



Handbuch

Schutzleitfaden Schweiz (SLF-CH)

Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen - Anwendung für die Schweiz

SLF – CH 2020

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen
Association des entreprises électriques suisses
Associazione delle aziende elettriche svizzere

Telefon +41 62 825 25 25, Fax +41 62 825 25 26, info@strom.ch, www.strom.ch



Impressum und Kontakt

Herausgeber

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE
Hintere Bahnhofstrasse 10
CH-5000 Aarau
Telefon +41 62 825 25 25
Fax +41 62 825 25 26
info@strom.ch
www.strom.ch

Autoren der Erstauflage (Ausgabe 2011)

Vorname Name	Firma	Funktion
Yann Gosteli	CKW	Mitglied AG
Eric Stohrer	EBM	Mitglied AG
Gerold Kuonen	BKW	Leiter AG

Autoren der 1. Überarbeitung (Ausgabe 2020)

Vorname Name	Firma	Funktion
Werner Kälin	AXPO Grid AG	Mitglied AG
Matthias Dietrich	BKW AG	Mitglied AG
Yann Gosteli	CKW AG	Mitglied AG
François Renaud	Swissgrid AG	Mitglied AG
Gerold Kuonen	SBB AG	Mitglied AG
Sven Heider	Eniwa AG	Mitglied AG
Thomas Imark	Stadtwerk Winterthur	Mitglied AG
Nicolas Junod	Romande Energie	Mitglied AG
Andreas Gramm	WWZ Energie AG	Mitglied AG
Nicola Canepa	AET	Mitglied AG
Bruno Wartmann	ewz	Leiter AG
Patrick Bader	VSE	Mitglied AG

AG = Arbeitsgruppe

Verantwortung Kommission

Für die Pflege und die Weiterentwicklung des Dokuments zeichnet die VSE-Kommission Netztechnik & Betrieb verantwortlich.



Chronologie

Datum	Kurzbeschreibung
Oktober 2010 – Februar 2011	Erarbeitung der Erstfassung durch die Arbeitsgruppe
Februar 2011 – Mai 2011	Branchenvernehmlassung
17. November 2011	Genehmigung durch VSE Vorstand
September 2018 – Mai 2020	Überarbeitung der Erstfassung durch die Arbeitsgruppe
Juni 2020 – Juli 2020	Branchenvernehmlassung
24. August 2020	Genehmigung durch die GL des VSE

Das Dokument wurde unter Einbezug und Mithilfe von VSE und Branchenvertretern erarbeitet.

Der VSE verabschiedete das Dokument am 24. August 2020.

Druckschrift Nr. 1033-d, Ausgabe 2020

Copyright

© Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE

Alle Rechte vorbehalten. Gewerbliche Nutzung der Unterlagen ist nur mit Zustimmung vom VSE/AES und gegen Vergütung erlaubt. Ausser für den Eigengebrauch ist jedes Kopieren, Verteilen oder anderer Gebrauch dieser Dokumente als durch den bestimmungsgemässen Empfänger untersagt. Die Autoren übernehmen keine Haftung für Fehler in diesem Dokument und behalten sich das Recht vor, dieses Dokument ohne weitere Ankündigungen jederzeit zu ändern.

Sprachliche Gleichstellung der Geschlechter.

Das Dokument ist im Sinne der einfacheren Lesbarkeit in der männlichen Form gehalten. Alle Rollen und Personenbezeichnungen beziehen sich jedoch sowohl auf Frauen wie auch auf Männer. Wir danken für Ihr Verständnis.



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	7
1. Einleitung und Geltungsbereich	8
2. Funktionale Voraussetzungen für Schutztechnik, Wandler und Leistungsschalter (Ergänzung zu VDE/FNN 2)	8
2.1 Induktive Stromwandler (VDE/FNN 2.3.1)	8
2.2 Induktive Spannungswandler (VDE/FNN 2.3.2)	8
2.3 Nicht konventionelle Wandler (VDE/FNN 2.3.4)	9
2.4 Leistungsschalter (VDE/FNN 2.4)	9
3. Sternpunktbehandlung der Netze (VDE/FNN 3)	9
3.1 Netz mit isoliertem Sternpunkt (VDE/FNN 3.1)	9
3.2 Netz mit Erdschlusskompensation (VDE/FNN 3.2)	10
3.3 Netz mit Erdschlusssteilkompensation	10
3.4 Vorübergehende hochohmige Widerstandserdung	11
4. Netzbetriebsweise	11
4.1 Normal und Sonderschaltzustände (VDE/FNN 4.5)	11
5. Normative Verweisungen	12
5.1 Kurzschlussstromfestigkeit der Betriebsmittel (VDE/FNN 5.1)	12
5.2 Belastbarkeit der Betriebsmittel (VDE/FNN 5.2 Freileitung)	12
5.3 Netzcodes, Normen und Verbandsrichtlinien (VDE/FNN Kapitel 5.3 und 5.4)	12
6. Eigenschaften der Netze (VDE/FNN 6)	13
6.1 Höchstspannungsnetze 380kV und 220kV (VDE/FNN 6.1)	13
6.2 Hochspannungsnetz >36 kV – < 220 kV (VDE/FNN 6.2)	13
6.3 Mittelspannungsnetz > 1 kV – < 36 kV (VDE/FNN 6.3)	14
7. Schutzfunktionen	14
7.1 Überstromzeitschutz (VDE/FNN 7.1)	14
7.2 Automatische Wiedereinschaltung (VDE/FNN 7.4)	14
7.3 Erdschlusserfassung / Erdschlusschutz (VDE/FNN 7.5)	15
7.4 Frequenzschutz (VDE/FNN 7.7)	16
7.5 Zusatzfunktionen in digitalen Schutzeinrichtungen (VDE/FNN 7.8)	16
7.5.1 Leistungsschalter-Versagerschutz (VDE/FNN 7.8.2)	16
8. Grundlagen der Schutzeinstellung (VDE/FNN 8)	16
8.1 Anregung (VDE/FNN 8.1)	16
8.1.1 Überstromanregung $I_e >$ Stufe (VDE/FNN 8.1.2.1)	16
8.1.2 Unterimpedanzanregung (elektromechanisch) (VDE/FNN 8.1.2.2)	16
8.1.3 Anregeverlässlichkeit bei Kurzschlüssen (VDE/FNN 8.1.3.2)	16
8.2 Staffelpfad (VDE/FNN 8.2)	17
8.2.1 Grundsätze zum Staffelpfad (Ergänzung VDE/FNN 8.2.1)	17
8.2.2 Staffelzeiten (VDE/FNN 8.2.2)	17
8.2.3 Zonenreichweiten allgemein (VDE/FNN 8.2.3)	17
8.2.4 Zonenreichweite für Strahlennetze (VDE/FNN 8.2.4)	18
8.2.5 Zonenreichweite für Doppelleitungen (VDE/FNN 8.2.5)	18
8.2.6 Zonenreichweiten für vermaschte Netze mit Zwischeneinspeisung (VDE/FNN 8.2.6)	18
9. Hilfseinrichtungen (VDE/FNN 9)	18



