

Branchendokument

Technische Anforderungen an die automatische Frequenzentlastung

Technische Bestimmung zum Anschluss, Betrieb
und Nutzung des Verteilnetzes

UFLS – CH 2025

Impressum und Kontakt

Herausgeber

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE
Hintere Bahnhofstrasse 10, Postfach
CH-5001 Aarau
Telefon +41 62 825 25 25
Fax +41 62 825 25 26
info@strom.ch
www.strom.ch

Autoren der Erstausgabe (2016)

Vorname Name	Firma	Funktion
Bruno Wartmann	ewz	Leiter AG
Cédric Buholzer	Groupe E SA	Mitglied AG
Deborah Koch	FMV AG	Mitglied AG
Eric Stohrer	EBM	Mitglied AG
Kay Borchert	BKW AG	Mitglied AG
Laurent Niclass	SIG SA	Mitglied AG
Luca Malacrida	AET	Mitglied AG
Richard Graf	AXPO	Mitglied AG
Vitus Müller	SAK AG	Mitglied AG
Walter Sattinger	Swissgrid	Mitglied AG
Yann Gosteli	CKW AG	Mitglied AG
Andreas Degen	VSE	Mitglied AG

Autoren der Zweitausgabe 2025

Vorname Name	Firma	Funktion
Bruno Wartmann	wab-consulting Inhaber Wartmann GmbH	Leiter AG
Katharina Küng	ewz	Mitglied AG
Daniel Mettler	EKZ	Mitglied AG
Asja Derviskadic	Swissgrid	Mitglied AG
Walter Sattinger	Swissgrid	Mitglied AG
Matthias Wolf	Primeo Energie	Mitglied AG
Matthias Dietrich	BKW Energie AG	Mitglied AG
Markus Süess	Axpo Grid AG	Mitglied AG
Martin Scheuber	SAK AG	Mitglied AG
Martin Albisser	Swissgrid	Mitglied AG
Yann Gosteli	CKW AG	Mitglied AG
Christina Tzanetopoulou	VSE / AES	Mitglied AG
Felix Bärtschi	VSE / AES	Mitglied AG

Verantwortung Kommission

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



Chronologie

Datum	Kurzbeschreibung
Erstausgabe 2016	
Dezember 2015	Arbeitsaufnahme durch die Arbeitsgruppe (AG)
11. März 2016	Genehmigung durch die KO Netztechnik & Betrieb
08.07.2016	Branchenvernehmlassung
15.08.2016	Genehmigung VSE-GL
07.09.2016	Genehmigung VSE-Vorstand
Zweitausgabe 2025	
Dezember 2024	Arbeitsaufnahme durch die Arbeitsgruppe (AG)
Juli 2025	Genehmigung durch die KO Netztechnik & Betrieb
18.8-28.9.2025	Branchenvernehmlassung
20.10.2025	Genehmigung VSE-GL
4.11.2025	Genehmigung VSE-Vorstand

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

Der VSE verabschiedete das Dokument am 04. November 2025.

Druckschrift Nr. 1040/d, Ausgabe 2025

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.



Inhaltsverzeichnis

Vorwort	6
1. Einleitung.....	7
2. Rahmenbedingungen	10
2.1 ENTSO-E	10
Allgemeine Grundsätze.....	10
Pumpspeicherwerke.....	10
2.2 Bundesgesetz über die Stromversorgung.....	10
3. Umsetzung Schweiz.....	11
4. Stufenplan mit Lastabwurfgruppen	11
4.1 Stufenplan	11
4.2 Lastabwurfgruppen	13
4.2.1 Aufteilung	13
4.2.2 Bandbreite der Lastabwurfgruppen	13
4.2.3 Rotation.....	13
4.3 Grundgedanken von Umsetzung 2016, Gruppenaufteilung A & B	13
4.3.1 Umsetzungsmöglichkeit 1	14
4.3.2 Umsetzungsmöglichkeit 2.....	14
5. Bestimmung der Referenznetzlast.....	14
6. Definition der Fehler- sowie Auslösezeiten.....	17
6.1 Definition der Fehlerklärungszeit.....	17
6.2 Erläuterungen zur Auslösezeit	18
7. Realisierung	19
7.1 Grundsätze für die Realisierung.....	19
7.2 Spannungsblockierung.....	20
8. UFLS-Netzgruppen	21
9. Systemdienstleistungen	22
10. Technische und betriebliche Aspekte	22
10.1 Zeitlich begrenzte Blockierung der UFLS-Funktion	22
10.2 UFLS befreite Abzweige	22
10.3 Mitnahmen von UFLS-Auslösungen bei MS Ringen	22
10.4 Leerlaufende Transformatoren oder Sammelschienen	23
11. Pumpspeicherkraftwerk und Batteriespeicher	24
11.1 Pumpspeicherkraftwerke.....	24
11.2 Batteriespeicher	24
12. Anforderungen an die Frequenzschutzfunktion und deren Einstellungsbereiche	25
13. Mögliche Verfahren für die Prüfung der Frequenzschutzfunktion.....	27
13.1 Unterfrequenz bei Nennspannung und Wirkleistungsabgabe	27
13.2 Unterfrequenz bei Unterschreiten der Freigabespannung.....	28
13.3 Prüfung Wirkleistungsrichtung	29
14. Exemplarische Umsetzungsbeispiele	30
14.1 UFLS-Lastgruppenauswahl am Transformator mit Auslösung im MS-Leitungsfeld	30



14.2	UFLS-Lastgruppenauswahl und Auslösung im MS Leitungsfeld	31
15.	Verhalten nach einem UFLS-Ereignis	32
15.1	Allgemeine Grundsätze	32
16.	Reporting, Monitoring und Protokollierung	33
16.1	Reporting für das Verteilnetz	33
16.2	Reporting Pumpspeicherkraftwerke	35
17.	Ausblick	36

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Übersicht der Letztmassnahmen	7
Abbildung 2:	Massnahmen zur Frequenzstabilisierung	8
Abbildung 3:	Empfehlung UFLS-Umsetzung Schweiz	11
Abbildung 4:	Darstellung der Lastabwurfgruppen	13
Abbildung 5:	UFLS-Umsetzungsvorschlag 2016	14
Abbildung 6:	Bestimmung der Referenznetzlast	15
Abbildung 7	Formel zur Berechnung der Referenzlast	16
Abbildung 8:	Fall 2: Verbrauchernetz mit zeitweiser Einspeisung	16
Abbildung 9:	Fehlerklärungszeit unter Idealbedingungen	17
Abbildung 10:	Übersicht der Auslösezeit von einem Schutzgerät	18
Abbildung 11:	Prinzipschaltung der wirkleistungsrichtungsabhängigen Frequenzschutzfunktion	19
Abbildung 12:	Berechnungsbeispiel Spannungsblockierung	20
Abbildung 13:	Beispiel Ferroresonanz leerlaufende MS-Sammelschiene	23
Abbildung 14:	Beispiele für Erkennung der Wirkleistungsrichtung	26
Abbildung 15:	Prüfung Unterfrequenzfunktion bei Nennspannung	27
Abbildung 16:	Prüfung Unterfrequenzfunktion unter der Freigabespannung	28
Abbildung 17:	Prüfung der Wirkleistungsrichtung (Beispiel ohne Auslösung)	29
Abbildung 18:	Beispiel UFLS Lastgruppenauswahl am Trafo mit Auslösung MS-Leitungsfeld	30
Abbildung 19:	Beispiel UFLS-Lastgruppenauswahl und Auslösung MS Leitungsfeld	31
Abbildung 20:	Musterbericht für VNB	34
Abbildung 21	Beispiel für VNB mit mehreren NE1 Übergabestellen / Teilnetze	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Abwurfplan	12
Tabelle 2:	Empfehlung Schutzeinstellungen von Pumpen	24
Tabelle 3:	Einstellwerte für den frequenzabhängigen Lastabwurf	25



Vorwort

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

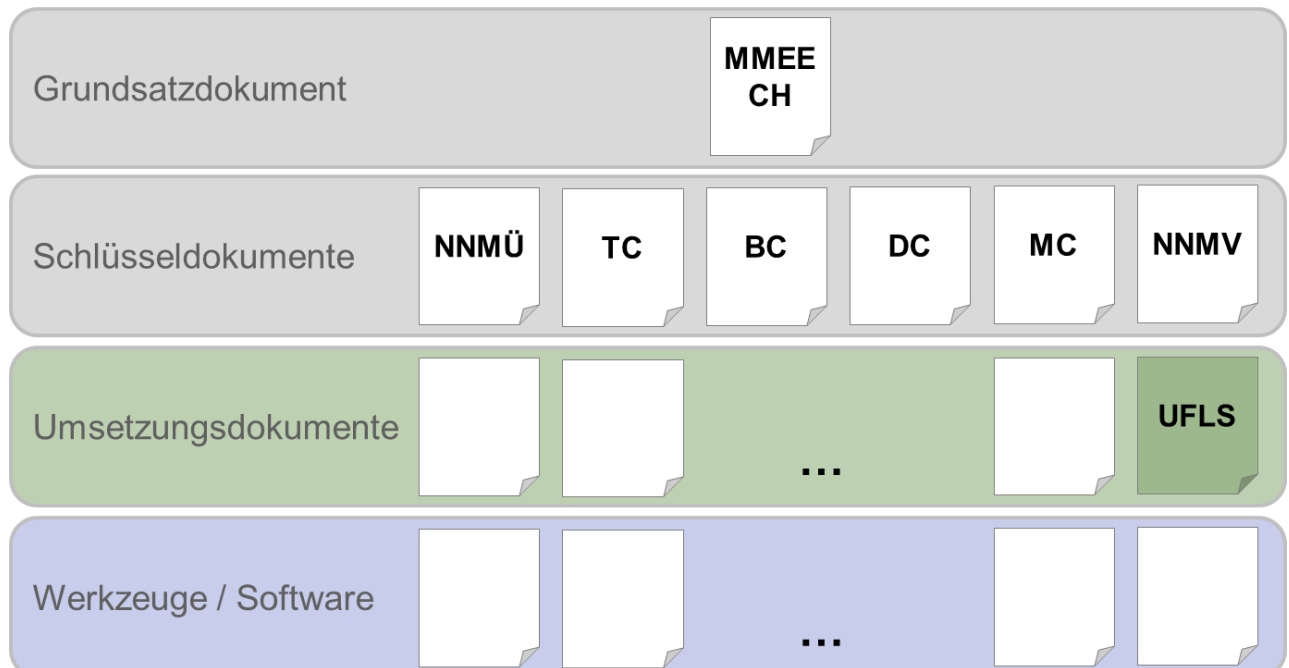
Branchendokumente werden von Branchenexperten im Sinne des Subsidiaritätsprinzips ausgearbeitet, regelmässig aktualisiert und erweitert. Bei den Bestimmungen, welche als Richtlinien im Sinne des StromVV gelten, handelt es sich um Selbstregulierungsnormen.

Die Dokumente sind hierarchisch in vier unterschiedliche Stufen gegliedert

- Grundsatzdokument: Marktmodell Elektrische Energie (MMEE)
- Schlüsseldokumente
- Umsetzungsdokumente
- Werkzeuge/Software

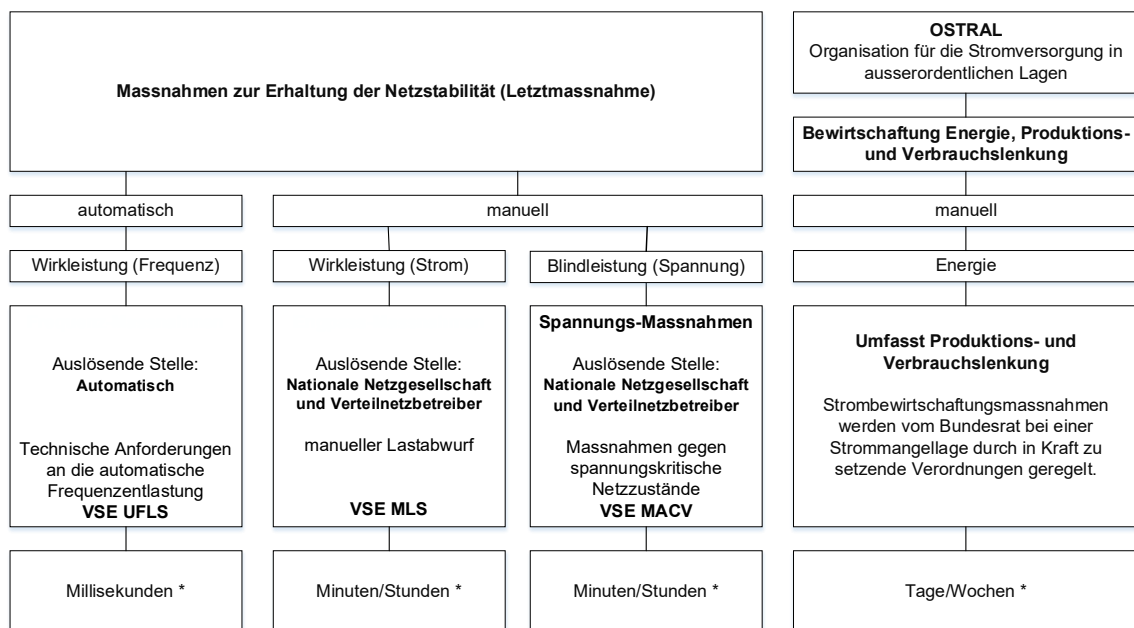
Beim vorliegenden Dokument „Technische Anforderungen an die automatische Frequenzentlastung“ handelt es sich um ein Umsetzungsdokument.

