, ergab sich die wesentliche Erkenntnis, dass es an bestimmten Orten, wie Bädern und im Freien von Privathaushalten, relativ häufig zu tödlichen Stromunfällen kommt und dass diese ganz überwiegend auf einpoliger Berührung mit Stromfluss über den menschlichen Körper in die Erde oder geerdete Teile (Umgebungspotential) beruhen.

1983 erschien eine völlig neu gefasste Errichtungsbestimmung DIN 57100 (VDE 0100-410), in der als *zusätzliche* Schutzmaßnahme gegen direktes Berühren der hochempfindliche FI-Schalter mit  $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$  aufgeführt wurde. In derselben Bestimmung wurde festgelegt, dass der getrennt verlegte Schutzleiter statt an einen

Erder auch an den Neutralleiter des mit dem FI-Schutzschalter bestückten Netzabschnittes angeschlossen werden kann.

Damit war die Voraussetzung erfüllt, auch in genullten Verbraucheranlagen die als besonders gefährdet erkannten Orte durch FI-Schutzschalter zusätzlich abzusichern, ohne die ganze Struktur der Verbraucheranlage ändern zu müssen. Existierende Verbraucheranlagen konnten also bestehen bleiben, sie konnten aber auch ganz (bei getrennt verlegtem Schutzleiter) oder in Teilen (mit getrennt verlegtem Schutzleiter nur in dem zusätzlich geschützten Teil) durch die zusätzliche Schutzmaßnahme erweitert werden. Das Vorschriftenwerk blieb damit rechtlich homogen, es war für Fachleute leicht zu verstehen und damit praktisch ausführbar. Der VDE-Ausschuss hat maßgebliche Grundlagen für die Normungsgremien durch Publikation seiner Arbeitsergebnisse geliefert.

Als erste Folge der neuen Möglichkeiten kam ein Installationsgerät auf den Markt, bei welchem eine Steckdose mit einem FI-Schutzschalter mit  $I_{\Delta N} = 10 \text{ mA}$  vereint war und welches in eine übliche Unterputz-Dose hineinpasste. Es diente der Nachrüstung von Steckdosen in Badezimmern mit FI-Zusatzschutz. Das war Zusatzschutz an einem als Hauptunfallort erkannten Bereich.

1984 trat mit VDE 0100-710 eine Bestimmung in Kraft, die vorschrieb, dass in Badezimmern von Neubauten die Steckdosen-Stromkreise mit FI-Schutzschaltern mit  $I_{\Delta N} = 30 \text{ mA}$  ausgerüstet werden müssen, sofern nicht weitergehende Schutzmaßnahmen wie Schutzkleinspannung Verwendung finden. Dies war eine weitere Konsequenz, die aus den Ergebnissen des VDE-Ausschusses gezogen wurde.

Angeregt durch eine Fachtagung 1985 in Dortmund entstand VDE 0100-739, eine Leitlinie, die die Verwendung von portablen FI-Schutzschaltern als Zusatzschutz hinter normalen Steckdosen regelt. Damit ist es auch Laien möglich, die einer Steckdose nachgeschalteten Geräte und Verbindungsleitungen wie z. B. Rasenmäher im Freien zusätzlich zu schützen.

Bei den Formulierungen der zusätzlichen Schutzmaßnahmen in den Bestimmungen wurde sorgfältig darauf geachtet, das bisweilen vorgeschlagene Wort "Personenschutz" zu vermeiden. Der Begriff "Personenschutz" kann missdeutet werden, indem man ihm zu unrecht eine völlige Risikolosigkeit unterstellt. Das gilt auch im Hinblick auf rechtliche Fehlinterpretationen.

### **Zuverlässigkeit von Fehlerstrom-Schutzschaltern**

In mehreren Studien haben die BGFE und andere Institutionen in Feldversuchen und in anschließenden Ermittlungen das Langzeitverhalten und die Versagenswahrscheinlichkeit der FI-Schutzschalter untersucht [19]. Das Hauptergebnis war im ungünstigsten Fall eine Ausfallquote von 8,7 % im Verlauf von 10 Jahren, was als nicht hinnehmbar angesehen wurde. Dabei zeigte sich, dass Schalter, deren Prüftaste regelmäßig betätigt wurde, wesentlich zuverlässiger waren als jene, deren regel-

mäßige Prüfung unterlassen wurde. Die Untersuchung der ausgefallenen Schalter zeigte, dass der Auslösemechanismus infolge der geringen Auslöseleistung der Hauptgrund für den Ausfall war.

Ausgehend von der Beobachtung, dass ein regelmäßiges Betätigen der Prüftaste nicht erzwungen werden kann, wird vorgeschlagen, eine automatische Überprüfung zu entwickeln, die jedoch nicht zur Ausschaltung des geschützten Stromkreises führt. Durch einen elektronisch erzeugten kurzen Impuls soll der Anker angehoben und ein von der Bewegung erzeugter Rückmeldeimpuls die Überprüfung abschließen. Der gesamte Vorgang soll so schnell ablaufen, dass das Kontaktwerk des Hauptschalters nicht anspricht, der geschützte Stromkreis also nicht unterbrochen wird.

### **Fehlerstromschutzschalter in den USA**

Im "National Electrical Code" von 1987 taucht erstmals mit Article 210-8 unter der Überschrift "Ground-Fault Circuit Protection for Personel (GFCI)" eine Aufzählung von Orten auf, an denen Steckdosen-Stromkreise durch FI-Schutzschalter geschützt werden müssen. In den zugehörigen Erläuterungen im "National Electrical Code Handbook 1987" heißt es dazu sinngemäß, dass eine Anzahl von Unfällen in Bädern sich durch diese Maßnahmen verhindern ließen. Auch hier geht also der Trend zur ortsselektiven Schutzmaßnahme.

Amerikanische FI-Schutzschalter (GFCI) weisen eine Ansprechempfindlichkeit von 5 mA auf. Daneben gibt es auf dem amerikanischen Markt eine spezifische Integrierte Schaltung, die die Erfassung des Fehlerstromes erleichtert und die wegen ihrer Verstärkerwirkung ein einfaches und robustes Ansprechrelais möglich macht.

Analoges Vorgehen war in Deutschland nicht möglich, da die Bestimmungen seinerzeit ausschlossen, dass Sicherheitsvorrichtungen elektrische Hilfsenergie verwenden.

### **Literatur**

- [17] Lauerer, F.: Unfallverhütung bei Stromverbraucheranlagen durch hochempfindliche Fehlerstromschutzschalter. BAU Forschungsbericht FB 78, Dortmund 1972
- [18] Zürneck, H.: Gleichstrombeeinflussung von Fehlerstromschutzschaltern. VDE-Fachtagung "Der elektrische Unfall" – Ursache und Verhütung. Aachen, 30.-31. März 1976
- [19] Kieback, D.: Zuverlässigkeit von FI-Schutzeinrichtungen. Elektropraktiker Berlin 51 (1997) S. 87-93 (mit umfassendem Literaturverzeichnis zum Thema Fehlerstromschutzschalter)

### **3.4 Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder und 26. BImSchV**

#### **Situation 1973 und Entwicklung bis zur 26. BImSchV.**

Bei der Gründung des VDE-Ausschusses 1973 waren die folgenden physiologischen Phänomene starker elektromagnetischer Felder bekannt:

- bei Frequenzen "unter etwa 200kHz": Nervenreizung in Feldern der Körperströme bei gewollter oder ungewollter elektrisierender Durchströmung,
- bei Frequenzen "über etwa 200 kHz": Erwärmung durch Dissipation elektromagnetischer Felder im Körper zum Beispiel bei therapeutischer Kurzwellen- und Infrarotbehandlung, Erwärmung in Mikrowellengeräten und durch Radargeräte.

Auf der Internationalen Hochspannungskonferenz 1972 wurde der russische CIGRE-Bericht 23-06 von V.P. Korobkova diskutiert, der von "Unannehmlichkeiten" für das Personal in Hochspannungsanlagen sprach.

Der im Unterabschnitt 1.3 angeführte UA b stellte sich deshalb die Aufgabe, die Meldungen über derartige Beobachtungen zu sammeln und zu sichten, vorzugsweise im Hinblick auf die in der Elektrizitätsversorgung weit verbreiteten Frequenzen 50 Hz und 60 Hz. Insbesondere interessierte die Frage, ob diese Effekte von eigener noch unbekannter Art wären oder ob sie sich auf die bekannten physiologischen Vorgänge der Nervenreizung und Erwärmung zurückführen ließen. Die wenigen aus aller Welt seinerzeit vorliegenden Forschungsberichte und drei bekannte Forschungsprogramme gaben noch keinen Aufschluss hierüber.

Zu dieser Zeit wurde auch darüber gerätselt, warum der russische Geheimdienst die amerikanische Botschaft in Moskau mit hochfrequenten elektromagnetischen Wellen bestrahlen ließ.

In der Folgezeit wurden unzählige weitere Forschungsarbeiten und -programme bekannt. Der Lenkungsausschuss der Deutschen Kommission Elektrotechnik (DKE) übertrug deshalb 1977 dem VDE-Ausschuss die Aufgabe, die elektrischen und magnetischen Feldwirkungen im Bereich bis 10 kHz zu verfolgen und darüber zu berichten, zum Beispiel durch Mitarbeit im DKE-Komitee K 764.

Es galt also für den VDE-Ausschuss, eigene Vorstellungen zu entwickeln, sich positiv in die internationale Diskussion einzuschalten und die Öffentlichkeit über den Stand der Kenntnis zu informieren. Um Erfahrungen zu sammeln setzte R. Hauf Studenten als Probanden definierten elektrischen, magnetischen und kombinierten Feldern aus und versuchte, zum Beispiel über sensitive Reaktionstests, spezifische Befindlichkeitsstörungen aufzudecken. Trotz größter Sorgfalt ließen sich bei technisch üblichen Feldstärken keine Effekte nachweisen. Dies beruhigte allerdings nur die Fachwelt. In der Öffentlichkeit wurde dagegen die unbedarfte Hypothese vertreten,



dass eine anhaltende Bestrahlung durch Felder 50/60 Hz schon von Natur aus schädlich sein müsse, da dem Menschen ja keine Gelegenheit geboten wurde, sich im Zuge seiner Evolution auf sie einzustellen.

Der VDE-Ausschuss beteiligte sich intensiv an der internationalen Diskussion über geeignete Modellvorstellungen, welche es erlauben sollten, die durch äußere niederfrequente Wechselfelder im menschlichen Körper hervorgerufenen inneren Stromdichten zu berechnen. Denn nach den Vorstellungen im UA a war allein die Stromdichte maßgebend für beobachtete Reizungen an Nerven- und Muskelfasern. Aus medizinischer Sicht berichtete einleuchtend H. Schaefer in [20]. H. König verfolgte im Sammelband "Unsichtbare Welten" (5. Aufl., München 1985) hingegen zum Teil okkultistische Spuren, denen aufgeklärter Verstand nicht zu folgen vermag.

Die Modellbildung für hochfrequente elektromagnetische Felder wurde mit Rücksicht auf das große kommerzielle Interesse am Mobilfunk durch eine eigene Organisation verfolgt, die Forschungsgemeinschaft Funk. Als maßgebende Größe für Gefährdungen wird in diesen Fällen die Gewebeerwärmung angesehen. Die Suche nach anderen Wirkungsmechanismen außer Reizung und Erwärmung blieb im gesamten Frequenzbereich bis 300 GHz trotz intensivster Bemühungen bis heute erfolglos [21][34].

Die Literatur über Einwirkungen der Felder auf den Menschen, ist in ihrem Umfang nicht mehr überschaubar. Aus ingenieurwissenschaftlicher Sicht eignen sich zur Einführung [22] [23] [32].

Der VDE-Fachbericht 45 [22] enthält auch die nicht nachvollziehbaren Beobachtungen v. Klitzings. Er wies in der Folgezeit unablässig darauf hin, dass die Ungefährlichkeit der Felder nicht bewiesen wäre und deshalb weitere Forschungsarbeiten erforderlich seien. Er übersieht dabei, dass Negativbeweise grundsätzlich zu keinem schlüssigen Ende geführt werden können.