9.1	Gleichspannungsversorgung (VDE/FNN 9.1.1)	18
10.	Anschluss und Verkabelung der Messwandler (VDE/FNN 10).....	19
10.1	Spannungswandlerringe (VDE/FNN 10.2)	19
11.	Schutz von Leitungen und Kabeln (VDE/FNN 11)	19
11.1	Schutz von Höchstspannungsleitungen (VDE/FNN 11.2)	19
11.1.1	Höchstspannungsleitungsschutz mit Schutzdopplung (VDE/FNN 11.2.2)	19
11.1.2	Höchstspannungsleitungsschutz mit Haupt- und örtlichem Reserveschutz (VDE/FNN 11.2.3).....	19
11.1.3	Höchstspannungsleitungsschutz für Zweipoligenleitungen (VDE/FNN 11.2.4)	19
11.2	Schutz von Hochspannungsleitungen (VDE/FNN 11.3)	20
11.2.1	Hochspannungs-Kurzschlusschutz für Zweipoligenleitungen (VDE/FNN 11.3.1).....	20
	<i>Titel geändert: (Titel geändert)</i>	20
11.2.2	Erdschlusschutz bei Hochspannungsleitungen	20
	<i>Neues Kapitel:</i>	20
11.3	Schutz von Mittelspannungsleitungen (VDE/FNN 11.4)	20
11.3.1	Abgangsschutz (VDE/FNN 11.4.1).....	21
11.3.2	Strahlennetz (VDE/FNN 11.4.1.1)	21
11.3.3	Zweiseitig gespeiste Leitungen (VDE/FNN 11.4.1.2)	21
12.	Schutz von Transformatoren (VDE/FNN 12)	21
12.1	Schutz von Transformatoren mit $S_n > 100$ MVA (VDE/FNN 12.1).....	21
12.2	Schutz von Transformatoren mit S_n von 1 bis 100 MVA mit Unterspannung > 1 kV (VDE/FNN 12.2)	22
12.3	Schutz von Transformatoren in der NE6 (VDE/FNN 12.3)	22
12.4	Tabellarische Zusammenfassung (VDE/FNN 12.4).....	23
12.5	Optimierungsmöglichkeiten (VDE/FNN 12.7)	23
13.	Anlagenschutz (VDE/FNN 13)	23
13.1	Schalerversagerschutz (VDE/FNN 13.3)	23
13.1.1	Schalerversagerschutz in Höchstspannungsanlagen (VDE/FNN 13.3.1)	23
14.	Schutz von Kompensationsdrosselanlagen und Kondensatorbänken (VDE/FNN 14)	24
15.	Systemschutz (Frequenzschutz).....	24
16.	Schutz am Netzanschlusspunkt (VDE/FNN16).....	24
16.1	Schutz von Erzeugungsanlagen (VDE/FNN 16.1)	24
17.	Erdschlusserfassung (VDE/FNN 17)	24
17.1	Erdschlusserfassung in galvanisch verbundenen Netzen (VDE/FNN 17.1)	24
17.2	Selektive Erdschlusserfassung (VDE/FNN 17.2).....	25
18.	Empfehlung für die Inbetriebnahme und Instandhaltung von Schutzsystemen (VDE/FNN 18)	25
18.1	Rahmenbedingungen für die Inbetriebnahme und Instandhaltung von Schutzsystemen (VDE/FNN 18.1)	25
18.2	Abnahme und Inbetriebnahme von Schutzsystemen (VDE/FNN 18.2)	26
18.2.1	Inbetriebnahme Prüfungen (VDE/FNN 18.2.2)	26
18.3	Inbetriebnahme Prüfungen (VDE/FNN 18.2.2)	26
18.3.1	Sekundärprüfungen (VDE/FNN 18.2.2.5.1).....	26
18.3.2	Primärprüfungen (VDE/FNN 18.2.2.5.2).....	26
18.3.3	Messungen bei Inbetriebnahme (VDE/FNN 18.2.2.6)	26



19.	Schalerversagerschutz (VSE)	27
20.	Anhang normative Verweise	28
20.1	Gesetzgebung eidgenössische Ebene	28
20.2	Branchendokumente VSE	28
20.3	IEC und EN Normen	28

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bemessungskurzschlussströme bei verschiedenen Nennspannungen	12
Tabelle 2:	Zusammenfassung der Transformatorschutzeinrichtungen in Abhängigkeit der Transformatorgrösse	23
Tabelle 3:	Erdschlusserfassungssystem bei verschiedener Sternpunktbehandlung	25



Vorwort

Beim vorliegenden Dokument handelt es sich um ein Branchendokument des VSE. Es ist Teil eines umfassenden Regelwerkes für die Elektrizitätsversorgung im offenen Strommarkt. Branchendokumente beinhalten branchenweit anerkannte Richtlinien und Empfehlungen zur Nutzung der Strommärkte und der Organisation des Energiegeschäftes und erfüllen damit die Vorgabe des Stromversorgungsgesetzes (StromVG) sowie der Stromversorgungsverordnung (StromVV) an die Energieversorgungsunternehmen (EVU).

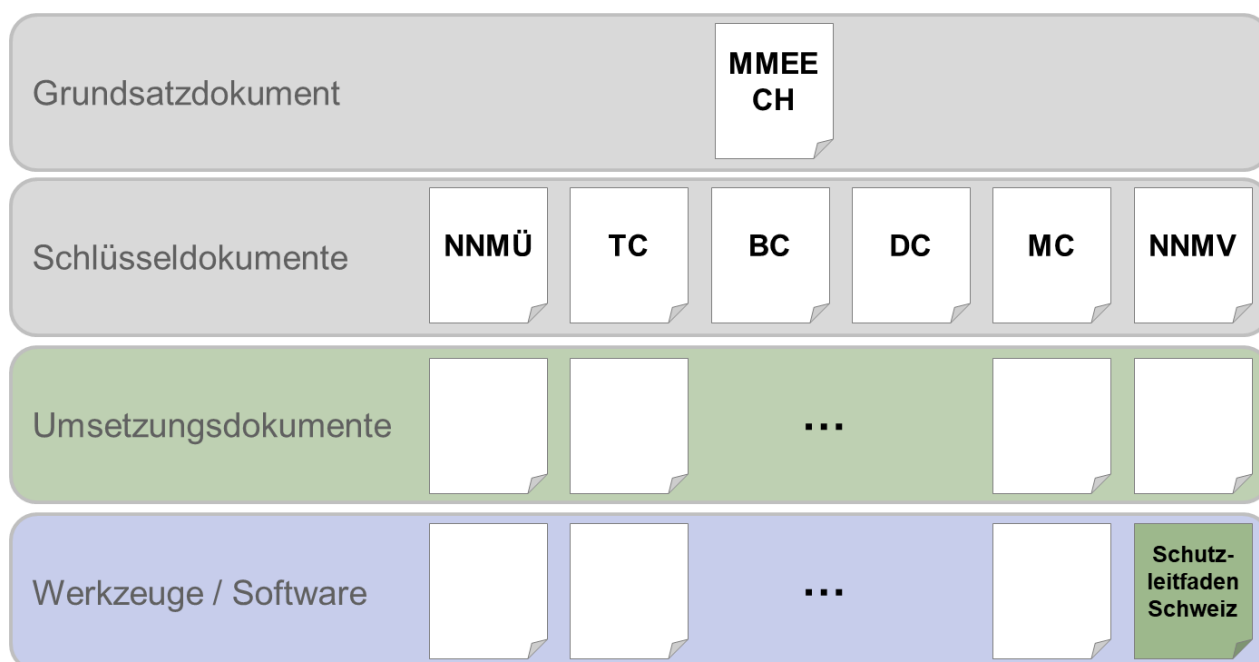
Branchendokumente werden von Branchenexperten im Sinne des Subsidiaritätsprinzips ausgearbeitet, regelmässig aktualisiert und erweitert. Bei den Bestimmungen, welche als Richtlinien im Sinne des StromVV gelten, handelt es sich um Selbstregulierungsnormen.

Die Dokumente sind hierarchisch in vier unterschiedliche Stufen gegliedert

- Grundsatzdokument: Marktmodell für die elektrische Energie – Schweiz (MMEE – CH)
- Schlüsseldokumente
- Umsetzungsdokumente
- Werkzeuge/Software

Beim vorliegenden Dokument SLF-CH 2020 handelt es sich um ein Handbuch (Werkzeug/Software).

Dokumentstruktur



1. Einleitung und Geltungsbereich

- (1) Bei vorliegendem Dokument handelt es sich um ein Handbuch als Anhang zum VDE/FNN Dokument «Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen» (Ausgabe September 2009). Das Handbuch wurde in Kooperation mit dem Verband der Elektrizitätsunternehmen Österreichs (VEÖ) und dem Forum Netztechnik/Netzbetrieb des VDE/FNN erarbeitet und kann beim VDE bestellt werden (<https://shop.vde.com/de/fnn-hinweis-leitfaden-zum-einsatz-von-schutzsystemen-in-elektrischen-netzen-download>).
- (2) Dieses Handbuch hält die Abweichungen zum «Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen» des VDE/FNN für die Schweiz fest. Wo keine Abweichungen erwähnt sind, gelten die Bestimmungen des Leitfadens. Bei Verweisen auf Gesetze, Normen und andere Empfehlungen, gelten ausschliesslich die in der Schweiz gültigen Vorgaben (vgl. Kapitel 20: «Referenzen auf schweizerische Dokumente / Gesetze»).
- (3) Dieses Handbuch bezieht sich speziell auf den in der Schweiz üblichen Kurzschlusschutz, die Automatisierungsfunktionen und die Erdschlusserfassung beziehungsweise den Erdschlussschutz.
- (4) Die Klammer-Ergänzungen in den Kapitelüberschriften weisen auf das entsprechende Kapitel im FNN-Dokument hin.
- (5) Betroffenen Netzebenen (Ergänzung zu VDE/FNN 1):
 - Übertragungsnetze (380 kV, 220 kV)
 - Verteilnetze (Hochspannung >36 - <220 kV, Mittelspannung >1 kV - 36 kV)

2. Funktionale Voraussetzungen für Schutztechnik, Wandler und Leistungsschalter (Ergänzung zu VDE/FNN 2)

2.1 Induktive Stromwandler (VDE/FNN 2.3.1)

Ergänzung beim Punkt Dimensionierung:

- (1) Bei der Dimensionierung der Stromwandler für den Schutz sind in jedem Fall die Wandleranforderungen der Relaislieferanten zu erfüllen.