Dokumentstruktur



1. Einleitung

- (1) Das Übertragungsnetz stellt das Rückgrat für eine sichere elektrische Energieversorgung in der Schweiz und Europa dar. In seiner ursprünglichen Ausgestaltung wurde es für eine bedarfsgerechte Einspeisung elektrischer Energie ausgelegt (lastnah und lastfolgend) und optimiert. Lastferne und zudem fluktuierende Erzeugung spielte bei der Entwicklung der Übertragungsnetze im Zeitraum bis ins Jahr 2000 keine Rolle.
- (2) Die Umsetzung der politischen Ziele in Europa und besonders in der Schweiz, zum Beispiel Energiestrategie 2050, führt zu einer grundlegenden Neustrukturierung der Elektrizitätswirtschaft, die u.a. gekennzeichnet ist durch:
 - die Zunahme des europäischen Stromhandels mit lastferner Erzeugung
 - den Ausbau der Windenergie
 - den massiven Ausbau der Solarenergie
 - die stetig zunehmende Integration Erneuerbarer Energien in die Verteilnetze
 - die geplante Stilllegung von Kernkraftwerken sowie von Braun-/Steinkohlekraftwerke
 - neue, zunehmend lastferne Standorte erneuerbaren Kraftwerksleistung
 - den zunehmenden Leistungsaustausch mit den Nachbarländern der Schweiz



* Vorlauf-/Reaktionszeit

Abbildung 1: Übersicht der Letztmassnahmen

- (3) Das Bundesgesetz über die Stromversorgung (StromVG) und die dazugehörige Verordnung (StromVV) regeln die Grundsätze für die Gewährleistung eines sicheren, leistungsfähigen und effizienten Netzbetriebs. Dabei kommt dem Zusammenspiel der regionalen und kommunalen Netzbetreiber einerseits und der nationalen Netzgesellschaft andererseits eine zentrale Rolle zu. Bei der Gefährdung eines stabilen Netzbetriebs ist die Abstimmung der verschiedenen Massnahmen und



der involvierten Netzebenen von zentraler Bedeutung. Die vorliegende Branchenempfehlung bildet die Grundlage für die Zusammenarbeit und Koordination der involvierten Verteilnetzbetreiber für die Sicherstellung eines stabilen Netzbetriebs auf Netzebene 2 -7 einerseits und der nationalen Netzgesellschaft als auslösender Systembetreiberin auf Netzebene 1 andererseits. Insbesondere soll sie zur Vorbereitung einer Kaskade (hintereinander geschaltete Netze) möglicher Massnahmen der Netzbetreiber zur Sicherstellung eines stabilen Netzbetriebs dienen. In Abbildung 1 sind die 3 Letztmassnahmen dargestellt mit der Gegenüberstellung von OSTRAL.

- (4) Zur Frequenzhaltung im Übertragungsnetz ist die nationale Netzgesellschaft im Rahmen ihrer Verantwortung für den zuverlässigen Systembetrieb zur Vorhaltung von Primärregel-, Sekundärregel- und Tertiärregelreserve verpflichtet.

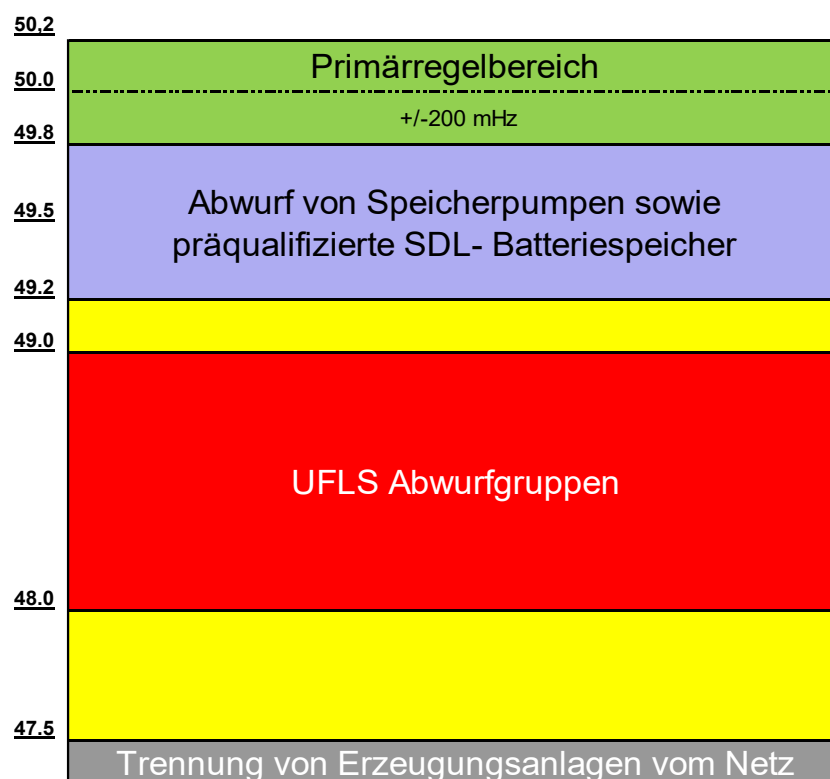


Abbildung 2: Massnahmen zur Frequenzstabilisierung

- (5) Sind diese Regelleistungen nicht in der Lage, die Netzfrequenz zu stabilisieren oder kommt es störungsbedingt zu einem plötzlichen Absinken der Frequenz, ist die Aktivierung weiterer Massnahmen z.B. mit Abwurf von Speicherpumpen notwendig. Wenn trotz diesen Massnahmen die Frequenz weiter sinkt, werden zusätzliche Lasten beim Verteilnetzbetreiber zwischen 49,0 Hz und 48,0 Hz automatisch abgeschaltet. Damit soll ein weiteres Absinken der Netzfrequenz verhindert bzw. ein Wiederherstellen des Leistungsgleichgewichtes erreicht werden. Bei 47,5 Hz trennen sich zusätzlich die Erzeugungsanlagen vom Netz [siehe Abbildung 2].

- (6) Mit der Einführung des UFLS (Under Frequency Load Shedding) in der Schweiz im Jahr 2007 wurde der Schwerpunkt auf einen Lastabwurf beim NE4 Transformator gelegt. Mit all den obig genannten Aspekten muss das UFLS-Konzept verfeinert werden und die UFLS-Auslösungen sollten ausschliesslich in den Mittelspannungs-Leitungsabgängen im Unterwerk realisiert werden.
- (7) Bei Neuanlagen oder bei grösseren Retrofit-Umbauten sollten die primär- sowie sekundärtechnischen Gegebenheiten so umgesetzt werden, dass die Anforderungen an die richtungsabhängige UFLS-Funktion, die Auslösezeiten und die Spannungsfreigabe der aktuell gültigen Anforderung an die automatische Frequenzentlastung erfüllt sind.
- (8) Grundeinstellungen der Frequenzschutzfunktionen, wie z.B. Frequenzstufen, Unterspannungsblokierung oder Fehlerklärungszeit sollten innerhalb der periodischen 5 Jahres-Schutzprüfungen überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.
- (9) Im vorliegenden VSE-Dokument „Technische Anforderungen an die automatische Frequenzentlastung“ wird für die automatische Frequenzentlastung die Abkürzung UFLS (Under Frequency Load Shedding) verwendet. Anstelle von UFLS verwendet die nationale Netzgesellschaft die Abkürzung LFDD (Low Frequency Demand Disconnection).
- (10) Massnahmen im überfrequenten Bereich für Batteriespeicher sind nicht Bestandteil dieses Dokuments.
- (11) Die vorliegende Branchenempfehlung befasst sich nicht mit den finanziellen Aspekten von automatischen Frequenzentlastungen.



2. Rahmenbedingungen

2.1 ENTSO-E

Allgemeine Grundsätze

- (1) Der Emergency and Restoration Code sowie das Continental Europe Synchronous Area Framework Agreement (SAFA) sind die grundlegenden Vorgaben an die Funktion des UFLS. Die Implementation muss mindestens folgende Punkte abdecken:
 - Der Lastabwurf erfolgt im Frequenzbereich zwischen 49,0 Hz und 48,0 Hz.
 - In der ersten Stufe (49.0 Hz) ist min. 5% der Gesamtlast abzuwerfen.
 - In Summe soll zwischen 49.0 und 48.0 Hz eine Gesamtlast von 45% \pm 7% abgeworfen werden
 - Der Lastabwurf soll in mindestens 6 Stufen erfolgen (inklusive der ersten Stufe bei 49.0 Hz)
 - Der maximale Lastabwurf je Stufe darf 10% der Gesamtlast nicht überschreiten.
 - Es sollen zusätzliche Totzeiten vermieden werden, die über die Reaktionszeit der Schutzeinrichtungen sowie Leistungsschalter hinausgehen.
 - Es wird empfohlen, dass die Stufen zwischen den einzelnen Abwurfstufen zwischen 100 und 200 mHz liegen.
 - Es wird empfohlen, die Unterspannungsblockierung der Frequenzfunktion zwischen 30% und 90% U_c vorzusehen.
 - Die Fehlerklärungszeit soll 300 Millisekunden (Summe aus Messung, Berechnung, Eigenzeit Hilfsrelais und Eigenzeit Leistungsschalter) nicht überschreiten.
- (2) Um die erforderliche Wirkung zu erreichen, muss der UFLS flächendeckend, gleichmässig, dezentral und autark aufgebaut sein. Alle Netznutzer haben sich entsprechend den festgelegten Regeln daran zu beteiligen.

Pumpspeicherwerke

- (3) Für den automatischen frequenzabhängigen Abwurf von Speicherpumpen im Pumpbetrieb sind folgende Eckwerte festgelegt:
 - Auslösung zwischen 49,8 Hz und 49,2 Hz mit einer Fehlerklärungszeit < 10 sec.
 - Auslösung bei 49,2 Hz mit einer Fehlerklärungszeit < 300 ms.
 - Unter 49,2 Hz müssen alle Speicherpumpen im Pumpbetrieb vom Netz getrennt sein

2.2 Bundesgesetz über die Stromversorgung

- (1) Die nationale Netzgesellschaft vereinbart mit den an das Übertragungsnetz angeschlossenen Verteilnetzbetreibern, Erzeugern, Endverbrauchern und Speicherbetreibern auf einheitliche Weise alle notwendigen Massnahmen, die sie zur Vermeidung oder zur Beseitigung einer Gefährdung des sicheren Betriebs des Übertragungsnetzes ergreift.
- (2) Die Verteilnetzbetreiber stellen mit entsprechenden Vereinbarungen sicher, dass sie ihre Verpflichtungen gegenüber der nationalen Netzgesellschaft erfüllen können.



- (3) Besteht eine unmittelbare und erhebliche Gefährdung, so ordnet die nationale Netzgesellschaft solche Massnahmen an, insbesondere beim Fehlen einer Vereinbarung.
- (4) Die nationale Netzgesellschaft ordnet Ersatzmassnahmen an, wenn Massnahmen nicht wie vereinbart oder angeordnet umgesetzt werden. Die durch Ersatzmassnahmen verursachten Mehrkosten tragen die Säumigen.

3. Umsetzung Schweiz

- (1) Mit der Auslösung der automatischen Frequenzentlastung befindet sich das Übertragungsnetz im gestörten Netzzustand (Notzustand) und die nationale Netzgesellschaft erklärt die kritische Netzsituation. Die Netzbetreiber sind von Gesetzes wegen verpflichtet, sowohl vorbereitende Massnahmen als auch Massnahmen zur Wiederherstellung des normalen Netzzustands zu ergreifen (vgl. StromVG Art. 8, Art. 20 Abs. 1 lit. c und Art. 20a).
- (2) Die Umsetzung hat diskriminierungsfrei und auf einheitliche Weise zu erfolgen. Aus diesem Grund ist die Umsetzung der automatischen Frequenzentlastung flächendeckend gemäss der vorliegenden Branchenempfehlung diskriminierungsfrei vorzubereiten und vorzunehmen. Eine Bevorteilung oder Befreiung von den Massnahmen zur Auslösung und Durchführung der automatischen Frequenzentlastung sowie zur Rückführung in den normalen Netzzustand aus kommerziellen Gründen ist nicht zulässig.