Die für manche Menschen unbehagliche Feststellung, dass Elektrizität und Mobilfunk allgegenwärtig, unentbehrlich und undurchschaubar seien, löste mancherorts den Argwohn aus, dass die Felder entgegen allen wissenschaftlichen Forschungsergebnissen doch "irgendwie" schädlich sein könnten. Privatrechtlich aufgelegene Normenorganisationen wie DKE und DIN seien nach Ansicht einiger Kritiker gar nicht berechtigt, Grenzwerte für die Sicherheit in Feldern festzusetzen. Dies sei vielmehr Aufgabe staatlicher Vorsorge. Schließlich spräche DIN VDE 0848-1 mitunter doch selbst von einer "Gefährdung" durch elektromagnetische Felder, die HEA in einer Druckschrift von "Gesundheitlichen Schäden durch elektromagnetische Felder in Wohnungen".

Auch die ernstzunehmende Presse übernimmt für Felder leider den von der Regenbogenpresse geprägten plakativ-angsteinflößenden Begriff "Elektrosmog", so als ob Felder ein zur Entsorgung anstehendes unappetitliches Abfallprodukt wären. Dabei

wird vergessen, dass jede elektrische Leistung naturgesetzlich und untrennbar aus Feldern entsteht und mit ihnen verknüpft ist, ebenso wie der Rund- und Mobilfunk, die Fernseh- und Nachrichtentechnik und vieles andere. Von dieser "unsichtbaren Umwelt", so wird es dem verängstigten Publikum eingeredet, würden unbekannte Risiken und Gefährdungen ausgehen, vor denen man sich schützen müsse. Im "Geschäft mit der Angst" werden Ratschläge, Messungen, Gutachten, Strahlenschutzdecken, Elektromog-Pillen, metallisch geschirmte Unterwäsche, schirmender Wandverputz u.a.m. angepriesen. Die zum gleichen Zweck für die Elektroinstallation empfohlenen automatischen Netzfreischalter sind, genau besehen, mit dem verdeckten Risiko verbunden, dass man sich auf die von ihnen herzustellende Spannungsfreiheit nicht mit Gewissheit verlassen kann.

Der VDE-Ausschuss sah es als seine Pflicht an, über die tatsächlichen Risiken der in der Technik gebräuchlichen Felder aufzuklären: Sie sind vernachlässigbar.

Leider hatte eine Reihe von Verbraucherzentralen schon damit begonnen, zum Verzicht auf "Firlefanz" aufzurufen, wozu sie Heizdecken, Dunstabzugshauben, Elektrozahnbürsten, elektrische Dosenöffner, Heizlüfter und -strahler zählten. Zu unvermeidbarer Technik gälte es, Mindestabstände zu wahren, zu Beispiel 1,5 m zum Radiowecker. Um derlei Phantasmagorien abzustellen, brachte der VDE 1996 in hoher Auflage eine "Streitschrift" [24] in den Verkehr. Sie löste eine lebhaftete Diskussion aus, bezeichnend für die mangelhafte Information der Öffentlichkeit.

In der Zwischenzeit hatte sich auch das Umweltministerium des umstrittenen Themas angenommen und gliederte es, da es kein eigenständiges Gebiet für technisches Recht gibt, mangels eines Besseren in den Bereich des Immissionsschutzrechtes ein.

Gelegentlich wurde auch versucht, die biologischen Wirkungen der Felder als Untergruppe "Elektromagnetische Verträglichkeit der Umwelt (EMVU)" formell der technischen Verträglichkeit der Felder (EMV) unterzuordnen. Dies widerspricht jedoch dem wissenschaftlichen Verständnis, das streng zwischen belebter und unbelebter Natur unterscheidet: Unter anderem versteht es erstere, sich selbst zu organisieren und zu regenerieren, letztere nicht. Dessen ungeachtet erschien im VDE-Verlag eine Buchreihe unter dem Titel "Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme" [25][26][27][28].

Die seinerzeit einsetzende Tätigkeit des Gesetzgebers erübrigte es, eine vom VDE-Ausschuss als Argumentationshilfe fertig gestellte Broschüre über die biologischen Wirkungen der Felder herauszugeben.

## **Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV vom 16.12.1996**

### **Vorbemerkung**

Wie im Unterabschnitt 4.2 ausgeführt, sagt der Begriff "Grenzwert" über die Art der Grenze nichts aus. Es gibt folglich Grenzwerte der Bemerkbarkeit, der möglichen Gefährdung, der unmittelbaren Gefahr und anderer Zustände. ICNIRP unterscheidet 1998 "basic restrictions", die nicht überschritten werden dürfen, und "reference levels", deren Übertretung eine genauere Analyse erfordern, ob dabei die "basic restrictions" überschritten wurden. Die Vornorm DIN VDE 0848-4:1995 unterscheidet in gleicher Weise zwischen Basiswerten und abgeleiteten Werten. Die Empfehlung des Rates der EU von 1999 gibt entsprechende Basisgrenzwerte und Referenzwerte im Bereich zwischen 0 GHz und 300 GHz an, wobei jedoch die in der BImSchV aufgeführten Größen als vorrangig anzusehen sind.

Eine wissenschaftlich sorgfältig abgefasste Empfehlung der Strahlenschutzkommission zum Schutz vor niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern der Energieversorgung und -anwendung vom 10.5.1995 wurde im Bundesanzeiger 47 (1995) Nr. 147a bekannt gemacht. Sie geht von der mittleren Körperstromdichte  $1 \text{ mA/m}^2$  aus, unterhalb der keine abgesicherten biologischen positiven oder negativen Wirkungen bekannt sind. Das ist eine überaus vorsichtige Annahme mit großem Schutzbeiwert nach Unterabschnitt 4.2: Um Myokardzellen über Nerven zu reizen, was unbedingt vermieden werden muss, sind nämlich etwa  $6 \text{ A/m}^2$  erforderlich. Im Vergleich dazu liegt die bei normaler Funktion des Herzens oder des Gehirns sich physiologisch einstellende Stromdichte unablässig in der Größenordnung von  $10 \text{ mA/m}^2$ . Der demgegenüber um den Faktor 10 geringere Grenzwert der Stromdichte  $1 \text{ mA/m}^2$ , von dem die Strahlenschutzkommission ausgeht, kann nach den Gesetzen der Physik im Organismus des Menschen bei 50 Hz allenfalls durch äußere elektrische Felder von mehr als  $2 \text{ kV/m}$  oder durch äußere magnetische Flussdichten von über etwa  $100 \text{ } \mu\text{T}$  erzeugt werden.

Dieser Erkenntnis folgend übernimmt die Strahlenschutzkommission für niederfrequente Felder 50 Hz bei ganztägig zulässiger Exposition der Bevölkerung die Grenzwertempfehlungen der ICNIRP 1993 mit  $5 \text{ kV/m}$  und  $100 \text{ } \mu\text{T}$ . Sie weist aber auf mögliche Unannehmlichkeiten für Träger von Schrittmacherimplantaten oberhalb  $2,5 \text{ kV/m}$  und  $20 \text{ } \mu\text{T}$  hin, die jedoch mit keiner Gefährdung verbunden sind.

In ähnlicher Weise lassen sich die zulässigen Werte für hochfrequente Felder über 30 kHz bei ganztägiger Exposition der Bevölkerung bestimmen. Einerseits können unmittelbare Reizwirkungen durch die im Körper feldinduzierte Stromdichte ausgelöst werden. Andererseits kann Wärmeabsorption die Körpertemperatur unzulässig erhöhen. Dabei geht man international bei Reizung von der Stromdichte  $10 \text{ mA/m}^2$  oder bei Temperaturerhöhung von der spezifischen Absorptionsrate SAR von  $0,4 \text{ W}$  je Kilogramm Körpermasse aus. Unterhalb dieser Grenzwerte sind keine gesicherten

biologischen negativen Wirkungen bekannt. Bei Mobiltelefonen sollte nach Ansicht der Weltgesundheitsorganisation WHO eine spezifische Absorptionsrate SAR von 2,0 W/kg nicht überschritten werden.

Die schwierige Rückrechnung von Stromdichten und Leistungsdichten im Körperinneren auf äußere Feldwerte kV/m und  $\mu\text{T}$  [22] verlangt frequenzabhängige Modellvorstellungen. Ein Sonderfall ist dabei das menschliche Auge, das wegen des Risikos einer Linsentrübung bei Langzeitexposition mit hohen Leistungsdichten über  $100 \text{ W/m}^2$  gefährdet sein kann.

Andere Forschungsarbeiten versuchen mit epidemiologischen Studien herauszufinden, ob spezifische chronische Gesundheitsschäden irgendwie von einer Verdachtsgröße abhängen, der exponierte Personen ausgesetzt sind. Wenn sich solche Zusammenhänge tatsächlich als statistisch erfaßbare Korrelationen erweisen sollten, wäre dies allerdings noch kein Beweis für das Vorliegen echter, das heißt: wirkursächlicher Risiken, sondern böte im ersten Anschein nur eine notwendige, aber nicht hinreichende Voraussetzung hierfür. Die Aussagekraft solcher Korrelationen für die Sicherheitstechnik ist also überaus schwach.

Die Methodik verlangt es überdies, sämtliche in Frage kommenden anderweitigen Einflüsse auf die Gesundheit der exponierten Personen, also deren gesamte Lebensumstände, zu erfassen und bei der Auswertung zielgerichtet zu eliminieren. Dieses Erfordernis reduziert die Anzahl der miteinander vergleichbaren Fälle wesentlich, oft bis zur Unmöglichkeit statistisch gesicherter Aussagen. Als Beispiel wird im Folgenden gezeigt, wie man epidemiologisch dem unterstellten Verdacht nachgehen kann, Leukämie bei Kindern hinge auf ungeklärte Weise mit den unvermeidlichen magnetischen Wechselfeldern äußerst geringer Intensität im Wohnbereich zusammen.

Kinderleukämie ist mit 4 Fällen im Jahr bezogen auf 100.000 Kinder recht selten und zum Glück gut heilbar. Es ist bekannt, dass sie gehäuft in „Nestern“ auftritt.

Bei den prospektiven sogenannten Kohortenstudien werden bisher nicht-erkrankte Personen entsprechend der in ihrem Lebensbereich nachgewiesenen Feldintensitäten in Gruppen eingeteilt. Am Ende einer mitunter jahrelangen Beobachtungszeit wird die Erkrankungshäufigkeit der einzelnen Gruppen miteinander verglichen. Aufgrund des hohen Aufwandes werden solche Studien selten durchgeführt.

Bei den retrospektiven sogenannten Fall-Kontroll-Studien werden zunächst möglichst viele, im Beispiel spezifisch an Leukämie Erkrankte gesucht und in der Fallgruppe zusammengefaßt [27]. Für die Kontrollgruppe werden dann, quasi auf jeden Erkrankten zugeschnitten, an Leukämie nicht-erkrankte Personen aus möglichst ähnlichem Umfeld gesucht, das heißt: *ceteris paribus* passend nach Geschlecht, Alter, Lebensumständen, gesellschaftlicher Stellung u.a.m. Bei allen Personen beider Gruppen wird dann geschätzt oder gemessen, unter welchen Feldintensitäten sie in

der Vergangenheit gelebt haben. Dieses Datenmaterial erlaubt es, die beargwöhnten Felder grob in Klassen zu unterteilen, etwa mit höherer/mittlerer/geringer Intensität. Die Auswertung stellt dann die relativen Häufigkeiten der Personen innerhalb der Fall- und der Kontrollgruppe fest, die den Intensitäten der betrachteten Klassen ausgesetzt waren. Bei statistisch ausreichender Größe der Fall- und der Kontrollgruppe, gibt der Quotient der beiden relativen Häufigkeiten, "Ungleichheits-Verhältnis *odds ratio OR*" genannt, einen Hinweis auf das Maß, um welches die Wahrscheinlichkeit steigt, den spezifischen chronischen Gesundheitsschaden im Zusammenhang mit der unterstellten Verdachtsgröße der klassierten Intensität zu erleiden. Als typische mittlere Größe niederfrequenter magnetischer Wechselfelder im Wohnbereich wurde eine äußerst geringe Flußdichte von etwa 70 nT gemessen, in Einzelfällen bis zu 700 nT [26, S.82 und S.104]. Zur Charakterisierung von Feldern geringer Intensität erwies sich etwa der dreifache Wert davon als geeignet, also  $B < 200 \text{ nT} = 0,2 \text{ } \mu\text{T}$ , der auch den deutschen Studien zu Kinderleukämie zugrunde liegt. Als Häufigkeitsverhältnis *OR* ergab sich dabei allenfalls eine Größe von 2 bis 3. Dieser Wert ist in Anbetracht der geringen Zahl an Erkrankten mit entsprechender Streuung der statistischen Daten als eine nur sehr schwache korrelative Beziehung einzustufen: Ein kausaler Zusammenhang von Magnetfeldern und Leukämie bei Kindern ließ sich durch epidemiologische Studien bislang nicht aufspüren. Es bestehen Zweifel, ob ein solcher Nachweis für Kinderleukämie, trotz aller Bemühungen, wegen der unzureichenden Datenmenge der Fall-Kontroll-Gruppe überhaupt gelingen kann. Generell gilt: Bloße Korrelationen ohne ein einsichtiges Erklärungsmodell sind keine Beweise für Wirkursächlichkeit. Will man Risiken mit Hilfe epidemiologischer Untersuchungen begründen, so müssen die folgenden Bedingungen erfüllt sein:

- Die untersuchten Gruppen müssen eine statistisch ausreichende Größe aufweisen.
- Die Exposition muss eindeutig bestimmbar sein.
- Um fehlerhaften Schlußfolgerungen vorzubeugen, muss neben einer eindeutigen Korrelation auch ein tragfähiger und möglichst durch Experimente nachprüfbarer Wirkungsvorgang einsichtig sein [39].

