



Handbuch

Technische Anforderungen an die Schutz- und Leittechnikschnittstellen von Transformatoren zum Übertragungsnetz

Technische Bestimmungen zu Anschluss, Betrieb
und Nutzung des Verteilnetzes

TNE2 – CH 2023

Impressum und Kontakt

Herausgeber

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

Autoren/in der Erstausgabe 2015

Bruno Wartmann	ewz, Zürich	Leiter AG
Bernhard Burgener	Swissgrid AG, Laufenburg	Mitglied AG
Yann Gosteli	CKW, Luzern	Mitglied AG
Martin Herzig	Alpiq EnerTrans AG, Niedergösgen	Mitglied AG
Werner Kälin	AXPO Power AG, Baden	Mitglied AG
Deborah Koch	BKW, Bern	Mitglied AG
Daniel Witschard	Hydro Exploitation SA, Sion	Mitglied AG
Andreas Degen	VSE, Aarau	Mitglied AG

Autoren Ausgabe 2023

Bruno Wartmann	ewz, Zürich	Leiter AG
Martin Albisser	Swissgrid AG, Aarau	Mitglied AG
Yann Gosteli	CKW AG, Luzern	Mitglied AG
Werner Kälin	AXPO Grid AG, Baden	Mitglied AG
Markus Süess	AXPO Grid AG, Baden	Mitglied AG
Luigi Scoca	BKW Energie AG, Bern	Mitglied AG
Sven Heider	ENIWA AG, Buchs	Mitglied AG
Toni Giossi	KHR, Thusis	Mitglied AG
Nicola Canepa	AET, Bellinzona	Mitglied AG
Andreas Gramm	WWZ, Zug	Mitglied AG
Eric Stohrer	Primeo Energie, Münchenstein	Mitglied AG
Patrick Bader	VSE, Aarau	Mitglied AG

Verantwortung Kommission

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



Chronologie

2014	Arbeitsaufnahme in der Arbeitsgruppe
18. Juni 2015	Genehmigung 1. Ausgabe durch die GL des VSE
März 2020 – April 2023	Überarbeitung der 1. Ausgabe in der Arbeitsgruppe
26. Juni – 17. August 2023	Branchenvernehmlassung 2. Ausgabe
23. Oktober 2023	Genehmigung 2. Ausgabe durch die GL des VSE

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

Der VSE verabschiedete das Dokument am 23.10.2023.

Druckschrift Nr. 1037/d, Ausgabe 2023

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

Abkürzungen, Begriffe und Definitionen.....	5
Vorwort.....	6
1. Einleitung.....	7
2. Übergeordnete und zugehörige Dokumente	7
3. Aufteilung der Schutzsysteme	7
3.1 Einleitung.....	7
3.2 Beispiel von einem NE2 Transformator mit einem Verteilnetz	8
4. Schutzkoordination zwischen den einzelnen Netz- / Anlagebetreibern	9
4.1 Schutzendzeiten im Übertragungsnetz	9
4.1.1 NE2 Transformator mit Kraftwerkseinspeisungen.....	9
4.1.2 NE2 Transformatoren ohne unmittelbare Kraftwerkeinspeisungen	9
4.2 Schalterversagerschutz	9
4.3 Distanzschutz für die Oberspannungsseite	9
4.4 Stromzeitschutz	9
4.5 Auslösematrix	10
5. Anforderung an die Leistungsschalterspulen	11
5.1 Ansteuerung der Spulen.....	11
5.2 Arbeitsbereich der Spulen	11
6. Informationsaustausch	11
6.1 Kabelaufteilung	13
6.2 Kabeltypen.....	13
7. Strom-/Spannungswandlerkreise.....	14
7.1 Allgemein.....	14
7.2 Stromwandler.....	15
7.3 Spannungswandler	17
8. Auslösekonzept, Schalterversagerschutz und Ein-Blockierung	19
8.1 Schutzauslösungen auf den Leistungsschalter der Gegenseite.....	19
8.2 Schutzauslösungen über abgesetzte Schutzeinheiten oder Fernauslöseeinrichtungen	20
8.3 Ausführungen der SVS-Anregungen.....	21
8.3.1 Anregung mit Kurzschlussstrom	21
8.3.2 Anregung ohne Kurzschlussstrom	21
8.3.3 SVS-Anregung Tertiärwicklung.....	21
8.4 Schnittstelle EIN-Befehl Blockierung Leistungsschalter.....	22
9. Schnittstelle von Rückmeldungen für Schutz und Verriegelungen	23
9.1 Meldespannungen.....	23
9.2 Signalumfang pro Kabel	23
10. Kontrolle DC-Spannungsabfall bei Leistungsschalterauslösung	26
11. Anlagenübergreifende Verkabelung.....	27
12. Kraftwerk-stationsnahe Fehler.....	27
Anhang 1: Dokumentenspezifische Abkürzungen	28



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dokumentenstruktur	6
Abbildung 2: Übersicht der Schutzzonen	8
Abbildung 3: Austauschprinzipien	11
Abbildung 4: Übersicht der Betriebsmittelaufschaltung	13
Abbildung 5: Beispiel der Stromwandler – Schnittstelle von einer Wicklung	16
Abbildung 6: Übersicht der Spannungswandler - Schnittstelle	18
Abbildung 7: Beispiel für Wicklung 3, Spannungswandlerkreis	18
Abbildung 8: Signalkontakte Schutzschalter	19
Abbildung 9: Auslösekreis für Aus 1 bzw. Aus 2	19
Abbildung 10: Prinzipdarstellung Anordnung der Schutzgeräte	20
Abbildung 11: SVS-Anregung mit und ohne Kurzschlussstrom	21
Abbildung 12: SVS-Anregung Tertiärwicklung	22
Abbildung 13: EIN-Blockierung	22
Abbildung 14: Prinzip Meldespannung	23
Abbildung 15: Spannungsabfall	26
Abbildung 16: Kabelaufschaltung	27

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der Schutzfunktionen	8
Tabelle 2: Auslösematrix	10
Tabelle 3: Arbeitsbereich der Spulen	11
Tabelle 4: Informationsaustausch zwischen der Nationalen Netzgesellschaft und den VNB/KWB/KAB	12
Tabelle 5: Beispiel Anforderungen an die Verkabelung	14
Tabelle 6: Nutzung von Kernen und Wicklungen von Wandlern	14
Tabelle 7: Stromwandler, Aufteilung Nationale Netzgesellschaft beziehungsweise VNB / KWB / KAB	15
Tabelle 8: Spannungswandler, Aufteilung Nationale Netzgesellschaft beziehungsweise VNB / KWB / KAB	17
Tabelle 9: Kabelaufteilung für Schnittstelle	25

Abkürzungen, Begriffe und Definitionen

Für Abkürzungen, Begriffe und Definitionen wird auf das Glossar des VSE verwiesen ([Link](#)).



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 Handbuch Technische Anforderungen an die Schutz- und Leittechniksnchnittstellen von Transformatoren zum Übertragungsnetz (TNE2) handelt es sich um ein Werkzeug / Software.