4. Stufenplan mit Lastabwurfgruppen

4.1 Stufenplan

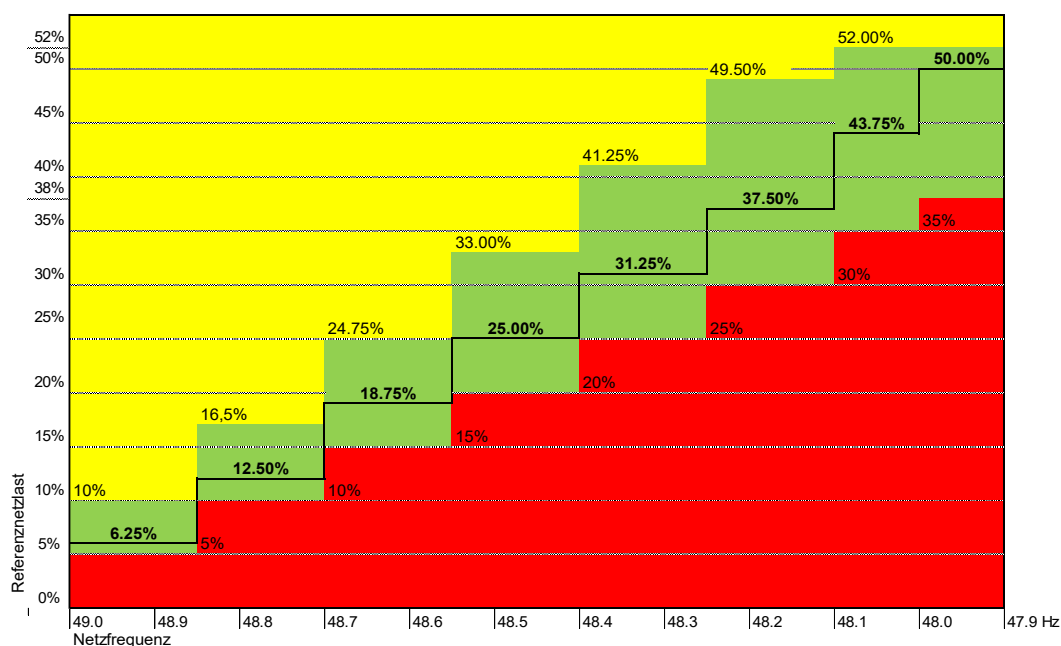


Abbildung 3: Empfehlung UFLS-Umsetzung Schweiz



- (1) In der Regelzone Schweiz wird der UFLS einheitlich mit acht aktiven Lastabwurfgruppen realisiert.
- (2) In der Abbildung 3 sind die Anforderungen gemäss Umsetzung Schweiz grafisch dargestellt. Dabei ist auf der x-Achse die Netzfrequenz in absteigender Richtung dargestellt und auf der y-Achse der abzuwerfende Prozentsatz der Referenznetzlast aufgetragen. Die Lastabwurfgruppen haben einen Frequenzabstand von Stufe zu Stufe von 100 mHz bzw. 150 mHz mit einer gleichmässigen Aufteilung der Referenznetzlast von 6,25%.
- (3) Mit dem Lastabwurf werden abhängig vom Lastabwurfpunkt zwangsläufig auch dezentrale Einspeiser mit abgeworfen. Diese Erzeugungsanlagen stellen jedoch heute im Verhältnis zur gesamten Last eine nicht mehr vernachlässigbare Erzeugung dar. Zur Kompensierung dieser mit abgeworfenen Erzeugern wurde einerseits in der 8-stufigen-Kennlinie ein höherer Prozentwert gewählt. Des Weiteren soll das Lastabwurfssystem nicht mehr auf den Transformator der NE4 sondern vorzugsweise auf den Abgang der NE5 unter Berücksichtigung der Wirkleistungsrichtung wirken.
- (4) Der frequenzabhängige Abwurf von Pumpen sowie Batteriespeicher sind im Abschnitt 11 näher beschrieben.

Frequenz (Hz)	Aktion	Referenznetzlast aufsummiert (%)	Aktivierungsart
49.5	Abwurf Pumpen, 1. Stufe	---	Automatisch
49.2	Abwurf Pumpen, 2. Stufe	---	Automatisch
49.0	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	6.25	Automatisch
48.85	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	12.50	Automatisch
48.7	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	18.75	Automatisch
48.55	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	25.00	Automatisch
48.4	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	31.25	Automatisch
48.25	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	37.50	Automatisch
48.1	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	43.75	Automatisch
48.0	Lastabwurf 6.25%; Toleranzband 5% ... 8,25%	50.00	Automatisch
47.5	Trennung der Kraftwerke vom Netz		Automatisch

Tabelle 1: Abwurfplan



4.2 Lastabwurfgruppen

4.2.1 Aufteilung

- (1) Die gesamte Referenznetzlast innerhalb einer UFLS-Netzgruppe ist immer 100%. Damit eine Rotation möglich ist, wird die gesamte Referenznetzlast in 16 Lastabwurfgruppen gleichmässig aufgeteilt. Somit hat jede Lastabwurfgruppe 6,25% Referenznetzlast ($6.25\% \times 16 = 100\%$). Diese 16 Lastabwurfgruppen werden wiederum in 8 aktive und in 8 blockierte Lastabwurfgruppen aufgeteilt. Die 8 aktiven Lastabwurfgruppen werden gemäss Abwurfplan [siehe Tabelle 1] zugeteilt. Diese Aufteilung erfüllt alle Rahmenbedingungen gemäss Kapitel 3.

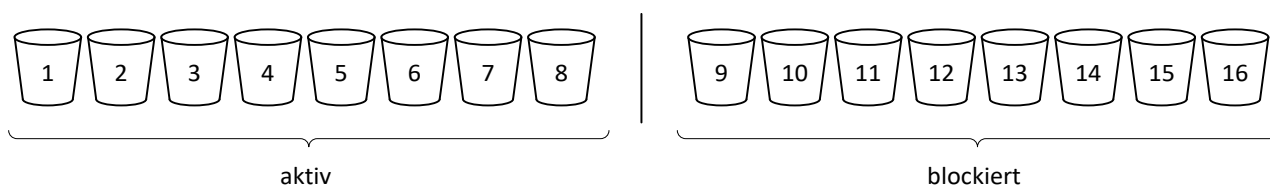


Abbildung 4: Darstellung der Lastabwurfgruppen

4.2.2 Bandbreite der Lastabwurfgruppen

- (1) Jede Lastabwurfgruppe hat im Mittel 6.25% der Referenznetzlast. Da die Zuordnung der einzelnen Referenznetzlasten nur in Lastblöcken erfolgt, benötigen die einzelnen Lastabwurfgruppen eine Hysterese bzw. Toleranzband von -1.25% bzw. + 2%. D.h. bei den einzelnen Lastabwurfgruppen sollte die Gruppenlast zwischen 5% und 8.25% von der Referenznetzlast betragen. Wenn einzelne Lastgruppen verletzt werden, weil eine genauere Aufteilung nicht möglich ist, wird es im jährlichen Reporting festgehalten und die nationale Netzgesellschaft weitergeleitet. Die nationale Netzgesellschaft kann in einem solchen Fall einen Ausgleich in der Regelzone Schweiz mit anderen UFLS-Netzgruppen vornehmen.

4.2.3 Rotation

- (1) Grundsätzlich ist keine Rotation vorgeschrieben. Jeder VNB entscheidet selbst, wie er am besten dem Grundsatz der Diskriminierungsfreiheit Folge leisten kann.
- (2) Eine Rotation innerhalb einer UFLS-Netzgruppe sollte einheitlich durchgeführt werden, damit die gesamten Referenznetzlasten mit dem Abwurfplan übereinstimmen.
- (3) Der Rotationszyklus kann nach einem UFLS-Ereignis oder nach einem festgelegten Zyklus erfolgen.

4.3 Grundgedanken von Umsetzung 2016, Gruppenaufteilung A & B

- (1) In der letzten UFLS-Umsetzung 2016 mit den damaligen Vorgaben wurden zwei praktische Möglichkeiten näher beschrieben. Ausgehend vom Konzept 2006 war es das Ziel, mit geringem Aufwand das bestehende Konzept von 7 Stufen (4 aktiven und 3 inaktiven) auf das von Konzept 2016 mit 8 aktiven und 8 inaktiven Stufen zu erweitern.

4.3.1 Umsetzungsmöglichkeit 1

- (1) Die Abwurfknoten werden neu berechnet und anschliessend erfolgt die vollständige Neuparametrierung der Schutzgeräte, gemäss der neuen Einteilung der Abwurfknoten.

4.3.2 Umsetzungsmöglichkeit 2

- (1) Das bestehende UFLS-Konzept wird übernommen und ergänzt. 50% der Geräte, bezogen auf die Referenznetzlast, müssen nicht angepasst werden, sofern die Vorgaben der Auslösezeitverzögerung erfüllt sind. Allerdings muss eine entsprechende Anpassung der Laststufen noch durchgeführt werden. Bei den restlichen Geräten sind kleine Anpassungen in den einzelnen Frequenzstufen nötig. Bei Ausführungen mit einem Vorortschalter für die Stufeneinstellung kann ggf. eine zusätzliche Bezeichnung beim Schalter oder am Lastabwurfknoten angebracht werden. Zum Beispiel ein „A“ für die bestehenden UFLS-Geräte und ein „B“ für die neu zu parametrierenden UFLS-Geräte. Auf diese Weise könnte die Rotation der acht aktiven Lastabwurfgruppen mit zwei unabhängigen 4er-Gruppen realisiert werden. Die erste UFLS-Lastabwurfgruppe mit dem Gruppenzusatz „A“ würde bei 49,0 Hz, jene mit dem Gruppenzusatz „B“ bei 48,85 Hz als erste Gruppe auslösen (siehe Abbildung 5).

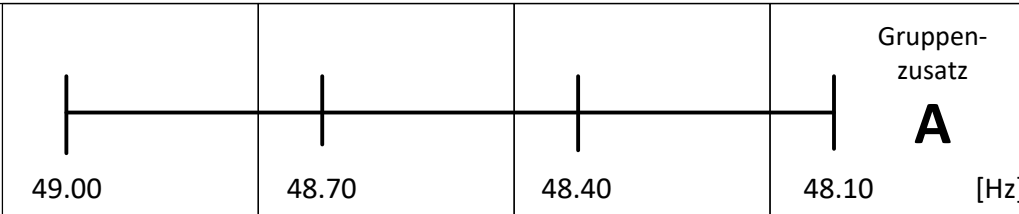
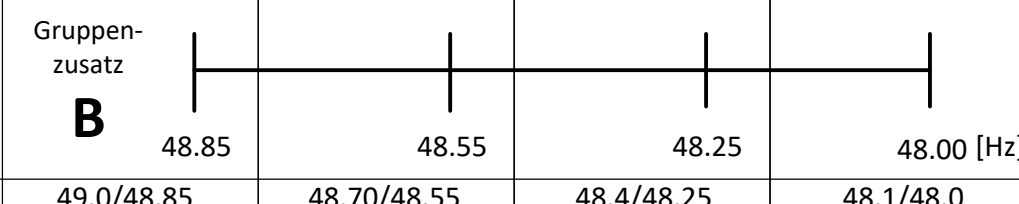
Bestehende UFLS-Geräte	
Neu zu parametrierende UFLS-Geräte	
Frequenz	49.0/48.85 48.70/48.55 48.4/48.25 48.1/48.0

Abbildung 5: UFLS-Umsetzungsvorschlag 2016

5. Bestimmung der Referenznetzlast

- (1) Zur Ermittlung der Referenznetzlast wird die Jahresmittellast herangezogen. Von jedem Abwurfknoten wird dessen Anteil an der Jahresmittellast berücksichtigt. Dies führt ausserdem dazu, dass die Bewertung von Abwurfknoten nur geringen Schwankungen unterliegt und nur bei erheblichem Zubau oder Änderung an der Netzstruktur angepasst werden muss.
- (2) Bei der Ermittlung der Abwurfpunkte muss ein Kompromiss zwischen einer hohen und niedrigen Anzahl von Abwurfpunkten gefunden werden. Während eine hohe Anzahl von Punkten in den unteren Spannungsebenen (MS, NS) eine feine topologische Abwurfquantisierung ermöglicht, bedeutet dies auch höheren technischen Aufwand für Abwurf- und Netzwiederaufbaueinrichtungen und somit höhere Kosten. Deshalb wird im Sinne der Stromkunden und des stabilen Netzbetriebs ein Mindeststandard definiert, der eine effiziente und zugleich zuverlässige Funktion garantiert. Vielerorts sind die Hochspannungsnetze leistungsstark, grossflächig und stark vermascht, daher stellt der Abwurf in der Höchstspannung bzw. bei den Transformatoren in der Netzebene 2 keine akzeptable Lösung

dar. Mittelspannungsnetze sind dagegen in der Regel regional eng begrenzt und werden üblicherweise unvermascht betrieben. Deshalb wird als Mindeststandard der UFLS-Abwurf an den Transformatoren in der Netzebene 4 gefordert. Mit dem Zubau der erneuerbaren dezentralen Energieerzeugung in den tieferen Spannungsebenen muss daher der UFLS-Abwurf auf die Mittelspannungsabgänge im Unterwerk verschoben werden, damit rückspeisende Erzeugungsanlagen nicht abgeworfen werden. Erfordern die topologischen Gegebenheiten den Lastabwurfknoten in der Netzebene 3, kann dieser im Ausnahmefall verlegt werden. Daraus ergibt sich als natürliche UFLS-Netzgruppe für die Referenznetzlast, die Menge der Transformatoren in der NE4 eines Verteilnetzbetreibers (öffentliche und Industrienetzbetreiber). Das Vorgehen bei der Bilanzierung ist in Abbildung 6 dargestellt. Wenn ggf. die UFLS-Auslösungen in der Netzebene 5 realisiert sind, also bei den Leitungsabgängen in Umspannwerken, ist für die Bestimmung der Referenznetzlast in der Regel die Summe der einzelnen Leitungsabgänge von den Fällen 1 und 2 zu berücksichtigen. Ein Leitungsabgang Fall 3 kann somit von der UFLS-Auslösung befreit werden.