Die Hypothese, hochfrequente Felder würden das so genannte Waldsterben verursachen, erwies sich als unhaltbar.

Nach der offizieller Anhörung geladener Kreise im Juli 1995, an der auch zwei Mitglieder des VDE-Ausschusses teilnahmen, wurde am 16.12.1996 die Durchführungsverordnung 26. BImSchV zum Bundes-Immissionsschutzgesetz erlassen. Sie gilt für niederfrequente Felder 16 2/3 Hz und 50Hz sowie für hochfrequente Felder 10 MHz bis 300 000 MHz. Für 50 Hz übernimmt die Verordnung die Grenzwerte der ICNIRP 5 kV/m und 100  $\mu\text{T}$ . Für den Hochfrequenzbereich wird ein dreigliedriger frequenzbestimmter Kurvenzug angegeben. Für die Zwischenbereiche fehlen Angaben.

Die Verordnung verlangt, dass diese Grenzwerte auch im Betrieb mit höchster Auslastung nicht überschritten werden. Kurzzeitige und kleinräumige Vorgänge sind jedoch nach § 4 nur in Sonderfällen zu beachten, irreführend „Vorsorge“ genannt, zum Beispiel in der Nähe von Krankenhäusern, Kindergärten u.a. In strengem Sinne ist der Vorsorgebegriff an dieser Stelle unangebracht: Er soll hier lediglich jene Sonderfälle beschreiben, in denen die Vorsicht angesichts der Wertvorstellungen der Gesellschaft erhöhte Schutzbeiwerte für angemessen hält. Was unter "Vorsorge" korrekt zu verstehen ist, wird im nachstehenden Unterabschnitt 4.1 erklärt.

Für manche Zwecke, zum Beispiel im Arbeitsschutz, reichen die Angaben der 26. BImSchV nicht aus: Sie erfassen die vorkommenden Frequenzen zwischen 0 Hz und 300 000 MHz nicht lückenlos, unterscheiden nicht zwischen kontrollierten und nichtkontrollierten Bereichen und gehen auf das zulässige Überschreiten der Grenzwerte an besonderen Arbeitsplätzen nur unzureichend ein. Die Unfallverhütungsvorschrift BGV B 11 vom 1.6.2001 behebt diese Unvollkommenheiten. Allerdings ist die Verbindlichkeit der Unfallverhütungsvorschriften nach dem neuen Europäischen Betriebssicherheitsgesetz derzeit nicht geklärt.

Gewisse Kreise waren mit der im Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit ausgearbeiteten 26. BImSchV nicht zufrieden und drängten auf reduzierte Grenzwerte, ungeachtet der allgemeinen Lebenserfahrung, dass sich Ängste durch geänderte Grenzwerte nicht dämpfen lassen.

Als Grundlage für eine Stellungnahme des VDE entwarf der VDE-Ausschuss zusammen mit der DKE unter anderem die Antworten auf offizielle Anfragen von Bundesabgeordneten [29][30]. In der Antwort des Ministeriums an die anfragenden Abgeordneten wurde die Stellungnahme des VDE teilweise im Wortlaut übernommen.

In gleicher Weise bereitete der VDE-Ausschuss die Stellungnahme des VDE zu den "Durchführungshinweisen zur Verordnung über Elektromagnetische Felder" des Länderausschusses für Immissionsschutz vor.

Die praktischen Erfahrungen, die der VDE-Ausschuss bei der Beantwortung von mehreren tausend Anfragen zur Wirkung der Felder sammelte, waren Anlass für einen Diskurs auf den Internetseiten des VDE, u. a. mit Beiträgen von E. David und G. Hosemann [31][32]. E. David richtete eine Beratungsstelle für Elektrosensible in Witten ein. Alle diese Tätigkeiten führten zu der Einsicht, dass es einem Experten für elektromagnetische Felder selbst in direktem Gespräch schwer fällt, Laien durch sein Wissen zu überzeugen. Dies trifft vor allem dann zu, wenn die Gedankengänge es erfordern, naturgesetzliche Zusammenhänge quantitativ darzulegen.

Zusammenfassend ist festzustellen: Die Wirkung starker elektromagnetischer Felder mit Flußdichten deutlich oberhalb der in der 26. BImSchV festgelegten Grenzwerte sind wissenschaftlich geklärt und experimentell nachgeprüft. Ihre Risiken stehen somit fest.

Das Ansinnen, gewisse subjektive Befindlichkeitsstörungen auf einen anhaltenden Aufenthalt in schwachen magnetischen Wechselfeldern zurückzuführen, deren Flußdichten deutlich unterhalb der festgelegten Grenzwerte liegen, muss jedoch als Unterstellung gelten, solange hierfür keine stichhaltigen Wirkungsvorgänge zu erkennen sind. Beargwöhnt wird zum Beispiel, dass gewisse Störungsempfindungen des Gedächtnisses, der Aufmerksamkeit, des Schlafes und von Herz-Kreislauf-Effekten durch magnetische Wechselfelder hervorgerufen oder gefördert würden. Im Zusammenhang mit solchen Deutungen und Ängsten ist der Risikobegriff fehl am Platz.

Gleiches gilt für die vorerwähnten epidemiologischen Studien über bioelektrische, durch Felder ausgelöste Effekte, vor allem wenn deren Korrelationen nur schwach sind. Ein Beispiel war der Argwohn, kindliche Leukämie könnte schon durch äußerst kleine Flußdichten im Wohnbereich verursacht werden: Nur wenn stichhaltige Wirkungsvorgänge zu erkennen wären, hätte es einen Sinn, von Risiken zu sprechen und deren Grenzwerte abzuschätzen. Es liegt daher im öffentlichen Interesse, die fraglichen bioelektrischen Effekte möglichst in Experimenten, etwa an Zellen und Zellverbänden entweder zu ergründen oder auszuschließen.

D. Kieback übernahm es für den VDE-Ausschuss, 1993 im Festvortrag zum hundertjährigen Jubiläum des VDE zusammenfassend über biologische Wirkungen netzfrequenter elektrischer und magnetischer Felder eingehend zu berichten [32, mit 86 Literaturstellen]. Er kommt zu dem Schluß, dass akute gesundheitlichen Gefahren mit Gewißheit auszuschließen sind, solange die vorstehend genannten Grenzwerte eingehalten werden. Darüber hinaus lassen sich irgendwelche chronische Wirkungen schwacher magnetischer Felder, wie sie im Alltag vorkommen, anhand epidemiologischer Studien bisher nicht stichhaltig nachweisen. Selbst wenn sich als Ergebnis zukünftiger Forschungen das Gegenteil herausstellen sollte, müßte das damit verbundene äußerst geringfügige Risiko hingenommen werden, solange man die Elektrizität nutzt und Strom fließt. Denn jeder Strom ist naturgesetzlich mit einem Magnetfeld verbunden.

Von einer wissenschaftlich nicht begründbaren Absenkung der den Gesundheitsschutz gewährleistenden Grenzwerte der 26. BImSchV hat der Gesetzgeber bis zum heutigen Tage abgesehen. Der VDE stellt durch seine aktive Mitwirkung bei der Erstellung harmonisierter europäischer Normen sicher, dass diese Grenzwerte von Produkten und Anlagen eingehalten werden. Er verfolgt kontinuierlich die Entwicklung des Wissensstandes auf technischem und biologischem Gebiet und informiert die Öffentlichkeit über den aktuellen Stand von Wissenschaft und Forschung, z. B. in [34].

Eine Europäische Richtlinie für den Arbeitsschutz, die nicht nur auf den Gesundheitsschutz in magnetischen Feldern, sondern auch auf die Chancen bei ihren technischen und medizintechnischen Anwendungen der Felder eingeht [35], ist in Vorbe-

reitung. Den europäischen Normen wird darin die Aufgabe zugewiesen, die Beurteilung und Messung oder Berechnung der Felder zu vereinheitlichen.

### **Literatur**

- [20] Schaefer, H.: Über die Wirkung Elektrischer Felder auf den Menschen, Sitzungsber. Heidelberger Akad. Wiss. (1983), Springer, Berlin
- [21] Haas, H.-G., Jühling, J.: Athermische Wirkungen hochfrequente elektromagnetischer Felder auf biologische Systeme, Expertengespräch 26./27.5.1999, Monographie BGFE
- [22] VDE-Fachbericht 45 "Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder", VDE-Fachtagung 9./10.1993 in Bad Nauheim, VDE-Verlag Berlin, Offenbach
- [23] Schaefer, H.: Gefährdet Elektromog die Gesundheit?, 2. Auflage 1995, Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg
- [24] Hosemann, G.: Elektromagnetische Felder und noch kein Ende, Kritik an einer Broschüre "Wir reden vom Elektromog", auch in: etz 117 (1996) H.11, S.42, VDE-Verlag Berlin, Offenbach
- [25] Brinkmann, K., Schaefer, H.: Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme, Band 1 Gesundheitsrisiken durch magnetische Gleichfelder, VDE-Verlag, Offenbach 1991
- [26] Eberle, P., Brinkmann, K., Schaefer, H.: Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme, Band 2 Einwirkung magnetischer Wechselfelder auf menschliche periphere Lymphozyten und tierisches Knochenmark, VDE-Verlag, Offenbach 1992
- [27] Stamm, A., Brinkmann, K., Schaefer, H.: Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme, Band 3 Untersuchungen zur Magnetfeldexposition der Bevölkerung im Niederfrequenzbereich, VDE-Verlag, Offenbach 1993
- [28] Kärner, H., Brinkmann, K., Schaefer, H.: Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme, Band 4 Elektromagnetische Verträglichkeit biologischer Systeme in schwachen 50-Hz-Magnetfeldern, VDE-Verlag, Offenbach 1995
- [29] Kleine Anfrage von 94 Abgeordneten und einer Fraktion, Drucksache 12/4282, mit 25 Fragen "Elektromog"
- [30] Große Anfrage von 107 Abgeordneten und einer Fraktion, Drucksache 13/3184, mit 25 Fragen "Elektromog" vom 27.11.95
- [31] David, E., Hosemann, G.: Streß durch elektromagnetische Felder, Umweltmedizin in Forschung und Praxis 6 (2001) S.9...13, Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg

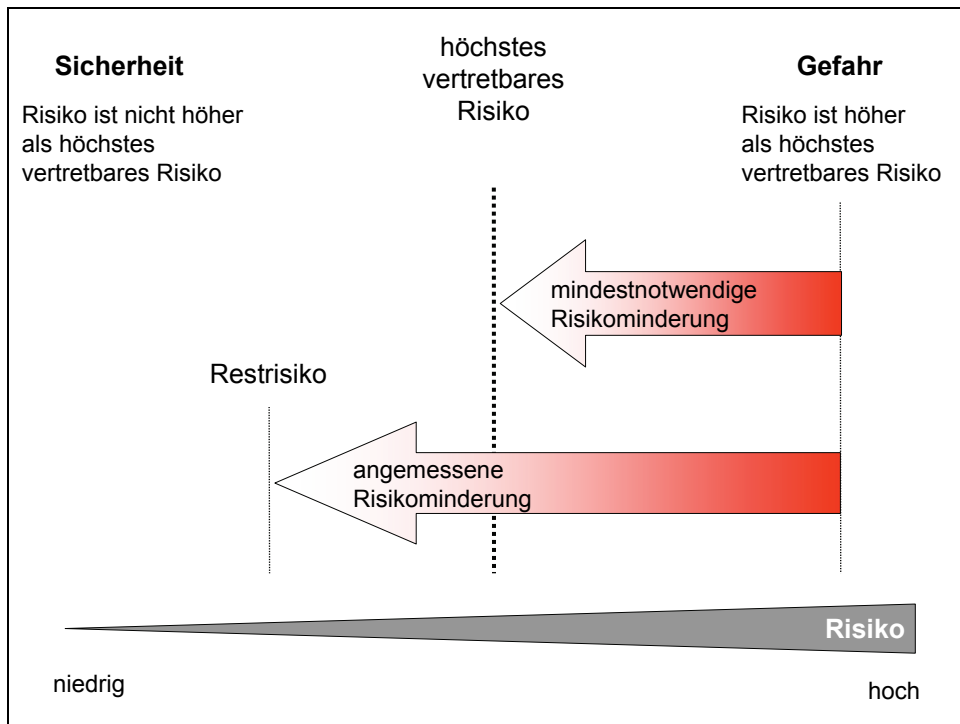


- [32] Ebenso David, E. et alii: Das Phänomen der Elektrosensibilität. Umweltmedizin in Forschung und Praxis 7 (2002) S.7...16. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg
- [33] Kieback,D.: Biologische Wirkungen netzfrequenter elektrischer und magnetischer Felder. VDE-Fachbericht S. 19...35, VDE-Verlag Offenbach 1993
- [34] VDE-Positionspapier „Mobilfunk und Gesundheit“, VDE Frankfurt, März 2002
- [35] Proposal: Amendment to Directive 2004/40/EC on minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields), 2007/0230 (COD)



## 4 Schutzziel Sicherheit

### 4.1 Sicherheit und Gefahr



**Bild 4 Risikoansatz zur Beurteilung der Technischen Sicherheit**

Die Sicherheit im Umgang mit technischen Erzeugnissen, Dienstleistungen und Verfahren lässt sich anhand des damit verbundenen Risikos beurteilen [36]. Das höchste vertretbare Risiko trennt die komplementären Zustände Sicherheit und Gefahr. Keine technische Einrichtung zugleich sicher und gefährlich sein. Der technische Risikobegriff befasst sich mit Personen-, Sach- und Umweltschäden. In der Sicherheitstechnik bleibt der Nutzen stets außer Betracht. Ein Beispiel für einen kausalen (wirkursächlichen) Schadensablauf geben Bild 5 bis Bild 8.

Die Eigenschaften "vertretbar" und "angemessen" in Bild 4 leiten sich aus den Begriffen ab:

- Vertretbarkeit  
Sie ist in Gesetzen, Verordnungen, Normen und anderen anerkannten Regeln der Technik, Gutachten u. a. niedergelegt. Nach [36, 3.7] werden dabei auch die gültigen Wertvorstellungen der Gesellschaft berücksichtigt.
- Angemessenheit (Verhältnismäßigkeit)  
Anzustreben sind sichere Zustände mit Restrisiken, die das vertretbare Risiko noch möglichst weit unterbieten. Maßgebend ist dabei der Aufwand für jede Einheit zusätzlicher Risikominderung verglichen mit der Bereitschaft des Marktes, Sicherheit zu honorieren.

Auch Kernaussagen zur Vorsorge und Meidung lassen sich mit dem Risikobegriff klären und ordnen.

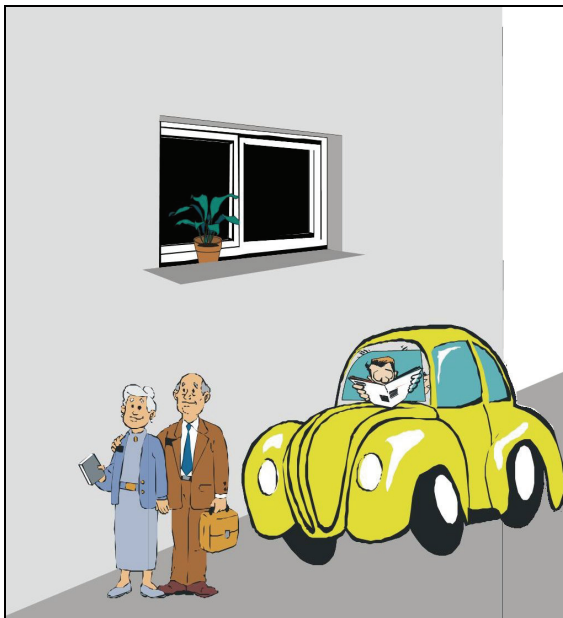
Im Polizei- und Ordnungsrecht bedeutet eine Gefahr die objektive, nicht entfernt liegende Möglichkeit des Eintritts eines Schadens an geschützten Rechtsgütern.

### Beispiel für den Ablauf eines Personen- oder Sachschadens



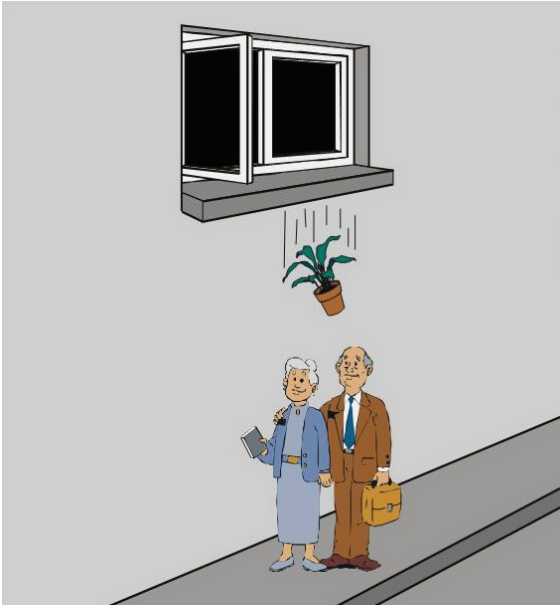
**Bild 5 Gefährdung (Hazard)**

Der vor dem Fenster in der Höhe abgestellte Blumentopf bildet durch seine Lageenergie eine potentielle Schadensquelle. Er stellt eine Gefährdung (hazard) für darunter befindliche Personen und Sachen dar.



**Bild 6 Gefährdungssituation (Hazardous situation)**

Eine Gefährdungssituation (hazardous situation) tritt ein, wenn diese Personen und Sachen sich nahezu lotrecht unter dem Blumentopf befinden, vor allem wenn die Möglichkeit besteht, das Fenster nach außen zu öffnen.



**Bild 7 Gefährdungsereignis (Hazardous event)**

Verschiedene Gefährdungsereignisse (hazardous events) sind denkbar, zum Beispiel

- wenn das Fenster tatsächlich nach außen geöffnet wird, aber auch
- wenn eine Böe den Blumentopf erfasst.



**Bild 8 Schaden (Harm)**

Bei Personen und Sachen können Schäden (harm) unterschiedlicher Art auftreten.

## 4.2 Risiko - Maß der Gefährdung

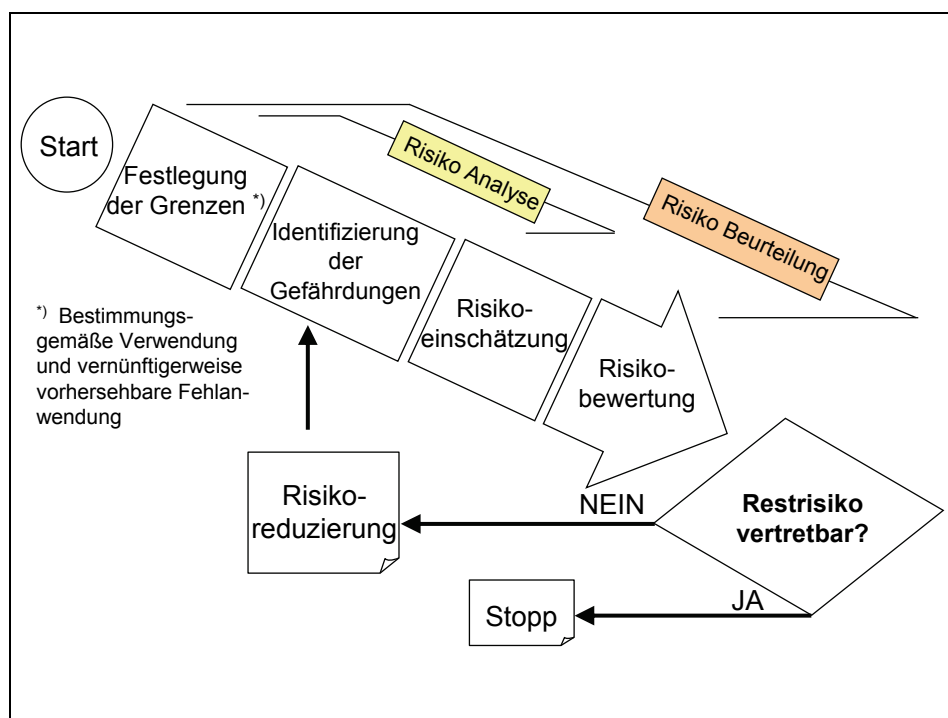
Sicherheit ist nach technischem Sprachgebrauch [36, 3.1] die Freiheit von unververtretbarem Risiko. Damit wird sie nach Bild 4 zum Komplement der Gefahr, der Anwe-

senheit von unvertretbarem Risiko. Sinngemäß bezeichnet „Funktionale Sicherheit“ die Freiheit von unvertretbarem Risiko, welches durch Funktionsversagen, zum Beispiel einer Steuereinrichtung, hervorgerufen werden kann.

Qualität ist kein Synonym für Sicherheit [36, Abschnitt 1]. Sie setzt vielmehr unter anderem Sicherheit voraus. Nach DIN 55350 T.11 ist nämlich Qualität die Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen.

Das Risiko als Maß zur Beurteilung und Abgrenzung von Sicherheit und Gefahr setzt sich aus der Höhe eines potenziellen Schadens und dessen Eintrittswahrscheinlichkeit zusammen. Risiken sind objektive Tatsachen, unabhängig vom Bewusstsein und Willen. Sie werden jedoch subjektiv empfunden. Risiken lassen sich durch Schutzmassnahmen beherrschen.

Dem Konstrukteur ist nicht nur aufgegeben, alle denkbaren, von seiner Konstruktion ausgehenden Gefahren abzuwehren, sondern auch die gefahrenträchtigen Risiken zu mindern, soweit dies die Grundsätze der Verhältnismäßigkeit und Zumutbarkeit gestatten. Das noch verbleibende Risiko wird, gleichgültig wie hoch es ist, als Restrisiko bezeichnet. Jede potenzielle Schadensquelle, Gefährdung genannt, ist mit einem Risiko verbunden, sei es auch noch so klein: Gefährdungen mit dem Risiko Null gibt es nicht.



