

Leitfaden für die Inbetriebnahme und den Betrieb von digitalen Netzschutzsystemen

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung der Sprachformen männlich, weiblich und divers (m/w/d) verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichermaßen für alle Geschlechter.

Dieser Leitfaden wurde von Schutztechnikexperten von ÖSTERREICHS ENERGIE Arbeitskreis Schutztechnik, FNN-Expertennetzwerk Netzschutz und dem VSE Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen erstellt und wird gemeinschaftlich herausgegeben.

Impressum

Österreichs E-Wirtschaft

Brahmsplatz 3, 1040 Wien

Telefon: +43 (0) 1 50198 0

Fax: +43 (0) 1 50198 900

E-Mail: info@oesterreichsenergie.at

Internet: <http://www.oesterreichsenergie.at>

Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN)

Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

Telefon: +49 (0) 30 3838687 0

Fax: +49 (0) 30 3838687 7

E-Mail: fnn@vde.com

Internet: <http://www.vde.com/fnn>

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Hintere Bahnhofstrasse 10, 5001 Aarau

Telefon: +41 (0) 62 825 25 25

Fax: +41 (0) 62 825 25 26

E-Mail: info@strom.ch

Internet: <http://www.strom.ch>

Juni 2022

Diese Publikation ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte vorbehalten.

© Wien, 2022

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	7
1 Allgemeines	8
2 Einteilung der Prüfungen und Begriffe	10
2.1 Prüfungen durch den Hersteller	11
2.2 Prüfungen durch den Anlagenbetreiber für das Inverkehrbringen von Schutzsystemen	11
2.2.1 Akzeptanzprüfung	11
2.2.2 Inbetriebsetzung	12
2.3 Instandhaltungsmaßnahmen	12
2.3.1 Inspektion	14
2.3.1.1 Begehung und Sichtprüfung (zyklische Anlagenkontrolle)	14
2.3.1.2 Online-Überwachung.....	15
2.3.1.3 Funktionskontrolle	16
2.3.1.4 Zustandsermittlung (zyklische Schutzprüfung).....	17
2.3.2 Wartung.....	18
2.3.3 Revision.....	19
2.3.4 Instandsetzung	19
2.3.5 Verbesserung	19
2.3.5.1 Einspielen einer neuen Gerätefirmware	20
2.3.5.2 Änderung der Konfiguration	21
2.3.5.3 Laden eines neuen Parametersatzes auf Basis einer geprüften Firmware- und Applikationsvorlagenversion.....	21
2.3.5.4 Änderung von Einzelparametern.....	21
3 Ermitteln der Einstellparameter und Prüfvorlagen	22
3.1 Netzdaten	22
3.2 Berechnung der Einstellparameter	22
3.3 Erstellen der Parameterfiles	23
3.4 Erstellen der Prüfvorlagen	23
3.5 Durchführung der Prüfung	23

4	Qualitätsmanagement	24
5	Prüfzyklus	26
5.1	Kriterien zur Bemessung der Prüfzyklen	27
5.1.1	Kriterien für eine Verkürzung der Prüfzyklen	27
5.1.2	Kriterien für eine Verlängerung der Prüfzyklen	27
5.2	Einfluss der Funktionskontrolle auf den Prüfzyklus	28
5.3	Beispiele für die Anwendung der Prüfzyklen	29
6	Blick in die Zukunft	32
6.1	Virtualisierung (digitales Geräteabbild)	32
6.2	Validierung der Schutzauslegung unter zukünftigen Netzbedingungen ..	32
6.3	Automatische Fernüberwachung des Geräte- und Datenzustands	33
6.4	Automatische Qualitätskontrolle bei Netzstörungen	33
7	Prüfschritte	34
7.1	Allgemeine Prüfschritte	34
7.2	Prüfung Stromwandler	36
7.3	Prüfung Spannungswandler	38
7.4	Prüfschritte Schutzeinrichtung	40
7.5	Prüfung Auslöse- und Steuerkreise	44
7.6	Prüfung der Mess-, Melde- und Steuerkreise, Schnittstellen, Netzwerktopologie und Fernwartung	45
7.7	Abschlussarbeiten	46

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Begriffe	10
Abbildung 2: Blockschaltbild einer digitalen Schutzeinrichtung	28
Abbildung 3: Fixer Prüfzyklus bei Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz – Schutzobjekt bei Prüfung ausgeschaltet.....	30
Abbildung 4: Variabler Prüfzyklus bei Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz – Schutzobjekt bei Prüfung ausgeschaltet.....	30
Abbildung 5: Variabler Prüfzyklus bei Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz – Schutzobjekt bei Prüfung eingeschaltet.....	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Bandbreiten für Prüfzyklen	26
Tabelle 2:	Allgemeine Prüfschritte	35
Tabelle 3:	Prüfung Stromwandler	37
Tabelle 4:	Prüfung Spannungswandler	39
Tabelle 5:	Prüfschritte Schutzeinrichtung	43
Tabelle 6:	Prüfung Auslöse- und Steuerkreise	44
Tabelle 7:	Prüfung Schnittstellen, Netzwerktopologie und Fernwartung	45
Tabelle 8:	Abschlussarbeiten	47

1 Allgemeines

Der Leitfaden wurde aus den Erfahrungen von Schutztechnik Experten aus Österreich, Deutschland und der Schweiz erstellt und soll eine Hilfestellung für die Inbetriebnahme und den Betrieb von digitalen Schutzsystemen geben.

Dieses Dokument findet ausschließlich Anwendung bei Einsatz von digitalen Schutzeinrichtungen mit Überwachung von Hard- und Software¹. Ebenso sind Anlagen mit Prozessbustechnik gesondert zu betrachten.

In diesem Leitfaden sind Bandbreiten für Prüfzyklen und ein empfohlener Prüfumfang für digitale Schutzsysteme angeführt, die für die korrekte Funktion des Schutzsystems über die gesamte Einsatzdauer relevant sind. Sonstige Anlagenprüfungen wie Steuerung, Verriegelungen usw. werden in diesem Leitfaden nicht behandelt, erfordern aber trotzdem entsprechende Prüfungen.

Es gibt bezüglich Prüfumfang keine rechtlich verbindlichen und anwendbaren Vorschriften. Jedes Unternehmen kann dies, abhängig von verschiedenen Kriterien (z.B. Erfahrungen, Altersstruktur der Geräte, netztechnische Bedeutung usw.), entsprechend anpassen.

Für die Inbetriebnahme und die Überprüfung von Schutzsystemen ist ein entsprechend qualifiziertes und erfahrenes Personal von äußerster Bedeutung, da an die Zuverlässigkeit der Schutzsysteme sehr hohe Anforderungen gestellt werden.

Abgrenzung:

Folgende Themenbereiche werden unter anderem in diesem Leitfaden nicht behandelt:

- Abnahmeprüfung der Schutzschränke
- Engineering der Primärtechnik (Wandlerauslegung usw.)
- Überprüfung von Automatisierungs- und Steuerfunktionen
- Monitoring Primäranlage (Thermographie, Teilentladung, usw.)

¹ Der Begriff Hard- und Software Überwachung wird häufig unter dem Begriff „Selbstüberwachung“ zusammengefasst. In diesem Leitfaden wird der detailliertere Begriff der Hard- und Software Überwachung verwendet (siehe 2.3.1.2).

Dieser Leitfaden ist auch eine Ergänzung bzw. Konkretisierung zu folgenden Dokumenten:

- FNN Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen – Ausgabe 2009 mit Anhang Schweiz Ausgabe 2011
- Handbuch Schutzleitfaden Schweiz (SLF-CH) – Ausgabe 2020
- FNN-Hinweis: Anforderungen an digitale Schutzeinrichtungen – Ausgabe Januar 2015

Speziell die in diesen Dokumenten angeführten Prüfzyklen, für digitale Schutzeinrichtungen mit Überwachung von Hard- und Software, wurden entsprechend den aktuellen Erfahrungen der Schutztechnik-Experten angepasst.

2 Einteilung der Prüfungen und Begriffe

Die in diesem Kapitel angeführten Begriffe sind teilweise Begriffe aus der Normung, wobei auch in der Schutztechnik gebräuchliche Bezeichnungen verwendet werden. Die Begriffe können in den einzelnen Unternehmen differieren.

Bei den Prüfungen wird nach Herstellertest und individuellen Tests, die durch den Anlagenbetreiber bzw. in dessen Auftrag ausgeführt werden, unterschieden.

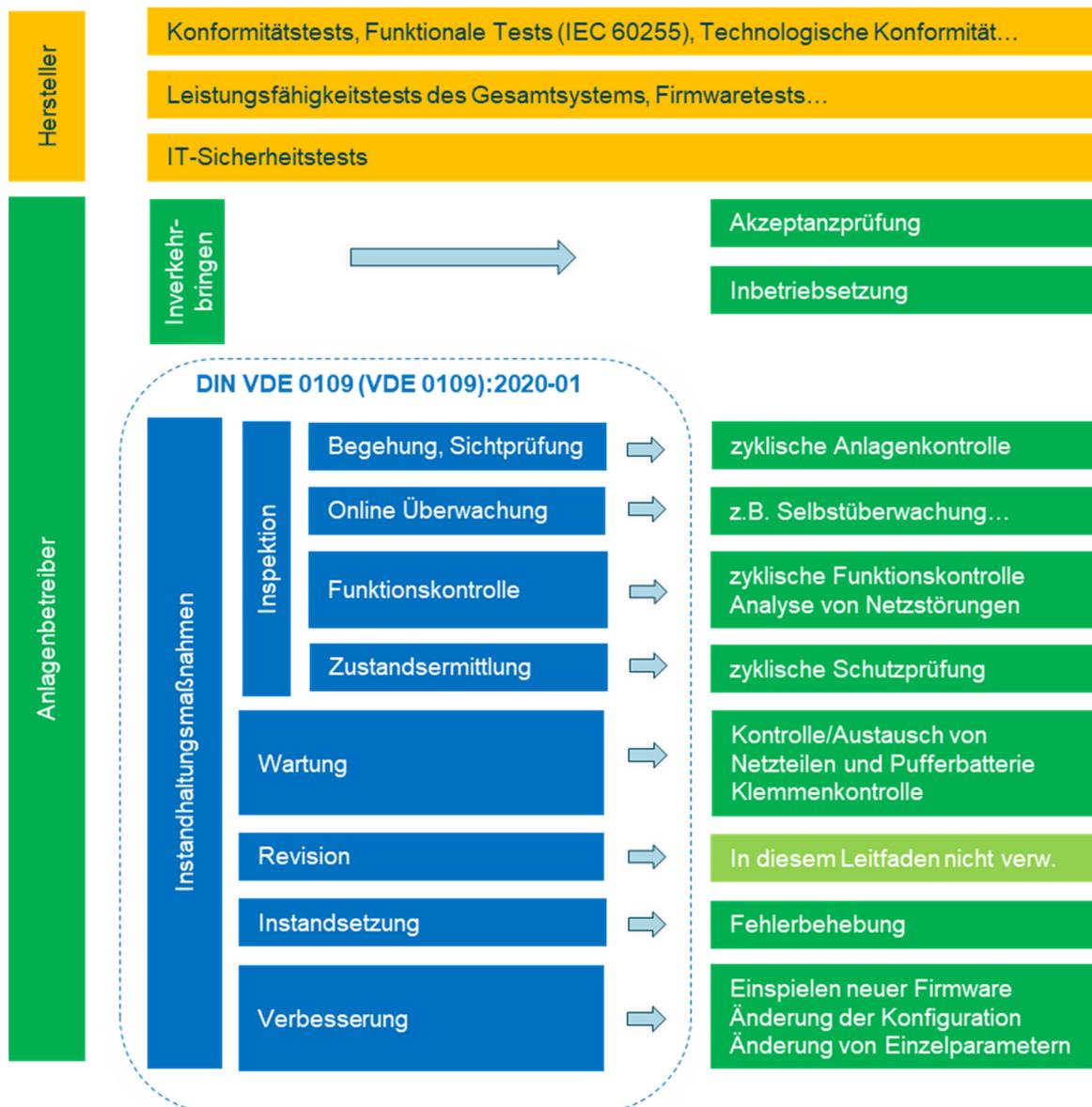


Abbildung 1: Darstellung der Begriffe

2.1 Prüfungen durch den Hersteller

Beim Hersteller von Schutzeinrichtungen werden unter anderem folgende Tests (Typ Tests) durchgeführt:

- Konformitätstests
 - Funktionale Tests entsprechend der IEC 60255 Normen
 - Technologische Konformität: Hardwarequalität (Isolation, Klima, EMV...)
- Leistungsfähigkeitstests des Gesamtsystems
 - Firmwaretest: Prüfung aller Funktionen gegen die Spezifikation und Prüfung der Systemstabilität unter Extrembedingungen (alle Funktionen aktiviert)
 - Test unter realistischen Betriebsbedingungen mit einem parametrisierten Schutz, reale oder theoretische Beispielanwendung, Test mit realen und simulierten Störfällen
- IT-Sicherheitstest

Auf den genauen Umfang der Herstellertests wird in diesem Leitfaden nicht detaillierter eingegangen.