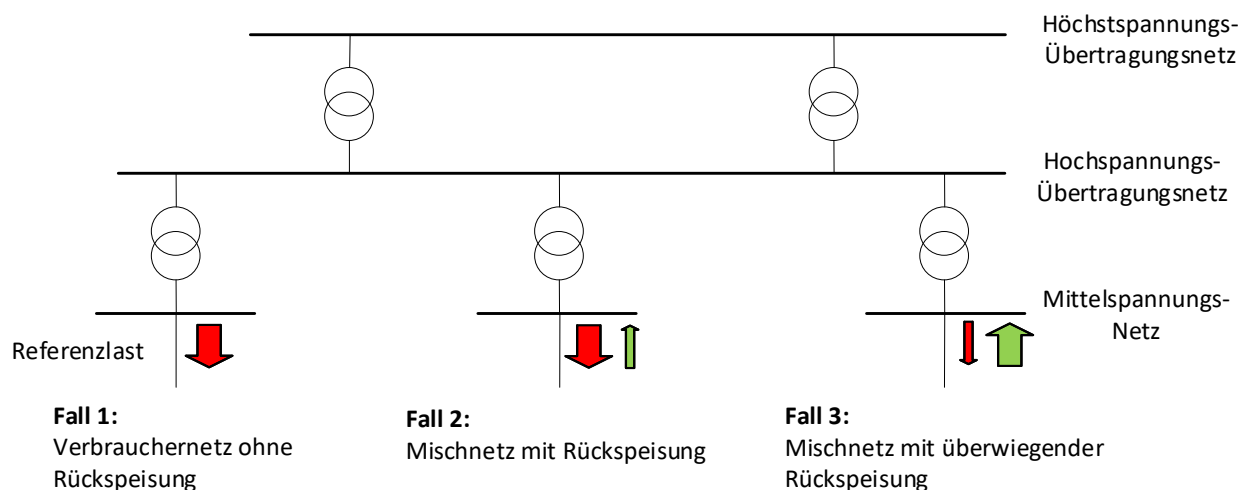


Abbildung 6: Bestimmung der Referenznetzlast

- (3) In die Referenznetzlast werden folglich nur Jahres-Netto-Verbraucher eines Netzbetreibers einbezogen.
- (4) Vorzugweise sollten die Berechnungen der Referenzlast in den Fällen 1 bis 3 mit der Formel der Referenzlast (siehe Abbildung 7/Abbildung 8) berechnet werden
- (5) Wenn im Fall 1, 100% der 10 oder 15 Minuten-Mittelwerte je Kalenderjahr keine Rückspeisung oder die Mittelspannungsabgänge keine Leistungsmessung haben, kann die Wirkleistung für das Reporting bzw. Stufenzuordnung mit Leistungswerte vom Transformator genommen werden.
- (6) Wenn im Fall 3, 95% der 10 oder 15 Minuten-Mittelwerte je Kalenderjahr eine Rückspeisung oder die Mittelspannungsabgänge keine Leistungsmessung haben, kann die Wirkleistung für das Reporting bzw. Stufenzuordnung von der Erzeugungsanlage genommen werden.
- (7) Der Fall 2 beinhaltet alle Fälle, die weder Fall 1 noch Fall 3 sind.

- (8) Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass nach dem Abwurf der Lasten eine Überlastsituation im Netz mit den verbleibende Erzeugeranlagen entstehen kann. In dem Fall kann die Branchenempfehlung «Manueller Lastabwurf» zur Reduzierung der Einspeisung zum Einsatz kommen.

$$P_{Last,mittel} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{P_{i,mittel} + |P_{i,mittel}|}{2}$$

Anmerkung: N entspricht Anzahl der Mittelwerte

Abbildung 7 Formel zur Berechnung der Referenzlast

- (9) Mit der obigen Formel können auf diese Weise kurzzeitige Spitzen von Einspeiser kompensiert werden. Somit ist man mit den Berechnungen auf der sicheren Seite. In der Abbildung 8 ist ein typischer Kurvenverlauf.

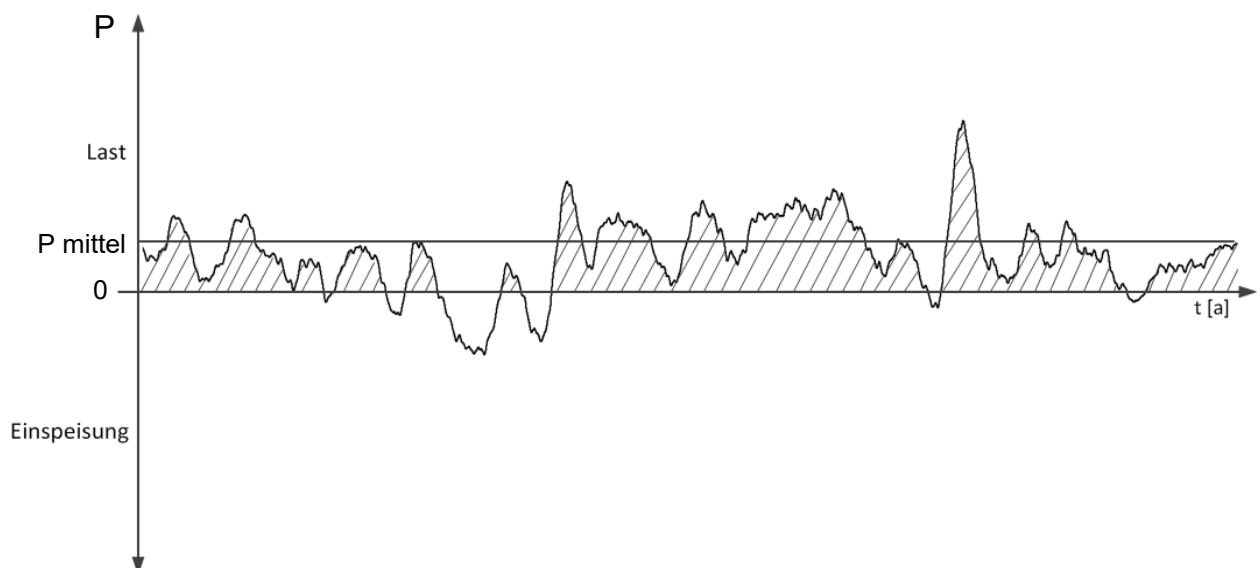


Abbildung 8: Fall 2: Verbrauchernetz mit zeitweiser Einspeisung

- (10) Es wird akzeptiert, dass bei Fall 3 seltene Fälle auftreten können, in denen Netto-Erzeugernetze Wirkleistung beziehen und dennoch am Netz bleiben. Daraus ergibt sich auch kein Nachteil für die Abwurffunktionalität, da diese Netze nicht in der Abwurfbilanz berücksichtigt wurden. Daher müssen keine UFLS-Geräte eingebaut werden.
- (11) In der Schweiz wird die Referenzlast in der Regel am Abwurfpunkt referenziert, d.h. dort, wo der Leistungsschalter durch die UFLS-Schutzfunktion automatisch geöffnet wird.

6. Definition der Fehler- sowie Auslösezeiten

6.1 Definition der Fehlerklärungszeit

- (1) Die Fehlerklärungszeit besteht hauptsächlich aus den beiden Zeiten der Auslösezeit der Schutzeinrichtung sowie aus der Ausschaltzeit des Leistungsschalters. In der VDE/FNN Arbeitsgruppe "Ermittlung und Bewertung der Frequenz in Energieversorgungsnetzen", Juni 2022, wurden Leistungsschaltereigenzeit von ca. 270 verschiedenen Mittelspannungsleistungsschaltern in Betracht gezogen. Die Auswahl erfolgt auf Grundlage des realen Einsatzes im Verteilnetz und beinhaltet Modelle aller gängigen Technologien (SF6, Vakuum etc.). Es treten Leistungsschalter-Abschaltzeiten bis zu 70 ms auf, ohne die Lichtbogenzeit von ca. 10 ms zu berücksichtigen.
- (2) Die ENTSO-E Vorgaben für die Fehlerklärungszeit von Frequenzereignisse beträgt 300 ms.
- (3) Im D-A-CH Raum (Deutschland, Österreich und der Schweiz) wird eine Fehlerklärungszeit unter idealen Laborbedingungen (ohne Oberwellen, Phasensprünge etc.) von 200 ms angestrebt. Die Fehlerklärungszeit besteht aus der Auslösezeit von 120 ms und der Leistungsschalter-Ausschaltzeit von 80 ms. Für die Lichtbogenlöszeit wurden 10 ms Verzögerung angenommen.

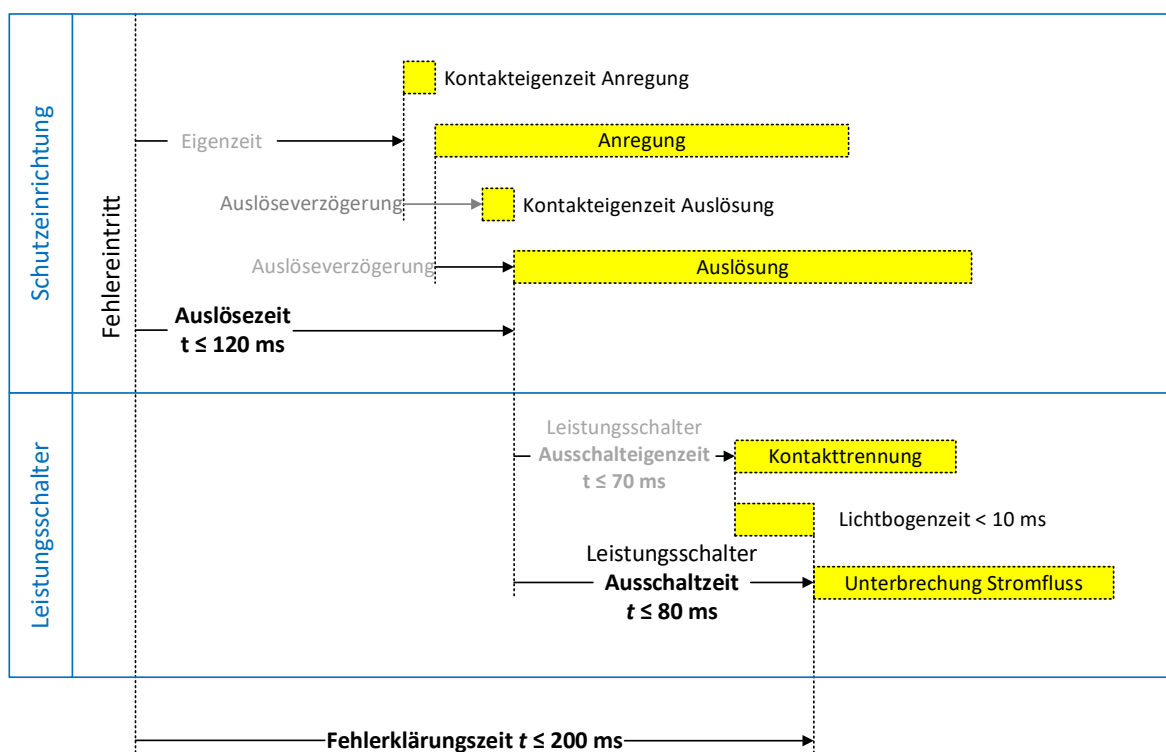


Abbildung 9: Fehlerklärungszeit unter Idealbedingungen

- (4) Die Fehlerklärungszeit kann sich erhöhen z.B. durch Messwiederholungen, durch Verzögerungen der Ausschaltzeit in Abhängigkeit der DC-Spulenspannung oder wenn ein Leistungsschalter lange nicht mehr geschaltet wurde.

6.2 Erläuterungen zur Auslösezeit

- (1) In Abbildung 10 wird aufgezeigt, dass Filterung und Stabilisierung bei der Frequenzmessung die Eigenzeit verlängern, damit es zu keinen Überfunktionen kommt.