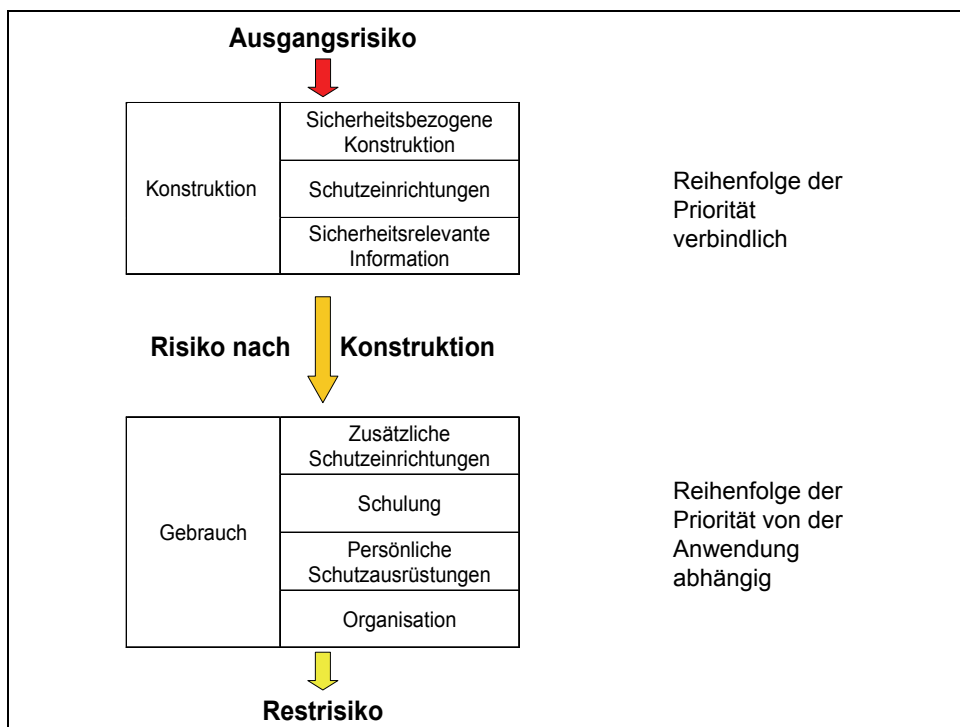
**Bild 9 Iteratives Verfahren von Risikobeurteilung und Risikoreduzierung**

Ziel aller sicherheitstechnischer Überlegungen und Maßnahmen ist es, Sicherheit zu erreichen und zu erhalten. So schreibt die Europäische Richtlinie 2001/95 über die Allgemeine Produktsicherheit (GPSD) im Art. 3 vor: "Die Hersteller dürfen nur sichere

Produkte in Verkehr bringen". Daraus folgt zwingend, dass die Entscheidung, ob das mit einem technischen Produkt verbundene Risiko das höchste vertretbare Risiko nach Bild 4 überschreitet oder nicht, disjunktiv zu treffen ist. Die Frage, ob Sicherheit vorliegt, läßt sich nur mit einem klaren JA oder NEIN beantworten; ein ausweichendes JEIN ist im Bereich der technischen Produktsicherheit nicht zulässig [38]. Die Beurteilung der von Gefahrstoffen ausgehenden Risiken [39] gehört jedoch wegen der bei ihnen nur unzureichenden Datenlage und fraglichen Auswirkung in den Bereich der behördlichen Vorsorge oder Meidung [40].

Nach Bild 4 liegt Sicherheit vor, wenn das nach Bild 9 zu beurteilende Restrisiko unter einem vertretbaren Wert bleibt und dabei die wirtschaftlich vernünftigen und praktikablen Maßnahmen zur Risikominderung nach dem Stand der Technik voll ausgeschöpft sind. Das vertretbare Risiko ist aus den Sicherheitsbestimmungen oder Sicherheitsnormen ersichtlich, die für das betrachtete oder ein ähnliches Produkt in vergleichbaren Situationen gelten. Fehlen solche Normen, wird dasjenige Risiko als vertretbar gehalten, das nach Überzeugung des zuständigen Garanten oder Sachkundigen, also etwa eines legitimierten Gremiums, der Bevölkerung bei bestimmungsgemäßer Nutzung der technischen Produkte zugemutet werden darf. Dazu gehört auch ein korrektes sicherheitsgerechtes Verhalten.

Die Vertretbarkeit eines Risikos darf nicht verwechselt werden mit der Akzeptanz eines Risikos: Diese drückt lediglich die unbestimmte Bereitschaft aus, ein Risiko für sich und andere als hinnehmbar zu empfinden. Für den betrieblichen Arbeitsschutz können besondere Festlegungen gelten.



**Bild 10 Risikoreduzierung**

Der VDE-Ausschuss sah sich bei der Durchführung und Auswertung seiner Arbeiten zur Unfallforschung zunehmend veranlasst, nicht nur auf die Gefahrenabwehr, sondern auch auf die Minderung gegenwärtiger und zukünftiger Risiken nach Bild 10 zu achten.

Nach allgemeiner Ansicht ist der Risikobegriff zum Aufbau eines Ordnungssystems für die Sachlagen von Sicherheit, Vorsorge und Meidung besonders geeignet:

- Risikobetrachtungen gestatten es, den Erwartungswert eines zufälligen Schadens bei der Anwendung technischer Erzeugnisse, Verfahren und Dienstleistungen in Gewerbe und Industrie ebenso wie in Heim und Freizeit, also im allgemeinen Personen- und Sachschutz nicht anders als im Arbeitsschutz einheitlich zu beurteilen.
- Risikobeurteilungen erleichtern die Anwendung des staatsrechtlich gebotenen Subsidiaritätsprinzips in der Sicherheitstechnik, wonach der Staat, wie es der "Neue Ansatz" (new approach) der Europäischen Union vorsieht, Gesetze und Technische Richtlinien erlässt, die in ihren "grundlegenden Anforderungen" nur die allgemeinen sicherheitstechnischen Erfordernisse aufführen. Deren Auslegung und praktische Umsetzung nach Maßgabe realistischer Risikobeurteilungen sind dann Sache der legitimierten fachlich versierten Normenorganisationen. Bei europäischen Normen, die im Amtsblatt der EG aufgeführt sind, besteht die widerlegbare Vermutung, dass durch sie die grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinien erfüllt werden.

Der Neue Ansatz vom 7.5.1985 zur technischen Harmonisierung und Normung löste das bis dahin in der EG geltende Harmonisierungskonzept ab. Dieses hatte versucht, in den Richtlinien texten und ihren Anhängen sämtliche technische Details selbst zu regeln, was sich zunehmend als unpraktikabel erwies. Die ursprünglich als "Sündenfall" geschmähte Niederspannungsrichtlinie 73/23/EEC war zuvor bereits ähnlich subsidiär vorgegangen und hatte sich bewährt.

- Die nachzuweisende Wirkursächlichkeit potentieller Schadensabläufe und ihre geschätzten Risiken ermöglichen eine systematische und logische Wertung der Maßnahmen, die zur Gefahrenabwehr und Risikominderung in der Technik gefordert sind.

Bei einem wirkursächlichen (kausalen) Schadensablauf lösen erfahrungsgemäß gleiche Ursachen regelmäßig gleiche feststellbare Wirkungen aus. In diesem Fall werden die notwendigen Schutzmaßnahmen durch Vergleiche zwischen dem Restrisiko und dem vertretbaren Risiko bestimmt. Das Schutzziel ist Sicherheit. Ein Beispiel sind die Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag.

Läßt der betrachtete Schadensablauf einen wirkursächlichen Zusammenhang lediglich vermuten oder beargwöhnen, und ist die Abfolge der unerwünschten zum Scha-



den führenden Wenn-Dann-Ereignisse mit ausreichender Signifikanz anhand eines plausiblen hypothetischen Modells erklärbar, obliegt es dem Staat, gegebenenfalls geeignete Vorsorgemaßnahmen nach technischer und politischer Nützlichkeit zu verordnen, ohne dabei auf den Neuen Ansatz (new approach) zurückzugreifen. Er hat dabei die im DIN-Fachbericht 144 [39] beschriebenen Gebote der Verhältnismäßigkeit, Gleichbehandlung, Kohärenz und Wissenschaftlichkeit zu beachten. Das Ziel der Vorsorgemaßnahmen ist ein "hohes Schutzniveau", das den berechtigten Erwartungen der Bevölkerung entspricht. Ein Beispiel ist die Grenzwertfestsetzung im Gefahrstoffrecht.

Liegen keine haltbaren Modellvorstellungen vor, richten sich etwa angeordnete Maßnahmen zur Meidung einer bestimmten Technologie allein nach politischer Zweckmäßigkeit. Ein Beispiel sind die Importverbote gewisser genbehandelter Lebensmittel.

Bei alledem ist zu beachten, dass der Risikobegriff in der Sicherheitstechnik etwas ganz Anderes bedeutet als der wortgleiche Risikobegriff in Wirtschaft, Finanzwelt und Politik. Dort hat er das Aufwiegen des wahrscheinlichen Nutzens gegen den wahrscheinlichen Schaden zum Inhalt, die beide mit einem Wagnis ungewissen Ausgangs verbunden sein können. Im Gegensatz dazu wird in der Sicherheitstechnik nur der Schaden erwogen, der Nutzen ist ausschließlich der ausgebliebene Schaden: Damit werden angreifbare Schaden-Nutzen-Bilanzierungen entbehrlich, die sonst für die nicht objektivierbare Abwägung der unterschiedlichen Güter unumgänglich wären.

Ein umfassender Überblick von der subjektiven Wahrnehmung der Risiken bis hin zum pragmatischen Umgang mit ihnen, gesehen aus dem interfakultativem Blickwinkel der Geistes-, Staats-, Natur- und Technikwissenschaften, ist in [35] zu finden.

An den Arbeiten der mit den Grundlagen der Sicherheitstechnik befassten Normungsgremien beteiligten sich Mitglieder des VDE-Ausschusses als Vorsitzende und Deutsche Sprecher der Vornorm DIN 31004-1:1984 Begriffe der Sicherheitstechnik - Grundbegriffe, DIN VDE 31000-2:1987 Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse - Grundbegriffe, sowie DIN EN 1050:1997 Sicherheit von Maschinen - Leitsätze zur Risikobeurteilung.

Das Basiswissen der Sicherheitstechnik beschreibt der unter Mitwirkung des VDE-Ausschusses entstandene DIN-Fachbericht 144 (2005): Sicherheit, Vorsorge und Meidung in der Technik [39]. Dieser richtet sich in seiner Diktion nach dem ISO/IEC Guide 51:1999 Safety aspects - Guidelines for their inclusion in standards, in Deutschland verbindlich als Norm DIN 820-120 [36].

Der DIN-Fachbericht 144 [39] bemüht sich, das gegenwärtige Chaos der für Gefahren, Gefährdungen, Risiken, Wagnisse, Sicherheit, Schäden und andere Zustände

und Ereignisse allseits benutzten Bezeichnungen zu beseitigen und die Begriffsinhalte zu ordnen.

Problematisch können danach auch Übersetzungen von und in fremde Sprachen sein. Schlichte Substitution der Wortstämme ist mitunter unangebracht. Beispielsweise wird "tolerable risk" aus ISO/IEC Guide 51 in DIN 820-120, 3.1 bewusst nicht mit "tolerierbares Risiko", sondern mit "vertretbares Risiko" übersetzt, um den Vorgang der Entscheidung, die dem Garanten obliegt, hervorzuheben. Ganz allgemein stellt man fest, dass der Wortsinn übersetzter Begriffe oftmals verschlossen bleibt, wenn man lediglich die englischen Wortstämme durch die entsprechenden deutschen Stämme ersetzt. Ein Beispiel dafür ist die Übersetzung "safety integrity level SIL" als "Sicherheits-Integritätslevel SIL": Der Begriff hat einen Schutzpegel für Steuerungen zum Inhalt. Der bloße Austausch der Wortstämme "safety" durch "Sicherheit" und "integrity" durch "Integrität" lässt die Bedeutung des Begriffs nicht erkennen und erschwert das Verständnis.

Unter einem Grenzwert versteht man nach DIN 40200 ganz allgemein den in einer Festlegung enthaltenen größten oder kleinsten zulässigen Wert einer Größe. Bei der Auslegung von technischen Schutzmaßnahmen bestimmt man den Grenzwert zulässiger Beanspruchung anhand einer markanten Größe des Merkmals, das einen potenziellen Schaden am Produkt verursachen kann. Ein solches Merkmal ist beispielsweise der Innendruck eines Druckbehälters im Berstfall. Aus Gründen der Vorsicht, was nicht mit "Vorsorge" verwechselt werden darf, ist der Grenzwert meist noch zusätzlich mit einem Schutzbeiwert versehen, um Datenungenauigkeiten aller Art zu berücksichtigen. In der Festigkeitslehre wird dieser Schutzbeiwert völlig irreführend als "Sicherheit" bezeichnet.

Bei der Auslegung von Vorsorgemaßnahmen kann sich der Grenzwert zulässiger Beanspruchung beispielsweise nach der abzuwehrenden beargwöhnten oder befürchteten Schädigung durch das Merkmal richten, bei gesteigerter Vorsicht wahlweise auch nach dem bloßen Auftreten des Merkmals. Von der verordnenden Behörde wird der Grenzwert meist noch mit einem angemessenen Zu- oder Abschlag versehen. Die im Unterabschnitt 3.4 Biologische Wirkungen elektromagnetischer Felder und 26. BImSchV zitierte Empfehlung der Strahlenschutzkommission vom 10.5.1995 gibt als effektive Körperstromdichten an:

- Schwellenwert für die Reizung von Myokardzellen 6000 mA/m<sup>2</sup> bei 50 Hz,
- desgl. für periphere Zellen 400 mA/m<sup>2</sup> bei 50 Hz,
- Biogene Tätigkeiten des Herzens und Gehirns 10 mA/m<sup>2</sup> dynamisch,
- Schwellenwert jeglicher beobachteter Phänomene 1 mA/m<sup>2</sup> dynamisch.