2.2 Induktive Spannungswandler (VDE/FNN 2.3.2)

Ergänzung beim Punkt Sicherheitsvorkehrungen:

- (1) Alle Sekundärwicklungen mit Ausnahme von offenen Dreieckswicklungen müssen mit Sicherungen bzw. Schutzschalter versehen werden. Falls die offene Dreieckswicklung nur gegen Ferroresonanz beschaltet ist und an ihr keine weiteren Komponenten, wie zum Beispiel Schutz- oder Anzeigegeräte angeschlossen sind, so kann auf eine Absicherung verzichtet werden.



2.3 Nicht konventionelle Wandler (VDE/FNN 2.3.4)

Ergänzung:

- (1) Nicht konventionelle Wandler werden bis anhin hauptsächlich für Hilfsfunktionen wie Monitoring oder für die Blockierung der automatischen Wiedereinschaltung (AWE) eingesetzt.

2.4 Leistungsschalter (VDE/FNN 2.4)

Ergänzung beim Punkt Bemessungsschaltfolge:

- (1) In der Schweiz werden die Schalter meist für zweifache AWE ausgelegt. Dabei werden oft Leistungsschalter mit folgender Bemessungsschaltfolge eingesetzt: O – 0,3 s – CO – 60 s – CO. Die Antriebspannung kann auch 24 VDC sowie 48 VDC sein. Die Empfehlung zur Bemessungsschaltfolge gilt für Leistungsschalter von der NE1 bis NE5.

3. Sternpunktbehandlung der Netze (VDE/FNN 3)

Bei der Einleitung gilt für die Schweiz:

- (1) Die Art der Sternpunktbehandlung von Netzen ist von grosser Bedeutung für die Auswahl und Gestaltung des Schutzsystem- und Erdschlusskonzeptes. Es wird in nachfolgende Arten der Sternpunktbehandlung von Netzen unterschieden.

Netze mit:

- Isoliertem Sternpunkt
- Erdschlusskompensation (Erdschlusslöschung)
- Niederohmiger oder starrer Sternpunktterdung
- Vorübergehender niederohmiger Sternpunktterdung
- Erdschlussteilkompensation
- Vorübergehender hochohmiger Widerstandserdung

- (2) In Deutschland und Österreich werden die Höchstspannungsnetze ausschliesslich mit niederohmiger Sternpunktterdung, Hoch- und Mittelspannungsnetze überwiegend als Verteilnetze mit Erdschlusskompensation, betrieben.
- (3) In der Schweiz weisen die Höchstspannungsnetze einen niederohmigen oder starrgeerdeten Sternpunkt auf. Im Hoch- und Mittelspannungsbereich werden die Verteilnetze meist mit niederohmigem oder starrem Sternpunkt, mit Erdschlusskompensation oder mit isoliertem Sternpunkt betrieben.

3.1 Netz mit isoliertem Sternpunkt (VDE/FNN 3.1)

Bei Kapitel 3.1 gilt für die Schweiz:

- (1) Bei dieser Netzbetriebsart bleiben alle Sternpunkte ungeerdet (isoliert). Diese Betriebsart kommt vor allem in Mittelspannungsnetzen vor. Die Höhe der Erdschlussströme kann in diesen Netzen je nach Ausdehnung und Kabelanteil stark variieren.
- (2) Da das Drehstromsystem bei isoliertem Sternpunkt (OSPE) nur über seine Leiter-Erde-Kapazitäten potenzialmässig definiert ist, können sich transiente Überspannungen (Wanderwellen) leicht ausbreiten und an Reflexionsstellen zu Isolationsdurchschlägen führen. Es besteht auch die Gefahr von



Kippschwingungen (Ferroresonanz), welche schon nach wenigen Minuten zur thermischen Zerstörung der Spannungswandler oder zu Folgefehlern im Netz führen können.

- (3) Dies ist bei der Dimensionierung der Spannungswandler zu berücksichtigen. Es wird empfohlen, bei Spannungswandler im isolierten Netz eine zusätzliche Wicklung vorzusehen, welche gegen Ferroresonanz beschaltet wird.

Erdschlusserfassung/ Erdschlussschutz:

- (1) Netze mit isoliertem Sternpunkt sind mit einer Erdschlussüberwachung auszurüsten.
- (2) Abhängig von der auftretenden Berührspannung und der in der Schweiz gültigen Regelwerke ist zu beurteilen, ob ein Weiterbetrieb bei Erdschluss zulässig ist oder eine automatische Abschaltung durch eine geeignete Schutzvorrichtung innerhalb der zulässigen Abschaltzeit zu erfolgen hat. Die Kurve in Abbildung 2 (VDE/FNN) stellt keine Grenze für einen Netzausbau dar. Sie zeigt auf, bis zu welchem Strom mit dem Erlöschen von frei brennenden Lichtbögen gerechnet werden darf.
- (3) Enthält ein Netz nur eine kleine Anzahl an Betriebsmitteln, so kann das Verfahren der wechselweisen Abschaltungen zur Erdschlusssuche ausreichen.

Netze mit geringen Erdschlussströmen bieten den Vorteil, dass:

- Zulässige Beeinflussungs- und Gefährdungsspannungen leichter eingehalten werden können
- Lichtbogenüberschläge von selbst erlöschen können

Der Erdschlussschutz wird in VDE/FNN Kapitel 7.5 genauer beschrieben.

3.2 Netz mit Erdschlusskompensation (VDE/FNN 3.2)

Ergänzung:

- (1) Anstelle einer geringen Überkompensation werden bei einigen VNB die Netze gering unterkompensiert. Die Kennlinie in Bild 2 (vgl. VDE/FNN) stellt keine Grenze für einen Netzausbau dar. Sie zeigt auf, bis zu welchem Strom mit dem Erlöschen von frei brennenden Lichtbögen gerechnet werden darf.

3.3 Netz mit Erdschlussteilkompensation

Zusätzlicher Abschnitt im VDE/FNN Kapitel 3:

- (1) Bei Netzen mit Erdschlussteilkompensation wird wie bei der Erdschlusskompensation ein kapazitiver Erdstrom kompensiert. Bei der Teilkompensation wird aber im Gegensatz zur Erdschlusskompensation oder Erdschlusslöschung nur ein Teil des kapazitiven Erdschlussstromes kompensiert.
- (2) Bezüglich der notwendigen Schutzmassnahmen gelten die Aussagen über isolierte Sternpunkte von VDE/FNN Kapitel 3.1.