Dokumentstruktur

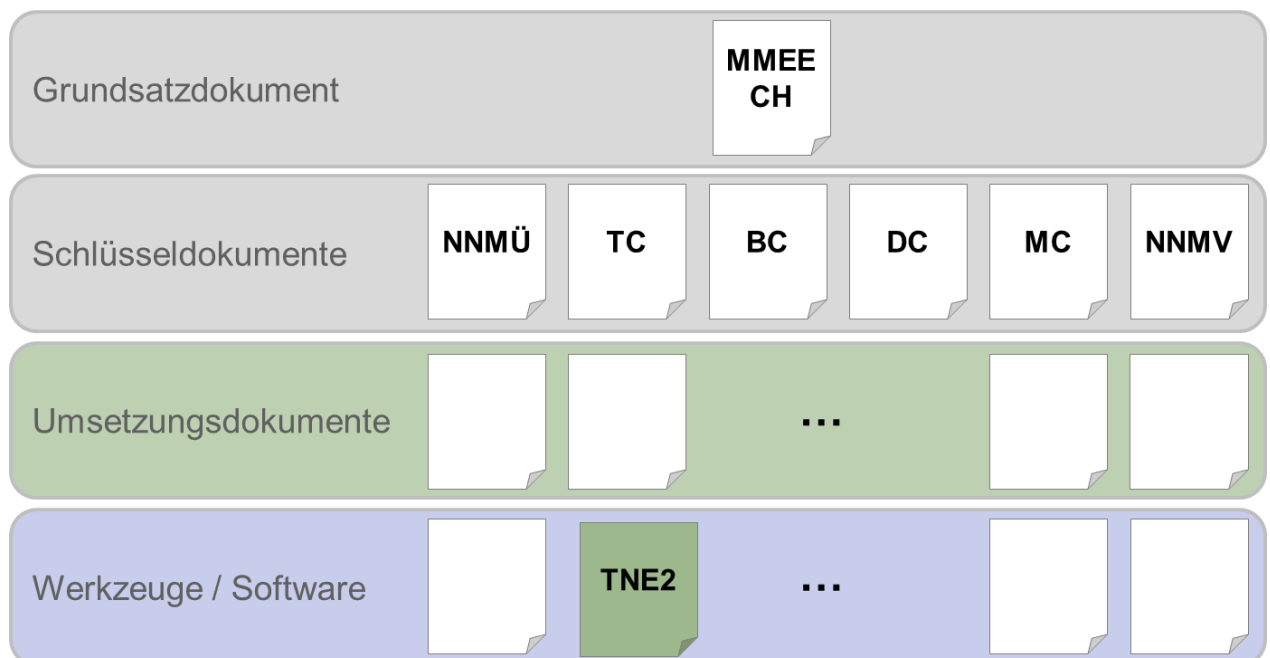


Abbildung 1: Dokumentenstruktur

1. Einleitung

Das vorliegende Dokument beschreibt die Sekundärtechnikschnittstelle zwischen einem VNB/KWB/KAB Transformator und einer Anlage der Nationalen Netzgesellschaft (Swissgrid). Es gilt für Neuanlagen und Anlagen mit Totalerneuerungsabsichten (gleichzeitige Erstellung/Erneuerung VNB/KWB/KAB - und Anlage der Nationalen Netzgesellschaft). Bei Teilerneuerungen muss die Anwendung jeweils zwischen der Nationalen Netzgesellschaft und dem VNB/KWB/KAB abgesprochen werden.

2. Übergeordnete und zugehörige Dokumente

- (1) Zu den übergeordneten Dokumenten, die einzuhalten sind, gehören Dokumente des Bundes (Gesetze und Verordnungen), Dokumente, welche den Stand der Technik beschreiben (Normen, Branchen-Dokumente) und übergeordnete Dokumente der Nationalen Netzgesellschaft.
- (2) Auszug aus übergeordneten Dokumenten:
 - Starkstromverordnung des Bundes (734.2)
 - VDE/FNN: Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen
 - VSE: Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen, Anwendung für die Schweiz
 - VSE: Branchenempfehlung Netzanschluss für Energieerzeugungsanlagen
 - Nationale Netzgesellschaft: Transmission Code

3. Aufteilung der Schutzsysteme

3.1 Einleitung

- (1) Für den elektrischen Schutz eines Transformators sind zwei unabhängige Schutzsysteme vorzusehen. Jedes System kann aus einem oder mehreren Relais aufgebaut werden. Beide Systeme decken prinzipiell die gleichen Fehler ab, wobei die Empfindlichkeiten sowie die aktiven Schutzfunktionen unterschiedlich sein können. Mit diesen beiden Transformatorschutzsystemen werden ein- oder mehrphasige Kurzschlüsse im Transformator und dessen Zuleitungen erfasst. Weiter ist ein Reserve-schutz für die angrenzenden Sammelschienen und Leitungen vorzusehen.
- (2) Das Eigentum der Objekte und deren verantwortliche Instanz sind explizit in den Anlagenverträgen zwischen VNB/KWB/KAB und der Nationalen Netzgesellschaft zu regeln. Diese Verträge haben in der Praxis in Bezug auf das Eigentum und die Verantwortung der Objekte gegenüber diesem VSE-Handbuch Vorrang.
- (3) Für alle Objekte am Netzanschlusspunkt im Schutzbereich zwischen Wandler Oberspannung (OS) zu Wandler Unterspannung (US) ist der VNB/KWB/KAB für den Hauptschutz (Transformatorschutzsysteme 1 und 2) verantwortlich.
- (4) Die Nationale Netzgesellschaft stellt als Reserveschutz einen Maximalstromzeitschutz zur Verfügung, in der Regel im SSS/SVS. Der VNB/KWB/KAB stellt auf der Oberspannungsseite eine Distanzschutzzone Richtung Sammelschiene zur Verfügung.



- (5) Die Schutzfunktionen von der eventuell vorhandenen Tertiärwicklung sowie des Sternpunktes (z.B. Drosselschutz) sind in dieser Anforderung nicht beschrieben und müssen individuell abgesprochen und realisiert werden. Zusätzliche Schutzsysteme für eine eventuell vorhandene Kabelzuleitung zwischen Schaltanlage und Transformator sind vom Betreiber der Kabelanlage zu überprüfen und mit dem VNB/KWB/KAB beziehungsweise mit der Nationalen Netzgesellschaft abzustimmen.
- (6) Ausser dem Sammelschienenschutz auf der Seite der Nationalen Netzgesellschaft sind alle Schutzgeräte auf der VNB/KWB/KAB-Seite eingebaut.

3.2 Beispiel von einem NE2 Transformator mit einem Verteilnetz

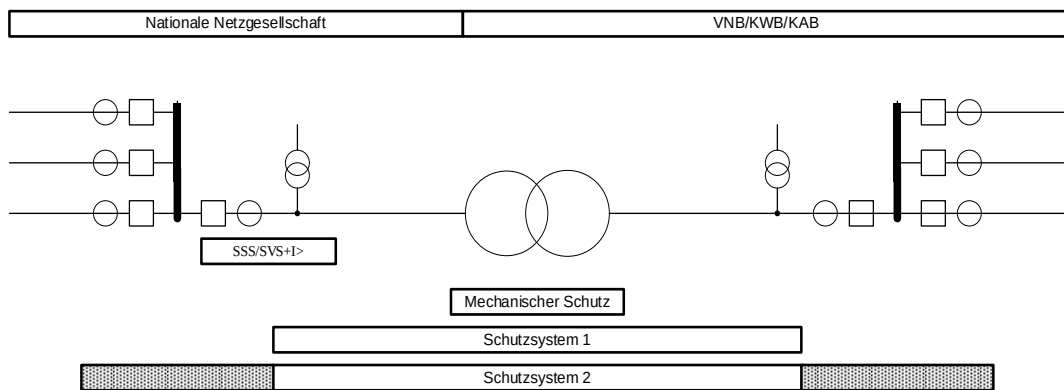


Abbildung 2: Übersicht der Schutzzonen

Bezeichnung	Schutzfunktionen	Einbauort Geräte	Bemerkung
Mechanischer Schutz	Buchholz etc.	VNB/KWB/KAB	
Schutzsystem 1	Differentialschutz Maximalstromzeitschutz I> Überlastschutz	VNB/KWB/KAB	
Schutzsystem 2	Distanzschutz für OS-Seite Maximalstromzeitschutz I>>, I> Netzanschluss: Distanzschutz für US-Seite Maximalstromzeitschutz I>>, I> Kraftwerk: Generatorschutz Maximalstromzeitschutz I> Optional ein zweiter Differentialschutz	VNB/KWB/KAB	Zwischen den Distanzschutzgeräten kann eine Kommunikation vorhanden sein. Im Distanzschutz auf der OS-Seite ist eine Reservestufe in Richtung Sammelschiene der Nationalen Netzgesellschaft vorzusehen.
SSS/SVS	Maximalstromzeitschutz I> SVS	Nationale Netzgesellschaft	

Tabelle 1: Übersicht der Schutzfunktionen

4. Schutzkoordination zwischen den einzelnen Netz- / Anlagebetreibern

4.1 Schutzendzeiten im Übertragungsnetz

- (1) Im 380/220 kV Übertragungsnetz wird die Grenzzeit vom Distanzschutz mit 1,8 Sekunden vereinheitlicht. Die Schutzendzeit inklusive dem Maximalstromzeitschutz beträgt 2,0 Sekunden.

4.1.1 NE2 Transformator mit Kraftwerkseinspeisungen

- (1) Die Schutzendzeit sollte mindestens 200 Millisekunden grösser sein als die Schutzendzeit im Übertragungsnetz der Nationalen Netzgesellschaft, das heisst, mindestens 2,2 Sekunden betragen. So kann sichergestellt werden, dass im Störfall im Netz der Nationalen Netzgesellschaft die Kraftwerke genügend lang Kurzschlussstrom einspeisen, damit die Schutzvorrichtungen richtig arbeiten können.

4.1.2 NE2 Transformatoren ohne unmittelbare Kraftwerkeinspeisungen

- (1) Die Schutzendzeit des Transformators sowie das hinter liegende Verteilnetz kann eine grössere beziehungsweise eine kleinere Schutzendzeit haben.
- (2) Der Reserve-Maximalstromzeitschutz der Nationalen Netzgesellschaft im SSS/SVS wird auf 2,0 Sekunden eingestellt, sofern der Transformator keine höhere Schutzendzeit beim Maximalstromzeit- beziehungsweise Distanzschutz hat.
- (3) Die Schutz- und Synchrocheckeinstellungen müssen zwischen den Netz- /Anlagenbetreiber abgeprochen werden.