2.2 Prüfungen durch den Anlagenbetreiber für das Inverkehrbringen von Schutzsystemen

Durch den Anlagenbetreiber, bzw. in dessen Auftrag sind unter anderem folgende Prüfungen für das Inverkehrbringen von Schutzsystemen durchzuführen:

2.2.1 Akzeptanzprüfung

Die Akzeptanzprüfung dient hauptsächlich zur Überprüfung der Eignung der Schutz-einrichtungen für die verschiedenen Anwendungsfälle beim Anlagenbetreiber. Die Akzeptanzprüfung wird unter anderem für folgende Aufgabenstellungen angewendet:

- Produkt und Geräteauswahl
- Freigabepfung für die verschiedenen Anwendungen
- Prüfen neuer Firmwareversionen
- Prüfen von Gerätekonfigurationen für verschiedene Anwendungsfälle (Applikationsvorlage)
- IT-Sicherheitstest

Der Akzeptanzprüfung für Applikationsvorlagen kommt eine wesentliche Bedeutung für digitale Schutz-einrichtungen zu. Diese Prüfung umfasst alle aktivierten Schutzfunktionen, Rangierungen sowie anwenderdefinierten Logikfunktionen je Anwendungsfall und die für das Schutzsystem erforderliche leittechnische Kommunikation (Steuerung, Meldung, Messung). Bei Firmwareupdates sind die Applikationsvorlagen erneut auf ihre funktionale Eignung hin zu überprüfen.

Nach der Freigabe einer Applikationsvorlage ist davon auszugehen, dass die konzeptgemäße Funktion der Schutzeinrichtung gegeben ist.

Akzeptanzprüfungen werden meist in Prüflabors durchgeführt, sie können aber auch komplett bzw. teilweise auf der Anlage (z.B. im Zuge der Prüfungen der jeweils ersten Abzweigvorlage) erfolgen. Erfolgt die Akzeptanzprüfung bei in Betrieb befindlichen Anlagen, ist auf eine mögliche Wechselwirkung bei den in Betrieb befindlichen Anlagenteilen zu achten.

2.2.2 Inbetriebsetzung

Vor der Inbetriebnahme eines Schutzsystems sind entsprechende Inbetriebsetzungsprüfungen durchzuführen. Diese sind bei Neuanlagen bzw. bei Umbau oder Austausch von Primär- oder Sekundärtechnikkomponenten, die das Schutzsystem betreffen, zu verrichten.

Die Prüfungen dienen zur Sicherstellung der korrekten Funktion aller Komponenten eines Schutzsystems. Zu einem Schutzsystem im Sinne dieses Leitfadens gehören:

- Schutzeinrichtungen
- Externe Schutzfunktionen (z.B. Buchholz-, Temperaturlösung)
- Strom- und Spannungswandler
- Leistungsschalter
- Hilfsspannungsversorgung
- Auslöse-, Steuer- und Meldekreise
- Schutzkommunikation
- Leittechnische Kommunikation
- Fernwartung

Der Umfang einer Inbetriebsetzungsprüfung ist in den Tabellen im Punkt 7 dargestellt.

Es wird empfohlen, die Inbetriebsetzung in Form von Checklisten abzuarbeiten.

2.3 Instandhaltungsmaßnahmen

Die internationale Norm für Instandhaltungsmaßnahmen ist die IEC TS 63060:2019. In diesem Leitfaden wird die deutsche Übersetzung DIN VDE 0109 (VDE 0109):2020-01² verwendet. Gemäß dieser Norm Anhang A wird zwischen verschiedenen Instandhaltungsstrategien unterschieden:

² DIN VDE 0109 (VDE 109):2020-01 Elektrische Energieversorgungsnetze – Allgemeine Aspekte und Verfahren der Instandhaltung von Anlagen und Betriebsmitteln (IEC TS 63060:2019)

- Ereignisorientierte Instandhaltung
 - nach Fehlfunktion
 - nach Ausfall
- Vorbeugende Instandhaltung
 - zustandsorientierte Instandhaltung
 - **zeitorientierte Instandhaltung**
 - Instandhaltung nach außergewöhnlichem Betriebszustand
- Zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung
- Risikoorientierte Instandhaltung

Periodische bzw. zeitorientierte Instandhaltung

Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.4.2:

Instandhaltung, die nach einem festgelegten Zeitplan durchgeführt wird.

Erläuterung gemäß DIN VDE 0109 Anhang A.3.3:

Die zeitorientierte Instandhaltung ist dadurch charakterisiert, dass die Instandhaltungsmaßnahmen nach regelmäßigen Zeitintervallen unabhängig vom Zustand der Komponenten durchgeführt werden. Der Umfang der Instandhaltungsmaßnahmen ist dabei im Voraus vereinbart. Zum Beispiel werden auf der Grundlage der Betriebserfahrungen und gesetzlichen Regelungen die Instandhaltungszyklen so gewählt, dass die Funktionsfähigkeit der Betriebsmittel nicht gefährdet ist.

*Die zeitorientierte Instandhaltung wird unabhängig von der Spannungsebene in den Bereichen eingesetzt, in denen eine **hohe Anforderung an die Zuverlässigkeit** oder die Sicherheit eines Betriebsmittels gefordert wird und im Betrieb ein Verschleiß von Betriebsmittelkomponenten zu erwarten ist.*

Für den Betrieb von digitalen Schutzsystemen ist wegen der hohen Anforderungen an eine verlässliche Funktion die **zeitorientierte Instandhaltung** am zweckmäßigsten anzuwenden.

Gemäß DIN VDE 0109 kann die Instandhaltung in folgenden Maßnahmen unterteilt werden:

- Inspektion
- Wartung
- Revision
- Instandsetzung
- Verbesserung

Grundsätzliche Rahmenbedingungen, die bei der Erstellung des Leitfadens zugrunde gelegt wurden:

- Die im Leitfaden angeführten Instandhaltungsmaßnahmen und Prüfzyklen wurden nicht unter dem Aspekt der Beibehaltung oder Verbesserung der Qualifikation des Personals erstellt. Die Steigerung der Mitarbeiterqualifikation soll im Rahmen von Schulungs- oder Trainingsmaßnahmen erfolgen.
- Die Instandhaltungsprüfungen wurden nicht unter dem Aspekt erstellt, Fehler aus der Inbetriebsetzung zu finden. Dies muss durch entsprechende Qualitätssicherungsmaßnahmen gewährleistet werden.
- Die zyklischen periodischen Prüfungen durch den Anlagenbetreiber sind nicht darauf ausgerichtet, logische Fehler in der Schutzkonzeption (Applikationsvorlagen) aufzudecken. Sie dienen dazu, ein eventuelles Versagen von technischen Komponenten (z.B. Ein- und Ausgänge, Messwertgenerierung, Meldungweiterleitung, usw.) zu erkennen.

Nachfolgend werden die einzelnen Instandhaltungsmaßnahmen beschrieben und in Bezug auf die Schutzsysteme erklärt.

2.3.1 Inspektion

*Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.1:
Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes eines IH-Objektes³ einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und des Ableitens der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung*

Die Inspektion kann gemäß DIN VDE 0109 Punkt 5.4 durch folgende Maßnahmen erfolgen:

- Begehung
- Sichtprüfung
- Online-Überwachung
- Funktionskontrolle
- Zustandsermittlung

2.3.1.1 Begehung und Sichtprüfung (zyklische Anlagenkontrolle)

*Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.1.1:
Begehung: Tätigkeiten, die durch reine visuelle Beobachtung mit dem Ziel durchgeführt werden, den erkennbaren Zustand des IH-Objekts von außen zu überprüfen*

³ IH-Objekt: Abkürzung für Instandhaltungs-Objekt

Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.1.2:

Sichtprüfung: Aktivitäten, die durch Beobachtung mit den menschlichen Sinnen und durch die Aufzeichnung einfacher Zustandsgrößen durchgeführt werden

Diese beiden Begriffe werden in diesem Leitfaden zusammengefasst und als zyklische Anlagenkontrolle bezeichnet.

Ziel der Maßnahme:

Erfassung von Auffälligkeiten, die unter Umständen durch die Fernüberwachung nicht erkannt werden. Das sind z.B. Brandspuren, Geruchsspuren, LED-Betriebsbereitschaft, Displayfehler bzw. -ausfälle

Wie soll das Ziel erreicht werden:

Visuelle Kontrolle der Schutzeinrichtung durch das Betriebspersonal in periodischen Abständen (z.B. 1 x jährlich).

Womit soll das Ziel erreicht werden:

Durch das Betriebspersonal ohne Zuhilfenahme spezieller Prüfeinrichtungen.

Der Prüfumfang ist in den Tabellen im Punkt 7 angeführt und kann auch ohne Zuhilfenahme von Hilfsmitteln erfolgen.

2.3.1.2 Online-Überwachung

Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.1.3:

kontinuierliche oder periodische Erkennung unter Betriebsbedingungen, um zu überprüfen, ob die Parameter eines IH-Objekts innerhalb der Zustandsgrenzen liegen

Im Sinne dieses Leitfadens kann die Online-Überwachung nachfolgende Bereiche umfassen:

- Hardware-Überwachung der Schutzeinrichtung
- Software-Überwachung (Watchdog) der Schutzeinrichtung
- Überwachung externer Wandlerkreise
- Überwachung der Auslösekreise
- Überwachung von Kommunikationsverbindungen

Ziel der Maßnahme:

Auffinden von Fehlerzuständen im Schutzsystem.

Wie und womit soll das Ziel erreicht werden:

Automatisiert ablaufende Überwachungsroutinen in den Schutzeinrichtungen oder anderen Komponenten des Schutzsystems.

Die Überwachungsfunktion der Schutzeinrichtungen mit ferngemeldeten Störmeldungen sind für die in diesem Leitfaden getroffenen Aussagen bzw. Festlegungen eine essentielle Voraussetzung. Der Grad der Überwachungsfunktionen ist gerätetechnisch durch den Hersteller vorgegeben und sollte zumindest folgende Bereiche abdecken:

- Hardware-Überwachung: Überwachung der externen und internen Hilfsspannungen, Speicherbausteine (Checksummen), A/D Wandler, Messwerterfassung (Stromsumme, Spannungssumme), Pufferbatterie, Schnittstellen
- Software-Überwachungen: Watchdog, Überwachung der externen Wandlerkreise auf Stromsymmetrie, Spannungssymmetrie, Spannungsdrehfeld, Messspannungsausfall

2.3.1.3 Funktionskontrolle

*Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.1.4:
dient der Bestätigung, dass ein IH-Objekt imstande ist, die geforderte Funktion zu erfüllen*

In diesem Leitfaden wird damit die zyklische Funktionskontrolle bezeichnet.

Ziel der Maßnahme:

Bei der Funktionskontrolle wird die prinzipielle Funktion des Schutzsystems überprüft.