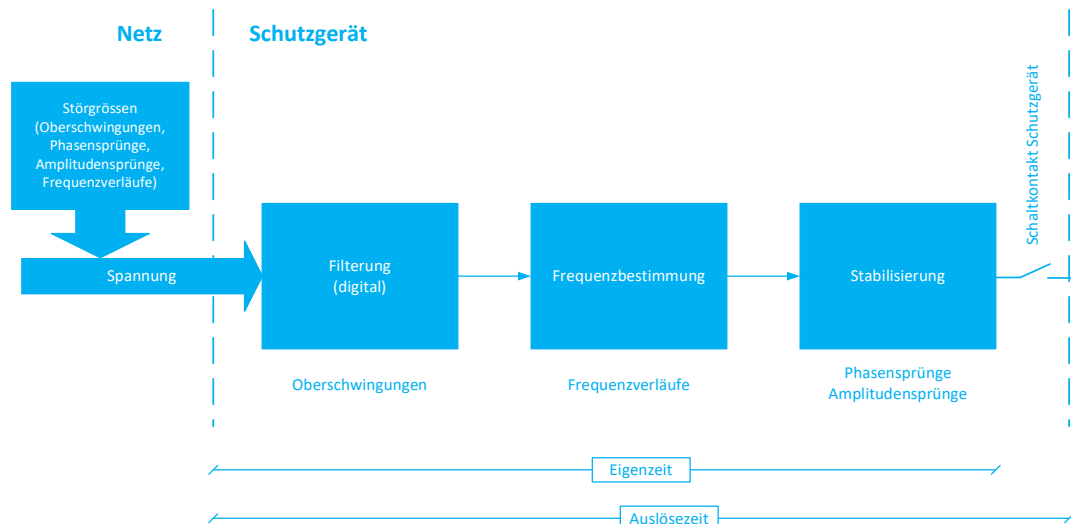


Abbildung 10: Übersicht der Auslösezeit von einem Schutzgerät

- (2) Eine besondere Sorgfalt ist bei der Anwendung allfälliger Verzögerungszeiten notwendig.
- (3) Die Plausibilisierung der gemessenen Auslösezeiten erfolgt durch einfache, einheitliche Prüfverfahrensweise mit rein sinusförmigen Messgrößen.
- (4) Die Eigenzeiten unterteilen sich unter Filterung, Frequenzbestimmung und der Stabilisierung. Zu kurze Messfenster oder fehlende Stabilisierungen können zu Fehlauslösungen führen.
- (5) Ursache von Störgrößen bei der Frequenzmessung, die eine Fehlauslösung oder auch eine Blockierung zur Folge haben, sind unter anderem:
 - Nichtlineare Bauelemente in den Schutzgeräten
 - Magnetische und kapazitive Kopplungen im Netz sowie bei Schaltanlagen
 - Spannungs-Amplitudensprünge im Netz
 - Spannungs-Phasensprünge im Netz
 - Kombination aus Spannungs- Amplituden- und Phasensprüngen (häufigster Fall)
 - Frequenzsprung im Netz ohne Amplitudensprung- und Phasensprünge
 - Transienten Vorgänge bei Fehlereintritt von Erd- und Kurzschlüssen im Netz mit sowie bei Ausschaltung des Kurz- und Erdschlusses und dem darauffolgenden Einschwingvorgang. Besonders zu beachten sind Erdkurzschlüsse in niederohmig geerdeten Netzen.
 - Schaltvorgänge mit abklingendem Gleichstromanteil
 - Frequenzumrichter



- (6) Daher ist es sehr wichtig, dass die Frequenzfunktionen richtig gefiltert bzw. stabilisiert werden. Eine genaue und sichere Frequenzmessung benötigt ein entsprechendes Zeitfenster. Aus diesen Gründen sind die Eigenzeiten der Frequenzschutz-Funktionen deutlich höher als z.B. Eigenzeiten von Stromschutzfunktion.

7. Realisierung

7.1 Grundsätze für die Realisierung

- (1) Der Unterfrequenzschutz muss wirkleistungsrichtungsabhängig im Unterwerk am MS-Leitungsabgang ausgeführt werden. In Ausnahmefällen und in Bestandsanlagen sind auch andere Einbauorte möglich. Zunehmend sind in den Anlagen Abgänge vorhanden, in denen die Wirkleistungsrichtung aufgrund schwankender, dezentraler Einspeisungen nicht mehr eindeutig zuordnungsbar ist (Abbildung 6, Fall 2). In Anlagen, in denen alle Abgänge nur Lasten haben, ist ein Frequenzschutz ohne Wirkleistungsrichtungskriterium ausreichend.

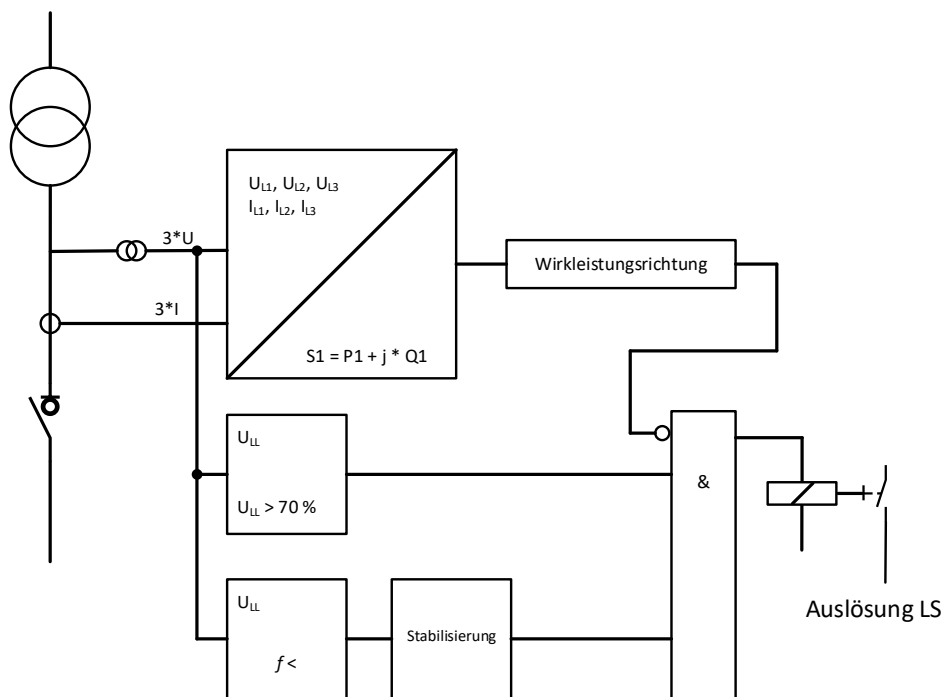


Abbildung 11: Prinzipschaltung der wirkleistungsrichtungsabhängigen Frequenzschutzfunktion

7.2 Spannungsblockierung

- (1) Bei ENTSO-E-Auswertungen nach UFLS-Ereignissen gab es Ereignisse mit einem gleichzeitig anklingenden Spannungskollaps. Daher ist es von grosser Bedeutung, dass richtig eingestellte UFLS-Schutzgeräte mit der Spannungsblockierung ihre Wirksamkeit erfüllen.
- (2) Im den folgen zwei Berechnungsbeispielen wird die Einstellung der Spannungsblockierung des UFLS bei einer Betriebsspannung von kleiner 70 % näher beschrieben.

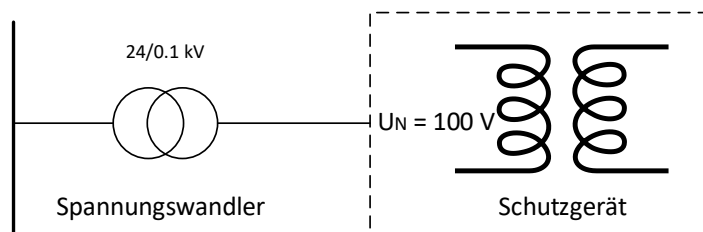


Abbildung 12: Berechnungsbeispiel Spannungsblockierung

Nennspannung U_n : 24 kV

Betriebsspannung U_c : 21.4 kV

- (3) In beide Beispielen ist zu achten, dass der Spannungswandlerausgang sowie ein Eingang des Schutzgerätes 100 V haben. Ansonsten müsste auch diese Differenz mitberücksichtigt werden. Je nach Schutzgeräten werden auch Primärwerte eingegeben.
- (4) Berechnungsbeispiel 1: Die Spannungsblockierung wird nicht optimal eingestellt. Im Schutzgerät wird der Wert von 70% oder 0.7 eingestellt ohne Berücksichtigung der Spannungswandlerübersetzung und der Schutzgeräte Eingangsgrösse. Die Spannungsblockierung würde somit bei $24 \text{ kV} \times 0.7 = 16.8 \text{ kV}$ erfolgen. Richtig wäre aber bei $21.4 \text{ kV} \times 0.7 = 14.98 \text{ kV}$, d.h. das Schutzgerät würde 1.82 kV zu früh blockieren.
- (5) Berechnungsbeispiel 2: Wenn in umgekehrter Richtung gerechnet wird, d.h. $21.4 \text{ kV} \times 0.7 = 14.98 \text{ kV}$ und die mit Wandlerübersetzung von 240 (24000 V / 100 V) dividiert wird, resultiert somit eine Einstellung von $14980 \text{ V} / 240 = 62.42 \text{ V}$ bzw. 0.62.

8. UFLS-Netzgruppen

- (1) Die nationale Netzgesellschaft organisiert mit den jeweiligen VNB die UFLS-Netzgruppen. Primär können die Netzbetreiber der Netzebene 2 die UFLS-Netzgruppen selbst organisieren. Es besteht auch die Möglichkeit, den unterliegenden VNB die UFLS-Netzgruppenbildung weiterzugeben. Für jede UFLS-Netzgruppe gibt es eine vordefinierte, festgelegte Stelle, welche die Koordination innerhalb dieser UFLS-Netzgruppe übernimmt. Für die Koordination der einzelnen UFLS-Netzgruppen ist die nationale Netzgesellschaft zuständig. Die Zusammenstellung der einzelnen Netzgruppen ist in enger Zusammenarbeit mit der nationalen Netzgesellschaft und den VNB durchzuführen.
 - Hat ein VNB ein genügend grosses Verteilnetz und ist in der Lage die gesamte Rotation selbst durchzuführen, unabhängig von der Netzebene, ist der jeweilige VNB für die Einhaltung und das Reporting selbst verantwortlich.
 - Unterschiedliche VNB können sich zu einem UFLS-Netzverbund zusammenschliessen und die Rotationen selbst durchführen, unabhängig von der Netzebene. Ein VNB übernimmt die Koordination und erstellt ein gemeinsames Reporting.
 - Wenn ein VNB mit direktem Netzanschluss an die Netzebene 1 nicht selbstständig rotieren kann und keinen UFLS-Netzgruppenpartner hat, wird mit der nationalen Netzgesellschaft eine Lösung gesucht.
 - Hat ein VNB eine Einzellast $>8.25\%$ der gesamten Referenznetzlast und würde somit die Lastabwurfgruppenvorgaben nicht einhalten können, kann er trotzdem eine eigene UFLS-Netzgruppe betreiben. Die nationale Netzgesellschaft schaut wiederum für einen Ausgleich in der Regelzone Schweiz.
- (2) ANMERKUNG: Wenn ein Verteilnetzbetreiber mit seinem bestehenden UFLS-Konzept die 16 UFLS-Netzgruppen nicht umsetzen kann, wenn z.B. nur ganze Umspannwerke mit einem UFLS-Gerät abgeschaltet werden, besteht ggf. die Möglichkeit, einen UFLS-Netzgruppenverbund mit anderen VNB zu betreiben. Mit diesen Zusammenschlüssen müssen keine teuren, aufwendigen Investitionen getätigt werden, wie z.B. eine Anpassung der UFLS-Auslösungen je Trafo oder je Leitungen.



9. Systemdienstleistungen

- (1) Der UFLS soll typischerweise im Unterwerk bei den Mittelspannungsabgänge realisiert werden. Daher können nach einem UFLS-Ereignis Systemdienstleistungen aus den unteren Netzebenen automatisch ausgeschaltet werden und stehen daher nicht mehr zur Verfügung.