4.2 Schalterversagerschutz

- (1) Die Überwachung der Schalterversagerschutzfunktion erfolgt basierend auf einer Kombination von Strom und/oder einer Leistungsschalter-Rückmeldung.
- (2) Die SVS-Funktion des NE1-Feldes kann zu Prüfzwecken im Schutzenschrank der Nationalen Netzgesellschaft blockiert werden.
- (3) Die Wirkungsweise der Auslösung der umliegenden Schalter ist individuell pro Schutzobjekt zu definieren.

4.3 Distanzschutz für die Oberspannungsseite

- (1) Es ist mindestens eine Impedanzstufe in Richtung Sammelschiene NE1 vorzusehen und mit der Nationalen Netzgesellschaft zu koordinieren. Als Richtwert für Parallelleitungen ist für die erste Stufe 30 % der Leitungsimpedanz der kürzesten Leitung, beziehungsweise bei Einzelleitungen 50-80 % zu wählen. Mindestens eine Stufe des Distanzschutzes sollte in Richtung Transformator eingestellt sein.
- (2) Die Zeitstufen sind zwischen den Netzbetreibern abzustimmen.

4.4 Stromzeitschutz

- (1) Der Maximalstromzeitschutz auf der NE1 ist im Normalfall immer ungerichtet.



4.5 Auslösematrix

- (1) Die nachfolgende Auslösematrix zeigt, welche Schutzfunktionen auf welche Leistungsschalter wirken. Bei Zweiwicklungstransformatoren können jeweils beide Seiten gleichzeitig ausgelöst werden.

		Auslösung			
		LS OS	LS US	Tertiär	
SSS/SVS OS	$I_{\max}$	X	(X)		Nationale Netzgesell- schaft
	SSS	X	(X)	(X)	
	SVS	t1	(t1/t2)*	(t1/t2)*	
Distanzschutz OS	Distanzschutz (Richtung Trafo)	X	X	(X)	VNB/KWB/KAB
	Distanzschutz (Richtung Sammelschiene NE1)	X	(X)	(X)	
	Maximalstromzeitschutz $I_{>>}$, $I_{>}$	X	X	(X)	
Differentialschutz		X	X	X	
Distanzschutz US	Distanzschutz (Richtung Trafo)	X	X	(X)	
	Distanzschutz (Richtung Sammelschiene NE3)	(X)	X	(X)	
	Maximalstromzeitschutz $I_{>>}$, $I_{>}$	X	X	(X)	
SSS/SVS US	SSS	(X)	X	(X)	
	SVS	(t1/t2)*	t1	t1	
Mechanisch	Buchholz und weitere mechanische Schutzeinrichtung	X	X	X	

Tabelle 2: Auslösematrix

(*): Ist abhängig vom Schutzobjekt und dem Schutzkonzept zu definieren.

- (2) Die beiden Auslösekreise 1 und 2 werden, wenn vorhanden, von zwei unabhängigen DC-Systemen versorgt. Falls keine unabhängigen DC-Systeme vorhanden sind, sollen Auslösekreis 1 und 2 separat abgesichert werden.



5. Anforderung an die Leistungsschalterspulen

5.1 Ansteuerung der Spulen

- (1) Jeder Leistungsschalter hat mindestens 2 Aus-Spulen sowie eine Ein-Spule. Im Antriebskasten des Leistungsschalters müssen die Spulen so verdrahtet sein, dass die Ein-Spule immer mit «Plus» sowie mit einem «Minus» geschaltet wird. Die Aus-Spulen werden ausschliesslich mit einem «Plus» geschaltet, das heisst, der «Minus» ist fest verdrahtet.

5.2 Arbeitsbereich der Spulen

- (1) Die Ein- bzw. Ausspulen haben unterschiedliche Arbeitsbereiche.

Spule	Bemessungsspannung	Bemerkungen
Ein-Spule	-15 % bis +10 %	Info
Aus-Spule	-30 % bis +10 %	EN 62271-1

Tabelle 3: Arbeitsbereich der Spulen

6. Informationsaustausch

- (1) Für den Betrieb einer Anlage mit Anschluss eines NE2-Transformators müssen Informationen zwischen der Nationalen Netzgesellschaft und dem VNB/KWB/KAB ausgetauscht werden.
- (2) Der Austausch kann je nach Austauschwege direkt mit Kupferleitungen, mit einem Protokoll IEC60870-5-101 oder über das PIA (Partner Information Austausch) (Protokoll ICCP) erfolgen.

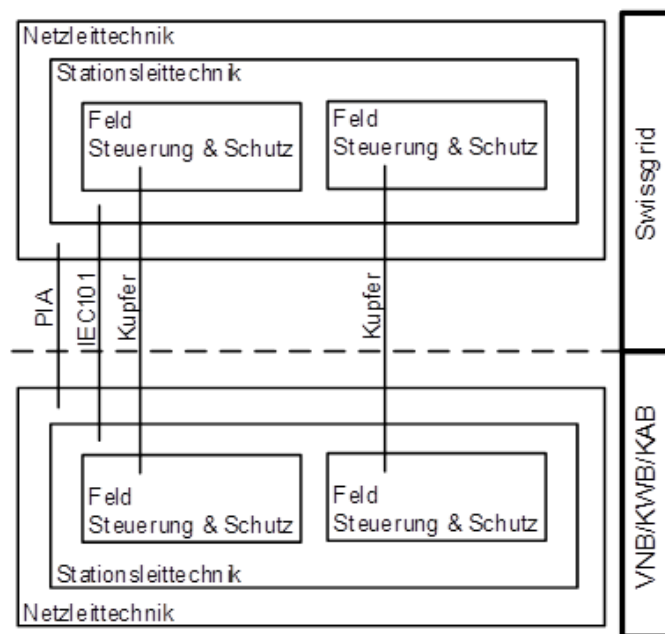


Abbildung 3: Austauschprinzipien

- (3) Die Signale, die keine direkte Relevanz für die Verriegelungen und Blockierungen des Feldes haben, so wie die Steuerbefehle, werden per Protokoll IEC60870-5-101 oder über eine erweiterte Kupferschnittstelle ausgetauscht. Die Nationale Netzgesellschaft installiert in den Unterwerken ein dediziertes Gateway (GW3) mit dem Kommunikationsprotokoll IEC60870-5-101.
- (4) Informationsaustausch zu den NE2-Transformator-Feldern zwischen der Nationalen Netzgesellschaft und VNB/KWB/KAB
(Zusammenfassung der Prinzipien für die Schutz- und Leittechniksschnittstelle):

Von	Zu	Signale	Protokoll
Nationale Netzgesellschaft	VNB/KWB/KAB	Messwerte, Schaltobjekte Stellung, Alarmer, Information	GW3 (IEC60870-5-101) oder Kupferschnittstelle mit reduziertem Signalumfang (vgl. Kapitel 9.2)
Nationale Netzgesellschaft	VNB/KWB/KAB	Blockierungssignal (lock-Out), Verriegelung, Auslösungen	Kupferleitung
VNB/KWB/KAB	Nationale Netzgesellschaft	Messwerte, Schaltobjekte Stellung, Alarmer, Information, Steuerbefehle für die Trenner / Erdtrenner vom Stationsleitsystem	GW3 (IEC60870-5-101) oder Kupferschnittstelle mit reduziertem Signalumfang (vgl. Kapitel 9.2)
VNB/KWB/KAB	Nationale Netzgesellschaft	Befehle aus einem Automaten, z.B. Synchrotact für die Einschaltung einer Maschine, Auslösungen; Steuerbefehle für den Leistungsschalters vom Stationsleitsystem (via SG-Feldsteuerggerät)	Kupferschnittstelle

Tabelle 4: Informationsaustausch zwischen der Nationalen Netzgesellschaft und den VNB/KWB/KAB

- (5) Weitere Details über die ausgetauschten Signale befinden sich in den Kapiteln 6.1 (Kabelaufteilung) und 9.2 (Signalumfang pro Kabel).
- (6) Die Nationale Netzgesellschaft stellt für den Schalter der Oberspannung eine Synchrocheckfunktion zur Verfügung.
- (7) Die Nationale Netzgesellschaft stellt für die Steuerung der Schaltobjekte der Oberspannung eine entsprechende Verriegelungslogik in ihrer Feldsteuerung zur Verfügung.
- (8) PIA (Partner Information Austausch) dient der gegenseitigen Beobachtbarkeit des Netzes, wie Anlagetopologie und Lastflüsse und ist nicht als Schnittstelle für Schutz- und Leittechniksignale von Transformatoren geeignet. Das System PIA wird für den Austausch auf Netzleitsystem-Ebene genutzt, das heisst, für Signale ohne direkte Relevanz für NE2 Transformatoren. PIA ist bei vielen, aber nicht bei allen VNB/KWB/KAB im Einsatz.



