



# Elektroinstallationen III

## Schalter und Schutzschaltgeräte in Niederspannungsanlagen

2. Auflage, 2008

**Alfred Mörx**

**VERLAG diam-publish**

Pretschgasse 21/2/10  
A-1110 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-769-67-50-12

Fax.: +43-(0)1-769-67-50-20

Email: [office.diam-publish@diamcons.com](mailto:office.diam-publish@diamcons.com)

[www.diamcons.com/diam-publish](http://www.diamcons.com/diam-publish)

**ANSCHRIFT DES AUTORS:**

Eur. Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx

diam-consult

Technisches Büro für Physik

Pretschgasse 21/2/10

A-1110 Wien / Österreich

Email: am@diamcons.com

www.diamcons.com

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

2. Auflage, 2008

Design by Katharina Bachl

© Verlag diam-publish, Wien 2008

## VORWORT DES VERFASSERS

Das Fachgebiet Errichtung, Betrieb und Prüfung elektrischer Niederspannungsanlagen befindet sich – wie fast jedes Gebiet der elektrotechnischen Normung – im Spannungsfeld zwischen in Österreich gesetzlich zur Anwendung vorgeschriebenen anerkannten Regeln der Technik, den europäischen anerkannten Regeln der Technik (Europannormen oder Harmonisierungsdokumente), sowie allfälliger, in Veränderung befindlicher Europäischer Richtlinien und deren Umsetzung in Österreich und der risikotechnischen „Situation vor Ort“.

Die vorliegende Arbeitsunterlage ist ein Arbeitsbehelf für die Teilnehmer von Weiterbildungsveranstaltungen des Verfassers, und ist ausschließlich für diesen Verwendungszweck zusammengestellt.

Obwohl bei der Zusammenstellung mit größtmöglicher Sorgfalt vorgegangen wurde, erhebt dieser Arbeitsbehelf keinen Anspruch auf Vollständigkeit bezogen auf den (sehr umfassenden) Stand der Technik in diesem Fachgebiet.

Ebenso stellt diese Unterlage keine Planungs-, Ausführungs-, oder Instandhaltungsunterlage für ein spezifisches Projekt dar; die Erstellung derselben ist nur nach einer umfassenden System- und Risikoanalyse des Projektes möglich.

Alfred Mörx

## ZUM AUTOR

Eur. Phys. Dipl.-Ing. Alfred Mörx

ÖVE, IEEE, Mitglied der New Yorker Akademie der Wissenschaften (NYAS)

eingetragen in das Register der Europäischen Physiker ; Mulhouse Cedex, France

### Studien / Weiterbildung

- Technische Physik, Technische Universität Wien
- Fachdidaktik, Universität Wien
- Studien zum personenzentrierten Ansatz bei Prof. Dr. Peter F. Schmid an der Nikolaus Cusanus Akademie Brixen und am Institut für Personenzentrierte Studien in Wien

### Praktische Tätigkeiten

- TU-Wien, Mitarbeit an Forschungsprojekten im Bereich Tieftemperaturphysik sowie an praxisorientierten Übungsveranstaltungen im Feld der Grundlagenphysik
- 1986/1991 Leitung des Technischen Referats der Bundesinnung der Elektrotechniker
- ab 1988 Forschungsarbeiten zur Erkundung der Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere, sowie zur Erarbeitung von Grundlagenwissen für die elektrotechnische Normung in den Bereichen Niederspannungsanlagen und Schutzschaltertechnik
- 1991/1992 Leiter des Produktmanagements für Schutzschaltgeräte und Verteiler der EH-Schrack Components Relais- und Schaltgeräte Ges.m.b.H.
- 1993/1994 Technischer Leiter der EH-Schrack Components AG.
- 1994/1995 Technischer Leiter der Felten & Guilleaume Austria AG.
- 1996/2001 Technischer Vorstand der Felten & Guilleaume Austria AG (ab 2000 Moeller Gebäudeautomation KG.), verantwortlich für Entwicklung und Produktion
- 1996/2001 Vertretung von Eigentümerinteressen als Mitglied oder Vorsitzender des Aufsichtsrates von Gesellschaften in Spanien, Italien, Frankreich, Tschechien, Polen, England, Singapur, Argentinien
- 1997/2003 Mitglied und Vorsitzender des Vorstandes der Gemeinnützigen Privatstiftung Elektroschutz, ESF-Vienna, Wien
- 2001 Gründung von diam-consult, Technisches Büro für Physik, das sich vor allem mit dem Fachgebiet System- und Risikoanalyse beschäftigt