3.4 Vorübergehende hochohmige Widerstandserdung

zusätzlicher Abschnitt im VDE/FNN Kapitel 3:

- (1) Bei Netzen mit isoliertem, teilkompensiertem oder gelöschtem Netz wird bei dieser Methode kurzzeitig ein hochohmiger Widerstand im Sternpunkt zugeschaltet. Während der Zuschaltung enthält der Erdschlussstrom damit auch eine ohmsche Komponente, welche in Erdschlussschutzvorrichtungen ausgewertet wird. Im Gegensatz zur kurzzeitigen niederohmigen Erdung kommen also bei dieser Methode nicht Kurzschlussrelais zum Einsatz, sondern Erdschlussschutzrelais, welche die ohmsche Komponente des Erdschlussstromes auswerten.
- (2) Der automatisch zuschaltbare Sternpunktwiderstand wird so ausgelegt, dass die Erdschlussschutzeinrichtungen bei einpoligem Fehler anregen können nicht aber die Kurzschlusseinrichtungen. Der Fehler wird je nach Höhe des Erdschlussstromes bzw. der Schutzphilosophie von Hand oder durch die vorhandenen Erdschlussrelais abgeschaltet.
- (3) Bei der Wahl der Abschaltzeiten, der Grösse des Sternpunktwiderstandes und der Wahl der Dauer der hochohmigen Widerstandserdung ist darauf zu achten, dass die gültigen Normen und Gesetze (z.B. die Berührungsspannung) eingehalten werden.
- (4) Diese Methode hat somit ähnliche Vorteile wie die kurzzeitig niederohmige Erdung.

4. Netzbetriebsweise

4.1 Normal und Sonderschaltzustände (VDE/FNN 4.5)

Ergänzung, Bemerkung:

- (1) Die Aussagen gelten in Netzen, in welchen Erdschlüsse durch den Selektivschutz abgeschaltet werden, neben dem Kurzschlussschutz auch für den Erdschlussschutz.



5. Normative Verweisungen

5.1 Kurzschlussstromfestigkeit der Betriebsmittel (VDE/FNN 5.1)

Thermische Festigkeit der Betriebsmittel

Ergänzungen:

- (1) In der öffentlichen Energieversorgung sind für die thermische Bemessung der Anlagen nachstehende Bemessungskurzschlussströme üblich:

Spannungsebene / Schaltanlage [kV]	Bemessungskurzzeitstrom [kA]
3 – 12	25 – 50
12 – 17,5	25 – 40
17,5 – 24	16 – 31,5
24 – 36	16 – 25
50 – 72	25 – 40
110 – 170	25 – 50
220	50 – 63
380	63

Tabelle 1: Bemessungskurzschlussströme bei verschiedenen Nennspannungen

Abschaltzeit:

- (2) Die Abschaltzeiten für die Schweiz sind im VSE Handbuch «Betrieb der automatische Wiedereinschaltung in Verteilnetzen (NE3 und NE5) AWE-CH» geregelt.

5.2 Belastbarkeit der Betriebsmittel (VDE/FNN 5.2 Freileitung)

Ergänzung beim Abschnitt Freileitungen:

- (1) In der Schweiz wird die Belastbarkeit bei Freileitungen üblicherweise bei einer Umgebungstemperatur von 10 °C (Winterwert), 20 °C (Übergangszeit), 40 °C (Sommerwert) sowie bei einer Luftgeschwindigkeit von 0,5 m/s (Luftströmung durch Konvektion um den Leiter herum, ohne Wind) angegeben. Indikativ sind die Werte auch für 35 °C angegeben.

5.3 Netzcodes, Normen und Verbandsrichtlinien (VDE/FNN Kapitel 5.3 und 5.4)

Ergänzung:

- (1) In der Schweiz sind ausschliesslich die jeweils gültigen landesspezifischen Gesetze, Normen, Richtlinien und Empfehlungen anzuwenden. Dies sind unter anderem:
- Transmission Code Schweiz
 - Distribution Code Schweiz
 - Richtlinien und Empfehlungen des VSE
 - Weitere Richtlinien und Empfehlungen von Schweizer Branchenverbänden
 - Starkstromgesetz



- Starkstromverordnung
- SNEN-Normen
- von der Schweiz übernommene IEC-Normen
- SEV-Normen
- Weitere massgebende Gesetze, Verordnungen und Richtlinien der Schweiz

Vgl. auch die zum VDE/FNN Anhang B aufgezählten Schweizer Normen und Empfehlungen.

6. Eigenschaften der Netze (VDE/FNN 6)

Bei der Einleitung gilt für die Schweiz:

- (1) Elektrische Netze dienen dem Austausch, der Übertragung und der Verteilung elektrischer Energie. Je nach Bedeutung des Netzes sind die Anforderungen an die Schutzsysteme, die Netzfahrweisen und die betrieblichen Belange recht unterschiedlich.
- (2) Folgende Spannungsstufen nach VDE/IEC haben sich in der europäischen Praxis durchgesetzt und werden in der Regel wie folgt eingesetzt:
 - 380/220 kV als Übertragungsnetz
 - > 36 - < 220 kV als übergeordnetes oder überregionales Verteilnetz
 - > 1 - 36 kV als örtliches Verteilnetz und Industrienetz

6.1 Höchstspannungsnetze 380kV und 220kV (VDE/FNN 6.1)

Ergänzung:

- (1) Für die Schweiz gilt der Transmission Code Schweiz (TC-CH).

6.2 Hochspannungsnetz >36 kV – < 220 kV (VDE/FNN 6.2)

Beim letzten Abschnitt gilt für die Schweiz, Titel geändert:

- (1) Bei den Hochspannungsnetzen kommen alle in VDE/FNN Kapitel 3 aufgeführten Sternpunktbehandlungen vor.
- (2) Sie werden in der Regel in grösseren Teilnetzen vermascht betrieben und speisen in die unterlager-ten Mittelspannungsnetze ein. Die Anforderungen an die Schutzsysteme sind in diesen Hochspannungsnetzen je nach Bedeutung und Netzausbau recht unterschiedlich (siehe VDE/FNN Kapitel 11.3). Durch die starke Verzahnung zwischen den Netzebenen ist eine Abstimmung der Schutzsysteme an den Einspeisestellen notwendig.



6.3 Mittelspannungsnetz > 1 kV – < 36 kV (VDE/FNN 6.3)

Gilt für die Schweiz, Titel geändert:

- (1) Diese Spannungsebene gehört in Deutschland, Österreich und der Schweiz zur Verteilungsnetzebene. Sie dient innerhalb eines begrenzten Gebietes, einer Stadt oder eines Industriebetriebes der Versorgung von Endverbraucher mit elektrischer Energie. In Mittelspannungsnetzen wird der Leistungsfluss meistens durch die Kundenlast bestimmt. Zunehmend wird der Lastfluss auch durch dezentrale Erzeugungsanlagen beeinflusst.
- (2) Die Netzfahrweise der Mittelspannungsnetze ist sehr unterschiedlich und den örtlichen Verhältnissen angepasst. Bei grossen Punktlasten werden die Netze oft strahlenförmig und bei ländlicher Flächenlast vermascht betrieben. Daher sind die Anforderungen an die Schutzsysteme auch sehr unterschiedlich (vgl. VDE/FNN Kapitel 11.4). Jedoch ist in dieser Spannungsebene immer zu berücksichtigen, dass eine Störung sich meist direkt auf die Endverbraucher auswirkt. In der Mittelspannung sind alle Arten der Sternpunktbehandlung zu finden.

7. Schutzfunktionen

7.1 Überstromzeitschutz (VDE/FNN 7.1)

Bei Einführung von Kapitel 7.1 gilt für die Schweiz:

- (1) Der Überstromzeitschutz wird in den Netzen als Kurzschlusschutz oder als Erdschlusschutz vorzugsweise in Strahlen- und Ringnetzen sowie an Transformatoren und Generatoren eingesetzt. Er ist unabhängig von der Sternpunktbehandlung und in allen Spannungsebenen einsetzbar. Als Kurzschlusschutz kann er immer dann zur Anwendung kommen, wenn der Kurzschlussstrom sich in seiner Höhe eindeutig vom Betriebsstrom unterscheidet und die Anforderungen an die zulässige Auslösezeit erfüllt werden.
- (2) Der Überstromzeitschutz wird als unabhängiger Maximalstromzeitschutz (UMZ-Schutz) oder als abhängiger Maximalstromzeitschutz (AMZ-Schutz) ausgeführt.
- (3) Die Überstromzeitschutzeinrichtungen verwenden zur Fehlererkennung von Kurzschlüssen normalerweise die leiterselektiven Ströme und für Erdschlüsse den Nullstrom als Messgrössen.