6.1 Kabelaufteilung

- (1) Der Signalaustausch zwischen der OS-Seite und der US-Seite eines NE2 Transformators soll über verschiedene Kabel erfolgen. Dabei sollen die Kabel getrennt werden für das Schutzsystem 1, das Schutzsystem 2 und die Steuerung. In der nachfolgenden Abbildung 4 ist eine mögliche Kabelaufteilung ersichtlich.
- (2) Die Aufteilung ist nicht fix vorgegeben und muss, insbesondere bei Retrofitprojekten, entsprechend der Situation auf der Anlage angepasst werden.

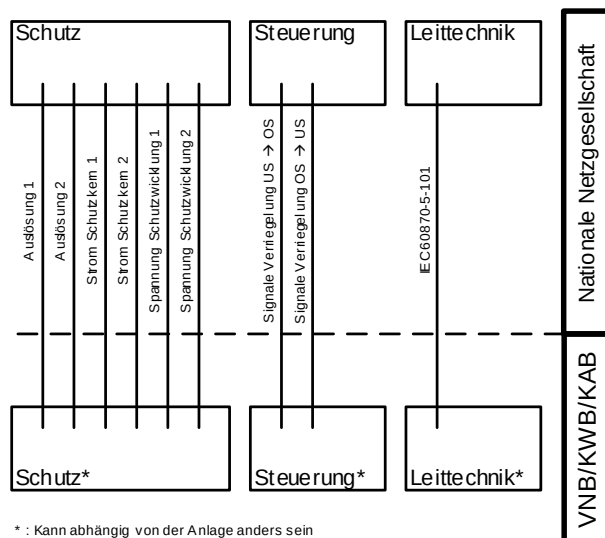


Abbildung 4: Übersicht der Betriebsmittelaufschaltung

6.2 Kabeltypen

- (1) Signalkabel müssen mit dichtem Geflechtsschirm abgeschirmt und verdreht sein. Vorzuziehen sind Schirme mit doppeltem Geflecht. Die Schirme sind zweiseitig zu erden, da sonst hohe längsinduzierte Spannungen an den Signaladern entstehen können. Beim Eintritt der Signalkabel in Apparategewehäuse und Schaltschränke sind Stopfbüchsen-Durchführungen oder Durchführungssteckbuchsen zu verwenden.
- (2) Die zweiseitige Erdung der Signalkabelschirme erfordert, dass alle Signalkabel durch mindestens einen stromtragfähigen Erdleiter begleitet werden (Querschnitt wie übrige Erdungsverbindungen). Empfohlen wird eine Verlegung der Signalkabel in einem metallischen Kabelkanal der durchgehend verbunden und beidseitig an der Erdung (an den metallischen Gehäusen der Endgeräte) angeschlossen wird.
- (3) Die Kabelnummern und Kabelbeschriftungen sowie die Kabeltypen sind jeweils vor Beginn abzustimmen.
- (4) Die Isolierung der Kabel sollte der Norm nach IEC 60255-26 entsprechen.



Eigenschaften			Indoor Variante	Outdoor Variante	Bemerkungen
Cu-Leiter	IEC60228	feindrätig Kl. 5	ja	ja	
Abschirmung		Cu-Geflecht verzinkt	ja	Alu-kaschierte Folie + Cu-Geflecht verzinkt	
Brandklasse	BauPV Klassifizierung	mindestens	Cca s1-d1-a1	Dca s1-d1-a1	
UV-beständig			nein	ja	UV-, witterungs- und Ozonschutz

Tabelle 5: Beispiel Anforderungen an die Verkabelung

7. Strom-/Spannungswandlerkreise

- (1) Die überspannungsseitigen Wandlerkreise werden gemeinsam genutzt. Daher müssen sämtliche Manipulationen an den Strom- und Spannungskreisen möglichst sicher und eindeutig sein.
- (2) Durch klare Strukturen der Klemmenblöcke, sollen Fehlmanipulationen ausgeschlossen werden.

7.1 Allgemein

- (1) Die Messgruppen, beziehungsweise die Strom-/Spannungswandler auf Seite der Nationalen Netzgesellschaft haben in der Regel zwei Mess- und zwei Schutzkerne beziehungsweise –Wicklungen. Für die Auslegung der Wandler auf der Überspannungsseite ist die Nationale Netzgesellschaft verantwortlich und koordiniert diese mit dem VNB/KWB/KAB.
- (2) Der Eigentümer der Wandler ist verantwortlich für die korrekte Erdung der Wandlerkreise.
- (3) In Erneuerungsprojekten, welche ausschliesslich die Sekundärtechnik betreffen und die Primäranlage bestehen bleibt, sind die Wandlerklemmenblöcke gemäss der nachfolgend beschriebenen Struktur aufzubauen. Es sollen keine abweichenden Aufteilungen umgesetzt werden.
- (4) Für abweichende Ausgangslagen gilt dabei:

Ausgangslage	Stromwandler	Spannungswandler
zu wenige Kerne/Wicklungen pro Typ	Schutzgeräte werden in Serie angeschlossen.	Schutzgeräte werden parallel an die Wicklungen angeschlossen.
überzählige Kerne/Wicklungen pro Typ	Überzählige Kerne werden kurzgeschlossen und nicht weiterverdrahtet.	Überzählige Wicklungen werden nicht weitergegeben.

Tabelle 6: Nutzung von Kernen und Wicklungen von Wandlern



7.2 Stromwandler

- (1) Die Stromkreise der überspannungsseitigen Messkerne bleiben bei der Nationalen Netzgesellschaft und werden nicht dem VNB/KWB/KAB zur Verfügung gestellt.
- (2) Die Stromkreise der überspannungsseitigen Schutzkerne werden mittels 8-adrigen Kabel an den VNB/KWB/KAB weitergegeben.
- (3) Der Sternpunkt eines Wandlerkreises soll in den Räumlichkeiten des Eigentümers des Wandlers gebildet werden.

Kern	Block 1	Block 2	Block 3	Block 4
1 (Messung)	Nationalen Netzgesellschaft Hauptzähler	Sternpunkt		
2 (Messung)	Nationalen Netzgesellschaft Steuergerät	Nationalen Netzgesellschaft Kontrollzähler	Sternpunkt	
3 (Schutz)	Nationalen Netzgesellschaft Reserve, gegebenenfalls 2ter SSS/SVS	VNB/KWB/KAB Transformator-schutzsystem 1 / (2) gegebenenfalls autarker Störschreiber	Sternpunkt	
4 (Schutz)	Nationalen Netzgesellschaft SSS/SVS mit integriertem Maximalstromzeit-schutz	Nationalen Netzgesellschaft autarker Störschreiber	VNB/KWB/KAB Transformator-schutzsystem 2 / (1)	Sternpunkt

Tabelle 7: Stromwandler, Aufteilung Nationale Netzgesellschaft beziehungsweise VNB / KWB / KAB