10. Technische und betriebliche Aspekte

10.1 Zeitlich begrenzte Blockierung der UFLS-Funktion

- (1) In folgenden Fällen kann die UFLS-Funktion blockiert werden. Es ist darauf zu achten, dass die zeitliche Blockierung auf ein Minimum eingestellt wird.
 - Schutzgeräte, die 3 phasig angeschlossen sind, können mit einer Messkreisüberwachung ausgeführt werden, die beim Ansprechen zur Blockierung der Frequenzschutzfunktion führt. Zusätzlich kann die Frequenzfunktion blockiert werden, wenn bei externer Stufen-Ansteuerung eine undefinierte Stufenstellung ansteht, bei Betriebsschaltungen im Netz oder wenn die Hilfsspannung zu tief und eine sichere Auslösung nicht sichergestellt ist. Aus den genannten Umständen ist eine Fernblockierung von Vorteil.
 - Wenn ein Verteilnetz bewusst als Insel (abgetrennt vom ENTSO-E CE Netz) betrieben wird, kann die UFLS-Funktion ggf. blockiert werden. Bei Inselnetzen gelten die übergeordneten Vorschriften des Emergency und Restoration Codes nicht mehr.
 - Im betroffenen Mittelspannungsnetz, während ein Erd- bzw. Kurzschluss im Netz vorhanden ist.
 - Während kurzen betrieblichen Umschaltungen im Mittelspannungsnetz, z.B. wenn über eine Verbindungsleitung kurz 2 Unterwerke parallel geschaltet werden. So können ggf. Kabelüberlastungen vermieden werden.
 - Bei Zuschaltung von grossen Mittelspannungskabelnetzen mit dem NE4-Transformator kann eine kurze UFLS-Blockierung von Vorteil sein, da durch die hohen Rush-Ströme eine Wiederinbetriebnahme des Netzes durch den UFLS-Schutz unter Umständen erschwert wird.

10.2 UFLS befreite Abzweige

- (1) Der Eigenbedarf eines Unterwerks kann vom UFLS befreit werden, damit der sichere Netzwiederaufbau möglich ist.

10.3 Mitnahmen von UFLS-Auslösungen bei MS Ringen

- (1) Wenn die Leitungsabgänge im Mittelspannungsnetz in Ringen geschaltet sind, ist es nicht immer gewährleistet, dass die betroffenen Leitungen immer alle dieselben Leistungsrichtungen haben und somit gleichzeitig auslösen bzw. blockieren. Es kann unter Umständen zu Kaskadenauslösungen kommen. Es ist nicht sinnvoll, dass mitnahmen von einzelnen Leitungsabgängen, die in einem Ring geschaltet sind, realisiert werden, damit die Auslösezeit für den ganzen Ring identisch ist.



10.4 Leerlaufende Transformatoren oder Sammelschienen

- (1) Nach einem UFLS-Ereignis kann unter Umständen die Sammelschiene leerlaufend und ohne Abgänge sein. Daher ist es sehr wichtig, dass Ferroresonanzvorkehrungen (Dämpfungswicklungen) bei den Spannungswandlern auf der Mittelspannung vorhanden sind (siehe Abbildung 13). Eine zielführende Vorkehrung kann beispielsweise ein Dämpfungswiderstand an einer offenen Dreieckswicklung der Spannungswandler sein.

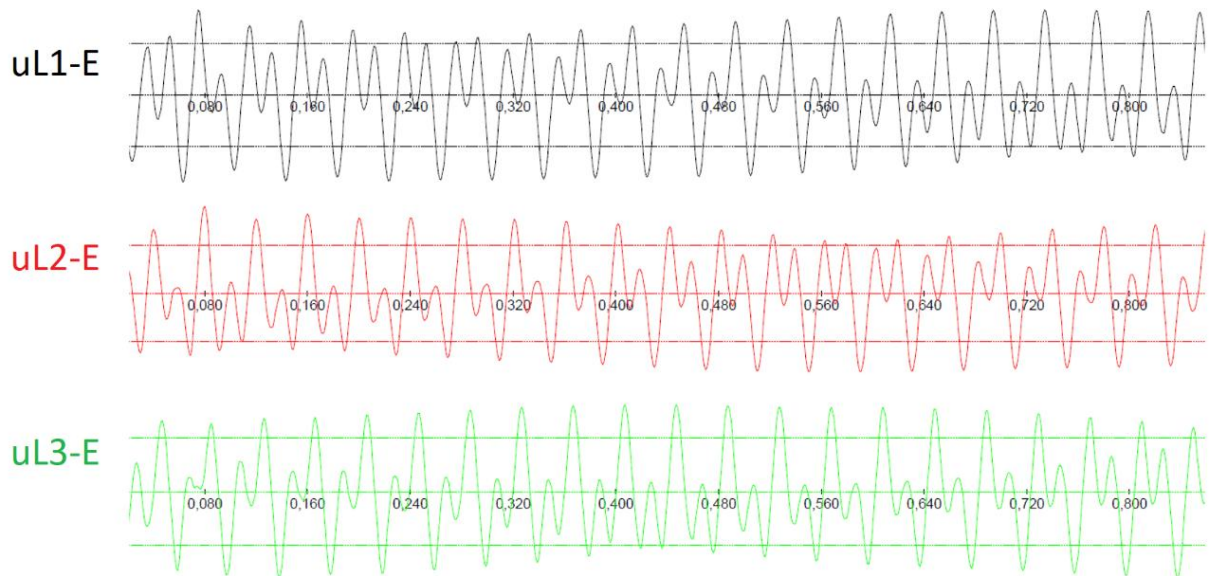


Abbildung 13: Beispiel Ferroresonanz leerlaufende MS-Sammelschiene

11. Pumpspeicherkraftwerk und Batteriespeicher

11.1 Pumpspeicherkraftwerke

- (1) Weil Pumpen auch als Lasten betrachtet werden, ist die automatische Trennung vom Netz bei Unterfrequenz zwingend notwendig und zwar unabhängig vom Anschlusspunkt. In der Tabelle 2 sind die wichtigsten Eckdaten festgehalten. Unabhängig von den Referenznetzlastenbetrachtungen bzw. vom Netzanschluss müssen Pumpen immer mit den vorgegebenen Eckdaten automatisch ausgelöst werden.

Schutzeigenschaften	Parameter	Bemerkungen
Freigabe für Frequenzauslösung	--	$0,70 \cdot U_c$, Ph-Ph Spannungen
Frequenzschutz Stufe 1	Frequenz	49,5 Hz
	Fehlerklärungszeit	10 sec
Frequenzschutz Stufe 2	Frequenz	49,2 Hz
	Fehlerklärungszeit	300 ms

Tabelle 2: Empfehlung Schutzeinstellungen von Pumpen

- (2) Die Wiederschaltung erfolgt ähnlich wie bei einem Netzwiederaufbau in Zusammenarbeit, Absprache und Koordination mit der nationalen Netzgesellschaft und den vorgelagerten Netzbetreibern.

11.2 Batteriespeicher

- (1) Zurzeit fehlen übergeordnete Vorgaben spezifisch für Batteriespeicher seitens der ENTSO-E sowie der nationalen Netzgesellschaft. Die installierten Batteriespeicher in der Schweiz haben bereits eine Gesamtleistung, die bei einem UFLS-Ereignis negative Folgen auf das gesamte Netz haben kann.
- (2) Vertraglich präqualifizierte SDL-Batteriespeichern müssen bei Leistungsbezug eine unterfrequenzabhängige Wirkleistungsregelung für die Frequenzstabilisierung haben.
- (3) Die Ausgestaltung der Regelung für SDL-Batteriespeicher wird wie folgt empfohlen:
Die unterfrequenzabhängige Wirkleistungsregelung soll für den Leistungsbezug aus dem Netz im Frequenzbereich zwischen 49.8 Hz und 49.2 Hz realisiert werden. Diese Vorgaben sind angelehnt an die Anforderungen der Pumpspeicherkraftwerke.
Die unterfrequenzabhängige Wirkleistungsregelung bezieht sich dabei immer auf die momentane Wirkleistung bei einer Unterschreitung von 49.8 Hz (100%). Der Leistungsbezug soll dabei graduell reduziert werden und bei 49.2 Hz noch 0% betragen.
- (4) Eine allgemeingültige frequenzabhängige Wirkleistungsregelung für die Steigerung der Einspeisung in das Netz wird zu einem späteren Zeitpunkt festgelegt.



12. Anforderungen an die Frequenzschutzfunktion und deren Einstellungsbereiche

- (1) Die Funktion der automatischen Frequenzentlastung kann in separaten Relais, aber auch in einer vorhandenen Steuer- oder Schutzeinrichtung als Funktion integriert werden. In beiden Fällen gelten grundsätzlich die technischen Anforderungen für Schutzeinrichtungen entsprechend VDN-Richtlinie „Digitale Schutzsysteme“ bzw. FNN-Hinweis „Leitfaden Schutzsysteme“. Dies gilt sowohl für die Schutzgeräte als auch für die technische Ausführung.
- (2) Die Schutzfunktion sollte aus Gründen der Entkopplung von Spannungs- und Frequenzproblemen erst ab den empfohlenen Einstellungen auslösen, damit Überfunktionen vermieden werden können.

Schutzeigenschaften	Messgrösse	Einstellbereich	Schritte	Empfohlene Einstellungen und Bemerkungen
Freigabespannung für Frequenzauslösung	U_{Block}	$0,30 - 0,90 \cdot U_n$ U_n bezogen auf Wandlerbemessungsgrössen	$0,01 \cdot U_n$	$0,70 \cdot U_c$ U_c ist die vereinbarte Phasen-Phasen Spannung bzw. die Betriebsspannung. Siehe Berechnungsbeispiele in Kap. 0
Frequenzbereich	f	45,0 – 55,0 Hz	50 mHz	Einstellung gemäss Abwurfplan.
Messgenauigkeit	f	≤ 30 mHz	---	
Auslösezeit	Zeit	≤ 120 ms	---	
Auslösezeitverzögerung im Schutzgerät	Zeit	0 – 20 sec	10 ms	
Frequenzgradient	df/dt	---	---	Funktion aktuell blockiert
Anzahl Frequenzstufen	--	1 - 8	1	Verteilnetz: min. 1 Stufe, vorzugsweise 8 Stufen. Pumpe: min. 2 Stufen.
Minimalstrom für Wirkleistungsrichtungserkennung	I_{min}	$0,02 - 0,20 \cdot I_n$ I_n bezogen auf Wandlerbemessungsgrössen	---	2 ... 5% des Wandlerbemessungsstromes.
Ansprechschwelle für Wirkleistung	P_{min}	$0,01 - 0,10 \cdot S_n$	---	2 ... 5% von S_n S_n ist die Bemessungscheinleistung des Schutzgerätes (z.B. 100 V; 1 A)

Tabelle 3: Einstellwerte für den frequenzabhängigen Lastabwurf

- (3) Zur Verhinderung der Überfunktion der Wirkleistungsrichtungserkennung ist die Einführung eines Mindeststromes von 2 bis 5% des Wandlerbemessungsstromes notwendig. Als Messverfahren können entweder das Mitsystem ermittelt und beurteilt werden oder es wird eine Winkelmessung beim Ansprechen vorgenommen.



- (4) Bei einer Wirkleistungsrichtungserkennung in Richtung Einspeisung in das überlagerte Netz wird die Auslösung durch den Frequenzschutz blockiert. Die schraffierte Fläche der Richtungserkennung in Abbildung 14 bedeutet „Wirkleistungsrichtung in das überlagerte Netz“ und führt zur Blockade der Auslösung.

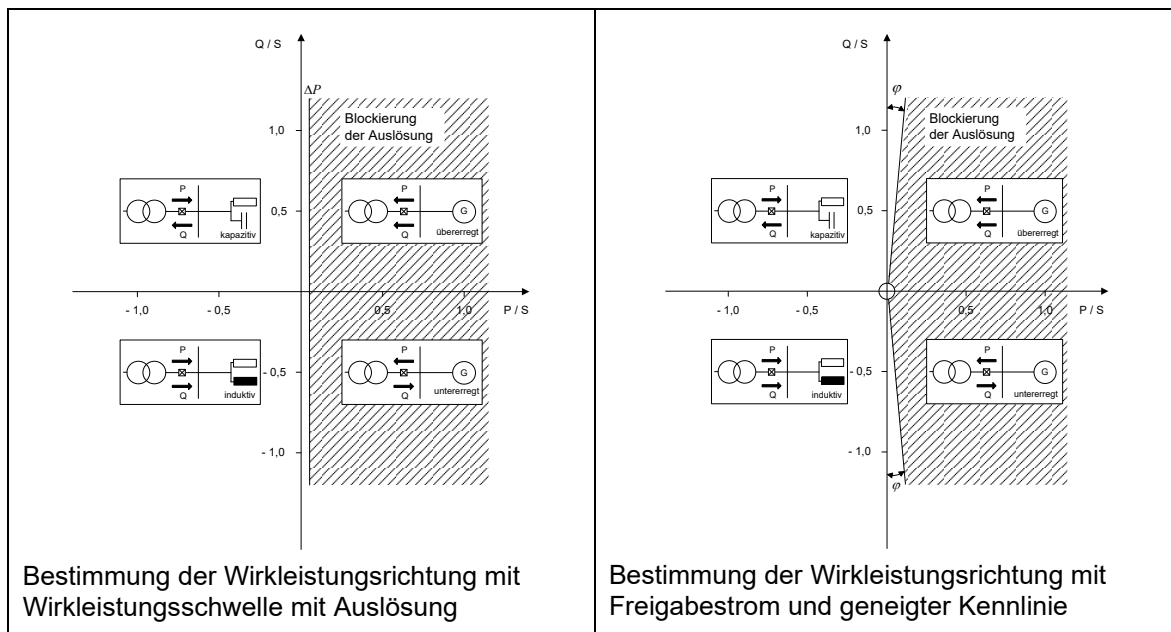


Abbildung 14: Beispiele für Erkennung der Wirkleistungsrichtung

13. Mögliche Verfahren für die Prüfung der Frequenzschutzfunktion

- (1) Bei der Schutzinspektion wird grundsätzlich unterschieden zwischen Typenprüfungen und der periodischen Prüfung. Es wird davon ausgegangen, dass die Typenprüfungen durch den Hersteller des Schutzgeräts durchgeführt werden und Teil des Funktionsnachweises sind.
- (2) Die Typenprüfung für die Frequenzschutzfunktionen entsprechen grundlegend den Anforderungen gemäss IEC 60255-181. Sie ist durch den Hersteller des Schutzgerätes nachzuweisen.
- (3) Während der Erstinbetriebnahme respektive der periodischen Prüfung müssen nicht alle Prüfpunkte der Typenprüfung wiederholt werden. Es ist dem Betreiber der Schutzeinrichtung überlassen, welche Prüfschritte er wiederholen möchte.
- (4) Die UFLS-Schutzeinrichtungen müssen gemäss der Starkstromverordnung, Abschnitt 4 Art. 18 alle fünf Jahren geprüft werden und dürfen dieses Zeitfenster nicht überschreiten.
- (5) In den nachfolgenden Unterkapiteln werden mögliche Prüfungsverfahren beschrieben.