Nach weiteren Überlegungen hält die Strahlenschutzkommission bei 50 Hz eine felderzeugte Stromdichte von 2 mA/m<sup>2</sup> für vertretbar. Daraus folgen nach Umrechnung

an physiologischen Modellen die von der ICNIRP genannten Grenzwertempfehlungen 5 kV/m für elektrische Felder 50 Hz und 100  $\mu$ T für magnetische Felder 50 Hz. Diese Grenzwerte zulässiger Beanspruchung übernimmt dann auch die 26. BImSchV.

Die vorstehende Tabelle der Körperstromdichten läßt den Gedanken einer Grenzwertbestimmung am Beispiel der Körperströme erkennen. Da für 50 Hz unter 1 mA/m<sup>2</sup> der Fachwelt keine von der Körperstromdichte ausgehenden physiologischen Phänomene bekannt sind, wäre es sinnlos, den Grenzwert noch tiefer anzusetzen: Eine weitere Minderung etwa nach Maßgabe der öffentlichen Meinung und ihrer Repräsentanten würde der Volkswirtschaft nutzlos Kapital abziehen, das dann in anderen Fällen für effektive Schutzmaßnahmen nicht mehr zur Verfügung stünde.

Zukünftig scheint sich auch in Zweigen des Arbeits- und Anlagenschutzes das Subsidiaritätsprinzip durchzusetzen. Dies erfordert besondere Überlegungen [37] für Produkte und Anlagen älterer Bauart, deren befristeter Weiterbetrieb von verantwortlicher Seite unter Auflagen zugestanden werden kann, obwohl die aktuellen anerkannten Regeln der Technik Verbesserungen oder Nachbesserungen vorsehen.

Um für den Arbeits- und Anlagenschutz ein einheitliches Vorschriftenwerk aus den Elementen des Gerätesicherheitsgesetzes, des Arbeitsschutzgesetzes, des Chemikaliengesetzes und ähnlicher Gesetze und Verordnungen zu schaffen, und um dabei zugleich die maßgebenden EG-Richtlinien umzusetzen und die Eigenverantwortung der Betreiber zu stärken, wurde 2003 in Deutschland die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) als Teil einer Rechtsvereinfachungsverordnung erlassen. Danach soll ein vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit (BMWA) eingesetzter Ausschuss für Betriebssicherheit (ABS) "Technische Regeln für Betriebssicherheit" (TRBS) aufstellen, die auf Gefährdungssituationen, also nicht auf Arbeitsmittel und -verfahren und auch nicht auf die speziellen Belange der Unfallversicherungsträger ausgerichtet sind. Es ist abzusehen, dass für die Rechtssicherheit neben dem "amtlichen" Regelwerk noch ein von den betroffenen Fachkreisen auszuarbeitendes "nichtamtliches" Regelwerk als spezielle Erkenntnisquelle benötigt wird.

### **4.3 Gewerbliche Lehre und Hochschullehre zur Sicherheit**

Die Lehrpläne der Hochschulen bieten wegen der raschen Entwicklung neuer technischer Einrichtungen, Verfahren und Dienstleistungen nur wenig Gelegenheit, auf das Norm- und Sicherheitswesen näher einzugehen. Um dem entgegenzuwirken, beteiligte sich der VDE-Ausschuss an der Abfassung der DIN-Vorlesungsunterlagen zur Normung [40]. Dem Thema Sicherheit und Normung ist darin nur ein kurzer Abschnitt gewidmet.

Auf Anregung des VDE-Ausschusses stellte die DKE 1985 den Lehranstalten Auszüge aus VDE-Normen als kostenlose Sonderdrucke zur Verfügung:

- DIN 31000 (VDE 1000):1979-04 Allgemeine Leitsätze für das sicherheitsgerechte Gestalten technischer Erzeugnisse
- DIN VDE 0100 (VDE 0100) Errichten von Starkstromanlagen mit Nennspannungen bis 1000 Volt (Auszug aus der Normenreihe als Ersatz eines Auszuges aus VDE 0100:1973-05)
- Der Erfolg dieser Aktion war der Anlass, in 2003 in gleicher Weise den Lehranstalten auf Anforderung in beliebiger Stückzahl auszuliefern:
- Errichten von Niederspannungsanlagen: Auszüge aus Normen der Reihe DIN VDE 0100 (VDE 0100)

Der VDE-Ausschuss ermöglicht so jedem Auszubildenden und Studierenden einen Einblick in die Struktur und in wesentliche Grundlagen der DIN-VDE-Normen für die Errichtung von Niederspannungsanlagen, zum Schutz gegen elektrischen Schlag und zum Sachschutz.

Um überblicken zu können, ob und wie weit die Lehrpläne der Hochschulen auf die Grundzüge der Sicherheitstechnik eingehen und wie dieser Lehrstoff tatsächlich behandelt wird, führte der VDE-Ausschuss 1991 eine Umfrage "Sicherheitstechnik" an den bayerischen Fachhochschulen durch, an der sich auch die Universitäten Erlangen und München (Bundeswehr) beteiligten. 28 von 33 angeschriebenen Fachbereichen für Elektrotechnik, Maschinenbau, Bauingenieurwesen oder verwandte technische Gebiete beantworteten zehn Fragen zu den Erfordernissen einer praxisgerechten Unterweisung in Sicherheitstechnik. Die hohe Beantwortungsquote darf man als Maß für die Repräsentanz der Ergebnisse ansehen. Eine Zusammenfassung beschreibt den damaligen Zustand der Sicherheitslehre in Bayern wie folgt:

"Eine zweistündige Lehrveranstaltung über die spezielle Sicherheitstechnik des betroffenen Faches wird von einem Lehrbeauftragten gehalten. Ihr Inhalt geht von den Unfallverhütungsvorschriften und Sicherheitsnormen aus. In der Elektrotechnik werden hierzu die VDE-Sonderdrucke für Unterrichtszwecke ausgegeben. Die Meinung, ob dabei auch auf eine allgemeine, fachübergreifende Sicherheitslehre eingegangen werden sollte, ist geteilt. Das derzeitige Lehrangebot wird als erforderlich und ausreichend angesehen. Die fachliche Unterstützung der technisch-wissenschaftlichen Vereinigungen oder Ämter ist unentbehrlich."

Darüber hinaus wurden von VDE-Mitgliedern, die sich für eine berufsorientierte Ergänzung der akademischen Lehre einsetzten, langfristige und erfolgreiche Einzelinitiativen unternommen, um die angehenden Elektro- und Wirtschaftsingenieure in die Theorie und Praxis der Technischen Sicherheit einzuweisen. Hierzu sind vor allem A. Warner mit dem Lehrauftrag "Normen-, Prüf- und Sicherheitswesen" an der Technischen Universität Darmstadt zu nennen, sowie die Technische Fakultät der Universität Erlangen in Zusammenarbeit mit der Landesgewerbeanstalt Bayern.

Der VDE-Ausschuss ging auch der Frage nach, ob eine Erziehung zur Sicherheit im Umgang mit der Technik zu den Aufgaben der Schulen gehöre und wie sie sich gegebenenfalls durchführen ließe. In Österreich wurden hierzu "Jugendmerkbblätter des VDÖ" herausgegeben. In Deutschland böte sich eine Zusammenarbeit von HEA und BAGUV mit den Unterrichtsministerien an. Initiativen in dieser Richtung sind bislang wenig gefragt.

### **Literatur**

- [36] Hosemann, G. (Hrsg.): Risiko in der Industriegesellschaft, Erlanger Forschungen Reihe B, Band 19 (1989)
- [37] DIN 820-120 Normungsarbeit - Leitfaden für die Aufnahme von Sicherheitsaspekten in Normen, Beuth-Verlag, Berlin 2001
- [38] Hosemann, G.: Risikobeurteilung zur Konkretisierung staatlicher Vorschriften, etz 128 (2007), S. 76-81
- [39] Poppendick, K.-E. et alii.: Grundsätze des Umgangs mit Risiken für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, Sonderschrift S 86 der BAuA (2006)
- [40] DIN-Fachbericht 144: Sicherheit, Vorsorge und Meidung in der Technik, Beuth-Verlag, Berlin 2005
- [41] DIN-Vorlesungsunterlagen zur Normung, Beuth-Verlag, Berlin 1981



## 5 Technisches Sachverständigenwesen

1973 veröffentlichte L. Lebrecht, Darmstadt, im VDE-Verlag die vielbeachtete Studie [41 "Betrachtungen zum technischen Sachverständigenwesen", die er in einem Arbeitskreis aus Hochschullehrern unterschiedlicher Fakultäten an der Technischen Universität Darmstadt mit Unterstützung durch einen aktiven Richter erarbeitet hatte. Man machte sich seinerzeit grundsätzliche Gedanken, wie man in einer von Technik immer stärker abhängigen Welt den fallweise benötigten technischen Sachverstand in verfassungsrechtlich unbedenklicher Weise von Experten auf die Entscheidungsträger in Legislative und Exekutive übertragen könne. Sinngemäße Überlegungen führten letzten Endes zum Vertrag zwischen der Bundesrepublik Deutschland und dem DIN Deutschen Institut für Normen vom 5.6.1975, worin die Prinzipien subsidiärer Zusammenarbeit zwischen diesen beiden ungleichen Partnern aufgeführt sind.

Der Deutsche Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine DVT veranstaltete 1977 eine Vortragsveranstaltung „ Das Sachverständigenwesen in Recht, Wirtschaft und Politik“ mit ausführlicher Diskussion über die anstehenden Probleme.

Schwierigkeiten entstehen zum Beispiel, wenn naturwissenschaftlich-technischer Sachverstand von einem durch Gerichtsbeschluss bestellten Gutachter auf den entscheidenden Richter übertragen werden soll. So hatte eine nachträgliche Analyse von Wiederaufnahmeverfahren strafrechtlicher Prozesse ergeben, dass die Heranziehung von Sachverständigen Irrtümer sachlicher Art nicht immer ausschließt. Über Beispiele für grundsätzliche Verständnisschwierigkeiten vor Gericht berichten L. Lebrecht [41], G. Hosemann [42] und H. Pieper [43].

Um die Gründe solcher Fehlleistungen zu erfahren und möglichst zu ihrer Vermeidung beizutragen, wurde innerhalb des VDE-Ausschusses ein Unterausschuss für Technisches Sachverständigenwesen unter Leitung von G. Hosemann gebildet. Er führte zur Bestandsaufnahme zunächst eine vom Bundesminister für Wirtschaft begrüßte Fachtagung durch, deren Beiträge über die naturwissenschaftlich-technische Fachwelt hinaus weite Beachtung fanden:

- VDE-Fachtagung "Technisches Sachverständigenwesen - Entscheidungshilfe für Rechtsprechung, öffentliche Hand und Wirtschaft", 13.-14.4.1978, Braunschweig

Einleitend wies der Bundesminister für Wirtschaft auf die in Deutschland anstehenden Entscheidungen zur Ressourcensicherung und Erhaltung der Umwelt mit zum Teil irreversiblen Folgen hin, die eine objektive sachverständige Prüfung äußerst komplizierter technischer Sachverhalte verlangen. Sie setzt eine eingehende Zusammenarbeit von Sachverständigen mit den Entscheidungsträgern in Politik, Gesetzgebung, Verwaltung und den Gerichten voraus.

Von den insgesamt 15 behandelten Themen sind besonders hervorzuheben:

- H. Franzki: Stellung der Sachverständigen im Prozess aus rechtlicher Sicht
- J. Pfaffelhuber: Entscheidungshilfen der Technik für Gesetzgebung und Verwaltung
- K. Jessnitzer: Denkweisen und Kausaltheorien in der Jurisprudenz und Technik

Der Diskussionsbedarf erwies sich als derart stark, dass D. Kind als Präsident der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) ein Seminar mit 40 geladenen Teilnehmern anregte:

"Thesen zur VDE-Fachtagung 1978 Braunschweig", 13. PTB-Seminar, 23.1.1979, Braunschweig.