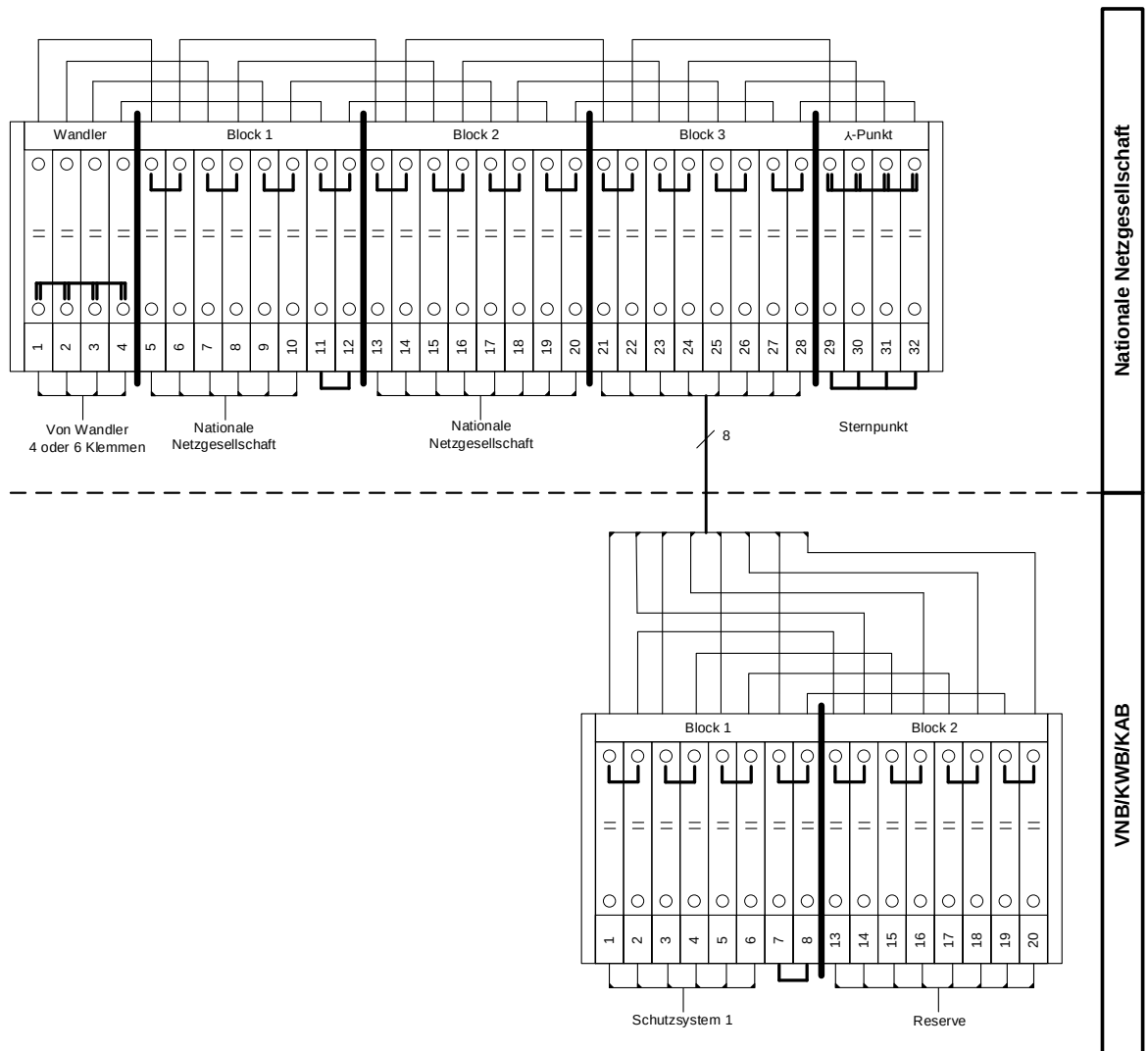


Abbildung 5: Beispiel der Stromwandler – Schnittstelle von einer Wicklung

- (4) Die Schnittstellen der einzelnen Stromkerne zum VNB/KWB/KAB müssen mit geeigneten Stromklemmen realisiert werden. Die Klemmenblöcke müssen folgende Anforderungen erfüllen können:
- Kurzschliessen und Trennen des Wandlers pro Phase
 - Ausschlaufen (trennen und kurzschliessen) einzelner Geräte aus dem Stromkreis

7.3 Spannungswandler

- (1) Lediglich die Schutzwicklungen der 220 kV oder 380 kV Wicklung werden an den VNB/KWB/KAB weitergegeben.

Wicklung	Block 1	Block 2	Block 3
1 (Messung)	Nationalen Netzgesellschaft Anzeigeeinstrument	Nationalen Netzgesellschaft Hauptzähler	Reserve
2 (Messung)	Nationalen Netzgesellschaft Steuergerät	Nationalen Netzgesellschaft SS-Abbild	Nationalen Netzgesellschaft Kontrollzähler
3 (Schutz)	Nationalen Netzgesellschaft nicht verwendet	VNB/KWB/KAB Transformatorschutzsystem 1 / 2 gegebenenfalls autarker Störschreiber	
4 (Schutz)	Nationalen Netzgesellschaft Reserve	Nationalen Netzgesellschaft gegebenenfalls autarker Störschreiber	VNB/KWB/KAB Transformatorschutzsystem 1 / 2

Tabelle 8: Spannungswandler, Aufteilung Nationale Netzgesellschaft beziehungsweise VNB / KWB / KAB



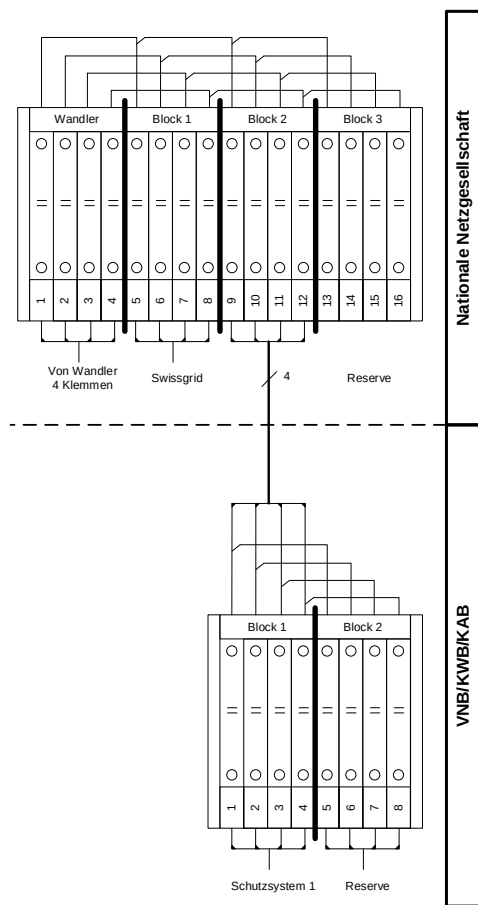


Abbildung 6: Übersicht der Spannungswandler - Schnittstelle

- (2) Die Wicklungen des Spannungswandlers sind so abzusichern, dass eine Fehlmanipulation seitens VNB/KWB/KAB nur die eigenen Schutzeinrichtungen tangiert. Die Selektivität ist dabei sicherzustellen.
- (3) Die Nationale Netzgesellschaft installiert einen Leitungsschutzschalter um die Kabelstrecke zwischen der Nationalen Netzgesellschaft und dem VNB/KWB/KAB zu schützen.

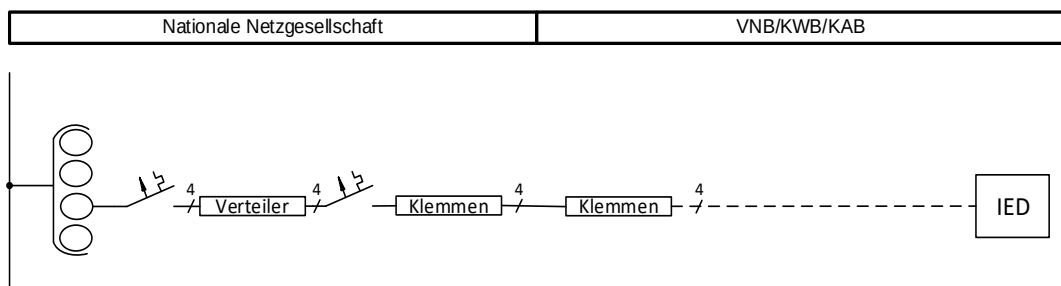


Abbildung 7: Beispiel für Wicklung 3, Spannungswandlerkreis

- (4) Die Nationale Netzgesellschaft ist verantwortlich für die Dimensionierung und Auslegung des Spannungswandler-Schutzschalters. Die Absicherung des VNB/KWB/KAB Spannungspfad ist so auszuführen, dass der Spannungswandler-Schutzschalter den Sekundärkreis vor Überlast bzw. Kurzschluss schützt.

- (5) Zur Verhinderung einer Fehlauslösung des Impedanzschutzes werden spezielle Hilfsschalterkontakte benötigt, die eine bestimmte zeitliche Zuordnung zu den Hauptkontakten des Schutzschalters besitzen. Die Signalkontakte aller Schutzschalter der Wicklungen, welche durch den VNB/KWB/KAB genutzt werden, müssen weitergegeben werden.