7.2 Automatische Wiedereinschaltung¹ (VDE/FNN 7.4)

Bei Einführung von Kapitel 7.4 gilt für die Schweiz:

- (1) Besonders in Freileitungsnetzen, bei denen der grösste Teil der Kurzschlüsse aus Lichtbogenfehlern besteht, wird die automatisch ablaufende Wiedereinschaltung eingesetzt. Sie kann als getrenntes Gerät oder als integrierter Bestandteil der Schutzeinrichtung ausgeführt sein und mit allen üblichen Leitungsschutzeinrichtungen zusammenarbeiten. Teilweise wird diese Funktion auch als «Kurzunterbrechung» (KU) oder «Langunterbrechung» (LU) bezeichnet. Ausführungen und Anwendungen der AWE weichen je nach Art, Betriebsweise und Sternpunktbehandlung des Netzes voneinander ab.

¹ Vgl. VSE-Handbuch «Betrieb der automatischen Wiedereinschaltung in Verteilnetzen (NE3 und 5).



7.3 Erdschlusserfassung / Erdschlussschutz (VDE/FNN 7.5)

Bei Einführung von VDE/FNN Kapitel 7.5 gilt für die Schweiz, Titel angepasst:

- (1) Zur Meldung eines Erdschlusses genügt ein einstellbares Spannungsrelais, welches die Nullspannung (3U₀) überwacht. Die Nullspannung kann dabei gemessen (offene Dreieckswicklung) oder intern im Relais aus den Phasenspannungen errechnet werden. Für die automatische selektive Erfassung des betroffenen Abgangs wird oft eine gerichtete Erdschlusserfassung verwendet. Bei Erdschlussströmen unter dem zulässigen Reststrom kann auch das Prinzip der Suchschaltung angewendet werden. Bei der Suchschaltung erfolgt wechselweise eine Abschaltung der einzelnen Anlagenteile oder Leitungen, solange bis der Erdschluss nicht mehr ansteht.
- (2) Die Erfassung des Nullstromes für Erdschlussrichtungsrelais sollte vorzugsweise über Summenstromwandler (Kabelumbauwandler) erfolgen, da diese im Übersetzungsverhältnis besser den Erfordernissen angepasst werden können und eine höhere Messgenauigkeit aufweisen. Für die Verfahren „Erdschlusswischer“ und „Pulsortung“ genügt im Allgemeinen die mit der Holmgreenschaltung erzielbare Genauigkeit. In Leitungsabgängen, in denen nur zwei Wandler eingesetzt sind, ist der Einsatz von Summenstromwandlern (Kabelumbauwandlern) zur Erdschlussortung zwingend erforderlich, da mit zwei Wandlern kein Nullstrom erfasst werden kann.
- (3) Zur selektiven Erdschlusserfassung haben sich folgende Verfahren mit unterschiedlichem Erfolg bewährt:
 - Wattmetrische Erdschlusserfassung
 - Gerichteter Erdschlussüberstrom
 - Wischerverfahren
 - Admittanzvergleich
 - Oberschwingungsverfahren
 - Oberschwingungsrelativmessung
 - Pulsortung
 - Automatische Erdschlussuchschaltung
 - Nullstrommessung

Heute werden auch mehrere Verfahren kombiniert, um die Schwachstellen der einzelnen Verfahren möglichst zu minimieren.

Wattmetrische Erdschlusserfassung und gerichteter Erdschlussüberstromschutz

Für die Schweiz gilt, Titel geändert:

- (1) Wattmetrische Erdschlussfunktionen und gerichtete Erdschlussüberstromfunktionen werten im Normalfall im isolierten, teilkompensierten und kompensierten Netz den Nullstrom und die Nullspannung des Netzes aus. Bei vermaschten Netzen muss darauf geachtet werden, dass nicht Unsymmetrien zum Ansprechen der Funktion führen.
- (2) Durch eine künstliche oft nur kurzzeitige «Wattreststromvergrößerung» können die Messbedingungen erheblich verbessert werden; dabei werden mit Hilfe von Belastungswiderständen an den Lösspulen zusätzliche ohmsche Verluste erzeugt. Der Einsatz erfolgt überwiegend in Mittelspannungsnetzen und teilweise im Hochspannungsnetz.



7.4 Frequenzschutz (VDE/FNN 7.7)

Ergänzung:

- (1) Für die Schweiz sind die Anforderungen bezüglich störungsbedingtem Lastabwurf im TC-CH sowie im VSE Branchendokument «UFLS-CH» festgehalten. Vergleich auch VDE/FNN Kapitel 15.

7.5 Zusatzfunktionen in digitalen Schutzeinrichtungen (VDE/FNN 7.8)

7.5.1 Leistungsschalter-Versagerschutz (VDE/FNN 7.8.2)

Siehe VSE Kapitel 19

8. Grundlagen der Schutzeinstellung (VDE/FNN 8)

8.1 Anregung (VDE/FNN 8.1)

8.1.1 Überstromanregung $I_e >$ Stufe (VDE/FNN 8.1.2.1)

Für die Schweiz gilt:

- (1) Die Erdstromanregung wird bevorzugt unterhalb der Leiterstromanregung eingestellt. Gängige Einstellwerte der Erdstromanregung sind beispielsweise bei Holmgreenschaltung oder relaisinterner Berechnung aus den Phasenströmen (0,1 - 0,8) $I_{N\text{-Wandler}}$.
- (2) Je nach Sternpunktbehandlung, der Art der IO-Erfassung und der möglichen Höhe der Erdschlussströme kann die sinnvolle Einstellung für die Erdstromanregung variieren.

8.1.2 Unterimpedanzanregung (elektromechanisch) (VDE/FNN 8.1.2.2)

Ergänzung:

- (1) In Netzen mit hochohmiger Sternpunktbehandlung (isoliert, gelöscht, teil kompensiert) darf bei einem Erdschluss, der durch eine getrennte Erdschlusserfassung erkannt wird, keine Leiteranregung erfolgen. Es müssen hier die Spannungsmesskreise stets an der verketteten Spannung liegen. Nur bei einem Doppelerdschluss werden sie von der Erdstromanregung gegen Erde geschaltet.

8.1.3 Anregeverlässlichkeit bei Kurzschlüssen (VDE/FNN 8.1.3.2)

Ergänzung, Titel angepasst:

- (1) In kompensierten und isolierten Netzen gilt $I_{k\min} = I_{k2\text{pol}}$



8.2 Staffelplan (VDE/FNN 8.2)

Anmerkung zur Einführung:

- (1) Ausführungen zu den Staffeln gelten im isolierten Netz auch für den Erdschlussschutz mit Abschaltung.

8.2.1 Grundsätze zum Staffelplan (Ergänzung VDE/FNN 8.2.1)

Ergänzung:

- (1) In der Schweiz wird die Richtung in den Netzschutzeinrichtungen (für Leitungen, wie Transformatoren, für Kurzschlussströme, wie Erdschlussströme) normalerweise wie folgt definiert:
 - Vorwärts entspricht von der Sammelschiene Richtung Leitung bzw. Richtung Transformator
 - Rückwärts entspricht von der Leitung bzw. vom Transformator Richtung Sammelschiene.

8.2.2 Staffelzeiten (VDE/FNN 8.2.2)

Ergänzung:

- (1) In der Schweiz werden bei Distanzschutzrelais Staffelzeiten von 0,2 s bis 0,5 s eingestellt.
- (2) Bei Überstromschutzfunktionen (Kurzschlussschutz wie auch Erdschlussschutz) werden normalerweise Staffelzeiten von 0,2 s bis 0,3 s eingestellt.

8.2.3 Zonenreichweiten allgemein (VDE/FNN 8.2.3)

Ergänzung:

- (1) In der Schweiz wird bei Distanzschutz ein Staffelfaktor zwischen 0,7 und 0,9 verwendet. Im Übertragungsnetz werden bei Leitungen die folgenden Staffelfaktoren bevorzugt:
 - 0,8 für die erste Zone falls Kommunikation vorhanden ist
 - 0,85 für die erste Zone falls keine Kommunikation vorhanden ist
 - 0,8 für 2. Zone und höher
- (2) Für die Staffelfaktoren von Transformatoren mit einer Distanzzone Richtung Transformator gelten normalerweise die folgenden Staffelfaktoren:
 - 0,3 - 0,7 für die erste unverzögerte Zone Richtung Transformator
Es ist darauf zu achten, dass diese Zoneneinstellung auch bei verschiedenen Stufen-schalterstellungen nicht über den Transformator reicht. Bei einigen Transformatortypen (z.B. Dreiwicklertransformatoren) hat das Netz Einfluss auf die gemessene Fehlerimpedanz. Auch in diesen Fällen ist zu beachten, dass diese Impedanzzone nicht über den Transformator reicht. Falls die Reichweite der ersten Zone reduziert werden muss, kann zum Beispiel ein POTT-Verfahren zum Einsatz kommen.
 - 0,2 - 0,6 für die 2. Zone und höher (normalerweise Richtung Sammelschiene (SS), 1. Stufe der kürzesten Leitung)



(3) Übertragungsnetz Transformatoren NE1 (nationale Netzgesellschaft):

- $0,7 \times Z_{tr}$ (Kurzschluss-Impedanz vom Trafo) für die erste Zone Richtung Transformator.
- $0,2 \times Z_{tr}$ (Kurzschluss-Impedanz vom Trafo) für die zweite Zone Richtung SS, aber max. $0,6 \times Z$ der kürzesten Leitung.