Wie soll das Ziel erreicht werden:

Die Funktionskontrolle beinhaltet mindestens die Überprüfung der Messwerte der Schutzeinrichtung sowie die scharfe Prüfung der Auslösekreise. Die Überprüfung der Messwerte und der Auslösekreise kann zeitlich getrennt durchgeführt werden, sollen jedoch nicht länger als ½ Jahr auseinanderliegen und sind zusammen zu dokumentieren.

Zusätzlich ist auch eine Überprüfung der Gerätestörmeldung sinnvoll. Bei dauerhafter Übertragung von Messwerten zur Leitstelle kann darauf verzichtet werden, wenn im Netzleitsystem erkannt wird, dass die Messwerte nicht mehr aktuell übertragen werden.

Womit soll das Ziel erreicht werden:

Die Funktionskontrolle soll auch durch das Betriebspersonal ohne Zuhilfenahme spezieller Prüfeinrichtungen möglich sein.

Auch die Auswertung einer Netzstörung, bei der eine korrekte Schutzabschaltung bzw. AWE aufgetreten ist, kann als erfolgreiche Funktionskontrolle gewertet werden.

Bei Kombigeräten kann die Überprüfung der Auslösekreise auch durch Erfassung von betrieblichen Schaltvorgängen des Leistungsschalters erfolgen, wenn für die Steuerkreise und Schutzfunktionen die gleichen Ausgangskontakte verwendet werden.

Einzelne Prüfschritte der Funktionskontrolle können auch über die Fernwartung aktiviert werden (z.B. Messwertkontrolle).

Der Prüfumfang für die Funktionskontrolle ist in den Tabellen im Punkt 7 angeführt.

2.3.1.4 Zustandsermittlung (zyklische Schutzprüfung)

Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.1.5:

Tätigkeiten, die mit definierten Messungen, die eine Routinemessung oder eine spezifische Prüfung sein können, durchgeführt werden, um den tatsächlichen Zustand des betrachteten Betriebsmittels zu beurteilen

In diesem Leitfaden wird damit die zyklische Schutzprüfung bezeichnet.

Die zyklische Schutzprüfung wird der Instandhaltungsmaßnahme Inspektion zugeordnet. D.h. im Zuge der zyklischen Schutzprüfung erfolgt keine Veränderung am Schutzsystem (Firmware, Parametrierung und Verdrahtung beim Schutzsystem bleiben unverändert).

Wenn in der Anlage auch übergeordnete Schutzfunktionen realisiert sind (z.B. SS-Schutz, Schalterversagerschutz, anlagenübergreifende Schutzfunktionen), müssen Maßnahmen zur Verhinderung von Fehlfunktionen getroffen werden.

Die zyklische Schutzprüfung kann auch bei in Betrieb befindlichem Schutzobjekt durchgeführt werden, wenn ein ausreichendes Reserveschutzkonzept vorhanden ist. Es empfiehlt sich, vorab eine Risikobewertung vorzunehmen. Zusätzliche Vorkehrungen (z.B. Prüfschalter oder Prüfstecksysteme) erleichtern dabei die Prüfung.

Bei dieser Methode der Schutzprüfung muss darauf geachtet werden, dass die ordnungsgemäße Funktion aller nicht unmittelbar prüfbarer Funktionalitäten (wie z.B. Leistungsschalter Auskreise) durch eine äquivalente Methode sichergestellt ist. Dies kann z.B. im Zuge der nächsten Abzweigrevision, bei der das Schutzobjekt ohnehin abgeschaltet wird, durch eine Funktionsprüfung erfolgen.

Ziel der Maßnahme:

Bei der zyklischen Schutzprüfung wird der Istzustand des Schutzsystems festgestellt und beurteilt (z.B. Messgenauigkeit, Schutzfunktion, Mess-, Steuer-, Auslösekreise, ...). Damit soll sichergestellt werden, dass das gesamte Schutzsystem weiterhin korrekt funktioniert.

Wie soll das Ziel erreicht werden:

Vorgabe von Referenzgrößen und Überprüfung der Funktionen.

Womit soll das Ziel erreicht werden:

Durch Verwendung entsprechender Schutzprüfeinrichtungen und Einsatz von qualifiziertem Personal.

Da im Normalfall für die Prüfung keine Veränderungen am Schutzsystem vorgenommen werden, und auch kein konzeptioneller Fehler angenommen werden muss, genügt ein reduzierter Prüfumfang, der in den Tabellen im Punkt 7 angeführt ist.

Sind zum Zwecke der Prüfung trotzdem Veränderungen an der Anlage vorzunehmen (z.B. Ausklemmen eines Drahtes), müssen diese Veränderungen nach Abschluss der Prüfung

wieder rückgängig gemacht werden und mit geeigneten Prüfmitteln verifiziert bzw. dokumentiert werden.

2.3.2 Wartung

Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.2:

regelmäßige und wiederholte einfache Instandhaltungstätigkeiten

Bei Schutzeinrichtungen ist unter dem Begriff Wartung der Tausch von Elektronikbauteilen bei Netzteilen von Pufferbatterien oder von Gerätedisplays zu verstehen. Auch die Kontrolle von Klemmenverbindungen kann dem Begriff Wartung zugeordnet werden.

Kontrolle der Netzteile:

Die Prüfung erfolgt durch Unterbrechung der Geräte-Versorgungsspannung. Je nach Betriebserfahrung kann bei bestimmten Gerätetypen ein vorsorglicher Tausch der Elektronikbauteile oder des Netzteiles sinnvoll sein.

Bei dieser Prüfung wird festgestellt, ob die Schutzeinrichtung nach Aus- und Einschalten der Versorgungsspannung wieder ordnungsgemäß hochläuft.

Kontrolle der Pufferbatterie:

Ein Ausfall der Pufferbatterie darf grundsätzlich keinen Einfluss auf die korrekte Funktion der Schutzfunktionen haben. Sollte dies jedoch bei gewissen Typen von Schutz-einrichtungen der Fall sein, muss die Priorität des Batterietausches viel höher angesetzt werden als hier beschrieben.

Der Zyklus für den Tausch der Pufferbatterie richtet sich nach den Angaben der Hersteller. Wenn der nächste geplante Tausch innerhalb des Zeitraumes vor der nächsten zyklischen Schutzprüfung fällt, dann soll ein vorgezogener Tausch durchgeführt werden.

Ein Ausfall der Pufferbatterie wird meist auch in der Schutzeinrichtung überwacht und es kann eine Meldung abgesetzt werden. Wenn keine Batteriestörmeldung vorliegt, wird die Kontrolle der Pufferbatterie in der nachfolgend beschriebenen Reihenfolge durchgeführt.

1. Parametervergleich
2. Abschalten der Schutzeinrichtung
3. Einschalten nach entsprechender Wartezeit (z.B. 60 s)
4. Parametervergleich
5. Kontrolle, ob Daten verlorengegangen sind (Meldepuffer, Störschriebe, ...)
→ ist dies der Fall, ist die Pufferbatterie zu tauschen

In den Tabellen im Punkt 7 sind die Wartungsarbeiten nicht in einer eigenen Spalte dargestellt, sondern in den Spalten bei der Inspektion bzw. Verbesserung/Veränderung inkludiert.

2.3.3 Revision

*Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.3:
umfassende Anzahl von präventiven Instandhaltungsmaßnahmen zur Erhaltung
des geforderten Grades der Funktion einer Einheit*

Dieser Begriff ist für den Betrieb von digitalen Schutzsystemen nicht relevant und wird daher in diesem Leitfaden nicht verwendet.

2.3.4 Instandsetzung

*Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.4:
direkte Maßnahme mit dem Ziel der Wiederherstellung*

Anwendung der Maßnahmen auf die Schutzsysteme:

Bei der Instandsetzung handelt es sich meist um anlassbezogene Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes nach einer Störung im Schutzsystem. Erfolgt im Zuge der Störungsbehebung ein Austausch der Schutzeinrichtung bzw. von Baugruppen, sind die Prüfschritte der Spalte „Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung“ der in Punkt 7 angeführten Tabellen durchzuführen.

Anlassbezogene Prüfungen können auch nach Einspielen von sicherheitsrelevanten Firmwareupdates, Behebung von Fehlern in der Parametrierung, oder nach Änderungen im Schutzsystem erforderlich sein.

2.3.5 Verbesserung

*Definition gemäß DIN VDE 0109 Punkt 3.6.5:
Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements zur Steigerung der Zuverlässigkeit und/oder Instandhaltbarkeit und/oder Sicherheit eines IH-Objektes, ohne seine ursprüngliche Funktion zu ändern*

Für Schutzeinrichtungen können unter anderem folgende Tätigkeiten dieser Maßnahme zugeordnet werden:

- Einspielen einer neuen Gerätefirmware
- Änderung der Konfiguration
- Laden eines neuen Parametersatzes auf Basis einer geprüften Firmware- und Applikationsvorlage
- Änderung von Einzelparametern

2.3.5.1 Einspielen einer neuen Gerätefirmware

In diesem Leitfaden wird nur der schutztechnisch relevante Teil der Firmware für die Schutzanwendung behandelt.

Es ist nicht zwingend erforderlich, immer die aktuelle Firmware des Herstellers zu verwenden. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- Funktionell bzw. IT-sicherheitstechnisch kritische Updates sind durch den Hersteller zu kommunizieren. Solange diesbezüglich keine Information vom Hersteller oder von anderen Informationsquellen (z.B. CERT in Österreich) kommuniziert werden, ist davon auszugehen, dass die aktuell eingesetzte Firmwareversion beibehalten werden kann.
- Vom Hersteller ist eine Änderungshistorie zu liefern (Revisionsliste). Anhand dieser Liste soll bewertet werden, ob es bei der derzeit verwendeten Firmwareversion Funktionseinschränkungen gibt, die für den Anwendungsfall relevant sind.
- Die Entscheidung über ein Firmwareupdate ist unter anderem von der Art der Funktionseinschränkung (Unterfunktion oder Überfunktion) und vom Reserveschutzkonzept abhängig.
- Entsprechend der Informationssicherheitsanforderungen muss jede Maßnahme (= FW-Änderung) bewertet und daraus abgeleitet werden, ob/welche Maßnahmen gesetzt werden müssen. Zeitunkritische Updates (keine sicherheitsrelevanten Updates) können im Zuge einer zyklischen Schutzprüfung durchgeführt werden.
- Jede neue Firmware muss durch eine Akzeptanzprüfung (siehe Punkt 2.2.1) evaluiert werden.

Besonderheiten bei Netzschutzeinrichtungen von dezentralen Erzeugungsanlagen:

Bei dezentralen Erzeugungseinheiten ist die Schutzfunktionalität oft nicht als autarke Schutzeinrichtung realisiert, sondern kombiniert in der vorhandenen Hardware umgesetzt. Ist bei einem Update die Schutzfunktionalität betroffen, muss dies der Hersteller detailliert beschreiben (Changelog). In Ländern mit Zertifizierungsverfahren wird dies über akkreditierte Zertifizierungsstellen überwacht. Eine generelle Akzeptanzprüfung (siehe Punkt 2.2.1) findet auf Seiten der Anwender nicht statt. Bei einem Update der Schutzfunktionalitäten wird eine erneute Schutzprüfung notwendig. Bei anderen Updates der Firmware wird dringend empfohlen, die Schutzparameter sowie die korrespondierenden Parameter für das Fault Ride-Through-Verhalten (FRT) nach jedem Update zu überprüfen, da hier nicht ausgeschlossen werden kann, dass diese durch das Update auf einen Werkszustand zurückgesetzt werden.

2.3.5.2 Änderung der Konfiguration

Dieser Punkt trifft zu, wenn Änderungen im Funktionsumfang, der Rangierung, der Prozessankopplung, der anwenderdefinierten Logikfunktionen usw. gemacht werden. Im Grunde wird dabei eine neue Applikationsvorlage erstellt, bei welchem prinzipiell eine Akzeptanzprüfung gemäß Punkt 2.2.1 durchzuführen ist. Basiert die neue Konfiguration jedoch auf einer bereits geprüften Applikationsvorlage kann gegebenenfalls der Prüfumfang auf die betroffenen Funktionen reduziert werden (z.B. Änderung in der Rangierung von Ein- und Ausgängen).