Hierzu berichten B. Engel und H.-J. Haubrich in etz 101 (1980) S. 176..178. Es überraschte nicht, dass sich dabei herausstellte: In anderen Zweigen der Technik werden Sachverständige sehr viel häufiger angefordert und stehen dort größeren Schwierigkeiten gegenüber als in der Elektrotechnik.

Diese Einsicht veranlasste die Generalsekretäre des VDE und VDI, einen gemeinschaftlichen VDE/VDI Ausschuss "Sachverständigenwesen" zu gründen und ihm ab März 1980 die weitere Bearbeitung des Themas zu übertragen. Geschäftsführer war zunächst A. Rontz, der Justitiar des VDE. Der UA f des VDE-Ausschusses stellte daraufhin am 16.4.1980 seine Tätigkeit ein.

In dem so erweiterten Rahmen fand statt die

VDE/VDI-Tagung "Risiko – Schnittstelle zwischen Recht und Technik", 18.-19.5.1982, Seeheim, mit etwa 200 Teilnehmern

R. Lukes, Münster, wies in seinem Festvortrag auf die etwa 150-jährige Entwicklung im Recht der Technischen Sicherheit hin. Die anschließenden acht Fachvorträge befassten sich sowohl mit der technisch-wissenschaftlichen Bewertung, als auch mit der rechtlichen Bewertung technischer Risiken sowie der Risikobewältigung durch sicherheitstechnische Normen. Die rechtliche Sicht kam vor allem zur Geltung durch die Vorträge

- P. Marburger: Rechtliche Bedeutung technischer Normen
- F. Ossenbühl: Die Bewertung technischer Normen bei der Rechtsetzung
- D. Sellner: Die Bewertung technischer Risiken bei der Rechtsanwendung

Literaturhinweise zu den drei Tagungen 1978, 1979 und 1982 stehen im Anhang 1.

Leider brach der VDI seine Kooperation mit dem VDE nach einiger Zeit aus finanziellen Gründen ab. Das bedeutete jedoch kein Ende des so begonnenen interfakultativen Dialogs, da P. Marburger, Trier, als vormaliges Mitglied des VDE/VDI-



Ausschusses mit Kollegen ein Institut für Umwelt- und Technikrecht an der Universität Trier gründete, das mit jährlichen Colloquien in Trier die fachübergreifenden Arbeiten und Aussprachen unter anderem zum Thema Technik und Recht bis heute mit großem Erfolg fortführt.

### **Literatur**

- [42] Lebrecht, L.: Betrachtungen zum technischen Sachverständigenwesen, VDE-Verlag Berlin, 1974.
- [43] Hosemann, G.: Der Sachverständige vor Gericht, Beratende Ingenieure 29 (1999) H. 1 bis 5.
- [44] Pieper, H., Breunung, L., Stallmann, G.: Sachverständige im Zivilprozeß, C. H. Beck, München 1982



## 6 Durch elektrische Energie gezündete Brände

Unter dieser Bezeichnung sind Brände mit Sachschäden zu verstehen, die von elektrischen Geräten und Installationen ausgehen, also nicht ausschließlich die Geräte und Installationen selbst betreffen. Auch Personenschäden, etwa durch Rauchvergiftungen, sind als Folgeschäden einzubeziehen. Nach Schätzungen wird mindestens jeder fünfte Brand durch elektrische Energie gezündet. Die Zahl der dabei ums Leben gekommenen Personen ist beträchtlich und durchaus mit der Zahl der tödlichen durch Körperstrom verursachten Unfälle vergleichbar.

Die ersten Bestimmungen des VDE befassten sich 1895 unter dem Titel "Sicherheitsvorschriften für elektrische Starkstromanlagen" vor allem mit der Verhütung von Bränden, die durch elektrische Leitungen gezündet werden. Gegen übermäßige Leitererwärmung, also nicht zum Personenschutz bei elektrischem Schlag, wurden Schmelzsicherungen entwickelt und in die Leitungsstränge eingebaut. Bekannt sind ferner Überhitzungen an Leuchten durch Wärmestau. Weitere Beispiele sind implodierende Bildröhren von Fernsehgeräten oder Defekte an ihren Bauteilen, die durch Hitzewirkung zum Beispiel die Geräteückwand in Brand setzen, der seinerseits auf die Wohnungseinrichtung übergreift und erhebliche Sachschäden hervorrufen kann. Die Zahl der Fernsehgerätbrände übertraf zeitweise die Zahl der durch Wärmestau an Leuchten verursachten Brände. Bei Hausbeschädigungen als Brandfolge greifen die Landeskriminalämter ein.

Generell sind bei den durch elektrische Energie gezündeten Bränden zwei Gruppen zu unterscheiden:

- Zur ersten Gruppe gehören Brände, die durch eine übermäßige Erwärmung elektrischer Betriebsmittel als Folge eines Defekts oder durch unsachgemäße Gerätehandhabung entstehen.
- Zur zweiten Gruppe zählen Brände, die von überhitzten Übergangsstellen im Stromkreis oder in der Isolation ausgehen. Beispiele hierzu sind einerseits im Stromkreis eingeschlichene Übergangswiderstände in Gestalt gelockerter Verschraubungen oder korrodierender Kontakte, andererseits lokale leitwertbehaftete Fehlstellen in der Isolation, zum Beispiel Verschmorungen aller Art oder Kriechstrecken, deren zur Erde abfließende Ströme von den Schutzrichtungen nicht rechtzeitig erfasst und ausgeschaltet wurden.

In allen Fällen benötigt eine Inbrandsetzung Sauerstoff, entzündliches Material und eine zum Zünden ausreichende Temperatur. Wegen dieser Vielfalt lassen sich Brände an Fernsehgeräten experimentell wohl nur mit kompletten Nachbildungen untersuchen. Zerstörte Geräte können im Allgemeinen nachträglich keinen Aufschluss über Ursachen und Ablauf der Brände geben. An Platinen sind lokale Überhitzungen möglich, etwa bei schlechter Lötung dicker Stifte im Schwallbad. An die Hersteller

wurde appelliert, für die Rückwände der Fernsehgeräte schwer entflammbare Werkstoffe zu verwenden. Spezielle Prüfkriterien helfen, die Rauchschäden zu minimieren, um so dem Anwachsen der Brandschadenssummen entgegenzuwirken.

Die thermische Überlastung einzelner elektrischer Geräte und Installationen und die Folgen von Isolationsfehlern lassen sich durch FI-Schutzeinrichtungen weitgehend vermeiden.

Problematisch ist die funktionsgerechte und brandsichere Bemessung von Kriechstrecken. Sie erfordert es, neben der Geometrie der Anordnung unter anderem auch die Werkstoffe, die Mikro- und Makroklimata und die Art der Verschmutzung zu beachten. Um eine vom Markt geforderte Miniaturisierung elektrischer Bauteile und Geräte voranzutreiben, wurde die seit Jahrzehnten bei der Gestaltung von Kriech- und Luftstrecken geübte Empirie der Praxis durch wissenschaftlich fundierte Regeln ersetzt und in die internationale Normung eingebracht. Hierzu trugen Forschungsarbeiten maßgebend bei, die in Absprache mit dem VDE-Ausschuss an der Universität Erlangen durchgeführt und von der Internationalen Normung übernommen wurden.

Nach dem Tod von H. W. Kahnau vertrat der Verband der Sachversicherer die Meinung, dass die von ihm betriebenen Statistiken und Fallstudien, welche die Versicherten erfassen und auf die genaue Bemessung ihrer Prämien ausgerichtet sind, ausreichende Einblicke in das Brandgeschehen böten. Über weitere Informationen würden die jeweiligen Landesbrandkammern verfügen. Bei Bedarf stünden die Sachversicherer dem VDE-Ausschuss für Auskünfte zur Verfügung. Auf eine weitere Behandlung dieses wichtigen Themas, das verlangt, eine sehr große Anzahl an Einflussgrößen sachkundig zu berücksichtigen, musste der VDE-Ausschuss in Anbetracht der ihm vorliegenden anderen Aufgaben zumindest vorläufig verzichten: Entsprechend dem Blick der Öffentlichkeit war sein Augenmerk in erster Linie auf primäre Stromunfälle mit Personenschäden gerichtet.

## Bildverzeichnis

Bild 1 Statistik der Stromunfälle .....	3
Bild 2 Elektrokardiogramm EKG und Verlauf des Blutdrucks beim Auslösen des Herzkammerflimmerns in der vulnerablen Phase. [aus: VDE V 0140-479- 1:2007-05 Bild 18 und IEC-Report 479-1] .....	23
Bild 3 Konventionelle Zeit-Stromstärke-Bereiche mit Wirkungen von Wechselströmen 15 Hz bis 100 Hz auf Personen bei einem Stromweg von der linken Hand zu den Füßen [aus: VDE V 0140- 479-1:2007-05 Bild 20, siehe auch IEC-Report 479-1] .....	24
Bild 4 Risikoansatz zur Beurteilung der Technischen Sicherheit.....	43
Bild 5 Gefährdung (Hazard) .....	44
Bild 6 Gefährdungssituation (Hazardous situation) .....	44
Bild 7 Gefährdungsereignis (Hazardous event) .....	45
Bild 8 Schaden (Harm).....	45
Bild 9 Iteratives Verfahren von Risikobeurteilung und Risikominderung .....	46
Bild 10 Risikominderung .....	47

## Quellenangabe

Bild 1: VDE-Ausschuss Sicherheits- und Unfallforschung

Bild 2, Bild 3: DIN IEC/TS 60479-1 (VDE V 0140-479-1):2007

Für die angemeldete limitierte Auflage wiedergegeben mit Genehmigung 132.007 des DIN Deutsches Institut für Normung e.V. und des VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.. Für weitere Wiedergaben oder Auflagen ist eine gesonderte Genehmigung erforderlich. Maßgebend für das Anwenden der Normen sind deren Fassungen mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der VDE VERLAG GMBH, Bismarckstr. 33, 10625 Berlin und der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin erhältlich sind.

Bild 4, Bild 9, Bild 10: nach DIN Fachbericht 144 [40]

Bild 5 bis Bild 8: Schweizerische Unfallversicherungsanstalt, Luzern

## Anhang

### Anhang 1 Veranstaltungen und Veröffentlichungen

Große Breitenwirkung erreichten die Veröffentlichungen und die Veranstaltungen des VDE-Ausschusses in der Form von Fachtagungen, Fachberichten, Seminaren, Colloquien u.a.m. Sie werden hier in knapper Form referiert. Tagungsorte boten Bundesanstalten und Universitäten.

#### **VDE-Tagung "Der elektrische Unfall – Ursache und Verhütung"**

30.-31.3.1976, Aachen, 600 Teilnehmer aus 12 Ländern, Referate in etz b 28(1976), S. 143...193

Diese Fachtagung bildete den Auftakt einer Reihe von Veranstaltungen. Die Unterausschüsse a bis e berichteten über ihre ersten Arbeitsergebnisse. Viel Zeit wurde der Frage eingeräumt, ob die Ursachen von Stromunfällen eher auf deduktivem Wege, den möglichen Wirkungsketten folgend durch Zuverlässigkeitsanalysen zu klären seien, oder besser induktiv durch Rekonstruktion des Ablaufs tödlicher Unfälle nach Lage der Gerichtsakten. Letztlich verfolgte der VDE-Ausschuss beide Wege, wobei sich der induktive als der aussagekräftigere erwies. Dies ist auch einsichtig, da die Zuverlässigkeitsgrößen, die beim deduktiven Vorgehen zu berücksichtigen sind, auch die Instandhaltung und Materialalterung und andere Effekte erfassen müssen, die insgesamt einen Merkmalskatalog von mehr als 20 Seiten ausfüllen, der kaum noch handhabbar ist. Schließlich entziehen sich anthropogene Aspekte der Unfallursachen, wie Unwissenheit, Leichtsinn u.a.m., probabilistischer Quantifizierung. Erst in jüngster Zeit und nur bei nichtprogrammierbaren selbsttätigen Gerätesteuern, die aus standardisierten langlebigen elektronischen Bauelementen zusammengesetzt sind, erweisen sich probabilistisch deduktive Ausfallanalysen nach VDE 0803 (DIN EN 61508) als nützlich.

Auf die 1978 in Aachen abgeschlossene Dissertation von G. Jäkli zugeschnitten war die **Diskussion** "Bewertung von Schutzmaßnahmen gegen gefährliche Körperströme, insbesondere Untersuchungen an Niederspannungsverbraucheranlagen", 28.2.1979 Aachen, ref. in etz-Archiv 2(1980), S. 143...148. Das Augenmerk wurde vor allem auf die Schutzisolierung und den hochempfindlichen FI-Schutzschalter gerichtet, unter Beachtung der Netztypen nach Harmonisierungsdokument CENELEC HD 224 (1974), siehe auch etz 101 (1980) S. 1313...1315.

