

Ref. Nr.: **2017xx-xxx-xx**  
Datum: 2017-11

# SEMINARUNTERLAGEN

## SCHUTZMASSNAHMEN in elektrischen Niederspannungsanlagen

**Grundlagen und Zusammenhänge sowie  
Neuerungen und aktuelle Entwicklungen**

„Ort“

„Datum + Uhrzeit“

„Adresse“

Gesamtseitenzahl: 90  
Beilagen: 5

Die vorliegende Seminarunterlage ist ein Arbeitsbehelf für die Teilnehmer des auf Seite 1 genannten Seminars und ist ausschließlich für diesen Verwendungszweck bestimmt.

Bei der Zusammenstellung wurde mit größtmöglicher Sorgfalt vorgegangen, trotzdem erhebt dieser Arbeitsbehelf keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Ebenso stellt diese Seminarunterlage keine Planungs-, Ausführungs-, oder Instandhaltungsgrundlage für ein spezifisches Projekt dar.

Der Verfasser übernimmt keinerlei Verantwortung und haftet nicht für Schäden, die aus Interpretationen des Inhaltes und/oder des Kontexts und der Darstellung der Inhalte in dieser Seminarunterlage resultieren.

Alle Inhalte dieser Seminarunterlage, insbesondere Texte, Fotografien und Abbildungen, sind urheberrechtlich geschützt (Copyright). Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei Hubert Bachl-Hesse. Bitte nehmen Sie mit mir Kontakt auf, falls Sie Inhalte dieser Seminarunterlage verwenden möchten.

© Hubert Bachl-Hesse

## zu meiner Person

### Ing. Hubert BACHL-HESSÉ

Ich wurde 1965 in Wien geboren und absolvierte die Höhere Technische Lehranstalt, Fachrichtung Elektrotechnik, am TGM in Wien.

Meine berufliche Laufbahn begann 1985 als Prüftechniker, in weiterer Folge als leitender Prüftechniker und Qualitätsbeauftragter, im Cooperative Testing Institute - **CTI-VIENNA**. Dabei hatte ich auch Gelegenheit bei den Messungen der Körperimpedanz von Menschen und Nutztieren und deren Auswertung mitzuwirken.

1993 übernahm ich die Leitung der Entwicklung, diverse Approbationstätigkeiten und das Patentwesen bei der **EH-Schrack Components AG**.

Ende 1994 kehrte ich als **Geschäftsführer und Technischer Leiter der akkreditierten Prüfstelle** in das **CTI-VIENNA** zurück, und war in diesen Funktionen bis Mitte 2016 tätig.

Von 2007 bis 2013 war ich **Mitglied des Vorstands** der Gemeinnützigen Privatstiftung Elektroschutz – **ESF-VIENNA**.

2016 schied ich auf eigenen Wunsch aus meinen Funktionen bei CTI-VIENNA aus und gründete mein **eigenes Ingenieurbüro für Elektrotechnik**. Seither bin ich als Berater und Gutachter, sowie als **allgemein beeideter und gerichtlich zertifizierter Sachverständiger** tätig.

Meine persönlichen Spezialgebiete sind der Überspannungsschutz und die Schutztechnik von elektrischen Anlagen und Betriebsmitteln. Im Errichtungs- und Installationsgerätebereich bin ich auch als mehrfacher Vorsitzender und Mitarbeiter in einschlägigen nationalen und internationalen Normungskomitees bei OVE, CENELEC und IEC tätig.

## VORWORT

Für die Errichtung, den Betrieb und die Prüfung elektrischer Niederspannungsanlagen gibt es in Österreich per Verordnung verbindlich erklärte anerkannte Regeln der Technik, die sich im Spannungsfeld mit, teilweise aktuelleren, europäischen anerkannten Regeln der Technik (Europannormen oder Harmonisierungsdokumente) befinden. Darüber hinaus hat sich der Stand der Technik bezüglich neuer Anlagenteile und Produkte (z.B. PV-Anlagen, Speicheranlagen, verschiedenste Konverterbauformen) in den letzten Jahren rasant weiterentwickelt, und wird durch die o.g. verbindlich erklärten anerkannten Regeln der Technik nur unvollständig bzw. nicht ausreichend abgedeckt.