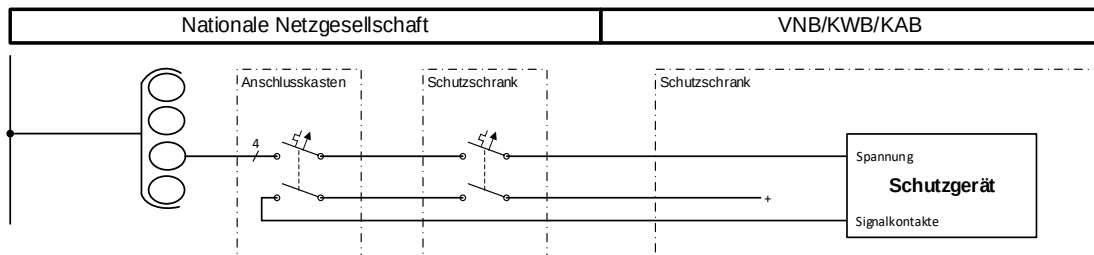


Abbildung 8: Signalkontakte Schutzschalter

8. Auslösekonzept, Schalterversagerschutz und Ein-Blockierung

8.1 Schutzauslösungen auf den Leistungsschalter der Gegenseite

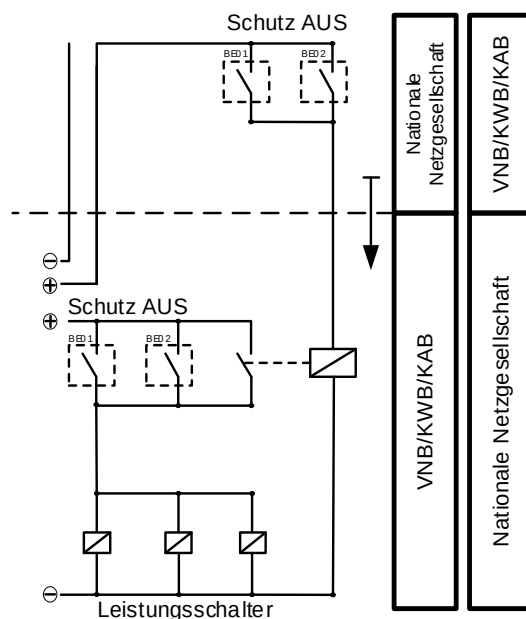


Abbildung 9: Auslösekreis für Aus 1 bzw. Aus 2

- (1) Die AUS-Befehle auf den eigenen Leistungsschalter werden direkt auf die beiden Auslösespulen geführt.
- (2) Die Auslösung der Gegenseite wird über ein Trip-Relais (Ansprechzeit ≤ 10 Millisekunden) direkt in die Auskreise eingeschleuft.
- (3) Zu Mess- und Prüfzwecken ist das jeweilige Minus-Signal an der Schnittstelle zur Verfügung zu stellen.

- (4) Bedingt durch die geografische Distanz zwischen den Anlagenteilen, kann in Ausnahmefällen eine Auslösung über einen elektrisch/optischen Umsetzer verwendet werden. Dabei ist zu beachten, dass die Umsetzer über einen Überwachungskontakt verfügen, um allfällige Störungen im Auslösekreis frühzeitig erkennen zu können. Die Auslösekreise sollen redundant aufgebaut werden. Insbesondere die Kommunikationsstrecken dürfen nicht durch beide Systeme gemeinsam genutzt werden. Der EIN-Befehl ist nach Möglichkeit mit der Kommunikationstrecke des AUS 1 zu kombinieren.

8.2 Schutzauslösungen über abgesetzte Schutzeinheiten oder Fernauslöseeinrichtungen

- (1) Je nach Situation muss der VNB/KWB/KAB seine Schutz-, Steuer-, Synchroncheckeinheit im Unterwerk der Nationalen Netzgesellschaft einbauen. Für diese abgesetzten Schränke sollte nach Möglichkeit ein eigener Raum mit eigenem Zugang zur Verfügung stehen. Die Nationale Netzgesellschaft stellt für diese Schränke alle benötigten AC/DC Spannungen zur Verfügung.

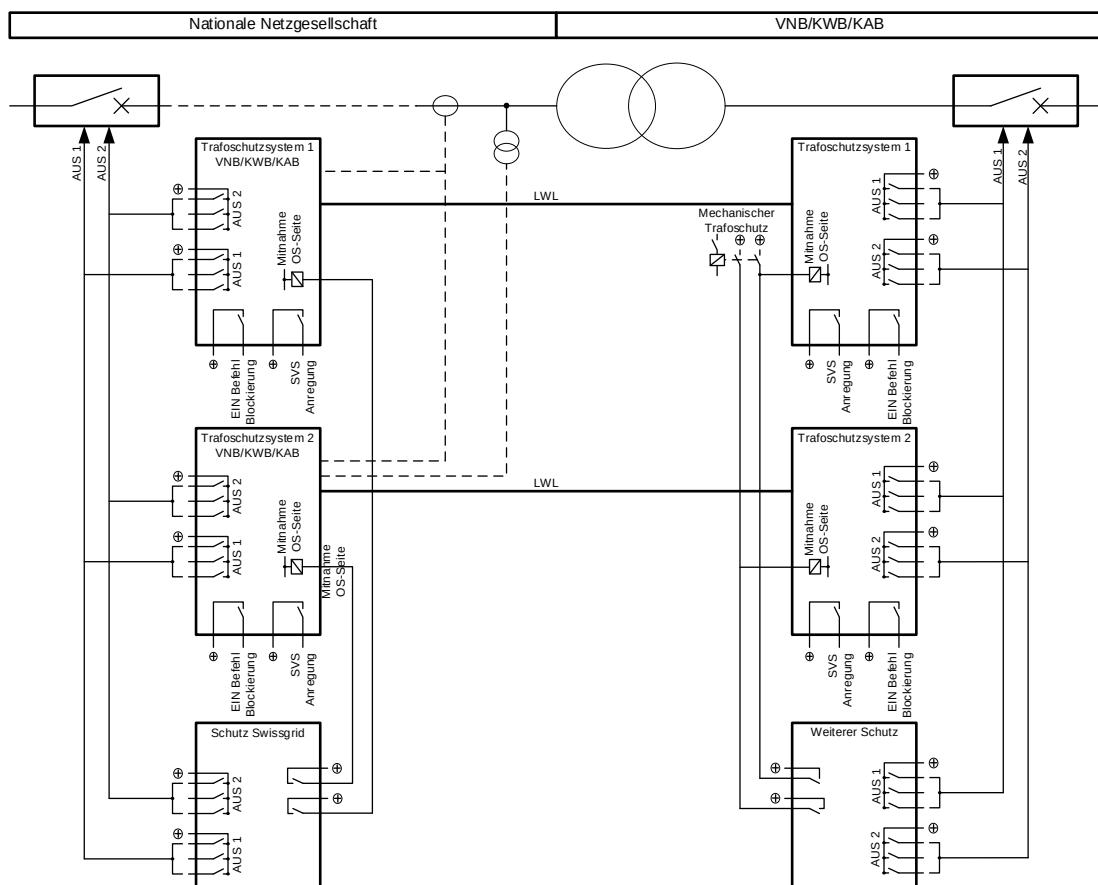


Abbildung 10: Prinzipdarstellung Anordnung der Schutzgeräte

- (2) Die Transformatorschutzsysteme 1 und 2 werden dezentral im Anlagenteil der Nationalen Netzgesellschaft sowie beim VNB/KWB/KAB eingebaut und sind über LWL verbunden. Die gegenseitigen externen Schutzauslösungen, wie z.B. mechanischer Transformatorschutz werden in beide Transformatorschutzsysteme eingelesen und unabhängig voneinander zur Gegenstation übermittelt. Die beiden Schutzsysteme 1 und 2 werden, wenn möglich von zwei unabhängigen DC-Systemen versorgt. Bei Anlagen mit nur einem DC-System gilt die Mindestanforderung, dass die beiden Schutzsysteme 1 und 2 separat abgesichert werden sollen.

- (3) Die beiden Transformatorschutzsysteme haben jeweils mindestens folgende Ein- und Ausgänge:
- 1 beziehungsweise 3 Kontakte für den Leistungsschalter Aus-Kreis 1
 - 1 beziehungsweise 3 Kontakte für den Leistungsschalter Aus-Kreis 2
 - 1 Kontakt für die Ein-Befehl Blockierung
 - 1 Kontakt für die SVS-Anregung
 - 1 Binäreingang für die Leistungsschalterauslösung an Gegenstation

8.3 Ausführungen der SVS-Anregungen

- (1) Für die Anregung des Schalterversagerschutzes wird differenziert zwischen Anregungen mit und ohne Kurzschlussstrom.

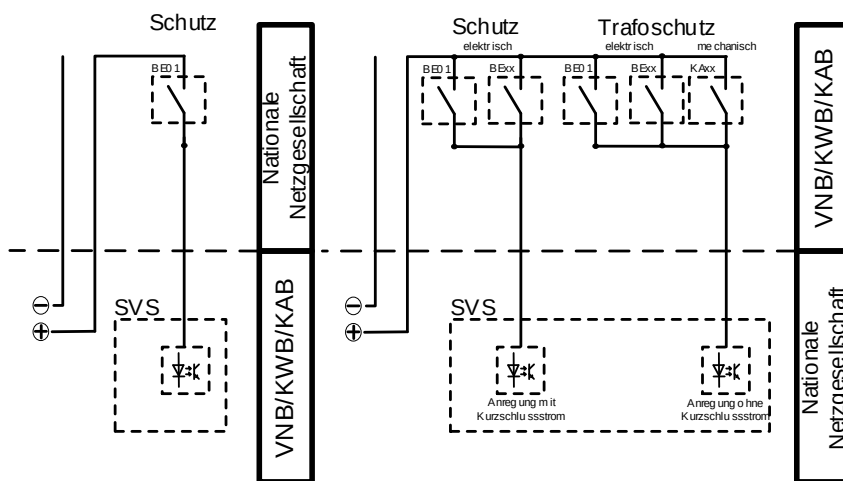


Abbildung 11: SVS-Anregung mit und ohne Kurzschlussstrom

8.3.1 Anregung mit Kurzschlussstrom

- (1) Die Anregung des SVS mit Kurzschlussstrom gruppiert alle Signale, die auf Grund eines elektrischen Fehlers mit genügend Kurzschlussstrom auftreten.