8.2.4 Zonenreichweite für Strahlennetze (VDE/FNN 8.2.4)

Ergänzung, Bemerkung, Titel angepasst:

(1) Die Reichweiten der verschiedenen Zonen werden in der Schweiz normalerweise wie folgt eingestellt:

- Grundsätzlich wird der Schutz (mit den unter VDE/VNN Kapitel 8.2.3 angegebenen Staffelfaktoren) mit dem vorgelagerten Schutz gestaffelt.
- Für die 2. Zone wird im Minimum 120 % der Leitungsimpedanz eingestellt
- Bei der 2. Zone werden Zwischeneinspeisungen nicht berücksichtigt. Impedanzreduktionsfaktoren für nachfolgende Parallelleitungen werden unter Umständen berücksichtigt.
- Bei den höheren Zonen werden die Zwischeneinspeisungen berücksichtigt. Zwischeneinspeisungen werden aber nur bis zum Faktor 5 berücksichtigt.
- Die letzte Zone vor der Anregung sollte normalerweise die längste nachfolgende Leitung abdecken. Diese Anforderung kann bei vermaschten Netzen teilweise nicht erfüllt werden.

8.2.5 Zonenreichweite für Doppelleitungen (VDE/FNN 8.2.5)

Ergänzung, Bemerkung:

(1) Es gelten die Bemerkungen von VDE/FNN Kapitel 8.2.4:

8.2.6 Zonenreichweiten für vermaschte Netze mit Zwischeneinspeisung (VDE/FNN 8.2.6)

Ergänzung, Bemerkung:

(1) Es gelten die Bemerkungen von VDE/FNN Kapitel 8.2.4:

9. Hilfseinrichtungen (VDE/FNN 9)

9.1 Gleichspannungsversorgung (VDE/FNN 9.1.1)

- (1) Oft werden an die DC-Anlage noch ein oder mehrere Wechselrichter geschaltet, um auch allfällig nötige unterbrechungsfreie AC-Netze betreiben zu können. Das kann z.B. der Versorgung von Stationsleitrechnern dienen.



10. Anschluss und Verkabelung der Messwandler (VDE/FNN 10)

10.1 Spannungswandlerkreise (VDE/FNN 10.2)

Ergänzung, Bemerkung:

- (1) Alle Sekundärwicklungen mit Ausnahme von offenen Dreieckswicklungen müssen mit Sicherungen bzw. Schutzschalter versehen werden. Falls die offene Dreieckswicklung nur gegen Ferroresonanz beschaltet ist und an ihr keine weiteren Komponenten, wie zum Beispiel Schutz- oder Anzeigegeräte angeschlossen sind, so kann auf eine Absicherung verzichtet werden.

11. Schutz von Leitungen und Kabeln (VDE/FNN 11)

11.1 Schutz von Höchstspannungsleitungen (VDE/FNN 11.2)

11.1.1 Höchstspannungsleitungsschutz mit Schutzdopplung (VDE/FNN 11.2.2)

Ergänzung, Bemerkung:

- (1) In der Schweiz ist es oft üblich die AWE nur in einem der beiden Schutzsysteme vorzusehen bzw. zu aktivieren. Angeregt wird die AWE aber von beiden Schutzgeräten.
- (2) Die Schutzsysteme können auf beide Aus-Spulen wirken.

11.1.2 Höchstspannungsleitungsschutz mit Haupt- und örtlichem Reserveschutz (VDE/FNN 11.2.3)

- (1) Die Schutzsysteme können auf beide Aus-Spulen wirken.

11.1.3 Höchstspannungsleitungsschutz für Zweiendenleitungen (VDE/FNN 11.2.4)

Ergänzungen, Bemerkungen:

Im Höchstspannungsleitungsnetz der Schweiz wird üblicherweise das folgende Signalverfahren eingesetzt:

- (1) Unterreichend: Sendet bei Auslösung des Distanzschutzes in Zone 1 und Auslösung der Gegenseite bei Signalempfang und vorliegender ungerichteten Anregung.
In bestimmten Fällen, z.B. bei Konfigurationen, bei denen der Distanzschutz im Fehlerfall nicht anregen könnte, wird zusätzlich auch bei Signalempfang und «schwacher Speisung» ausgelöst.

AWE

- (2) Oft wird in der Schweiz bei einem einpoligen Fehler eine einpolige Kurz-AWE (einpolige KU) und bei einem mehrpoligen Fehler eine dreipolige Kurz-AWE (dreipolige KU) durchgeführt. Ist die Kurz-AWE nicht erfolgreich, so wird dreipolig ausgeschaltet und anschliessend ein dreipolige Lang-AWE (dreipolige LU) durchgeführt. Jede dreipolige AWE (KU und LU) durchläuft die Synchronkontrollfunktion.

Schalerversagerschutz

Siehe VSE Kapitel 19:



11.2 Schutz von Hochspannungsleitungen (VDE/FNN 11.3)

11.2.1 Hochspannungs-Kurzschlusschutz für Zweiendenleitungen (VDE/FNN 11.3.1)

Titel geändert: (Titel geändert)

- (1) Die Schutzsysteme können auf beide Aus-Spulen wirken.

11.2.2 Erdschlusschutz bei Hochspannungsleitungen

Neues Kapitel:

- (1) Abhängig von der auftretenden Berührungsspannung und der in der Schweiz gültigen Regelwerke ist zu beurteilen, ob ein Weiterbetrieb bei Erdschluss zulässig ist oder eine automatische Abschaltung durch eine geeignete Schutzvorrichtung innerhalb der zulässigen Abschaltzeit zu erfolgen hat.
- (2) Eine Abschaltung bei anstehendem Erdschluss auf Hochspannungsleitungen kann in vermaschten Netzen mit Richtungsvergleichsschutzeinrichtungen realisiert werden. Dabei kann das Blockier- oder das Freigabeverfahren angewendet werden. Beim Freigabeverfahren wird der Leistungsschalter einer Leitung ausgelöst, falls beide Relais den Fehler vorwärts erkennen und ein Freigabesignal von der Gegenseite erhalten. Durch zusätzliche Funktionen ist zu gewährleisten, dass auch bei gemessenen Strömen unter dem Ansprechwert der Erdschlussstromanregung Erdfehler erkannt und sofern notwendig abgeschaltet werden.
- (3) Als Reserveschutzfunktionen werden in spezifischen Fällen gerichtete empfindliche Erdschlussfunktionen (67N) evtl. mit Kommunikation, ungerichtete Erdschlussüberstromfunktionen (51) oder die ungerichteten 3U0-Erdschlussfunktionen (59N) eingesetzt.

11.3 Schutz von Mittelspannungsleitungen (VDE/FNN 11.4)

Ergänzungen bei Einführung:

- (1) Bei Netzen mit isoliertem oder hochohmig behandeltem Sternpunkt ist, abhängig von der auftretenden Berührungsspannung und der in der Schweiz gültigen Regelwerken, zu beurteilen, ob ein Weiterbetrieb bei Erdschluss zulässig ist oder eine automatische Abschaltung durch eine geeignete Schutzvorrichtung innerhalb der zulässigen Abschaltzeit zu erfolgen hat. Für eine Erdschlusserkennung oder Erdschlussabschaltung werden normalerweise eine oder mehrere der folgenden Funktionen verwendet:
 - Wattmetrische Erdschlusserfassung
 - gerichteter Erdschlussüberstrom
 - Wischerverfahren
 - Admittanzvergleich
 - Oberschwingungsverfahren
 - Oberschwingungsrelativmessung
 - Pulsortung
 - Nullstrommessung



- (2) Als Reserveschutzfunktionen beim Erdschlussschutz werden oft gerichtete und ungerichtete Erdschlussüberstromfunktionen sowie die 3U0-Funktion verwendet.
In Netzen mit AWE kann diese auch durch eine Erdschlussschutzauslösung angeregt werden.