2.3.5.3 Laden eines neuen Parametersatzes auf Basis einer geprüften Firmware- und Applikationsvorlagenversion

Dieser Punkt trifft zu, wenn die Akzeptanzprüfung gemäß Punkt 2.2.1 für die betreffende Anwendung bereits erfolgt ist und der Parametersatz auf eine geprüfte Firmware und Applikationsvorlage geladen wird. Dies kann anlassbezogen, oder auch im Zuge der zyklischen Schutzprüfung erfolgen. Der Prüfumfang für diesen Fall ist in den Tabellen im Punkt 7 angeführt.

2.3.5.4 Änderung von Einzelparametern

Das Umstellen von Einzelparametern (vor Ort, oder auch über die Fernwartung), wie Anregeschwelle oder Auslösezeit, ist gegenüber einer Konfigurationsänderung als unkritisch anzusehen. Da es sich um getestete digitale Programmabläufe handelt (Herstellertest oder Applikationsvorlagentest) ist auch eine Parameterumstellung ohne Schutzprüfung möglich.

Die Entscheidung, ob und welche Einzelparameter ohne nachfolgende Prüfung umgestellt werden dürfen, soll vom Betreiber anhand einer Risikoabschätzung evaluiert werden. Diese Beurteilung soll die Bedeutung des Schutzobjektes, das Schutz und Reserveschutzkonzept und auch die Betriebsweise des Betreibers berücksichtigen.

Es ist darauf zu achten, dass bei bestimmten Typen von Schutzeinrichtungen bei Parameteränderungen ein Neustart durchgeführt wird. Während dieser Zeit ist keine Schutzfunktion gegeben und es können spezielle Anlaufzustände (z.B. Livekontakt) durchlaufen werden. Falls die Schutzeinrichtung nicht mehr ordnungsgemäß „hochläuft“, ist der Abzweig abzuschalten oder das Reserveschutzkonzept ist als ausreichend anzusehen, bis die Gerätestörung behoben ist.

Es gibt jedoch Umstellungen, bei denen eine Schutzprüfung durchgeführt werden sollte. Das ist z.B. der Fall bei:

- Änderungen in der Rangierung von binären Ein-/Ausgängen
- Änderungen bei anwenderdefinierten Logikfunktionen
- Änderung an der Konfiguration der Schutzfunktionen

3 Ermitteln der Einstellparameter und Prüfvorlagen

3.1 Netzdaten

Netz- und Leitungsdaten sind in der Regel in entsprechenden Datenbanken oder Systemen gespeichert (z.B. in einem geografischen Informationssystem). Mit diesen gespeicherten Daten erfolgt die Ermittlung der Schutzeinstellparameter.

Die Ermittlung von spezifischen Netz- und Schutzobjektdateien kann auch über diverse Berechnungstools erfolgen. Eingabeparameter dafür sind im Wesentlichen:

- Netz-Topologie und Kurzschlussleistungen
- Schutzobjektdateien
 - Transformator, Generator, Leitungssystem, ...
 - System-Kennwerte, Geometrie, Erdungsverhältnisse, ...

Anmerkung: Teilweise sind die Schutzobjektdateien (z.B. Nullsystemdateien) nicht, oder in nicht ausreichender Qualität verfügbar und es muss auf messtechnisch ermittelte Werte (z.B. Impedanzmessung) zurückgegriffen werden.

3.2 Berechnung der Einstellparameter

Einstellrichtlinien:

In den Unternehmen sollten je Anwendungsbereich spezifische Einstellvorgaben vorliegen. Dies sind u.a.:

- Anreagesicherheit und Anregezuverlässigkeit
- Selektivitätskriterien (z.B. Zeit- und Zonenstaffelabstand)
- Sicherheiten und Reserven (z.B. Lichtbogenreserve, maximale Lastflüsse)
- Verwendung von Zusatzfunktionen (z.B. AWE, Signalvergleich, ...)
- Reserveschutzkonzept

Berechnung der Schutzparameter:

Für die Berechnung der Einstellparameter sollten einheitliche, standardisierte Berechnungsvorschriften verwendet werden. Hierbei bieten automatisierte Methoden einen Vorteil. Die ermittelten Parameterwerte müssen nachvollziehbar sein und sind in geeigneter Form (z.B. Einstellblatt mit primären Schutzobjektdateien) zu dokumentieren.

Für komplexere Netztopologien werden auch spezielle Simulationstools eingesetzt.

3.3 Erstellen der Parameterfiles

Es empfiehlt sich, für die einzelnen Anwendungsbereiche, typgeprüfte Vorlagen (Applikationsvorlagen inkl. anwenderdefinierter Logikfunktion) zu erstellen, auf die zurückgegriffen wird.

Bei der Verwendung einer solchen Applikationsvorlage müssen im Idealfall nur die Schutzparameter (z.B. Anrenewerte, Zonenwerte, Auslösezeiten, ...) angepasst werden.

3.4 Erstellen der Prüfvorlagen

Bei einer softwareunterstützten Prüfung sollte eine entsprechende Prüfvorlage erstellt werden. Dazu gibt es mehrere Möglichkeiten:

- manuelle Eingabe der Prüfpunkte in das Prüfsystem
- automatisiertes Laden der Parameterwerte vom Schutz-Parametriertool in das Prüfsystem durch Importfunktionen.
Dies ist nur dann zulässig, wenn durch einen geeigneten Prüfmechanismus sichergestellt wird, dass die Prüfwerte in der Applikation nach dem Import auch den berechneten Einstellparametern entsprechen.

Bei der Auswahl der Prüfpunkte ist darauf zu achten, dass daraus die ordnungsgemäße Funktion des Schutzsystems abgeleitet werden kann und dass im Anlassfall bei Wiederholungsprüfungen ein Vergleich zum vorherigen Ergebnis möglich ist.

Die Eingabe von Prüfpunkten kann entweder in Primär- oder in Sekundärgrößen erfolgen. Hierbei ist auf eine einheitliche Durchgängigkeit zu achten.

3.5 Durchführung der Prüfung

Für die Durchführung der Prüfung ist ein geeignetes Mess- und Prüfsystem zu verwenden, das nach den Regeln der Technik für den Zweck der Prüfung anerkannt ist. Die gemessenen Ergebnisse sind auf Einhaltung von Toleranzgrenzen zu prüfen, die je nach Anwendungsfall zu definieren sind. Die Prüfung ist nachvollziehbar zu dokumentieren.

4 Qualitätsmanagement

Es empfiehlt sich, ein Qualitätsmanagementsystem für Prüfunterlagen zu implementieren. Ziel dieser Maßnahmen ist es, die Qualität aller durchgeführten Arbeiten, im Zusammenhang der verschiedenen Arten von Prüfungen, sicher zu stellen.

Da sämtliche Tätigkeiten wie Akzeptanz-, Inbetriebsetzungs- und Instandhaltungsprüfungen eng miteinander verzahnt sind bzw. aufeinander aufbauen, sollte das Qualitätsmanagementsystem für sämtliche Prüfunterlagen als bereichsübergreifendes Werkzeug in einem Unternehmen verstanden werden. Entsprechend der Unternehmensorganisation sind die hier handelnden Personen ggf. auch unterschiedlichen Unternehmensbereichen zuzuordnen.

Ein solches System dient der Klarheit der durchzuführenden Arbeiten, dem unternehmensinternen Wissensmanagement und hilft auch bei der rechtssicheren Dokumentation von Prüfungen und deren Ergebnissen.

Der Begriff Prüfunterlagen kann weit gefasst werden. Darunter können sämtliche Daten und Dokumente fallen, die im Rahmen der verschiedenen Prüfungen von Relevanz sind. Dies können z.B. Prüfvorschriften, Prüfvorlagen, Checklisten, Prüfergebnisse und Gerätebeschreibungen sein. Ob z.B. auch Schutzeinstelldaten unter den Begriff Prüfunterlagen fallen, muss im Einzelfall entschieden werden.

Ein Qualitätsmanagementsystem für Prüfunterlagen im Bereich der Sekundärtechnik kann verschiedene funktionale Elemente enthalten. Diese Elemente können folgende Aufgaben erfüllen:

- **Information und Planung:**
Beschreibung des Lebenszyklus der Prüfunterlagen, Vergabe von Rollen für die mit der Prüfung betrauten Personen, Beschreibung der Arbeitsabläufe, in denen Prüfunterlagen erzeugt und/oder gebraucht werden.
- **Organisation und Aufbereitung:**
Formale Beschreibung von Prüfunterlagen, Visualisierung von Prüfunterlagen.
- **Beschreibung und Dokumentation:**
Beschreibung des Prüfzwecks, der Prüfmethode und der Prüfmittel sowie der Prüfungen und Ergebnisse.
- **Auswertung und Archivierung:**
Beschreibung, wie Prüfunterlagen ausgewertet und verifiziert werden, Beschreibung der Vorgehensweise bei der Auswertung von Ergebnissen.
- **Datenhaltung und Nachnutzung:**
Beschreibung, in welcher Form und auf welchem Speicherort Prüfunterlagen abgelegt werden. Prüfunterlagen sollten leicht auffindbar sein und somit für weitere Prüfungen wiederverwendbar gemacht werden.

Ob die einzelnen Elemente vollständig in ein unternehmensinternes Qualitätsmanagementsystem integriert werden hängt im Einzelfall von der Organisation, der Größe des Unternehmens, den internen Arbeitsabläufen und den technischen Gegebenheiten ab. So kann ein solches Qualitätsmanagementsystem bei einem Übertragungsnetzbetreiber anders aussehen als bei einem Betreiber einer dezentralen Erzeugungsanlage. Dabei ist bei den Arbeitsabläufen und der Datenkonsistenz, insbesondere bei der Zusammenarbeit mit externen Dienstleistern, auf eine hohe Qualität zu achten (Vorgaben durch den Auftraggeber, Umfang der Prüfungen, Art der Dokumentation).

Auch das „4-Augen-Prinzip“ ist ein Element zur Qualitätssicherung. Bei der Vergabe von Rollen wird eine zweite Person benannt, welche die Aufgabe hat, bestimmte Vorgänge kritisch zu analysieren, um Abweichungen von den Sollvorgaben zu erkennen.

5 Prüfzyklus

Die periodische Überprüfung von elektrischen Schutzsystemen ist ein unverzichtbarer Bestandteil der Maßnahmen zur Vermeidung bzw. Begrenzung von Anlagenschäden und Versorgungsausfällen. Dieser Leitfaden soll dem verantwortlichen Anlagenbetreiber ein Werkzeug zur Planung der erforderlichen Arbeitsvorgänge geben.

Störungen und Schäden in elektrischen Anlagen sind ebenso wie auftretende Fehlfunktionen von Schutzeinrichtungen in einem hohen Maß durch zufällige Ereignisse bestimmt, so dass auch die Gültigkeit einer Instandhaltungsstrategie nur über große Zeiträume und in einem großen Kollektiv von Anlagen erfassbar sein kann. Naturgemäß weisen die daraus gewonnenen Erkenntnisse ebenfalls einen Streubereich auf. Zudem sollen sich Prüfzyklen von Schutzeinrichtungen in ein ganzheitliches Instandhaltungskonzept des jeweiligen Unternehmens einbinden lassen.

In Tabelle 1 werden deshalb lediglich Bandbreiten für Prüfzyklen genannt, wobei Vorzugswerte fett markiert sind. Bezüglich der konkreten Festlegungen der Prüfzyklen sind in den nachfolgenden Beschreibungen Zusatzkriterien angeführt, welche den Bewegungsspielraum innerhalb der Bandbreite definieren.

Bei den angeführten Bandbreiten wird darauf hingewiesen, dass diese nur dann umgesetzt werden können, wenn nicht länderspezifische Verordnungen oder Regelwerke dagegensprechen.

Zusätzlich sind auch etwaige Vorgaben der Hersteller von Schutzeinrichtungen zu berücksichtigen. Eventuell ist die Durchführung der ersten Schutzprüfung nach der Inbetriebnahme in einem kürzeren Intervall als das Regelintervall (z.B. Prüfung vor Ablauf der Garantiezeit) anzudenken.