8.3.2 Anregung ohne Kurzschlussstrom

- (1) Die Anregung des SVS ohne Kurzschlussstrom gruppiert Signale aus Funktionen, die unter Umständen ohne charakteristischen Kurzschlussstrom auftreten.
- (2) Das Anregesignal ist unabhängig von der SVS-Anregung mit Kurzschlussstrom.
- (3) Zu den Funktionen ohne Kurzschlussstrom können auch stromschwache elektrische Schutzfunktionen (beispielsweise Differentialschutz) gehören.

8.3.3 SVS-Anregung Tertiärwicklung

- (1) Bei Transformatoren mit Tertiärwicklung müssen die Signale der SVS-Anregung sowohl auf die Hauptwicklung wie auch auf die Tertiärwicklung verteilt werden.

- (2) Die nachfolgende Grafik zeigt den Fall für die SVS-Anregung von der Oberspannungsseite. Die Schnittstelle zwischen VNB/KWB/KAB bleibt gleich und die Weitergabe der Signale erfolgt auf der Unterspannungsseite.

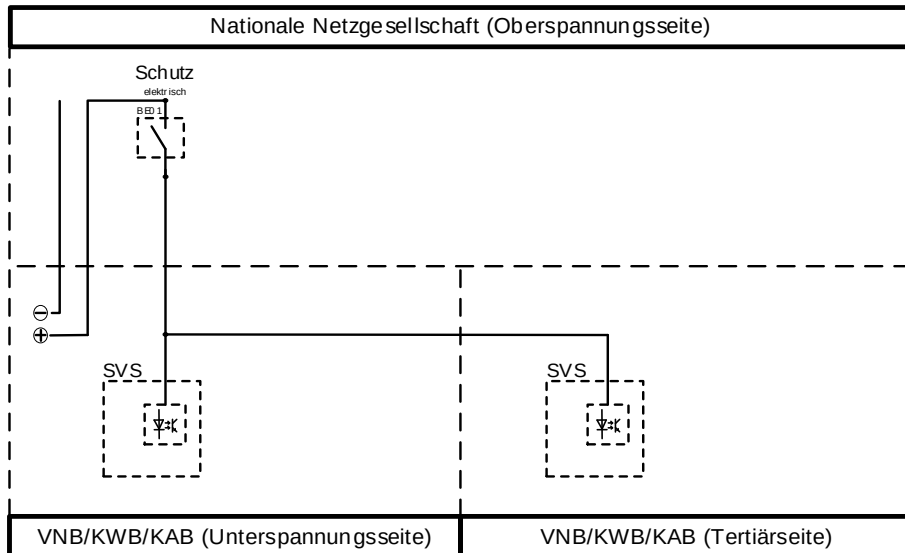


Abbildung 12: SVS-Anregung Tertiärwicklung

8.4 Schnittstelle EIN-Befehl Blockierung Leistungsschalter

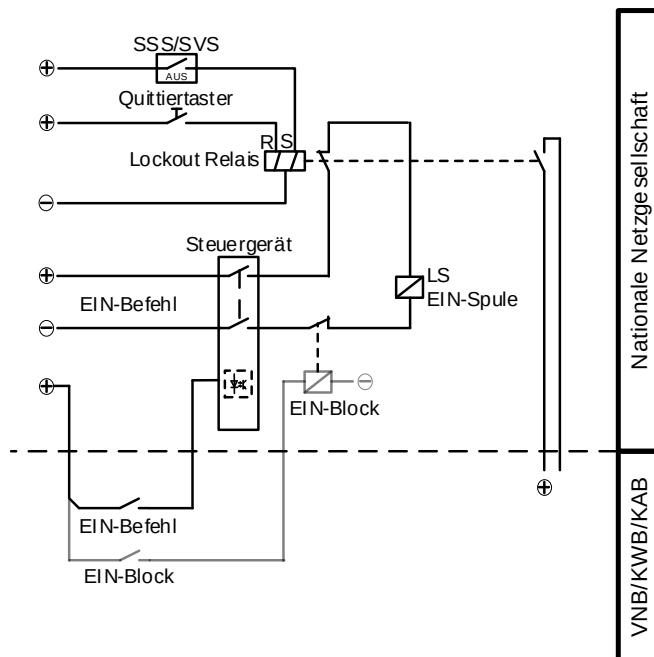


Abbildung 13: EIN-Blockierung

- (1) Auslösungen vom Sammelschienen- oder Transformatorschutz können eine Blockierung des Einschaltbefehls zur Folge haben. Dabei muss neben dem eigenen EIN-Befehl auch derjenige des Partners blockiert werden.
- (2) Zur Blockierung ist ein Lockoutrelais einzusetzen, welches den Einschaltbefehl bis zur Quittierung unterbricht.
- (3) Die Quittierung der Blockierung erfolgt nach Kontrolle und Freigabe. Die Quittierung erfolgt bei einer Sammelschienenschutzauflösung durch die Nationale Netzgesellschaft und bei einer Transformator-schutzauflösung durch den VNB/KWBKAB.
- (4) Eine allfällige Selbsthaltung liegt im Ermessen der Nationalen Netzgesellschaft beziehungsweise dem VNB/KWB/KAB und soll von beiden Parteien zusammen geregelt werden.
- (5) Der EIN-Block seitens VNB/KWBKAB ist so auszuführen, dass bei einer anstehenden EIN-Blockierung der Minus des Leistungsschalters der Nationale Netzgesellschaft unterbrochen wird.
- (6) Zu Mess- und Prüfzwecken sind die jeweiligen Minussignale an der Schnittstelle zur Verfügung zu stellen.

9. Schnittstelle von Rückmeldungen für Schutz und Verriegelungen

9.1 Meldespannungen

- (1) Nötige Rückmeldungen für Schutz und Verriegelungen werden gegenseitig, möglichst direkt vom Geber potentialfrei zur Verfügung gestellt. Zu Mess- und Prüfzwecken sind die jeweiligen Minussignale an der Schnittstelle zur Verfügung zu stellen.

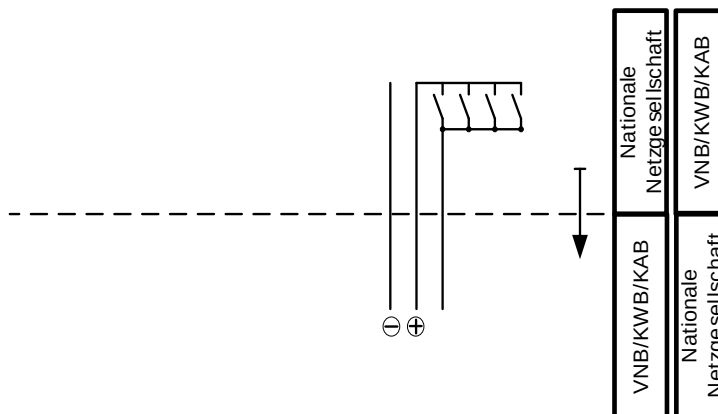


Abbildung 14: Prinzip Meldespannung

9.2 Signalumfang pro Kabel

- (1) Die nachfolgende Auflistung zeigt eine mögliche Aufteilung der Signale, in Anlehnung an die in Kapitel 6.2 definierten Kabel.