### Aktuelle Tätigkeiten

- Beratung und Training zahlreicher Unternehmen, Führungskräfte und Organisationen im Fachgebiet der Produkt- und Prozesssicherheit
- Mitarbeiter in zahlreichen nationalen, europäischen und internationalen Komitees für Zuverlässigkeit, Produkt- und Prozessrisiko
- Lektor für Produkt- und Prozesszuverlässigkeit am Studiengang Produktions- und Prozessdesign der Fachhochschule Wr. Neustadt
- Lektor im Fachgebiet Elektrische Anlagen in Gebäuden an der ÖVE-Akademie, Wien
- Begründer und Leiter des Ausbildungsganges zum CE-Verantwortlichen in Unternehmen

- Durchführung von System- und Risikoanalysen von technischen Produkten, Systemen, Prozessen und Anlagen, Erstellung von interdisziplinären, ganzheitlichen Risikogutachten
- Beratung zu Fragen der Interpretation von nationalen, europäischen und internationalen anerkannten Regeln der Technik im Fachgebiet Hoch- und Niederspannungsanlagen

### **Publikationen**

- Über 230 Publikationen (Fachartikel, interpretative Arbeiten technischer und normativer Grundlagen für KMUs, Lehrbücher, wissenschaftliche Originalarbeiten, Ausbildungsunterlagen für den Fernunterricht in gewerblich-technischen Berufen)
- Mitglied des Redaktionsteams und Autor des Elektrojournal, offizielles Fachblatt der Bundes- und aller Landesinnungen der Elektrotechniker, Radio- und Videoelektroniker Österreichs

### **Normungsarbeit**

- Vorsitzender des Österreichischen Komitees Elektrische Niederspannungsanlagen im Österreichischen Verband für Elektrotechnik (OVE)
- Vorsitzender-Stellvertreter des Österreichischen Komitees für Installationsmaterial und Schaltgeräte im Österreichischen Verband für Elektrotechnik (OVE)
- Vorsitzender des Subkomitees für Schutzschalter Österreichischen Verband für Elektrotechnik (OVE)
- Mitarbeiter des Komitees UK 221.1 Schutz gegen elektrischen Schlag im Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE)
- Fachlicher Vertreter des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees im europäischen Komitee CLC TC 64 Elektrische Niederspannungsanlagen, Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung, Brüssel
- Fachlicher Vertreter des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees im europäischen Komitee CLC TC 23 E, Selbstschalter und ähnliche Geräte für Hausinstallationen und ähnliche Anwendungen, Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung, Brüssel
- Fachlicher Vertreter des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees im internationalen Komitee IEC TC 64 Electrical Installations and Protection against Electric Shock, International Electrotechnical Commission (IEC), Genf
- Fachlicher Vertreter des Österreichischen Elektrotechnischen Komitees im internationalen Komitee IEC TC 64 Circuit-breakers and similar equipment for household, International Electrotechnical Commission (IEC), Genf
- Vorsitzender der ständigen trilateralen Arbeitsgruppe (D-A-CH) der Länder Deutschland, Österreich, Schweiz zu Fragen der Errichtung von Niederspannungsanlagen
- Mitglied des Elektrotechnischen Beirats des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit
- Mitglied des Technischen Beirats des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik (OVE)
- Mitglied des Vorstandes der Sektion Prüfwesen und Zertifizierung (P&Z) des Österreichischen Verbandes für Elektrotechnik (OVE)