Netzebene	Zyklische Anlagenkontrolle	Bandbreiten für Schutzprüfzyklen		
		ohne dazwischenliegender Funktionskontrolle	mit dazwischenliegender Funktionskontrolle	
			Funktionskontrolle	Schutzprüfung
Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz	1 Jahr	4 – 8 Jahre	3 – 4 – 5 Jahre	6 – 8 – 10 Jahre
Netzschutzeinrichtungen im Übertragungsnetz	1 Jahr	3 – 6 Jahre	2 – 3 – 4 Jahre	4 – 6 – 8 Jahre

Tabelle 1: Bandbreiten für Prüfzyklen⁴

⁴ In der Starkstromverordnung 734/2 Art. 17 ff der Schweiz ist für die Schutzprüfung ein Zyklus von 5 Jahren vorgeschrieben. Laut VDE-AR-N 4110 und VDE-AR-N 4120 ist für den NA-Schutz ein Zyklus von 4 Jahren festgelegt.

5.1 Kriterien zur Bemessung der Prüfzyklen

Die gegenseitige Abwägung der nachstehend aufgezählten Kriterien für eine Verlängerung oder Verkürzung der Prüfzyklen innerhalb der Bandbreiten entzieht sich einer Objektivierung bzw. Quantifizierung. Die Gewichtung muss in jedem einzelnen Unternehmen aufgrund der eigenen Betriebserfahrungen und Risikoabschätzungen sowie dem verwendeten Qualitätsmanagement selbst vorgenommen werden. Lange störungsfreie Zeiträume in der Vergangenheit dürfen dabei aber nicht als Indiz für zukünftige Störungsfreiheit gewertet werden. Der Zyklus sollte auf die geplante Einsatzdauer der verwendeten Schutzeinrichtungen sowie auf die Instandhaltungsstrategie der Gesamtanlage angepasst werden.

5.1.1 Kriterien für eine Verkürzung der Prüfzyklen

Nachstehend beispielhaft angeführte Kriterien sprechen für einen Soll-Zyklus am unteren Ende der Bandbreiten. Bei besonderen Umständen (z.B. mehrere der angeführten Kriterien treffen zu) kann sogar ein Zyklus unterhalb der angeführten Bandbreiten notwendig sein.

- Hohe netztechnische Bedeutung des geschützten Anlagenteils mit erheblichen Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit bei Schutzfehlerverhalten
- Gehäuftes Auftreten von Fehlfunktionen bei Komponenten im Schutzsystem (Schutzeinrichtung, LS, Ausfall von Bauteilen, usw.)
- Einsatz von neuen Gerätetypen, bei denen noch keine ausreichende Betriebserfahrung vorliegt
- Ungünstige Umweltbedingungen (Temperatur, Verschmutzung, Salznebel, ...) im Umfeld des Schutzsystems
- Hohe Komplexität des Schutzsystems durch Verwendung von vielen Schutzfunktionen wie LS-Versagerschutz, Leistungsschaltermitnahmen, Signalvergleich usw.
- Große Auswirkungen bei möglichem Versagen des Schutzsystems durch entstehende Schäden (z.B. Aufstellungsort eines Transformators in einem Gebäude bei städtischer Bebauung)
- Schutzsystem oder Komponenten am Ende der Nutzungsdauer

5.1.2 Kriterien für eine Verlängerung der Prüfzyklen

Nachstehend beispielhaft angeführte Kriterien sprechen für einen Prüfzyklus am oberen Ende der Bandbreiten aufgrund der Betriebserfahrungen und des Qualitätsmanagements.

- Keine erheblichen Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit bei Schutzfehlfunktion.
- Reserveschutzkonzept, bei dem die Auswirkungen eines Schutzversagens auf ein vertretbares Ausmaß reduziert wird.
- Gute Betriebserfahrungen mit dem Schutzsystem. Zur Bewertung ist eine Dokumentation und Auswertung des Betriebsverhaltens und der Zuverlässigkeit der einzelnen Komponenten des Schutzsystems erforderlich.

- Einsatz von neueren Generationen von Schutzeinrichtungen die einen hohen Grad an Zuverlässigkeit bei der Selbst- und Fremdüberwachung aufweisen.
- umfassendes Qualitätsmanagement

5.2 Einfluss der Funktionskontrolle auf den Prüfzyklus

Das Augenmerk bei den zyklischen Instandhaltungsmaßnahmen liegt darauf, das eventuelle Versagen von Komponenten eines Schutzsystems zu erkennen.

Mit der Funktionskontrolle werden die Messwertverarbeitung und wichtige Ausgänge des Schutzsystems überprüft und es kann damit die ordnungsgemäße Funktion der wesentlichen Komponenten eines Schutzsystems abgeleitet werden (siehe auch Abschnitt Funktionskontrolle 2.3.1.3).

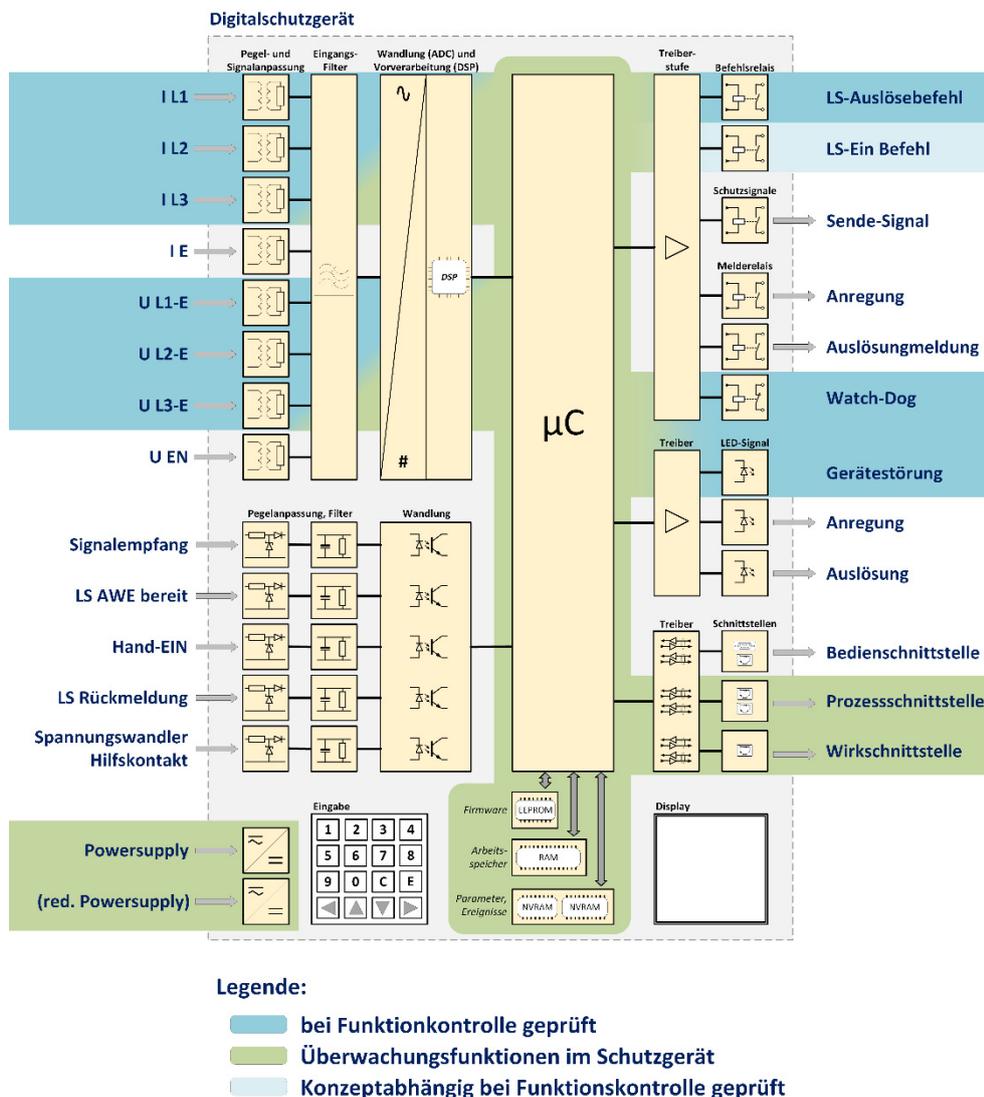


Abbildung 2: Blockschaltbild einer digitalen Schutzeinrichtung

Die Funktionskontrolle ist keine vollständige Prüfung eines Schutzsystems. Wie in der Abbildung 2 als Beispiel dargestellt, werden bei der Funktionskontrolle nicht alle Binäreingänge und Ausgänge überprüft. Es ist daher zu untersuchen, welche Auswirkungen Fehlfunktionen in den nicht überprüften Bereichen haben können. Dies könnte z.B. folgende Funktionen betreffen:

- Signalvergleichsfunktionen
- Schnelle Auslösezeit bei SS-Fehlern (rückwärtige Verriegelung)
- Überfunktion bei Auslösen des Spannungswandler-Schutzschalters
- Einschränkung der AWE –Funktion⁵
- Leistungsschaltermittnahmen

Wichtig ist, dass es bei einer Netzstörung zu einer Schutzauslösung durch die mit der Funktionskontrolle geprüften Schutzeinrichtung kommt. Da das Schutzsystem nicht vollumfänglich geprüft wird, kann nicht ausgeschlossen werden, dass längere Fehlerklärungszeiten auftreten bzw. es zu Unter- oder Überfunktionen kommt. Wenn diese Einschränkungen tolerierbar sind, kann die Bandbreite für den Zyklus der Schutzprüfung entsprechend Tabelle 1 erhöht werden.

5.3 Beispiele für die Anwendung der Prüfzyklen

Nachfolgend sind in drei Beispielen unterschiedliche Strategien angeführt, wie die in der Tabelle 1 angeführten Prüfzyklen angewendet werden können. Die Zeitwerte der dargestellten Badewannenkurve sind beispielhafte Erfahrungswerte mit den ersten Gerätegenerationen digitaler Schutzeinrichtungen.

Beispiel 1

Hier wird ein Beispiel für die Prüfung von Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz bei **ausgeschaltetem** Schutzobjekt mit **fixen Zeitintervallen** dargestellt.

⁵ AWE: Abkürzung für Automatische Wiedereinschaltung

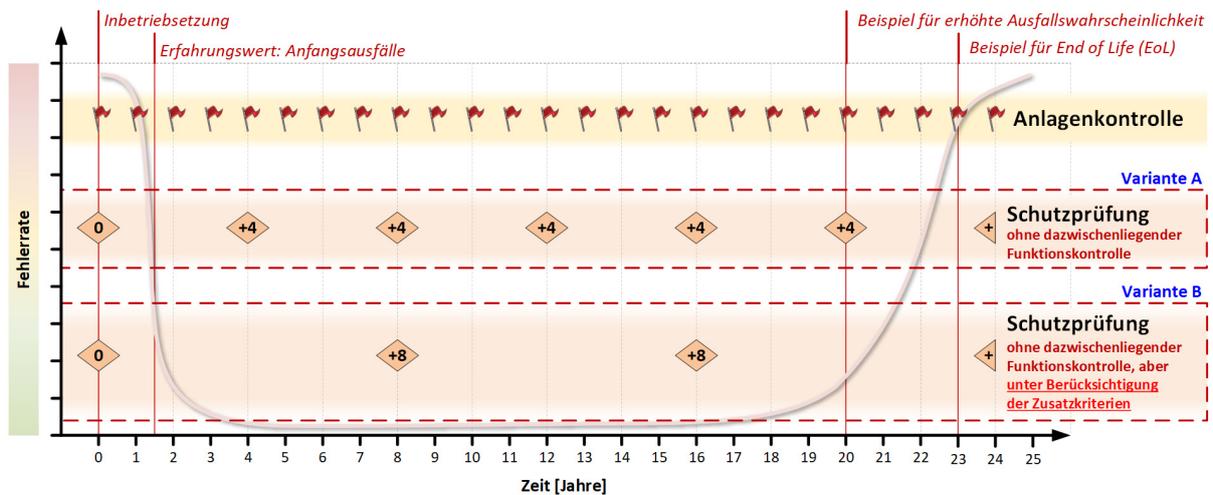


Abbildung 3: Fixer Prüfzyklus bei Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz – Schutzobjekt bei Prüfung ausgeschaltet

Variante A:

Neben der jährlichen Anlagenkontrolle erfolgt die Schutzprüfung in einem Zyklus von 4 Jahren und es werden dazwischenliegend keine Funktionskontrollen gemacht.