11.3.1 Abgangsschutz (VDE/FNN 11.4.1)

Ergänzung, Bemerkung:

- (1) Die Schutzsysteme können auf beide Aus-Spulen wirken.

11.3.2 Strahlennetz (VDE/FNN 11.4.1.1)

Ergänzung, Bemerkung:

- (1) Bemerkung zu Bild 36 und 37:
Die Erdschlusserfassung wirkt unter Umständen (vgl. Einführung in diesem Kapitel) auch auf Q0 (Leistungsschalter) und kann im Falle einer Auslösung auch die AWE anregen.

11.3.3 Zweiseitig gespeiste Leitungen (VDE/FNN 11.4.1.2)

Ergänzung, Bemerkung:

- (1) Bemerkung zu Bild 38:
Die Erdschlusserfassung wirkt unter Umständen (vgl. Einführung in diesem Kapitel) auch auf Q0 (Leistungsschalter) und kann im Falle einer Auslösung auch die AWE anregen.

12. Schutz von Transformatoren (VDE/FNN 12)

12.1 Schutz von Transformatoren mit $S_n > 100$ MVA (VDE/FNN 12.1)

Ergänzungen bei Einführung:

- (1) Transformatoren dieser Grössenordnung werden normalerweise mit zwei Schutzsystemen ausgerüstet. Dabei werden üblicherweise die folgenden Randbedingungen erfüllt:
- Beide Schutzsysteme decken prinzipiell gleiche Fehler ab. Die Empfindlichkeiten der beiden Systeme können unterschiedlich sein.
 - Funktionen Schutzsystem 1: Das Schutzsystem 1 enthält im Minimum einen Differentialschutz
 - Funktionen Schutzsystem 2: Es wird empfohlen pro Hochspannungstransformatorseite einen Distanzschutz einzubauen (nicht Mittelspannungsseitig, wie z.B. auf der Unterspannungsseite bei Kraftwerkeinspeisungen). Dieser übernimmt gleichzeitig auch Reserveschutzfunktionen Richtung Sammelschiene.
 - Ferner kann bei Transformatoren dieser Grössenordnung ein Erdfehlerschutz eingebaut werden. (Kesselschutz, hochohmiger Erdfehlerdifferentialschutz oder niederohmiger Erdfehlerdifferentialschutz). Auf einen zweiten Differentialschutz im Schutzsystem 2 wird unter Umständen verzichtet, da in den beiden Distanzschutzgeräten mit der unverzögerten Stufe (vgl. VDE/FNN Kapitel 8.2.3 Zonenreichweiten) ein schnelles Schutzsystem für Kurzschlüsse vorhanden ist.
 - Falls sich an einer der Transformatorseiten ein Netz mit isoliertem Sternpunkt befindet, so sind die in den vorigen Kapiteln aufgeführten Bestimmungen analog anzuwenden. Die Aktivierung einer empfindlichen ungerichteten Erdschlussüberstromfunktion ist in so einem Fall meist sinnvoll.



- In der Regel wirken die Schutzfunktionen auf sämtliche Leitungsschalter des Transformators (Ausser z.B. bei der Überlastfunktion).

Mitnahme und Schalterversagerschutz-Trafo

Siehe VSE Kapitel 19:

Leistungsschalterversagerschutz (VDE/FNN 12.1)

Siehe VSE Kapitel 19:

12.2 Schutz von Transformatoren mit S_n von 1 bis 100 MVA mit Unterspannung > 1 kV (VDE/FNN 12.2)

Ergänzung, Kommentar, Titel angepasst:

- (1) In der Regel wirken die Schutzfunktionen auf sämtliche Leitungsschalter des Transformators (Ausser z.B. bei der Überlastfunktion).
- (2) Der Reserveschutz auf der Oberspannungsseite wirkt auf der Oberspannungsseite über eine eigene Auslösespule auf den Leistungsschalter. Auf der Unterspannungsseite wirkt er, falls eine unabhängige Auslösespule vorhanden ist, auf diese unabhängige Spule (in der Mittelspannung oft nicht der Fall).
- (3) Falls sich an einer der Transformatorseite ein Netz mit isoliertem Sternpunkt befindet, so sind die in den vorigen Kapiteln erwähnten Bestimmungen analog anzuwenden. Die Aktivierung einer empfindlichen ungerichteten Erdschlussüberstromfunktion kann sinnvoll sein.

12.3 Schutz von Transformatoren in der NE6 (VDE/FNN 12.3)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) Falls Sicherungen bei MS/NS-Transformatoren auf der Ober- und Unterspannungsseite eingesetzt werden, ist folgendes zu beachten:
 - Nach IEC 60282-1 (2009) Abschnitt 6.6 wird im Rahmen der Typprüfung das Ausschaltvermögen von HH-Sicherungen bei 87 % ihrer Bemessungsspannung geprüft. Im isolierten und gelöschten Netz kann bei verschiedenen Fehlerbedingungen, wie z.B. bei einem Doppelerdschluss die volle Bemessungsspannung an der Sicherung auftreten. Das Abschaltvermögen der eingesetzten Sicherungen muss deshalb bei der maximalen Betriebsspannung des Netzes geprüft sein.
 - Der Einsatz von HH-Sicherungen wird durch die Ansprechwerte des vorgeschalteten Leitungsschutzes und somit durch den minimalen Kurzschlussstrom eingeschränkt. Eine vollständige Selektivität zwischen Leitungsschutz und HH-Sicherung ist zu erreichen.
 - Die Abschaltung von einem Erd- oder 2-poligen Kurzschluss in der Anlage auf der Niederspannungsseite ist in maximal einer Sekunde (1 s) sicherzustellen und durch Berechnung, Typprüfung oder ähnlichem nachzuweisen. Die Kurzschlusseinrichtungen können auf der Primär / oder Sekundärseite eingesetzt werden.



12.4 Tabellarische Zusammenfassung (VDE/FNN 12.4)

Ergänzung:

	bis 630 kVA (1 MVA)	bis 2 MVA	bis 10 MVA	bis 100 MVA Zweiwick- ler	bis 100 MVA Dreiwickler	ab 100 MVA
HH-Sicherungen OS	X	O				
Überstromzeitschutz OS	O	X	X	X	X	X
NH-Sicherung US	O					
Distanzschutz OS			X	X	X	X
Überstromzeitschutz MS					X	
Distanzschutz MS					X	X
Überstromzeitschutz US	O	O	X	X	X	X
Distanzschutz US			X	X	X	X
Übertemperatur 1. St. *)	O	O	X	X	X	X
Übertemperatur 2. St. *)			X	X	X	X
Buchholzschutz			X	X	X	X
Überw. Stufenschalter			X	X	X	X
Differenzialschutz			ab 5 MVA	X	X	X

Tabelle 2: Zusammenfassung der Transformatorschutzeinrichtungen in Abhängigkeit der Transformatorgrösse

*) Meldung und ggf. Auslösung

X - Einsatz üblich

O - wahlweiser Einsatz (Risiko, Selektivität, Erdschlusschutz etc.)

OS – Oberspannungsseite

MS – Mittelspannungsseite (bei NE2-Transformatoren die Tertiärwicklung)

US – Unterspannungsseite

HH Sicherungen – Hochspannungs-Hochleistungssicherungen

NH Niederspannung – Niederspannungs-Hochleistungssicherungen

12.5 Optimierungsmöglichkeiten (VDE/FNN 12.7)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) Bezüglich Aufteilung der Schutzfunktionen ins System 1 und 2 sind die vorstehenden Bemerkungen zu beachten.

13. Anlagenschutz (VDE/FNN 13)

13.1 Schalterversagerschutz (VDE/FNN 13.3)

13.1.1 Schalterversagerschutz in Höchstspannungsanlagen (VDE/FNN 13.3.1)

Siehe VSE Kapitel 19



14. Schutz von Kompensationsdrosselanlagen und Kondensatorbänken (VDE/FNN 14)

Keine Bemerkung

15. Systemschutz (Frequenzschutz)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) Ist im VSE Branchendokument «automatischer Lastabwurf» festgelegt.