13.1 Unterfrequenz bei Nennspannung und Wirkleistungsabgabe

- (1) Die Unterfrequenzfunktion muss mit einem definierten Frequenzsprung zur Auslösung gebracht werden. Dabei ist bei Nennspannung U_c die initiale Frequenz 100 mHz über dem Ansprechwert der Unterfrequenzfunktion zu wählen. Die Prüffrequenz wird bei Fehlereintritt nach mindestens 5×120 ms Vorfehler um 200 mHz sprunghaft abgesenkt. Die Auslösezeit inklusive Richtungsentscheid und Eigenzeiten der Schutzgeräte darf auch bei verteilten Systemen 120 ms nicht überschreiten (siehe 6.1, Abbildung 9).

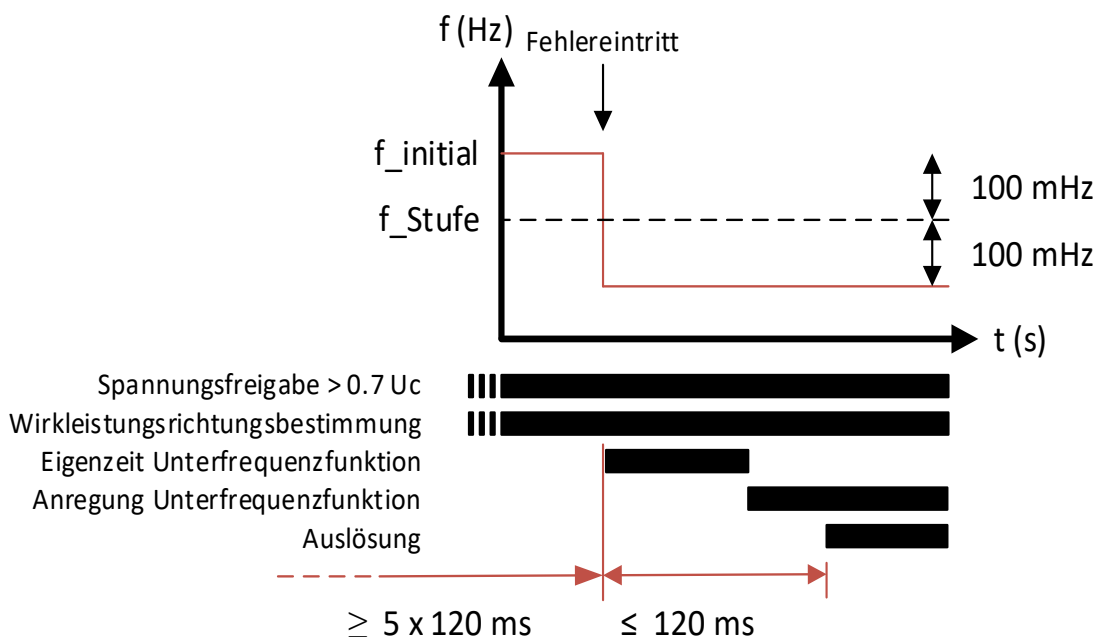


Abbildung 15: Prüfung Unterfrequenzfunktion bei Nennspannung

13.2 Unterfrequenz bei Unterschreiten der Freigabespannung

- (1) Die Prüfung der Unterfrequenzfunktion gemäss Kapitel 13.1 ist mit einer Spannung U_c unterhalb der Freigabespannung, welche in Kapitel 12 definiert ist, zu wiederholen. Dabei darf keine Auslösung erfolgen.

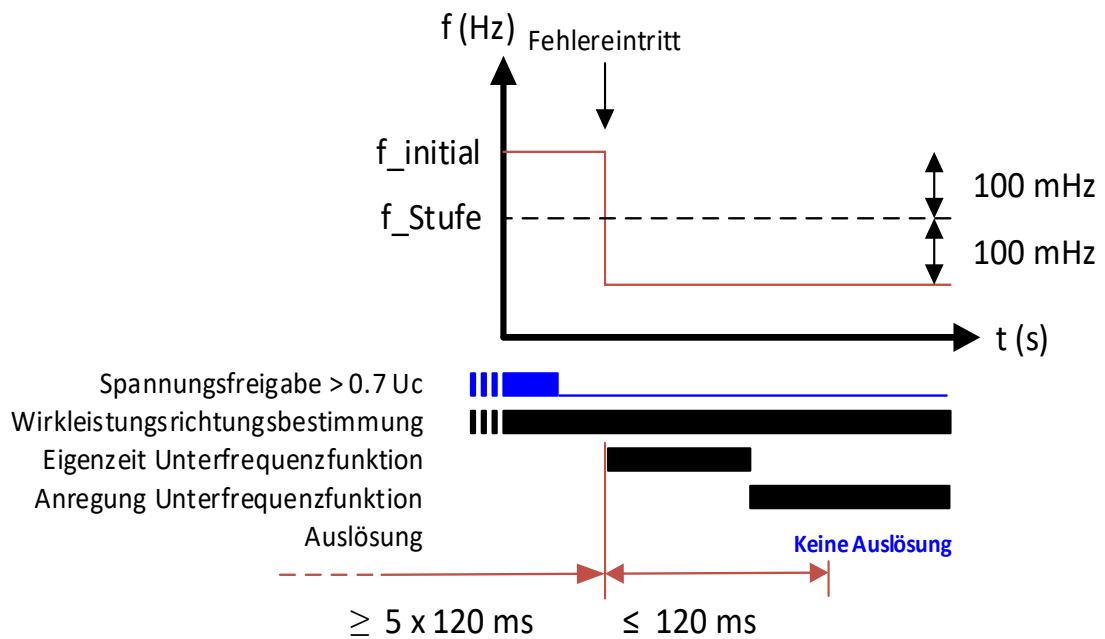


Abbildung 16: Prüfung Unterfrequenzfunktion unter der Freigabespannung

13.3 Prüfung Wirkleistungsrichtung

- (1) Für die Prüfung der Wirkleistungsrichtung sind folgende drei Prüffälle mit folgendem erwartetem Ergebnis durchzuführen:
- a) Wirkleistung > Schwellwert bei Wirkleistungsabgabe = Auslösung
 - b) Wirkleistung im Totband (0 kW) = Auslösung
- (2) Wirkleistung > Schwellwert bei Wirkleistungsbezug = keine Auslösung

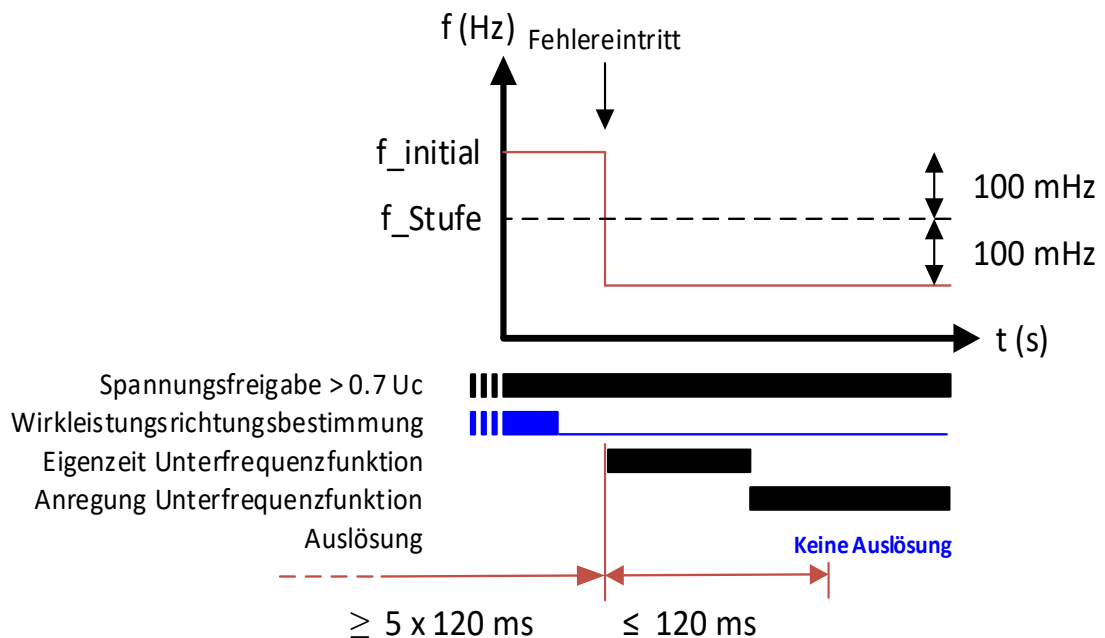


Abbildung 17: Prüfung der Wirkleistungsrichtung (Beispiel ohne Auslösung)

14. Exemplarische Umsetzungsbeispiele

14.1 UFLS-Lastgruppenauswahl am Transformator mit Auslösung im MS-Leitungsfeld

- (1) Im folgenden Beispiel werden die UFLS-Funktionen in den Trafofeldern sowie in den Leitungsfeldern aufgeteilt. Im Trafofeld wird die UFLS-Lastgruppenauswahl vorgenommen und über einen Schaltanlagenbus an alle Kombigeräte in den Leitungsabgängen, welche eine gerichtete UFLS-Funktion haben, weitergeleitet. Die UFLS-Funktion in den Leitungsabgängen lösen den dazugehörigen Abgangsschalter aus, sofern Wirkleistung abgegeben wird. Über ein Trennernachbild wird die dazugehörige Sammelschienenspannungen dem Kombigerät zwecks Richtungserkennung zugeschaltet, siehe Abbildung 18.