Variante B:

Unter Berücksichtigung der im Punkt 5.1.2 angeführten Kriterien wird hier für die Schutzprüfung ein Zyklus von 8 Jahren gewählt, ohne dass dazwischenliegend eine Funktionskontrolle gemacht wird.

Beispiel 2

Es wird ein Beispiel für die Prüfung von Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz bei **ausgeschaltetem** Schutzobjekt mit **variablen Zeitintervallen** dargestellt.

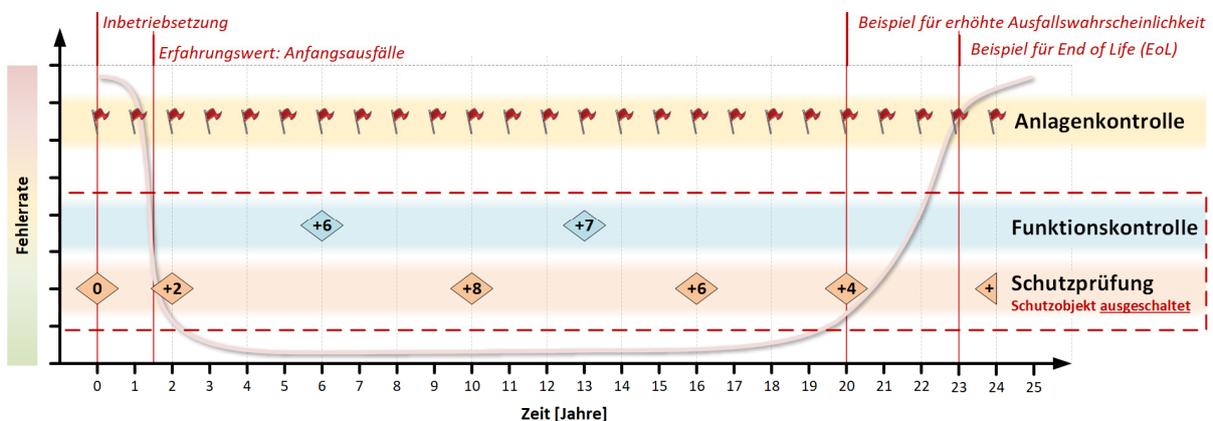


Abbildung 4: Variabler Prüfzyklus bei Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz – Schutzobjekt bei Prüfung ausgeschaltet

Bei diesem Beispiel wird für den Prüfzyklus auch die mögliche Fehlerrate mit einbezogen. Die erste Schutzprüfung erfolgt bereits 2 Jahre nach der Inbetriebnahme und deckt etwaige Frühausfälle ab bzw. erfolgt auch vor Ablauf der Garantiezeit. Die nächste Schutzprüfung erfolgt dann nach weiteren 8 Jahren, wobei abhängig von den Kriterien für die Bemessung der Prüfzyklen eventuell dazwischenliegend eine Funktionsprüfung gemacht wird. Die weiteren Zyklen reduzieren sich in diesem Beispiel dann auf 6 Jahre bzw. 4 Jahre.

Beispiel 3

Hier wird ein Beispiel für die Prüfung von Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz bei **eingeschaltetem** Schutzobjekt mit **variablen Zeitintervallen** dargestellt.

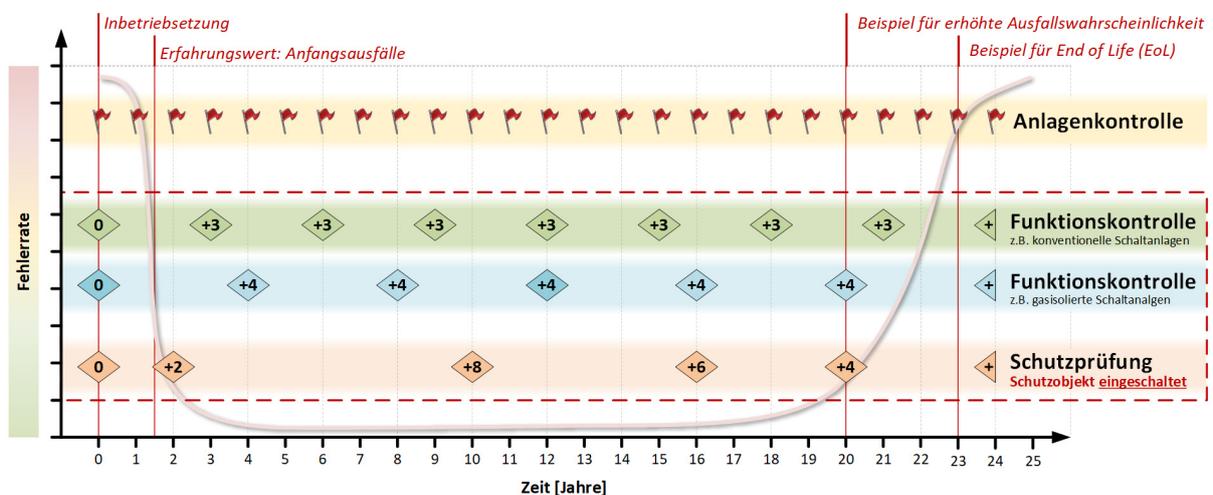


Abbildung 5: Variabler Prüfzyklus bei Netzschutzeinrichtungen im Verteilnetz – Schutzobjekt bei Prüfung eingeschaltet

In diesem Beispiel erfolgt die Schutzprüfung bei in Betrieb befindlichem Schutzobjekt. Die scharfe Auslöseprüfung wird zeitlich entkoppelt von der Schutzprüfung in fixen Zeitintervallen, durch eine Funktionskontrolle im Zuge der Abzweigrevision durchgeführt. Diese erfolgen beispielsweise je nach Schaltanlagentyp alle 3 bis 4 Jahre. Der Zyklus für die Schutzprüfung erfolgt wie bei Beispiel 2 in variablen Zeitintervallen und berücksichtigt die mögliche Fehlerrate.

6 Blick in die Zukunft

Technologische Veränderungen treten kontinuierlich auf. Daher gilt es diese zu beobachten und die Prozesse, Prüfung und Werkzeuge ggf. dahingehend anzupassen bzw. von Verbesserungen zu profitieren. Eine nicht vollständige Übersicht über mögliche Veränderungen und den daraus möglichen resultierenden Anpassungen soll das folgende Kapitel geben.

6.1 Virtualisierung (digitales Geräteabbild)

Ein digitales Geräteabbild im Kontext dieses Dokumentes ist eine Virtualisierung einer Schutzeinrichtung, welches folgendes umfassen kann: Einstellungen, Schutzfunktionen, Logik, Kommunikationsprotokolle, Ein- und Ausgangsperipherie, Bedieneinheit etc.

Ein digitales Geräteabbild ermöglicht (Teil-)Prüfungen und Analysen mit einem geringen Aufwand und somit auch zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt, bei dem eine Fehlerbehebung noch effizienter ist. So kann z.B. während der Auslegung eines Standardparametersatzes das Verhalten verschiedener Schutzeinrichtungen bei gleicher Einstellung miteinander verglichen werden, ohne diese im Labor aufbauen zu müssen.

Da es sich bei der Prüfung mit einem digitalen Geräteabbild nur um eine Prüfung der Software der Schutzeinrichtung handelt, wird diese eine physikalische Prüfung nicht ersetzen können. Es werden sich jedoch Umfänge und Aufwände für eine physikalische Prüfung reduzieren.

Ebenso ermöglicht diese Technologie eine Simulation von in Betrieb befindlichen Teil- oder Gesamtsystemen. Dadurch können z.B. Systemerweiterungen im Laborbetrieb oder auch Vorort durchgeführt werden, ohne auf die in Betrieb befindliche Anlage eine Rückwirkung zu haben.

6.2 Validierung der Schutzauslegung unter zukünftigen Netzbedingungen

Durch die steigende Anzahl von variierender Kurzschlussleistung und Energierichtung im Netz und steigender Vermaschung wird die Auslegung eines Schutzsystems immer komplexer. So kann z.B. durch dieses dynamische Verhalten eine stationäre Betrachtung der Kurzschlussströme bei der Sicherstellung der Anregesicherheit nicht mehr ausreichend sein. In Zukunft ist die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers in der Auslegung größer, als die eines Komponentenfehlers im Schutzsystem. Um diese Entwicklung zu berücksichtigen, könnte eine systembasierte Prüfung (basierend auf Netzsimulation) im Prozess integriert werden. Eine solche systembasierte Prüfung könnte durch ein digitales Geräteabbild bereits in der Auslegung, oder mit Prüfsystemen und Schutzeinrichtungen während einer Labor- oder Feldprüfung durchgeführt werden.

6.3 Automatische Fernüberwachung des Geräte- und Datenzustands

Durch die steigende Konnektivität zwischen Anlage und zentralen technischen IT-Systemen (OT – Operational Technology) ist es möglich, Einstellparameter und Geräteeigenschaften über sichere und standardisierte Protokolle z.B. SNMP V3 oder SysLOG zu überwachen.

Dies ermöglicht einerseits eine zyklische Überwachung der Datenkonsistenz z.B. durch Vergleich der Parametersätze oder deren Prüfsummen und andererseits eine erweiterte Selbstüberwachung von Geräteeigenschaften wie z.B. Prozessortemperatur, Programmlaufzeiten, Softwareüberwachung, Spannung der Pufferbatterie, usw.

Diese Daten können durch intelligente Systeme automatisiert ausgewertet werden und bei Bedarf einen Serviceeinsatz oder eine erweiterte Analyse durch einen Spezialisten anstoßen.

6.4 Automatische Qualitätskontrolle bei Netzstörfällen

Ebenso wichtig wie Vorabmaßnahmen (z.B. Prüfung der Schutzeinrichtung), ist die Analyse von Netzstörfällen, zur Vermeidung von zukünftigen Fehlverhalten. Durch die zunehmende Konnektivität können z.B. Störfalldaten und Störschriebe an eine zentrale Stelle übertragen und dort automatisiert ausgewertet werden. Diese teils durch Simulationen ergänzten Ergebnisse, können in Bezug auf die tatsächlich erfassten Meldungen im SCADA-System validiert werden.

Bei einer vermeintlichen Abweichung vom korrekten Verhalten kann dies angezeigt werden und zu einer detaillierten Untersuchung führen. Auch hier kann ein digitales Geräteabbild zum Abgleich des SOLL- und IST-Verhaltens zum Einsatz kommen.

7 Prüfschritte

In der nachfolgenden Tabelle sind die Prüfschritte für die Inbetriebnahme und den Betrieb von digitalen Schutzsystemen dargestellt. Dabei wird unterschieden bei welchem Anlassfall die Prüfung durchgeführt wird. Die angeführten Prüfschritte sind als Empfehlung zu verstehen und können je nach Einsatzdauer und Erfahrungen mit den Schutzsystemen sowie der Unternehmensphilosophie angepasst werden.