Kabelbezeichnung	Signal	Richtung OS→US US→OS	Präzisierung
Auslösung 1	Auslösung 1 US → OS	US→OS	
	EIN-Blockierung US → OS	US→OS	Zum Beispiel: Blockierung nach SVS- Auslösung, mechanische Schutz, Differential-Schutz, usw.
	LS OS-Seite EIN-Befehl	US→OS	Mit Freigabe im Steuergerät
	Überwachung Spannungswandler Schutzwicklung 3	OS→US	Alle Automaten der Wicklung
	Hand EIN Befehl (SOTF)	OS→US	sofern benötigt
	Rückmeldung Leistungsschalter OS EIN	OS→US	sofern benötigt
	Auslösung 1 OS → US	OS→US	
	EIN-Blockierung OS → US	OS→US	Zum Beispiel: Signalisierung Blockierung nach SVS-Auslösung
Auslösung 2	Auslösung 2 US → OS	US→OS	
	Anregung SVS mit Kurzschlussstrom	US→OS	
	Anregung SVS ohne Kurzschlussstrom	US→OS	
	Überwachung Spannungswandler Schutzwicklung 4	OS→US	Alle Automaten der Wicklung
	Hand EIN Befehl (SOTF)	OS→US	sofern benötigt
	Rückmeldung Leistungsschalter OS EIN	OS→US	sofern benötigt
	Auslösung 2 OS → US	OS→US	
	SVS-Auslösung	OS→US	Signalisierung
Verriegelungen US → OS	LS US-Seite OFFEN	US→OS	Verriegelung
	LS US-Seite GESCHLOSSEN	US→OS	
	Abgangstrenner US-Seite OFFEN	US→OS	Verriegelung
	Abgangstrenner US-Seite GESCHLOSSEN	US→OS	
	Abgangserder US-Seite OFFEN	US→OS	Verriegelung
	Abgangserder US-Seite GESCHLOSSEN	US→OS	
Verriegelungen/Rückmeldungen OS → US	LS OS-Seite OFFEN	OS→US	Verriegelung
	LS OS-Seite GESCHLOSSEN	OS→US	Verriegelung
	Abgangstrenner OS-Seite OFFEN	OS→US	Verriegelung
	Abgangstrenner OS-Seite GESCHLOSSEN	OS→US	
	Abgangserder OS-Seite OFFEN	OS→US	Verriegelung
	Abgangserder OS-Seite GESCHLOSSEN	OS→US	
	SS1-Trenner OFFEN	OS→US	
	SS1-Trenner GESCHLOSSEN	OS→US	
	SS2-Trenner OFFEN	OS→US	
	SS2-Trenner GESCHLOSSEN	OS→US	
	LS OS-Seite bereit	OS→US	
	Schaltheinheit Lokal oder Not	OS→US	Keine Fernsteuerung möglich
	Technische Störung OS	OS→US	Signalumfang muss im Projekt definiert werden.
Befehle	LS OS-Seite EIN-Befehl	US→OS	



Kabelbezeichnung	Signal	Richtung OS→US US→OS	Präzisierung
US → OS	LS OS-Seite AUS-Befehl	US→OS	
	Abgangstrenner OS-Seite EIN-Befehl	US→OS	
	Abgangstrenner OS-Seite AUS-Befehl	US→OS	
	Abgangserder OS-Seite EIN-Befehl	US→OS	
	Abgangserder OS-Seite AUS-Befehl	US→OS	
	SS1-Trenner OS-Seite EIN-Befehl	US→OS	
	SS1-Trenner OS-Seite AUS-Befehl	US→OS	
	SS2-Trenner OS-Seite EIN-Befehl	US→OS	
	SS2-Trenner OS-Seite AUS-Befehl	US→OS	
	Technische Störung US	US→OS	Signalumfang muss im Projekt definiert werden.
Strom	Schutzkern 3	OS→US	Gemäss vorliegendem Dokument
	Schutzkern 4	OS→US	Gemäss vorliegendem Dokument
Spannung	Schutzwicklung 3	OS→US	Gemäss vorliegendem Dokument
	Schutzwicklung 4	OS→US	Gemäss vorliegendem Dokument
IEC60870-5-101	Signale, die keine direkte Relevanz für die Verriegelungen und Blockierungen des Feldes haben, sollen per Protokoll ausgetauscht werden. Ausgenommen von der seriellen Übertragung mittels IEC101, sind Signale, die keine direkte Relevanz zum NE2 Transformator haben.		

Tabelle 9: Kabelaufteilung für Schnittstelle

- (2) Die grau hinterlegten Signale sollen per IEC101 ausgetauscht werden. Wo keine IEC101 Verbindung gewünscht ist, findet der Signalaustausch über eine Kupferschnittstelle statt.
- (3) Der Signalumfang kann abhängig von der Anlagentopologie variieren.
- (4) Entsprechende Reserven sind einzuplanen.



10. Kontrolle DC-Spannungsabfall bei Leistungsschalterauslösung

- (1) Die Spannungsabfälle in den Zuleitungen müssen soweit minimiert werden, dass die Betriebsmittel in ihrem vorgeschriebenen Spannungsbereich von +10 % bzw. -30 % betrieben werden können.
- (2) Insbesondere bei den Auslöserelais ist der Spannungsabfall genau zu untersuchen. Bei der Festlegung der Steuerskabelquerschnitte sind die Selektivitäten beziehungsweise das Auslöseverhalten der Sicherungsautomaten gemäss NIV/NIN zu überprüfen.
- (3) Bei Ausfall der Gleichrichtereinspeisung wird die DC-Spannung kontinuierlich sinken. Es ist festzuhalten, mit welcher minimalen DC-Spannung die Anlage noch betrieben werden kann. Die Verantwortung liegt beim jeweiligen Anlagebetreiber (Nationale Netzgesellschaft beziehungsweise VNB/KWB/KAB).

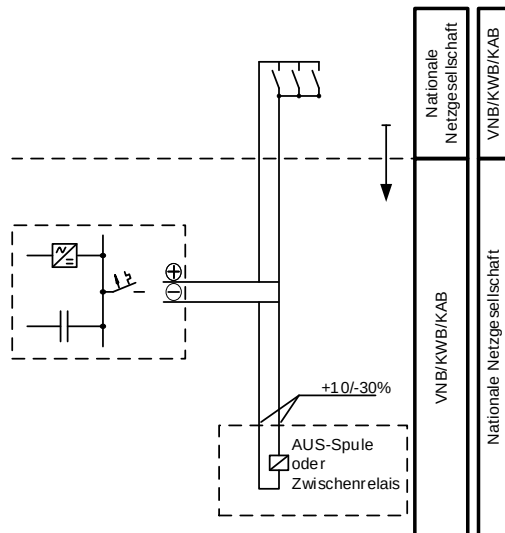


Abbildung 15: Spannungsabfall

11. Anlagenübergreifende Verkabelung

- (1) Alle Adern der Sekundärkabel sind vollständig auf beiden Seiten auf Trennklemmen anzuschliessen. Der jeweilige Anlage-Betreiber legt den Klemmentyp fest. Die eingesetzten Kabeltypen sollten eine Adernnummerierung aufweisen.

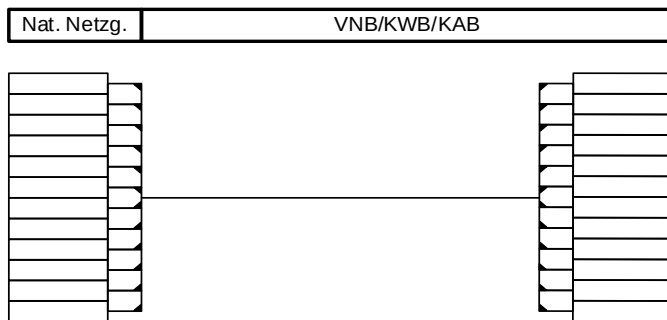


Abbildung 16: Kabelaufschaltung

12. Kraftwerk-stationsnahe Fehler

- (1) Die Aufteilung der Schutzsysteme ist im Kapitel 3 beschrieben. In diesem Kapitel sind die Schutzfunktionen und deren Schutzzonen dargestellt, sowie deren Eigentum und Verantwortlichkeit.
- (2) Im Störfall (Kurzschluss, Erdschluss) beeinflussen sich die Netze der Nationalen Netzgesellschaft und von dem VNB/KWB/KAB gegenseitig, insbesondere durch den eingespeisten Fehlerstrom. Das Ausmass dieses Einflusses hängt von mehreren Faktoren wie der Netztopologie, dem Fehlerort oder der Fehlerart ab.
- (3) Speziell kritisch sind die Anschlüsse von Kraftwerken, die je nach Bauart mehr oder weniger grosse DC-Komponenten auf einen Fehler einspeisen können. In dieser Beziehung sind moderne Asynchron-Maschinen besonders kritisch.
- (4) Die Generatorleistungsschalter (GLS) sind konzipiert und dimensioniert um DC-Komponenten auszuschalten. Dagegen können Hochspannungsleitungsschalter (HLS) Ströme ohne Nulldurchgang nicht ausschalten. In diesem speziellen Fall muss eine bedingte Auslöse-Logik (Fernauslösung des GLS) eingesetzt werden.
- (5) Der VNB/KWB/KAB muss der Nationalen Netzgesellschaft bei dem Anschluss eines Kraftwerkes so früh wie möglich über die Gefahr einer Ausschaltung mit einem verspäteten Nulldurchgang informieren und die Ergebnisse von Simulationen oder Messungen zur Verfügung stellen.

Anhang 1: Dokumentenspezifische Abkürzungen

Nationale Netzgesellschaft (Swissgrid)	Übertragungsnetzbetreiber
KAB	Kundenanlagenbetreiber
KWB	Kraftwerksbetreiber
VNB	Verteilnetzbetreiber
NAP	Netzanschlusspunkt
OS	Oberspannungsseite (Primärseite des Transformators)
US	Unterspannungsseite (Sekundär- / Tertiärseite des Transformators)
SSS	Sammelschienenschutz
SVS	Schalerversagerschutz
DIST	Distanzschutz
DIFF	Differentialschutz
IMAX	Maximalstromzeitschutz (UMZ)
LWL	Lichtwellenleiter