16. Schutz am Netzanschlusspunkt (VDE/FNN16)

16.1 Schutz von Erzeugungsanlagen (VDE/FNN 16.1)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) Für die Schweiz sind der TC-CH, der DC-CH (VSE) sowie die VSE Branchenempfehlung NA/EEA-CH zu beachten.

17. Erdschlusserfassung (VDE/FNN 17)

17.1 Erdschlusserfassung in galvanisch verbundenen Netzen (VDE/FNN 17.1)

Nullspannungsüberwachung

früherer Titel Erdschluss-Melderelais, Titel geändert



17.2 Selektive Erdschlusserfassung (VDE/FNN 17.2)

Für die Schweiz gilt:

- (1) Der Einsatz der im VDE/FNN Kapitel 7.5 beschriebenen Erdschlusserfassungssysteme und deren Anwendung für Netze mit verschiedenen Sternpunktbehandlungen wird in der untenstehenden Tabelle dargestellt.

	Gelöschte Netze	Isolierte Netze	Kurzzeitig niederohmig geerdete Netze	Kurzzeitig hochohmig geerdete Netze
Empfindliche ungerichtete Erdstromerfassung	x	x	x	x
Empfindlich gerichtete Erdstromerfassung	x	x	x	x
Erdschluss-Wischerrelais	x	x		x
Wattmetrische Relais	x	x		x
Oberschwingungsrelais	x	x		
Oberschwingungs-Relativmessung	x	x		
Pulsortungsmethode	x			
Netz-Erdschluss-Analysator, Ortung mit Strominjektion	x			
Ungerichteter unempfindlicher Nullstromschutz			x	
Unempfindlicher gerichteter Nullstromschutz			x	
Nullspannungsüberwachung	x	x	x	x

Tabelle 3: Erdschlusserfassungssystem bei verschiedener Sternpunktbehandlung

18. Empfehlung für die Inbetriebnahme und Instandhaltung von Schutzsystemen (VDE/FNN 18)

18.1 Rahmenbedingungen für die Inbetriebnahme und Instandhaltung von Schutzsystemen (VDE/FNN 18.1)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) Für die Schweiz sind die dort gültigen Gesetze und Normen, wie zum Beispiel das Elektrizitätsgesetz, die Starkstromverordnung und weitere SNEN-Normen einzuhalten.



18.2 Abnahme und Inbetriebnahme von Schutzsystemen (VDE/FNN 18.2)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) In der Schweiz werden bei der Inbetriebsetzung nicht in jedem Fall zusätzliche Isolationsprüfungen bei der Sekundärverkabelung durchgeführt.

18.2.1 Inbetriebnahme Prüfungen (VDE/FNN 18.2.2)

Ergänzung, Kommentar zum Abschnitt Inbetriebnahme:

- (1) In der Schweiz ist der Hersteller bei der Inbetriebnahme nicht in jedem Fall dabei.

18.3 Inbetriebnahme Prüfungen (VDE/FNN 18.2.2)

18.3.1 Sekundärprüfungen (VDE/FNN 18.2.2.5.1)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) Für die Schweiz gilt: Umparametrierungen zum Zwecke der Schutzprüfungen sind zu vermeiden. Speziell bei Mehrfunktionsrelais (bei digitalen Schutzrelais sehr oft der Fall) sind diese aber teilweise für eine Schutzprüfung notwendig.
- (2) Mit Abschluss der Sekundärprüfung ist mit jeder Schutzeinrichtung eine Auslösekontrolle durchzuführen.

18.3.2 Primärprüfungen (VDE/FNN 18.2.2.5.2)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) Primärprüfungen mit Fremdeinspeisung sind in der Schweiz für die Prüfung des Schutzes nicht üblich. Die Stabilitäts- und Richtungskontrolle wird in der Regel mit den Betriebsströmen durchgeführt.

18.3.3 Messungen bei Inbetriebnahme (VDE/FNN 18.2.2.6)

Ergänzung, Kommentar:

- (1) In der Schweiz ist bei den Transformatoren die Kontrolle der Differenzströme bei verschiedenen Stufenschalterstellungen unüblich.



19. Schalterversagerschutz (VSE)

- (1) In diesem Kapitel ist der Schalterversagerschutz (SVS) für die Schweiz beschrieben und ersetzt folgende VDE/FNN Kapitel 7.8.2, 11.2.4, 12.1 und 13.3.1 bezüglich Schalterversagerschutz.
- (2) Der Leistungsschalter-Versagerschutz dient der schnellen Reserveabschaltung, wenn ein Auslösekommando des Schutzrelais vom zugeordneten Leistungsschalter nicht ausgeführt wird. Der Schalterversagerschutz wirkt oft zweistufig. In der ersten Stufe versucht der Schalterversagerschutz nach einer kurzen Verzögerung (t_1) den Leistungsschalter nochmals zu öffnen. Ist dies nicht erfolgreich, so werden nach einer weiteren Zeitverzögerung (t_2) die vorgeordneten Leistungsschalter ausgeschaltet. Um Fehlauslösungen zu verhindern, müssen bei der Einstellung der Zeitverzögerungen die Abschaltzeit des Leistungsschalters und die Rückfallzeit der Schutzeinrichtungen berücksichtigt werden.
 - Jede Schutzauslösung inkl. Sammelschienenschutz regt den Schalterversagerschutz an. Freigegeben wird der Schalterversagerschutz normalerweise durch einen Stromschwellwert oder durch die Rückmeldung des Leistungsschalters, wie z.B. bei Kraftwerkseinspeisungen oder mechanischem Trafoschutz (z.B. Buchholz).
 - Die Schalterversagerschutzfunktion kann zudem an die Gegenstation ein Schutzkopplungssignal senden. Dieses Signal wird oft in der Gegenstation mit einer Schutzanregung z.B. PUTT verknüpft.
 - Mit einem zusätzlichen Übertragungskanal kann die AWE in der Gegenstation blockiert oder eine Direktauslösung ausgeführt werden.
 - Häufig wird eine Mitnahme der Leistungsschalter der anderen Transformatorseiten realisiert.
 - Falls Schutzauslösungen auf beide Ausspulen des Leistungsschalters wirken, so kann ggf. auf die erste SVS-Stufe verzichtet werden.



20. Anhang normative Verweise

20.1 Gesetzgebung eidgenössische Ebene

<http://www.admin.ch>
<http://www.elcom.admin.ch>
<http://www.esti.admin.ch>

Verweise Bundesgesetze
Elektrizitätsgesetz, SR 734.0 (EleG vom 24.06.1902, Stand 01.01.2020)
Starkstromverordnung, SR 734.2 (vom 30.03.1994, Stand 01.06.2019)
Stromversorgungsgesetz, SR 734.7 (StromVG vom 23.03.2007, Stand 1.06.2019)
Niederspannungsinstallationsverordnung, SR 734.27 (NIV vom 07.11.2001, Stand 01.06.2019)
Stromversorgungsverordnung, SR 734.71 (StromVV vom 14.03.2008, Stand 1.01.2020)
Verweise eidgenössische Elektrizitätskommission EICom (Aufsichtsorgan Stromversorgung)
Verweise eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI (Aufsichtsorgan Elektrische Sicherheit)

20.2 Branchendokumente VSE

<http://www.strom.ch>

VSE/AES, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen Branchenempfehlung « Distribution Code Schweiz ». Technische Bestimmungen zu Anschluss, Betrieb und Nutzung des Verteilnetzes, Ausgabe 2014
VSE/AES, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen Handbuch « Betrieb der automatischen Wiedereinschaltung in Verteilnetzen (NE3 und 5) », Ausgabe 2020
VSE/AES, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen Branchenempfehlung « Technische Anforderungen an die automatische Frequenzentlastung unter Berücksichtigung veränderter Vorgaben (UFLS) »
Swissgrid Branchenempfehlung « Transmission Code (CH) 2019 »

20.3 IEC und EN Normen

<https://www.iec.ch/>

alle gültigen Cenelec-Normen alle in der Schweiz eingeführten IEC-Normen