Die Inhalte dieser Seminarunterlage orientieren sich daher an den in Österreich verbindlich erklärten anerkannten Regeln der Technik, ergänzt mit Inhalten von aktuelleren österreichischen Normen, Richtlinien, Fachinformationen, Europannormen und Harmonisierungsdokumenten, sowie aktuellen Publikationen und ergänzenden Informationen aus Fachdiskussionen im Expertenkreis.

## Inhalt

1	GESETZLICHE GRUNDLAGEN .....	9
1.1	Elektrotechnikgesetz (ETG) .....	9
1.2	Elektrotechnikverordnung (ETV) .....	11
1.3	ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG) .....	13
1.4	Elektroschutzverordnung (ESV) .....	13
1.5	Nullungsverordnung .....	14
1.6	Produktsicherheitsgesetz (PSG) .....	14
1.7	Niederspannungsgeräteverordnung (NspGV) .....	15
1.8	Beschäftigungsverbote und -beschränkungen für Jugendliche (KJBG-VO) .....	17
2	BEGRIFFE .....	18
2.1	Stand der Technik – Regeln der Technik - Normen .....	18
2.1.1	Beschreibung des Begriffs „Stand der Technik“: .....	18
2.1.2	„Regel der Technik“ (ohne Beschreibung).....	19
2.1.3	Beschreibung des Begriffs „anerkannte Regeln der Technik“:.....	19
2.1.4	Beschreibung des Begriffs „allgemein anerkannte Regeln der Technik,“: .....	19
2.2	Risiko – vertretbares Risiko - Restrisiko .....	21
2.3	Isolierungsarten .....	21
2.3.1	Isolierung .....	21
2.3.2	Funktionsisolierung .....	22
2.3.3	Basisisolierung.....	22
2.3.4	Zusätzliche Isolierung .....	22
2.3.5	Doppelte Isolierung.....	22
2.3.6	Verstärkte Isolierung.....	22
2.4	Erdung .....	22
2.4.1	Erdungsanlage.....	22
2.5	Leiter und leitfähige Teile.....	23
2.5.1	Körper (von elektrischen Betriebsmitteln).....	23
2.5.2	Körper (einer Schaltgerätekombination).....	23
2.5.3	aktives Teil .....	23
2.5.4	fremdes leitfähiges Teil.....	23
2.6	Trennen versus Trennung .....	23
2.6.1	Trennen .....	23
2.6.2	Einfache Trennung .....	23
2.6.3	Sichere Trennung .....	23
2.7	Überspannungen .....	24
2.7.1	Überspannung .....	24
2.7.1.1	transiente Überspannung .....	24
2.7.1.2	zeitweilige Überspannung (vorübergehende, temporäre Überspannung) .....	24