7.1 Allgemeine Prüfschritte

Allgemeine Prüfschritte Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Schaltungsunterlagen (Stromlaufpläne, Klemmenpläne, Anschlussbilder...) mit den unternehmensinternen Vorgaben. Dabei ist besonders zu achten auf: <ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der vor Ort eingetragenen Planänderungen (Roteintragungen) Es empfiehlt sich die Roteintragungen auch bei den zyklischen Prüfungen zu kontrollieren und die Änderung im Originalplan zu veranlassen. Strom- und Spannungswandlerkreise (Verschaltung und Erdung) Hilfsspannungskreise Steuer-, Melde- und Auslösekreise 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Klemmenkontrolle Es wird empfohlen relevante Klemmpunkte zu kontrollieren (Klemmenkontrolle). Dazu gehören z.B. Stromwandlerkreise und Auslösekreise. Eine zyklische Klemmenkontrolle (z.B. im Zuge von Abzweigkontrollen) ist ebenfalls empfehlenswert 		X					

Allgemeine Prüfschritte	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz							
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Erdungen Kontrolle ob die Erdung der Geräte, der Kabelschirme und der Schränke korrekt, laut den internen Ausführungsbestimmungen ausgeführt ist 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Hilfsspannungsversorgungen einschalten <ul style="list-style-type: none"> o Schutzeinrichtung entsprechend den Herstellerangaben vorbereiten (z.B. Jumper entsprechend der Anwendung setzen) o Kontrolle der schutzrelevanten Automatentypen (Hilfsspannung für Schutzeinrichtung, LS-Steuerkreise, ...) o Kontrolle der Schutz- und Steuerstromkreise auf Vermaschung: Alle Automaten bis auf den zu prüfenden Automaten einschalten und an den abgangsseitigen Klemmen des Automaten messen, ob diese spannungsfrei sind (mit Spannungsprüfer der AC und DC erfasst) o Vor Einschaltung der Schutzeinrichtung die Polarität und Spannungshöhe kontrollieren 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der „Kurzschlussfreiheit“ der Befehls-, Steuer- und Meldekreise Bei einer Neuinbetriebnahme empfiehlt es sich vor einer scharfen Betätigung der Binärausgänge die Kommando-, Steuer- und Meldekreise auf Kurzschlussfreiheit zu prüfen. Dies kann z.B. durch Betätigung mit einer „Prüfstrippe“ erfolgen. Des Weiteren wird empfohlen bei den Leistungsschalterspulen den Schaltstrom zu messen und die Absteuerkontakte zu kontrollieren. 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Schutzeinrichtung parametrieren Vorbereitete Parameterdaten in die Schutzeinrichtung laden. <i>Hinweis: die Schutzparametrierung soll vor der Prüfung der Wandlerkreise durchgeführt werden, damit die Messwerte an der Schutzeinrichtung kontrolliert werden können.</i> 		X					

Tabelle 2: Allgemeine Prüfschritte

7.2 Prüfung Stromwandler

Prüfung Stromwandler Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Wandlerdaten: Vergleich des Typenschildes mit den geforderten Werten 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Isolationsprüfung: Zum Nachweis der Isolationswerte der einzelnen Kerne gegen Erde und gegeneinander 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der primären und der sekundären Verschaltung der Stromwandlerkreise <ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der korrekten Primärverschaltung Kontrolle ob die richtigen sekundären Anzapfungen aller Phasen genutzt werden Kontrolle ob die nicht verwendeten Stromwandlerkerne geerdet und kurzgeschlossen sind Kontrolle ob die nicht verwendeten Anzapfungen weder geerdet noch kurzgeschlossen sind 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Kabelumbau- oder Summenstromwandler: Kontrolle ob Kabelschirme isoliert durch deren Wandler zurück geführt werden 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Erdung der Stromwandlerkerne (Polarität) <i>Anmerkung zur Erdung: Die Erdung der Stromwandlerkreise soll nur an einem Punkt erfolgen, um „Parallelschleifen“ zu vermeiden. Es empfiehlt sich daher bei Schaltanlagen, bei denen die Wandler nicht direkt untereinander verschaltet werden können (z.B. Freiluftschaltanlagen), die Erdung an jenem Punkt auszuführen, bei dem die Anschlüsse der drei Phasen verbunden werden (z.B. Klemmleiste im Steuerschrank). Eventuell sind spezielle Vorgaben des jeweiligen Unternehmens zu beachten</i> 		X					

Prüfung Stromwandler Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Wandlerkreisprüfung durch Primärspeisung des Wandlers mittels Stromquelle: <ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Messwerte an den Schutzeinrichtungen (Primär und Sekundär) und Übersetzungsverhältnis inkl. der berechneten Messwerte wie z.B. I_0 Kontrolle der Einbaulage, Energierichtung Kernprobe: Kurzschließen des Kernes am Wandler und Kontrolle ob bei den Geräten der Strom dieses Kernes markant geringer wird. Bei den anderen Kernen darf es keine Änderung geben <i>Anmerkung: wenn die Anschlussklemmen des Wandlers für die Kernprobe nicht zugänglich sind, kann die Kernprobe an der ersten zugänglichen Klemmenleiste durchgeführt werden und die Kontrolle der Charakteristik des Kernes durch einfache Prüfung der Kniepunktspannung bzw. auch mittels geeigneter Wandlerprüfgeräte erfolgen</i> Messung der Betriebsbürde: Messung der Spannung am Wandler-Sekundäranschluss und Berechnung der Betriebsbürde Alternativ zur Primärspeisung kann die Wandlerkreisprüfung auch mittels geeigneter Wandlerprüfgeräte erfolgen. Mit diesen Prüfgeräten können meist auch zusätzliche Daten der Stromwandlerkerne ermittelt werden (z.B. Klasse, Genauigkeitsgrenzfaktor, Innenbürde...) 		X					

Tabelle 3: Prüfung Stromwandler

7.3 Prüfung Spannungswandler

Prüfung Spannungswandler Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Wandlerdaten: Vergleich des Typenschildes mit den geforderten Werten. 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Isolationsprüfung: Zum Nachweis der Isolationswerte der einzelnen Wicklungen sowie der Sekundärverdrahtung bis zumindest zum ersten Schutzorgan (z.B. Spannungswandlerautomat) gegen Erde und gegeneinander. 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der korrekten Zuordnung der Spannungswandlerwicklungen und der Sekundärverdrahtung <ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der korrekten Verdrahtungsquerschnitte Kontrolle der korrekten Sekundärverschaltung (Wicklungszuordnung) inklusive Verschaltung der offenen Dreieckswicklung bzw. von Zwischenwandlern Kontrolle ob die richtigen sekundären Anzapfungen aller Phasen genutzt werden Kontrolle ob nicht verwendete sekundäre Anzapfungen erd- und kurzschlussfrei sind 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der korrekten Erdung der Spannungswandlerwicklungen <i>Hinweis für offene Dreieckswicklung: Hier darf nur die Sekundärwicklung einer Phase geerdet werden.</i> <i>Anmerkung zur Erdung der Messwicklungen: Die Erdung der Messwicklung soll nur an einem Punkt erfolgen, um „Parallelschleifen“ zu vermeiden. Es empfiehlt sich daher bei Schaltanlagen, bei denen die Wandler nicht direkt untereinander verschaltet werden können (z.B. Freiluftschaltanlagen), die Erdung an jenem Punkt auszuführen, bei dem die X-Anschlüsse der drei Phasen verbunden werden (z.B. Klemmleiste im Steuerschrank). Eventuell sind spezielle Vorgaben des jeweiligen Unternehmens zu beachten</i> 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Automatentypen z.B. spezielle Spannungswandler Automatentypen für Schutz (voreilender Hilfskontakt) <i>Hinweis: bei Wandlersekundärleitungen ist sicherzustellen, dass auch bei einem Kurzschluss am weitest entfernten Punkt des Wandlerkreises eine zuverlässige Momentauslösung des Spannungswandlerautomats erfolgt (z.B. bei 500 m Schleifenlänge einer Wandlerleitung mit einem Querschnitt von 2,5 mm² Cu beträgt der Kurzschlussstrom nur ca. 15 A)</i> 		X					

Prüfung Spannungswandler Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> • Wandlerkreisprüfung: es werden hier beispielhaft einige als gleichwertig anzusehende Prüfmethode angeführt. <ul style="list-style-type: none"> ○ Variante A: Speisung des Sekundärkreises am Wandleranschluss mit reduzierter Spannung (10 – 20 V) ohne Abklemmen der Sekundärverdrahtung und Kontrolle. Im ersten Schritt wird jede Phase einzeln gespeist, wobei die nicht geprüften Phasen kurzgeschlossen werden (Primär oder Sekundär). Im zweiten Schritt werden alle drei Phasen parallel gespeist. Damit kann die korrekte Verschaltung der offenen Dreieckswicklung bzw. der Zwischenwandler geprüft werden. <i>Hinweis: Achtung die Wandler bzw. die Primäranlage wird hochgespannt.</i> ○ Variante B: Speisung des Sekundärkreises mit Nennspannung (ein- und/oder dreiphasig) bei Abklemmen der Sekundärleitungen zum Wandler <i>Hinweis: bei dieser Methode ist besonders darauf zu achten, dass nach der Prüfung die Wandleranschlüsse wieder korrekt erfolgen.</i> ○ Variante C: Primäre Speisung (ein- oder dreiphasig) der Wandler mit Prüftrafo und reduzierter Spannung. Mit dieser Prüfmethode kann auch die Übersetzung und die korrekte Verschaltung der offenen Dreieckswicklung kontrolliert werden. ○ Variante D: Die Wandlerkreisprüfung kann auch mittels spezieller Wandlerprüfgeräte erfolgen. Mit diesen Prüfgeräten sind meist auch zusätzliche Kontrollen möglich (z.B. Übersetzung, Genauigkeit, Polarität...) 		X					
<ul style="list-style-type: none"> • Kontrollen bei der Wandlerkreisprüfung: <ul style="list-style-type: none"> ○ Kontrolle der Messwerte an den Schutzeinrichtungen (Primär- und Sekundärwerte) inkl. der berechneten Messwerte wie z.B. U_0 ○ Je nach Prüfmethode kann auch das Übersetzungsverhältnis geprüft werden <i>Hinweis: Dies wird jedoch üblicherweise erst beim scharfen Zuschalten des Schutzobjektes durchgeführt</i> ○ Kontrolle der richtigen Zugehörigkeit der Spannungswandlerautomaten durch Zu- und Wegschalten der einzelnen Automaten 		X					

Tabelle 4: Prüfung Spannungswandler

7.4 Prüfschritte Schutzeinrichtung

Die nachfolgenden Prüfschritte sind hauptsächlich für Leitungsschutzeinrichtungen (DIST, UMZ) zusammengestellt und müssen für andere Schutzfunktionen entsprechend angepasst und eventuell erweitert werden.

Bei den Prüfschritten für die Inbetriebsetzungsprüfung wird davon ausgegangen, dass für diese Anwendung eine geprüfte Firmware- und Applikationsvorlagenversion vorliegt.