**INHALTSVERZEICHNIS**

1.	Elektrotechnikgesetz und Elektrotechnikverordnung.....	9
2.	Schutzmaßnahmen und Netzsysteme.....	10
2.1.	Pilotnormen und Pilotfunktion .....	12
2.2.	Allgemeine Anforderungen an die Auswahl von Betriebsmitteln .....	13
3.	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....	14
3.1.	Prinzip der FI-Schutzschaltung.....	14
3.2.	Aufbau der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung .....	15
3.2.1.	Netzspannungsunabhängige Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	15
3.2.2.	Bedingt netzspannungsabhängige Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	16
3.2.3.	Netzspannungsabhängige Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	16
3.3.	Einteilung der FI-Schutzschalter nach Auslöseeigenschaften.....	17
3.3.1.	Auslösefehlerstrom.....	17
3.3.2.	Nennwert des Auslösefehlerstromes .....	18
3.3.3.	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit rein elektromagnetischer Kennlinie... ..	18
3.3.4.	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen mit zeitabhängiger Auslösekennlinie .....	18
3.4.	Vorsicherung für Überlast- und Kurzschlusschutz.....	20
3.4.1.	Kurzschlusschutz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	20
3.4.2.	Überlastschutz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....	20
3.4.3.	Überlastschutz und Grundlagen der Anlagenplanung .....	20
3.4.4.	Überlastschutz und Prüfbestimmungen für Fehlerstromschutzschalter .....	21
3.4.5.	Überlastschutz und ÖVE-EN 1, Teil 1b/1995 bzw. ÖVE/ÖNORM E 8001-1.....	22
3.5.	Pulsierende Fehlergleichströme .....	23
3.6.	Kennzeichnung von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....	23
4.	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen und Netzform .....	25
4.1.	Das von Erde isolierte Verteilungsnetz (IT-System).....	25
4.2.	Das örtlich begrenzte, von Erde isolierte Verteilungsnetz .....	25
4.3.	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen im schutzgetrennten Netz .....	26
4.4.	Schutz von Steuerstromkreisen über Steuertransformator .....	27
5.	Fehlauslösungen und Selektivität.....	28

---

5.1.	Überspannungen durch Schaltvorgänge.....	28
5.2.	Leistungselektronik und Fehlauslösung .....	28
5.3.	Fehlauslösungen durch Gewitterüberspannungen .....	29
5.4.	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs S.....	30
5.5.	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen des Typs G („General Type“).....	30
5.6.	Die Selektivitätsbedingung zwischen FI-Schutzeinrichtungen.....	31
5.7.	Selektivität zwischen Leitungsschutzschalter und FI-Schutzeinrichtung.....	31
6.	Auswahl der Empfindlichkeit der FI-Schutzeinrichtungen .....	32
6.1.	FI-Schutzeinrichtungen als (Haupt-) Schalter .....	32
7.	Komfortkriterien und Schutztechnik.....	33
7.1.	Das Komfortkriterium BRANDSCHUTZ.....	33
7.2.	Das Komfortkriterium ÜBERLASTSCHUTZ.....	33
8.	Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	34
8.1.	Strombelastbarkeit von Kabeln und Leitungen .....	34
8.2.	Strombelastbarkeit – Bedeutung europäischer technischer Regeln .....	34
8.3.	Strombelastbarkeit (zulässiger Dauerstrom) einer Leitung.....	35
8.3.1.	Was ist der zulässige Dauerstrom?.....	35
8.3.2.	Wovon ist der zulässige Dauerstrom einer Leitung abhängig? .....	35
8.4.	Schutz vor Überlast und Kurzschluss – Überstromschutz.....	37
8.4.1.	Vorgangsweise bei der Auswahl von Überstrom-Schutzeinrichtungen .....	37
8.4.2.	Belastungssonderfälle – Mehrmotorenantriebe.....	40
8.5.	Kurzschluss und Leitungsschutzschalter .....	40
8.6.	Getrennter Überlast- und Kurzschlusschutz.....	41
8.7.	Leitungsschutzschalter .....	41
8.7.1.	Aufbau und Funktion von Leitungsschutzschaltern .....	41
8.7.2.	Aufbau von Leitungsschutzschaltern.....	42
8.7.3.	Zweipolige LS-Schalter mit einem geschützten Pol.....	44
8.7.4.	Zweipolige LS-Schalter mit zwei geschützten Polen.....	44
8.7.5.	Dreipolige LS-Schalter mit drei geschützten Polen .....	44
8.7.6.	Vierpolige LS-Schalter mit drei oder vier geschützten Polen .....	44
8.7.7.	Durchlassenergie von Leitungsschutzschaltern.....	44
8.8.	Schmelzsicherungen.....	46