2.7.2	periodische Spitzenspannung $U_{rp}$ → ist für die Isolationsbemessung keine Überspannung ...	24
3	TECHNISCHE GRUNDLAGEN.....	25
3.1	Wirkungen des elektrischen Stromes auf Menschen und Nutztiere.....	25
3.1.1	Einflussfaktoren zur Festlegung von Grenzwerten.....	25
3.1.1.1	Fehlerspannung - berührbare Teilfehlerspannung - Berührungsspannung.....	25
3.1.1.2	Körperimpedanz - Standortwiderstand - sonstige Widerstände.....	26
3.1.1.3	Auswirkungen des Berührungsstromes - Physiologische Effekte.....	28
3.1.1.4	Schädlicher elektrischer Schlag.....	29
3.1.2	Der Schutz bei direktem Berühren.....	29
3.2	Spannungsbereiche in elektrischen Anlagen.....	29
3.2.1	Niederspannung (Low Voltage, LV).....	30
3.2.1.1	Kleinspannung (Extra Low Voltage, ELV).....	30
3.2.1.2	national vereinbarter Grenzwert der Fehlerspannung (Grenzfehlerspannung) $U_{FL}$ .....	30
3.2.2	Hochspannung (High Voltage, HV).....	30
3.2.2.1	Mittelspannung (MV).....	30
3.3	Umgebungsbedingungen.....	30
4	ERRICHTUNGSBESTIMMUNGEN.....	31
4.1	Überblick.....	31
4.1.1	Verbindliche Vorschriften (SNT-Vorschriften).....	31
4.1.2	Aktuelle Errichtungsbestimmungen.....	31
4.2	Netzsysteme.....	31
4.2.1	TN-System.....	31
4.2.1.1	TN-S-System:.....	31
4.2.1.2	TN-C-System:.....	31
4.2.1.3	TN-C-S-System:.....	31
4.2.2	TT-System.....	31
4.2.3	IT-System.....	31
4.2.3.1	Besondere Anforderung an Betriebsmittel im IT-System.....	32
4.3	Schutzmaßnahmen – Schutz gegen (gefährlichen) elektrischen Schlag.....	32
4.3.1	Das dreistufige Schutzkonzept.....	32
4.3.1.1	Basisschutz (Schutz gegen direktes Berühren).....	33
4.3.1.1.1	Basisisolierung.....	33
4.3.1.1.2	Begrenzung der Spannung.....	34
4.3.1.1.3	Begrenzung von Beharrungsberührungsstrom und Energie.....	35
4.3.1.2	Fehlerschutz (Schutz bei indirektem Berühren).....	35
4.3.1.3	Zusatzschutz.....	36
4.3.2	„Nachrüstung“.....	36
4.3.3	Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen.....	37
4.3.4	Schutzmaßnahmen versus Netzsysteme.....	37
4.3.5	Maßnahmen des Fehlerschutzes.....	38

4.3.5.1	SCHUTZERDUNG .....	38
4.3.5.2	NULLUNG.....	38
4.3.5.2.1	AUSSCHALTBEDINGUNG (früher: erste Nullungsbedingung).....	39
4.3.5.2.2	ERDUNGSBEDINGUNG (früher: zweite Nullungsbedingung) .....	42
4.3.5.2.3	VERLEGE BEDINGUNG (früher: dritte Nullungsbedingung).....	43
4.3.5.2.4	Nennspannungen über 250 V gegen Erde.....	43
4.3.5.2.5	„Wann darf die Nullung angewandt werden?“ .....	43
4.3.5.2.6	Weitere Anforderungen .....	43
4.3.5.2.7	Umstellung von Verbraucheranlagen mit PEN-Leiter .....	43
4.3.5.3	FEHLERSTROM-SCHUTZSCHALTUNG .....	44
4.3.5.3.1	AUSSCHALTBEDINGUNG für die Fehlerstrom-Schutzschaltung.....	44
4.3.5.3.2	Zusätzliche Bedingungen .....	45
4.3.5.3.3	Besonderheiten bei höheren Frequenzen .....	45
4.3.5.4	ISOLATIONSÜBERWACHUNGSSYSTEM.....	46
4.3.5.4.1	AUSSCHALTBEDINGUNG beim 2. Erdschluss .....	47
4.3.5.4.2	Weitere Anforderungen .....	47
4.3.5.5	SCHUTZTRENNUNG (AT).....	47
4.3.5.5.1	Schutztrennung für mehrere Betriebsmittel.....	48
4.3.5.6	SCHUTZISOLIERUNG / DOPPELTE oder VERSTÄRKTE ISOLIERUNG .....	48
4.3.5.7	KLEINSPANNUNG (Schutzkleinspannung und Funktionskleinspannung).....	49
4.3.5.7.1	Schutzkleinspannung (Österreich) .....	50
4.3.5.7.2	SELV – Sicherheitskleinspannung (Safety Extra Low Voltage) .....	50
4.3.5.7.3	PELV – Funktionskleinspannung (FELV) mit sicherer elektrischer Trennung (Protective Extra Low Voltage) .....	50
4.3.5.7.4	FELV – Funktionskleinspannung (FELV) mit einfacher elektrischer Trennung (Functional Extra Low Voltage) .....	51
4.3.5.8	Besondere Maßnahmen bei Einrichtungen der Leistungselektronik (USV/UPS, FU/PFC, PCE) .....	51
4.3.6	Zusammenfassung der Schutzmaßnahmen .....	52
4.4	Allgemeine Anforderungen für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....	54
4.4.1	Überlastschutz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen.....	54
4.4.2	Selektivität von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	54
4.4.3	Weitere Anforderungen für Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen .....	54
4.5	Brandschutz.....	55
4.5.1	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs) für den vorbeugenden Brandschutz .....	55
4.5.1.1	Vorbeugender Brandschutz in IT-Systemen .....	55
4.5.2	Störlichtbogen-Schutzeinrichtungen (IACDs).....	56
4.5.3	Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDD).....	56
4.6	Überspannungsschutz .....	56
4.6.1	Arten von Überspannungen.....	57
4.6.1.1	Transiente Überspannungen - Überspannungskategorien .....	58
4.6.1.2	Zeitweilige (vorübergehende, temporäre) Überspannungen in einem Niederspannungs-Versorgungssystem.....	60