#### **VDE-Fachtagung "Technisches Sachverständigenwesen – Entscheidungshilfe für Rechtsprechung, öffentliche Hand und Wirtschaft"**

13.-14.3.1978, Braunschweig, ref. in etz a 99 (1978) S. 398, 399 und etz 100 (1979) S. 1473. Tagungsband "Technisches Sachverständigenwesen" (1978), VDE-Verlag Berlin (siehe auch Abschnitt 5).

### **PTB-Seminar "Thesen zur VDE-Fachtagung 1978"**

23.1.1979 Braunschweig, ref. in etz 101 (1980) S. 176...178. Thesenpapiere der PTB zum 13. PTB-Seminar (1979), Braunschweig (siehe auch Abschnitt 5).

### **VDE/VDI-Tagung "Risiko – Schnittstelle zwischen Recht und Technik"**

18.-19.5.1982 Seeheim. Tagungsband: VDE-Studienreihe Bd. 2 (1982), VDE-Verlag Berlin (siehe auch Abschnitt 5).

### **VDE-Tagung "Sicherheitgerechtes Verhalten - ein Beitrag zur Bekämpfung elektrischer Unfälle"**

23.-24.9.1980 Dortmund, 327 Teilnehmer, Tagungsband: VDE-Fachbericht 32, VDE-Verlag, Berlin, 1980; ref. in etz 102 (1981) S. 186...189.

Zur Unfallvermeidung bei Nutzung der Elektrizität ist neben der Sicherheit der verwendeten elektrischen Geräte und Anlagen auch das sicherheitsgerechte Verhalten der Nutzer zu fordern.

### **VDE-Tagung "Sicherer Strom in Heim und Freizeit"**

11.-12.5.1982, Dortmund, Tagungsband: VDE-Fachbericht 33, VDE-Verlag Berlin, 1982; ref. in etz 103 (1982) S.1106.

Im letzten Jahrzehnt konnte die Zahl der tödlichen Stromunfälle in Industrie und Gewerbe wesentlich gesenkt werden, nicht jedoch in Heim und Freizeit, dem speziellen Arbeitsgebiet des VDE-Ausschusses. Leitervertauschung, Anschlussfehler des Schutzleiters, Fehler bei Reparaturen o. ä., gleichgültig ob aus Unkenntnis, Leichtsinn oder aus mangelnder Motivation zu sicherheitsbewusstem Handeln entstanden, sind eher im privaten als im gewerblichen Bereich anzutreffen.

### **BAU/VDE-Symposium "Zusatzschutz mit Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen in Heim und Freizeit - Die neue DIN VDE 0100 Teil 739 (Entwurf)"**

25.-26.2.1988, Dortmund, 180 Teilnehmer. Vortragsband mit Manuskripten und Diskussionsbeiträgen. BAU Dortmund und VDE Frankfurt (1988).

Etwa 70% der tödlichen Verstöße gegen sicherheitsgerechtes Verhalten in Heim und Freizeit treten gehäuft in den Bädern, im Freien und in Küchen auf, die als Werkstatt missbraucht werden. Die passive Unfallverhütung liegt in den Händen der Behörden, Normenorganisationen und des Verbraucherschutzes. Die aktive Unfallverhütung erfordert eine intensive Aufklärung, Selbstkritik und Erziehung der Stromkunden, vor allem im Hinblick auf die Heimwerkerbewegung (do it yourself).

Die im Unterabschnitt 3.3 beschriebenen Fortschritte beim Einsatz von FI-Schutzschaltern und die Ergebnisse des weit verbreiteten Forschungsberichtes Fb 333 führten im VDE-Ausschuss zu Überlegungen, solche Fehlerstrom

Schutzeinrichtungen nicht nur für Bäder o. ä., sondern auch für andere, noch näher zu beschreibende Orte der Hausinstallation zu empfehlen oder ohne Zwang zur

Nachrüstung vorzuschreiben. Gegenüber den unstrittigen Vorteilen eines solchen Vorgehens vor allem bei Neubauten, sind seine Nachteile als unerheblich anzusehen: Erhöhtes Risiko, wenn die Schutzeinrichtungen nach gelegentlicher Überfunktion infolge eines Fehlers im Gerät oder in der Anlage unzulässig überbrückt werden, Unterschätzung des verbleibenden Risikos von Körperströmen, nachlassende Sorgfalt bei der Pflege der vorgeschriebenen anderen Schutzeinrichtungen, Mehrkosten. Schwerpunkt des Symposiums war eine breite, im Vortragsband wiedergegebene Diskussion zur Umsetzung von DIN VDE 0199-739 als Leitlinie oder Norm.

### **VDE-Jubiläumskongreß „100 Jahre VDE“**

20.-22.1.1993 Berlin. Tagungsband: VDE-Fachbericht 43, VDE-Verlag, Berlin, 1993  
Für den VDE-Ausschuss gibt D. Kieback einen umfassenden Bericht (17 Seiten, 86 Literaturstellen) vom Stand der Kenntnis über biologische Wirkungen netzfrequenter elektrischer und magnetischer Felder. Er begründet die Gewißheit, dass unterhalb der festgelegten Grenzwerte keine akuten Gefahren durch elektrische und magnetische Felder von Anlagen und Betriebsmitteln der elektrischen Energieversorgung bestehen. Außerdem trägt aus aktuellem Anlaß S. Altmann eine Analyse des Elektrownfallgeschehens in der ehemaligen DDR vor (14 Seiten).

### **VDE-Fachtagung "Biologische Wirkung elektromagnetischer Felder"**

9.-10.11.1993 Bad Nauheim. Tagungsband: VDE-Fachbericht 45, VDE-Verlag, Berlin, 1993

Neben einem allgemeinen für die Fachöffentlichkeit bestimmten Überblick zum Stand der Kenntnis über biologische Wirkungen niederfrequenter Felder aus Sicht der DKE geht der VDE-Fachbericht auf die Wirkungen hochfrequenter Felder ein, und zwar in Einzelbeiträgen der in einer ITG-Fachgruppe zusammengefassten Forschungsinstitute für Hochfrequenz.

### **VDE-Fachtagung "Sicherheits- und Unfallforschung"**

22.11.1994 Leipzig, 90 Teilnehmer. Berichte vollständig in *Elektrie* 49 (1995)  
S. 23...158, ref. in *ep Elektropraktiker* 2/95

Um die Fachöffentlichkeit in den neuen Bundesländern direkt zu erreichen und auf ihre speziellen Fragen eingehen zu können, wurde Leipzig als Tagungsort gewählt. Die nicht unerheblichen Unterschiede im Bau und Betrieb der elektrischen Anlagen und Installationen in den alten und neuen Bundesländern machen sich in der Unfallstatistik weniger bemerkbar als erwartet: Unfallfördernde und unfallhemmende Einflüsse heben sich zum Teil auf. Mit Ausnahme Berlins liegt die Anzahl der Suizide deutlich unter der Anzahl der Stromunfälle.

Aus drei europäischen Zuverlässigkeitsmessreihen an FI-Schutzschaltern werden Empfehlungen für Prüfbestimmungen und für den zuverlässigen Betrieb der Schalter abgeleitet.



## **Werkstattgespräch "Gefährdungsanalyse als Basis für die Produktauslegung"**

12.2.1998, BAuA Dortmund. 40 persönlich geladene Teilnehmer aus Ministerien, Behörden, Firmen, Betreiber und Normungsorganisationen

Was "Sicherheit technischer Produkte" bedeutet, wird leider vom Gesetzgeber, von den verordnungs- und regelsetzenden Institutionen, von Konstrukteuren, Produzenten und Nutzern höchst unterschiedlich ausgelegt. Da allgemein anerkannte, verbindlich festgelegte Begriffe bisher fehlen, sind Missverständnisse nicht selten. Unterschiede bestehen auch zwischen den Auffassungen im Arbeitsschutz und bei der Produktsicherheit, wie sie die Richtlinien der Europäischen Union vorschreiben.

Das von W. Kaiser, ZVEI, geleitete Werkstattgespräch wurde nach sechs Kurzvorträgen durch eine lebhaft freie Diskussion abgeschlossen. Leider ließ sich die gewünschte Fortsetzung in der Folgezeit nicht verwirklichen.

## **Pressekonferenz "Sicherheit und Stromunfälle"**

12.6.2002 in Offenbach

Der 1987 in dritter Auflage verlegte BAU-Forschungsbericht FB 333 wurde auf den neuesten Stand gebracht und durch Forschungsergebnisse der BGFE und der Hochschule Leipzig umfassend ergänzt. So konnte er als Forschungsbericht FB 941 "Elektrounfälle in Deutschland - Unfälle durch Elektrizität am Arbeitsplatz und im privaten Bereich" herausgebracht und in der Jahrespressekonferenz des VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitutes vorgestellt werden.

## **Workshop Risikobeurteilung zur Konkretisierung staatlicher Vorschriften**

6.–7. 2. 2007 Haus der Arbeitssicherheit (BGFE), Bad Münstereifel, 30 persönlich geladene Teilnehmer der Aufsichtsbehörden, Exekutive des Bundes und der Länder, Hersteller und Betreiber technischer Produkte, Normenorganisationen, Sachverständigen und Universitäten.

Hosemann, G.: Risikobeurteilung zur Konkretisierung staatlicher Vorschriften, etz 128 (2007) S. 76-81

Die Veranstaltung befasste sich unter der Leitung von J. Jühling, Vorsitzender des VDE-Ausschusses, mit der Thematik der ausgehändigten Druckschriften:

- DIN-Fachbericht 144: Sicherheit, Vorsorge und Meidung in der Technik [40]
- Grundsätze des Umgangs mit Risiken für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, Schriftenreihe der BAuA, Band S 86, Dortmund 2006 [38].

Es wird nicht mehr bezweifelt, dass Risikobeurteilungen eine Grundlage der Entwicklung/Konstruktion ebenso wie des Betriebs technischer Produkte bilden.

Realistische, praktikable und vergleichbare Ergebnisse mit dem Ziel, EG-Richtlinien für technische Erzeugnisse und zum betrieblichen Arbeitsschutz zu konkretisieren

oder um Technische Regeln umzusetzen, lassen sich aber nur mit einheitlichen Ansätzen zur Beurteilung und Entscheidung über die geforderte Sicherheit erreichen.

Die im Werkstattgespräch 1998 des VDE-Ausschusses SUF gewonnenen Erfahrungen waren Anlass, sich auf drei Grundsatzvorträge zu beschränken, die dann ausgiebig diskutiert wurden.

Um die Arbeit der am Unfallort eintreffenden Ordnungs- und Fachkräfte, der Landeskriminalämter, Staatsanwaltschaften u. a. zu unterstützen, wurden ausgearbeitet und von der VDE/SUF-Geschäftsstelle verteilt:

**Leitlinie "Aufnahme eines tödlichen Unfalls durch Einwirkung von Elektrizität", 1984**

**VDE-Leitfaden "Technisches Gutachten bei vermuteter elektrischer Körperdurchströmung", 2005**

## Anhang 2 Verwendete Abkürzungen

BAU	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung, Dortmund. jetzt:
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BGFE	Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln (ab 2008 Berufsgenossenschaft Elektrotechnik Textil Feinmechanik)
BGETF	Berufsgenossenschaft Elektrotechnik Textil Feinmechanik, Köln (bis 2008 Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik)
DKE	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin
FI	Fehlerstrom in Verbindung mit Schutzschalter: Fehlerstrom-Schutzschalter
HEA	HEA - Fachgemeinschaft für effiziente Energieanwendung eV.
IEC	International Electrotechnical Commission, Genf
ITG	Informationstechnische Gesellschaft im VDE (ITG)
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., Frankfurt/Main, früher: Verband Deutscher Elektrotechniker
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V.

# VDE

**VERBAND DER ELEKTROTECHNIK  
ELEKTRONIK INFORMATIONSTECHNIK e.V.**

Stresemannallee 15  
60596 Frankfurt am Main

Telefon 069 6308-0  
Telefax 069 6312925  
<http://www.vde.com>  
E-Mail [service@vde.com](mailto:service@vde.com)