---

8.8.1.	Aufbau und Funktion .....	46
8.8.2.	Einteilung der Sicherungen.....	48
8.8.3.	Kennwerte von Sicherungen.....	49
8.8.4.	Betriebsverhalten von Schmelzsicherungen .....	50
9.	Überspannungsableiter und Überspannungsschutz .....	51
9.1.	Form und Häufigkeit von Gewitterüberspannungen.....	51
9.2.	Äußere und innere Überspannungen .....	51
9.3.	Überspannungen und Netzsysteme.....	52
9.4.	Aufbau von Überspannungsableitern .....	53
9.5.	Wirkungsweise von Überspannungsableitern .....	53
10.	Motorschutzschalter und Motorschutz.....	55
10.1.	Motorschutzeinrichtungen .....	55
10.2.	Motorschutzschalter .....	55
10.3.	Motorschutzschalter bei Schweranlauf .....	56
11.	Stichwortverzeichnis .....	57
12.	Abbildungsverzeichnis .....	59



## 1. ELEKTROTECHNIKGESETZ UND ELEKTROTECHNIKVERORDNUNG

Die Errichtung von elektrischen Niederspannungsanlagen, deren Betrieb und Überprüfung wird durch das *Elektrotechnikgesetz 1992 (ETG-1992)* sowie die jeweils gültige Elektrotechnikverordnung (ETV) und die durch diese Rechtsdokumente gesetzlich verbindlich erklärten Regeln der Technik (*SNT-Vorschriften*) geregelt.

Ebenso ist die im September 1998 veröffentlichte *Nullungsverordnung* für die Anwendung der Schutzmaßnahme Nullung als Maßnahme des Fehlerschutzes in Verbraucheranlagen zu beachten.

Es kann nicht oft genug wiederholt werden, dass sich daran bis heute, auch nach dem Beitritt Österreichs zur europäischen Normungsorganisation CENELEC bzw. nach dem politischen Beitritt Österreichs zur Europäischen Union nichts geändert hat.

Neben anderen wesentlichen Regeln der Technik bildet ÖVE/ÖNORM E 8001 bzw. ÖVE EN 1 in allen Teilen die Basis für die Planung und Ausführung von elektrischen Anlagen bis ~1000 V.

Auch die seit der letzten Überarbeitung der Elektrotechnikverordnung als "ÖVE-Vorschriften" vom österreichischen Verband für Elektrotechnik neu herausgegebene Schriften legen den anerkannten Stand des technischen Regelwerkes fest und sollen vom Planer und Elektrotechniker bei der Konzeption und Ausführung neuer Anlagen oder bei wesentlichen Änderungen und Erweiterungen berücksichtigt werden.

Es soll an dieser Stelle ebenso daran erinnert werden, dass *jeder Errichter* elektrischer Anlagen für die Einhaltung der SNT-Vorschriften gemäß ETV in der jeweils gültigen Fassung sowie insbesondere für die Einhaltung der Verordnung über elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), der Niederspannungsgeräteverordnung sowie weiterer vom Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten erlassenen Verordnungen *verantwortlich ist*, soweit er elektrische Betriebsmittel im Geltungsbereich dieser Verordnungen anschließt oder entsprechende Anlagen errichtet.

Die Einhaltung der jeweils publizierten anerkannten Regeln der Technik begründen im Streit- oder Schadensfall (gerichtlich oder außergerichtlich) jedenfalls die Vermutung, dass die Anlage, vom elektrotechnischen Standpunkt aus betrachtet, sicher geplant und/oder errichtet wurde.

Die Kenntnis der (wesentlichsten) Regeln der Technik und gesetzlichen Bestimmungen für seinen unmittelbaren Arbeitsbereich in der gültigen Fassung wird dabei vom ausführenden Elektrotechniker und/oder Planer vorausgesetzt.

## 2. SCHUTZMAßNAHMEN UND NETZSYSTEME

Die Fachdiskussion über Schutzkonzepte und die technischen Möglichkeiten des Erreichens eines möglichst geringen Restrisikos (Bild 2-2) in Niederspannungsanlagen durch sorgfältige Planung und Ausführung der Anlagen ist fast so alt wie die Erkenntnis, dass die Anwendung elektrischer Energie auch mit Gefahren verbunden sein kann. Eine direkte Folge dieser Diskussion bzw. der daraus gezogenen Schlussfolgerungen ist die deutliche Verminderung der Zahl der Unfälle mit Todesfolge durch den elektrischen Strom in den letzten Jahrzehnten (Bild 2-2).