4.6.1.2.1	Zeitweilige (vorübergehende, temporäre) Überspannungen durch Kurz- /Erdschlüsse oder durch Leiterbrüche im Niederspannungsnetz .....	61
4.6.1.2.2	Zeitweilige (vorübergehende, temporäre) Überspannungen durch Erdschlüsse im Mittelspannungsnetz .....	61
4.6.2	Anschlussarten von Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) .....	62
4.6.2.1	"4 gegen PE" - SPDs von allen aktiven Leitern gegen PE geschaltet (Anschlussart 2) .....	62
4.6.2.2	"3 + 1 - Schaltung" - Außenleiter SPDs gegen N, N-Leiter SPD gegen PE geschaltet (Anschlussart 3).....	62
5	SCHUTZEINRICHTUNGEN .....	64
5.1	Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen (RCDs).....	64
5.1.1	Typen und Bauformen von RCDs für die feste Installation .....	65
5.1.1.1	Typen in Bezug auf die erfassten Fehlerstromformen .....	65
5.1.1.2	Bauformen in Bezug auf die Auslöseverzögerung .....	66
5.1.2	Anwendung in den Netzsystemen .....	68
5.2	Fehlerlichtbogen-Schutzeinrichtungen (AFDDs) .....	69
5.3	Schutzeinrichtungen gegen transiente Überspannungen Überspannungs-Schutzeinrichtungen (SPDs) .....	69
5.3.1	Bauformen von SPDs .....	69
5.3.2	SPD-Typen .....	71
5.4	Schutzeinrichtung gegen netzfrequente Überspannungen (POPs) .....	71
5.5	Einsatzbedingungen von Schutzeinrichtungen .....	72
6	SONSTIGE Hinweise und INFORMATIONEN.....	74
6.1	Schaltgerätekombinationen (Verteiler) .....	74
6.1.1	Schutzart .....	74
6.1.2	Schutzisolierte Verteiler und Schutzleiter .....	74
6.1.3	Trennung von Stromkreisen .....	75
6.1.4	Aluminium versus Kupfer.....	75
6.1.4.1	Erwärmung .....	75
6.1.5	Elektrochemische Korrosion.....	76
6.2	Steckvorrichtungen .....	76
6.3	Leitungsanschlüsse .....	76
6.4	Automatische Wiedereinschaltgeräte (ARDs) .....	76
BEILAGE 1	Minimale Stoßspannungsfestigkeit für Einrichtungen zum Trennen .....	78
BEILAGE 2	Entstehungsgeschichte der Normen für den Überspannungsschutz .....	79
BEILAGE 3	Verbindliche Vorschriften für elektrische Niederspannungsanlagen - Stand 2017-07 .....	80
BEILAGE 4	Aktuelle Errichtungsbestimmungen für elektrische Niederspannungsanlagen - Stand 2017-07 .....	84
BEILAGE 5	Fachinformationen des OEK im Themenbereich Elektrische Niederspannungsanlagen per 2017-07-12.....	89