Prüfschritte Schutzeinrichtung Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> • Neue Firmware evaluieren (siehe auch Punkt 2.3.5.1) Es sind die Unterschiede, Fehlerbereinigungen, Funktionserweiterungen der neuen Firmware zu evaluieren. Abhängig davon sind eventuell auch spezielle Prüfschritte erforderlich 	X					X	
<ul style="list-style-type: none"> • Sichtkontrolle (Display, LED, ...) 		X	X	X	X	X	M
<ul style="list-style-type: none"> • Parametervergleich von der Schutzeinrichtung mit der Datei des Parametriertools 					X	X	X
<ul style="list-style-type: none"> • Meldepuffer auslesen, auf Unregelmäßigkeiten, Auffälligkeiten kontrollieren und im Bedarfsfall speichern 				B	X	X	B
<ul style="list-style-type: none"> • LED Quittierung. Gespeicherte LED's bzw. Meldeleuchten quittieren (evtl. vorherige Dokumentation der Anzeigen) 			X	X	X	X	M
<ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitungen für Schutzprüfung, wenn Schutzprüfung bei eingeschaltetem Schutzobjekt erfolgt: <ul style="list-style-type: none"> ○ Auslösekreise und Signalvergleichskreise je nach Konzept und Auswirkung unterbrechen, bzw. überbrücken ○ Stromwandlerkreise Richtung Anlage kurzschließen ○ Spannungswandlerkreise Richtung Anlage trennen <i>Hinweis: Über entsprechende Prüfschalter können diese Schritte einfacher und sicherer durchgeführt werden.</i> 					X	X	

Prüfschritte Schutzeinrichtung Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Netzteil testen und gegebenenfalls Instand setzen (entsprechend Punkt 2.3.2) <i>Hinweis: Der Netzteiltest sollte jedenfalls vor dem Laden einer neuen Firmware gemacht werden, da während dem Laden das Netzteil nicht ausfallen sollte.</i> 				B	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Pufferbatterie kontrollieren und wenn erforderlich tauschen (entsprechend Punkt 2.3.2) 					X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Bei Bedarf neue Firmware laden Vor Einsatz einer neuen Firmware sind die Prüfschritte für die Akzeptanzprüfung durchzuführen 	X					X	
<ul style="list-style-type: none"> Parametrierung für Akzeptanzprüfung: Parametrieren der Schutzeinrichtung mit den entsprechenden Funktionen der jeweiligen Anwendung (Leitung, Transformator, ...) 	X						
<ul style="list-style-type: none"> Parametrierung, wenn geprüfte Firmware- und Applikationsvorlagenversion vorliegt: Laden der Parameterdaten in die Schutzeinrichtung 		X				X	

Prüfschritte Schutzeinrichtung Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Umstellen von Einzelparametern (siehe auch Punkt 2.3.5.4) Der nachfolgend beschriebene Ablauf ist jedenfalls dann sinnvoll, wenn der/die geänderte(n) Einzelparameter nicht geprüft werden: <ul style="list-style-type: none"> Parametervergleich Gerät mit Datei – es dürfen keine Änderungen angezeigt werden Umstellen der Parameter im Gerät (nicht in der Datei des Parametrierprogrammes) Parametervergleich (Gerät mit Datei) – es dürfen nur die umgestellten Parameter als Differenz angezeigt werden Speichern der Gerätedaten auf Datei des Parametrierprogrammes mit neuer Versionsnummer Messwertkontrolle und Kontrolle des Betriebsmeldepuffers ob Schutzfunktionen aktiv sind Dokumentation der Änderungen 							X
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der geänderten Einzelparameter 							B/Ü
<ul style="list-style-type: none"> Messwerte speisen: Speisen aller Wandlereingänge mittels Sekundärprüfeinrichtung und Kontrolle an der Schutzeinrichtung (Display bzw. Störschrieb). Die Messwertspeisung soll so durchgeführt werden, dass auch berechnete Messwerte (Nullströme, Nullspannungen, Leistungen) kontrolliert werden können. 	X	X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfchuss bei Distanzschutz mit hohem Prüfstrom: (Realer Fehlerstrom eines Netzstörfalls) <ul style="list-style-type: none"> a) 3-polig symmetrisch: z.B. mit $10 \times I_n$ (L1, L2, L3) in der Schnellzeitstufe bei $U = 1 \text{ V}$ b) 3-polig unsymmetrisch: z.B. mit $I_{L1} = 10 \times I_n$, $I_{L2} = 10 \times I_n$, $I_{L3} = 9,9 \times I_n$ bei $U = 1 \text{ V}$ Anschließend Störschrieb auslesen und kontrollieren, ob der Schutz korrekt gemessen ($3 \times I_o$ Wert muss bei unsymmetrische Speisung, mit den obigen Werten, $0,1 \times I_n$ betragen) und ausgelöst hat. <i>Hinweis: bei den hohen Prüfströmen ist auf die thermische Belastung der Stromwandlereingänge zu achten.</i> 	X	X			X	X	

Prüfschritte Schutzeinrichtung	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme-Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz							
<ul style="list-style-type: none"> Kennlinienprüfung reduziert: Prüfen der Anrege- und Auslösekennlinien einer 1-poligen und einer mehrpoligen Fehlerschleife für jede aktivierte Schutzfunktion 		X			B	X	
<ul style="list-style-type: none"> Kennlinienprüfung umfassend: Prüfen der Anrege- und Auslösekennlinien aller möglichen Fehlerschleifen für jede aktivierte Schutzfunktion 	X	Ü			Ü	Ü	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfung der Lastgrenzen: Prüfen ob der Schutz bei den maximal festgelegten Belastungswerten nicht anregt (I_{max}, U_{min}, Lastausblendung, $\cos\phi$ Grenzen...) 	X	X			Ü	X	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der sonst noch aktivierten Schutzfunktionen. Dies sind z.B.: Spannungsschutz, Erdschlussschutz, Frequenzschutz, Leistungsschutzfunktionen... 	X	X			B/Ü	X	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der Zusatzfunktionen: AWE, Signalvergleich, rückwärtige Verriegelung, Zuschalten auf Kurzschluss, Not-UMZ usw. <i>Anmerkung: wenn die AWE auch bei eingeschaltetem Abzweig geprüft werden soll, sind die Leistungsschalterhilfskontakte (RM und LS-bereit) entsprechend zu simulieren. Alternativ kann die AWE Prüfung auch im Zuge einer Funktionsprüfung gemacht wird.</i> 	X	X			B/Ü	X	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der anwenderdefinierten Logikfunktionen 	X	B			B/Ü	B	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfungen durch Ausgabe von Transientendateien: <ul style="list-style-type: none"> Abspielen von Störschrieben spezieller Netzstörungen Abspielen von Störfällen die durch Simulations-Tools erzeugt wurden (für komplexere Anwendungsfälle) 	B						

Tabelle 5: Prüfschritte Schutzeinrichtung

7.5 Prüfung Auslöse- und Steuerkreise

Prüfung Auslöse- und Steuerkreise Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Scharfe Prüfung der Auslösekreise <i>Hinweis: wenn die Prüfung bei eingeschaltetem Prüfobjekt erfolgt, werden die Auslösekreise nur bis zum Prüfschalter bzw. zur Auslösetrennstelle geprüft. Die scharfe Prüfung der Auslösekreise erfolgt zeitlich entkoppelt durch eine Funktionskontrolle im Zuge der Abzweigrevision. Der Zyklus für die scharfe Auslöseprüfung darf jedoch nicht länger sein, als der Zyklus der Schutzprüfung.</i> 	M	X		X	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der AWE-Zyklen scharf mit dem Leistungsschalter (bei 1-poliger AWE ist auch die Phasenzuordnung zu prüfen) <i>Hinweis: wenn bei der AWE eine Synchronkontrolle gemacht wird, kann die Prüfung auch im Zuge der Wiederinbetriebnahme des Abzweiges gemacht werden, wenn der Spannungswandler bereits von der Netzseite bespannt ist.</i> <i>Anmerkung: wenn die Prüfung bei eingeschaltetem Prüfobjekt erfolgt, ist dieser Prüfpunkt im Zuge der Funktionskontrolle bei der Abzweigrevision durchzuführen.</i> 	M	X		B	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen aller verwendeten binären Ein- und Ausgänge, die noch nicht geprüft wurden. <i>Hinweis: Die Prüfung der Eingänge sollte so prozessnahe wie möglich erfolgen</i> 	X	X			X	X	

Tabelle 6: Prüfung Auslöse- und Steuerkreise

7.6 Prüfung der Mess-, Melde- und Steuerkreise, Schnittstellen, Netzwerktopologie und Fernwartung

Prüfung der Mess-, Melde- und Steuerkreise, Schnittstellen, Netzwerktopologie und Fernwartung Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der Messwerte zur Leittechnik und zum Netzleitsystem: Die Prüfung erfolgt entweder durch Speisen von Sekundärgrößen, oder durch Simulation der Messwerte von einem Punkt weg, der bereits geprüft wurde. 	M	X			B	X	
<ul style="list-style-type: none"> Messwerte kontrollieren bei der zyklischen Funktionskontrolle (Schutzobjekt ist eingeschaltet): Die Kontrolle erfolgt entweder am Gerätedisplay, per Fernwartung oder am Netzleitsystem, wenn dort alle Messwerte vom Schutz übertragen werden. <i>Hinweis: Als Referenz für die Spannung kann ein benachbarter Abzweig dienen, oder die gemessene Sekundärspannung an der Klemmleiste. Als Referenz für den Strom kann z.B. die Gegenstation verwendet werden (eventuelle Unterschiede durch Ladeströme sind zu beachten), oder auch der mittels Stromzange gemessene Sekundärstrom.</i> 			X	X			
<ul style="list-style-type: none"> Prüfen der Gerätestörmeldung 	M	X		B	X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Zusätzlich Prüfen der schutzrelevanten Signale (z.B. Erdschlussmeldung...) 	M	X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Zusätzlich Prüfen aller noch nicht geprüften Meldungen und Befehle (z.B. AWE Ein/Aus...) 	M	X			B	X	
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Netzwerktopologie: Entsprechend den Erfordernissen empfiehlt es sich die Netzwerktopologie (z.B. Topologieunterbrechungen, ...) zu testen. Dazu ist gegebenenfalls ein Netzwerktechniker beizuziehen. 		X					
<ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der Uhrzeitsynchronisierung 	M	X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Wenn vorhanden, Kontrolle der automatischen Störschriebentsorgung 	M	X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Wenn vorhanden, Prüfung des Fernwartungszugangs 	M	X			X	X	

Tabelle 7: Prüfung Schnittstellen, Netzwerktopologie und Fernwartung

7.7 Abschlussarbeiten

Abschlussarbeiten Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Rückstellen von etwaigen Prüfeinstellungen oder Veränderungen in der Anlage Dabei ist auch zu kontrollieren, ob der Schutz wieder im richtigen Modus ist (z.B. kein Testbetrieb...) 		X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Parametervergleich der Schutzeinrichtung mit der Datei des Parametriertools 		X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Löschen aller Melde- und Störfallpuffer <i>Anmerkung: nicht gelöschte Prüfaufzeichnungen können auch als Nachweis für das richtige Verhalten des Schutzes zum Zeitpunkt der Prüfung dienen.</i> 		B			B	B	
<ul style="list-style-type: none"> Abzweig wieder scharf schalten, wenn Schutzprüfung bei eingeschaltetem Schutzobjekt durchgeführt wurde: <ul style="list-style-type: none"> Entfernen aller Prüfanschlüsse Spannungswandlerkreise wieder aktivieren Stromwandlerkreise wieder aktivieren Auslösekreise und Signalvergleichskreise wieder aktivieren <i>Hinweis: Die korrekt aktivierten Auslösekreise können entweder durch eine Auslösekreisüberwachung überprüft werden. Ist diese nicht vorhanden, kann die Kontrolle auch durch „zurückmessen“ des Steuerminus auf die Kommandokontakte erfolgen</i> 					X	X	

Abschlussarbeiten Legende X ... Prüfung erforderlich M... Prüfung nach Möglichkeit B... Prüfung im Bedarfsfall (z.B. hohen Anforderungen oder Hardwarestand ist unterschiedlich zur Applikationsvorlagenprüfung) Ü... Prüfung im Übertragungsnetz	Akzeptanzprüfung	Inbetriebnahme- Prüfungen	Inspektion Keine Veränderung			Verbesserung Veränderung	
			zyklische Anlagenkontrolle	zyklische Funktionskontrolle	Zyklische Schutzprüfung	Schutzprüfung nach Verbesserung/Änderung	Änderungen von Einzelparametern
<ul style="list-style-type: none"> Abzweig scharf in Betrieb nehmen, wenn Schutzprüfung bei ausgeschaltetem Schutzobjekt durchgeführt wurde: <ul style="list-style-type: none"> Bei Abzweigen mit Spannungswandlern und Synchronkontrollfunktion sollte der Abzweig bei offenem Leistungsschalter von der Gegenstation bespannt werden, damit die Synchronbedingungen kontrolliert werden können Eventuell können auch AWE-Proben durchgeführt werden Zuschalten des Abzweiges 		X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Messwerte kontrollieren mit den aktuell anliegenden Messgrößen <ul style="list-style-type: none"> Kontrolle der primären und sekundären Messwerte (Ströme, Spannungen, Leistungen...) Kontrolle spezieller Schutzmessgrößen (Impedanz-, Diff.- und Stabwerte, Energierichtung...) Kontrolle der Messwerte in den Leitsystemen falls diese übertragen werden. 		X			X	X	
<ul style="list-style-type: none"> Dokumentation der Prüfungen und Datensicherung 	X	X	X	X	X	X	X

Tabelle 8: Abschlussarbeiten