Abbildung 1 - Zusammenhang zwischen Sicherheit und Risikobegriffen .....	21
Abbildung 2 - Teilkörper-Innenwiderstände nach Freiberger in %, im Vergleich zum Stromweg Hand-Fuß .....	26
Abbildung 3 - Ersatzschaltbild für die Körperimpedanz $Z_T$ bestehend aus den Hautimpedanzen $Z_{S1}$ und $Z_{S2}$ sowie der inneren Körperimpedanz $Z_I$ .....	27
Abbildung 4 - Körperimpedanz $Z_T$ in Abhängigkeit von der Berührungsspannung $U_T$ , Stromweg Hand-Hand, trocken, für 50% der Population .....	27
Abbildung 5 - Körperwiderstand $R_T$ und Körperimpedanz $Z_T$ in Abhängigkeit von der Berührungsspannung $U_T$ , Stromweg Hand-Hand, trocken, große Berührungsflächen, für 50% der Population .....	28
Abbildung 6 - Körperimpedanz $Z_T$ in Abhängigkeit von der Frequenz, Stromweg Hand-Hand, trocken, große Berührungsflächen, für 50% der Population .....	28
Abbildung 7 - Dreistufiges Schutzkonzept zum Schutz gegen gefährliche Berührungsströme .....	33
Abbildung 8 - Zulässige Erhöhung des Auslösefehlerstromes in Abhängigkeit der Frequenz unter Berücksichtigung des für 50 Hz ermittelten maximalen Anlagenerdungswiderstands .....	46
Abbildung 9 - Beispiel einer transienten Schaltüberspannung .....	57
Abbildung 10 - Beispiel für periodisch wiederkehrende Spannungsspitzen .....	57
Abbildung 11 - Zuordnung der Überspannungskategorien nach ÖVE/ÖNORM EN 60664-1 am Beispiel einer 230/400 V Installation .....	58
Abbildung 12 – Typische Bauelemente von SPDs und ihr Ansprech-/Begrenzungsverhalten .....	70

Tabelle 1 - Stromschwellen für Wechselstrom 50 Hz .....	25
Tabelle 2 – Physiologische Effekte für Wechselstrom 50 Hz .....	29
Tabelle 3 – Maximale Ausschaltzeiten in Verbraucheranlagen bei Nullung .....	39
Tabelle 4 – Ausschaltstromfaktoren $m$ .....	40
Tabelle 5 – Höchste Ströme, die innerhalb von 5 s sicher zu einem Ansprechen (pre-arcing) von gG-Sicherungseinsätzen führen .....	41
Tabelle 6 – Maximale Schleifenimpedanz in Abhängigkeit des Bemessungsfehlerstroms der Fehlerstrom-Schutzeinrichtung .....	45
Tabelle 7 – Vereinfachter Überblick über die Schutzmaßnahmen gegen elektrischen Schlag .....	52
Tabelle 8 – Maximale Bemessungsströme von gG Sicherungseinsätzen für den Überlastschutz von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen, wenn keine Herstellerangabe vorliegt .....	54
Tabelle 9 - Geforderte Bemessungs-Stoßspannung von Betriebsmitteln .....	60
Tabelle 10 - Zugelassene betriebsfrequente Beanspruchung .....	61
Tabelle 11 – Übersicht zu Kurvenformen von Fehlerströmen und welche Typen von Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen diese erfassen können .....	67
Tabelle 12 – Übersicht über die Typen von Überspannungs-Schutzeinrichtungen im Vergleich zu den „alten“ Ableiterklassen .....	71
Tabelle 13 – „Alte“ Ableiterklassen nach ÖVE-SN 60 und zugeordnete Einsatzbereiche .....	71
Tabelle 14 – Beispiel typischer Einsatzbedingungen für eine Schutzeinrichtung .....	72
Tabelle 15 – Vergleich der elektrischen Leitfähigkeit und der Wärmeleitfähigkeit von Cu und Al .....	75
Tabelle 16 - Minimale Stoßspannungsfestigkeit für Einrichtungen zum Trennen in Abhängigkeit von der Nennspannung .....	78