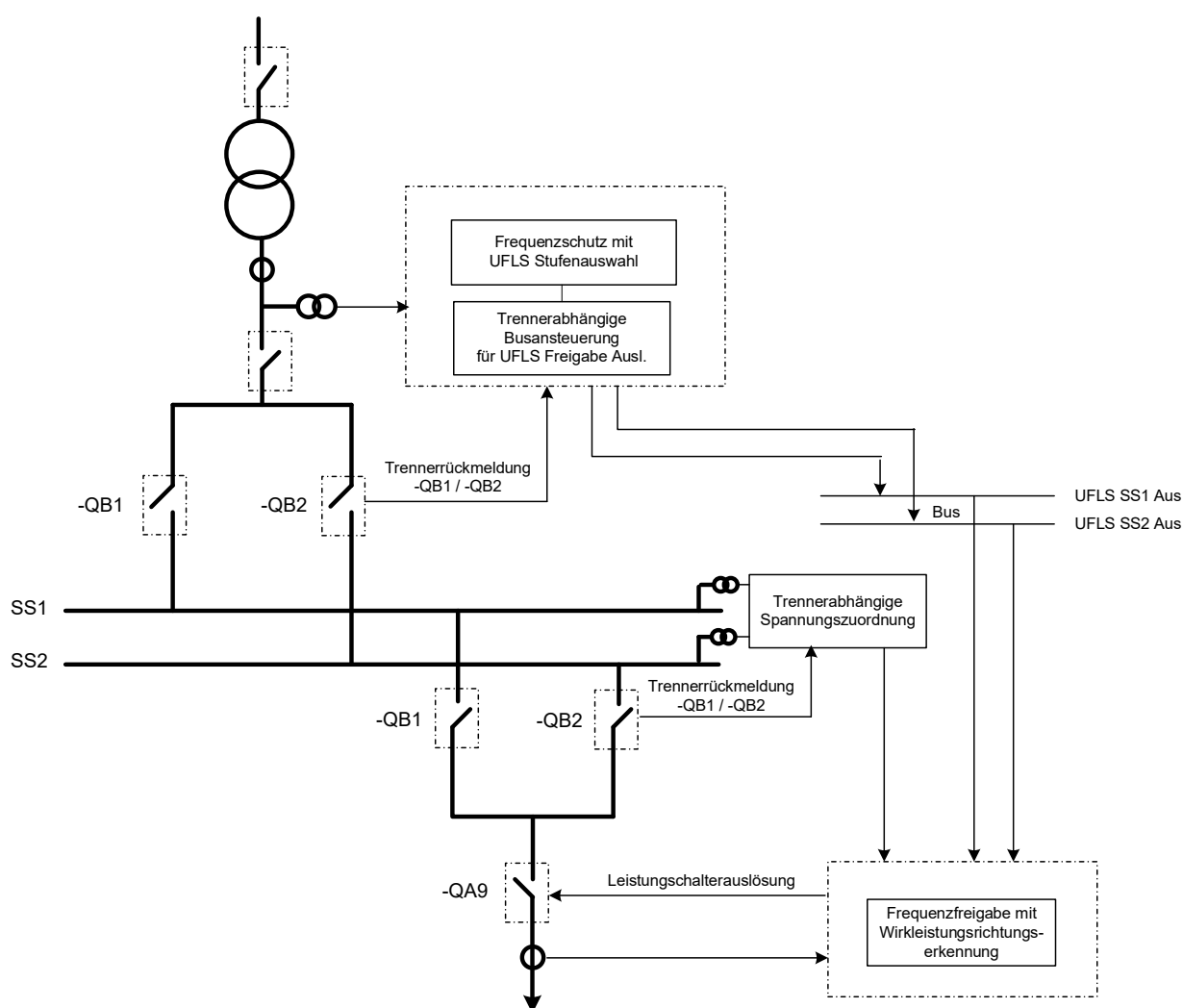


Abbildung 18: Beispiel UFLS Lastgruppenauswahl am Trafo mit Auslösung MS-Leitungsfeld

- (2) Bei dieser Lösung ist zu beachten, dass bei einem Frequenzereignis die Schutzanregung in allen Schutzgeräten gleichzeitig startet, damit die Auslösezeiten nicht kaskadiert werden.

- (3) Mit der Frequenzfreigabe im Leitungsabgang, z.B. mit einer Frequenzfunktion $< 49.1 \text{ Hz}$, können Fehlauslösungen durch Einkopplungen oder sonstige Eingriffe verhindert werden.
- (4) Bei der Überprüfung der Fehlerklärungszeit muss die gesamte Kette überprüft werden. Der Bus verzögert nochmals um einige 10 ms.
- (5) Es muss verhindert werden, dass Spannungen von unterschiedlichen Spannungswandler nicht zusammengeschaltet werden.

14.2 UFLS-Lastgruppenauswahl und Auslösung im MS Leitungsfeld

- (1) Die Lastgruppenzuordnung sowie die gerichtete UFLS-Funktion wird alles in einem Kombigerät im Leitungsabgangsfeld realisiert, siehe Abbildung 19.

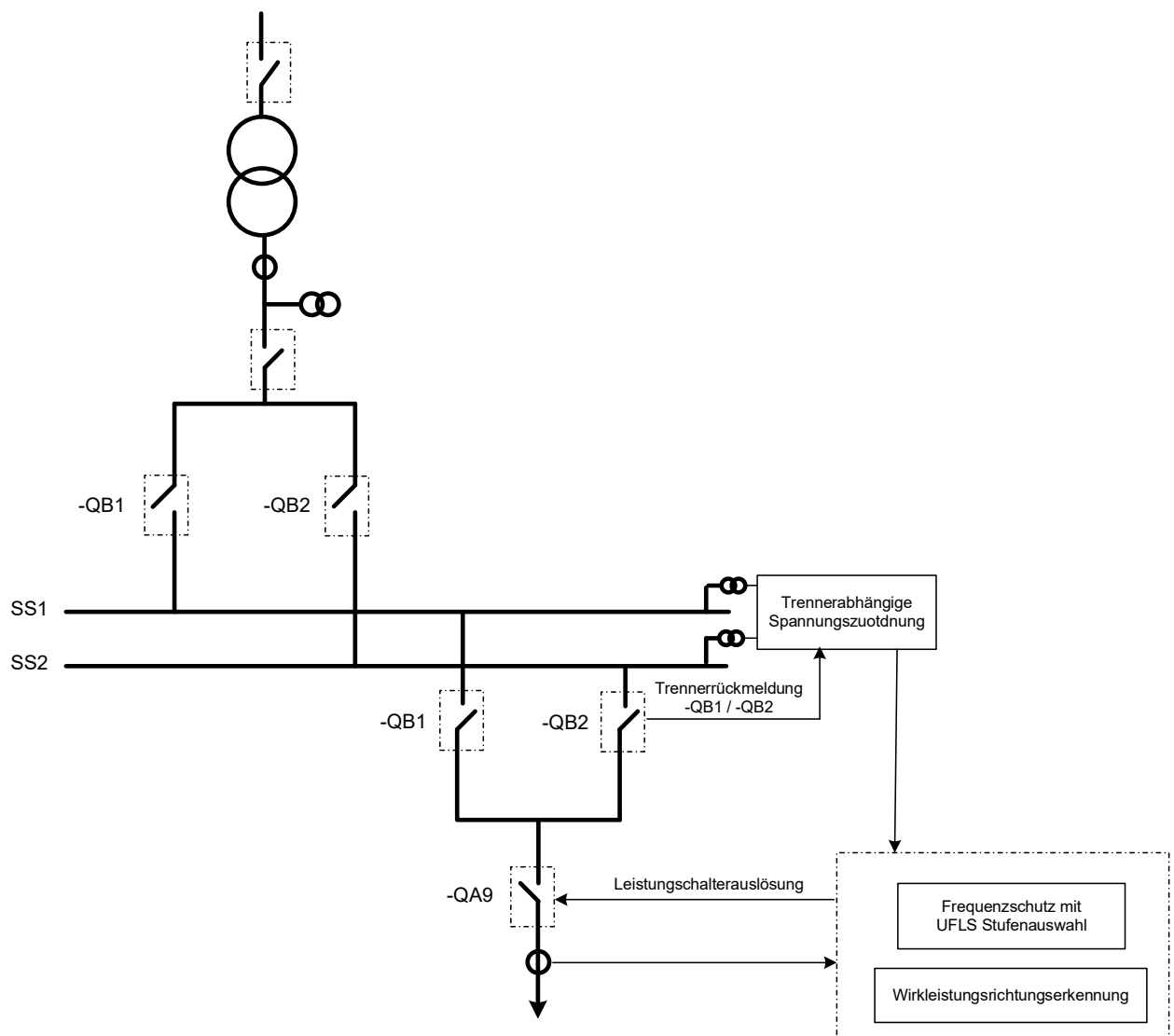


Abbildung 19: Beispiel UFLS-Lastgruppenauswahl und Auslösung MS Leitungsfeld

- (2) In dieser Variante werden alle UFLS-Funktionen im Leitungsabgang realisiert. Diese Umsetzung eignet sich vor allem für kleine Anlagen.
- (3) Wenn ein Spannungswandler im Leitungsfeld vorhanden ist, kann auf die Sammelschienenspannung verzichtet werden.

15. Verhalten nach einem UFLS-Ereignis

15.1 Allgemeine Grundsätze

- (1) Ein Betriebsmittel, das durch die UFLS-Schutzfunktion ausgelöst wurde, darf nicht wieder ohne Freigabe zugeschaltet werden. Ausgenommen sind Schaltungen zur Sicherstellung des Eigenbedarfs. Die Wiederschaltung erfolgt ähnlich wie bei einem Netzwiederaufbau in Zusammenarbeit, Absprache und Koordination mit der nationalen Netzgesellschaft und den benachbarten Netzbetreibern. Diese Koordination muss der Verteilnetzbetreiber, der direkt am Übertragungsnetz angeschlossen ist mit all seinen Nachliegern in der Kaskade vornehmen.
- (2) Wird ein Betriebsmittel am ENTSO-E CE Netz betrieben und während eines UFLS-Ereignisses automatisch ausgeschaltet, welches nicht im direkten Zusammenhang zum UFLS-Ereignis steht, kann nach den Weisungen des jeweiligen VNB ohne weitere Rücksprache mit der nationalen Netzgesellschaft wieder zugeschaltet werden.
- (3) Wenn in der Regelzone Schweiz die Vorgaben nicht eingehalten wurden, muss nach einem UFLS-Ereignis sichergestellt sein, dass eine transparente Protokollierung zeitnah erstellt werden kann. Dafür ist eine enge Zusammenarbeit zwischen der nationalen Netzgesellschaft und den UFLS-Netzgruppen zwingend notwendig. Die Koordination für die Regelzone Schweiz übernimmt die nationale Netzgesellschaft mit den verantwortlichen UFLS-Netzgruppenbetreibern.
- (4) Das schweizerische Awareness-System (SARA) könnte sowohl bei erfolgten Lastabwurf als auch beim Wiederschalten der entsprechenden Lasten zum Einsatz kommen. Darin wird somit sichtbar, wo Lastabschaltungen stattgefunden haben und wo diese wieder zugeschaltet werden.
- (5) Bei der Wiederversorgung nach einem UFLS-Ereignis kann davon ausgegangen werden, dass die Zuschaltungen von Lasten in Teilschritten erfolgen wird. Für nachgelagerte Verteilnetze kann vorläufig ein Aufteilungsschlüssel festgelegt werden. Der Aufteilungsschlüssel sollte einfach umsetzbar sein und muss bei allen Systembetreibern innerhalb der Kaskade bekannt sein.



16. Reporting, Monitoring und Protokollierung

16.1 Reporting für das Verteilnetz

- (1) Die Verteilnetzbetreiber müssen dafür Sorge tragen, dass der UFLS in ihrem Verantwortungsbereich flächendeckend, diskriminierungsfrei und konform geplant und funktionsfähig ist, entsprechend sind Reporting, Monitoring und Protokollierung durchzuführen. Das Emergency and Restoration Code/1/ fordert eine entsprechende Dokumentation im einjährigen Rhythmus.
- (2) Da die aktuellen Einstellungen des UFLS zwischen der nationalen Netzgesellschaft für die Regelzone Schweiz und den Verteilnetzbetreibern abgestimmt werden müssen, bedarf es einer zyklischen Aktualisierung der entsprechenden Dokumentation. Hierzu sollte mindestens einmal jährlich, im ersten Quartal die aktuellen Referenznetzlasten je aktive Lastabwurfgruppe durch den UFLS-Netzgruppenverantwortlichen an die nationale Netzgesellschaft gemeldet werden. Ein Musterbericht kann Abbildung 20 entnommen werden.
- (3) Das Reporting erfolgt immer über den direkt angeschlossenen Verteil- oder Kraftwerksbetreiber in der Kaskade.



UFLS-Reporting für

2016

swissgrid

Name der UFLS-Reportinggruppe:

EW Muster

Totale Netzlast vom Vorjahr [MW]:

100 MW

Bandbreite einer UFLS Stufe (min/mittel/max)	5.0	6.3	8.3	MW
	5%	6.25%	8.25%	

UFLS Stufe			Lastabwurf [MW]		Lastabwurf kumuliert [MW]						Bemerkungen
Stufennummer (Fakultativ)	Frequenz [Hz]	Anzahl Abwurfpunkte	Lastabwurf pro Stufe	Erfüllt	Bandbreite UFLS Stufe			Summe Lastabwurf	Anteil Referenz- netzlast [%]	Erfüllt	
					SOLL min	SOLL mittel	SOLL max				
3A	49.00	2	5.3	ja	5.00	6.25	10.00	5.3	5.3	ja	
3B	48.85	2	4.9	nein	10.00	12.50	16.50	10.2	10.2	ja	
4A	48.70	6	5.4	ja	15.00	18.75	24.75	15.6	15.6	ja	
4B	48.55	2	6.1	ja	20.00	25.00	33.00	21.7	21.7	ja	
5A	48.40	2	5.3	ja	25.00	31.25	41.25	27	27.0	ja	
5B	48.25	2	5.2	ja	30.00	37.50	49.50	32.2	32.2	ja	
6A	48.10	2	6.3	ja	35.00	43.75	52.00	38.5	38.5	ja	
6B	48.00	3	6.2	ja	38.00	50.00	52.00	44.7	44.7	ja	

Übergabestellen zum Übertragungsnetz (NE1):

Anlagenname	Transformatoren	Aufteilung	Aufteilung der Last auf die übergeordneten Verknüpfungspunkte bei Normalschaltung (gerundete Werte)
Station A	T1 - T3 - T5	50%	
Station B	T1 - T2 - T3	15%	
Station C	T1 - T2	15%	
Station D	T1 - T2	10%	
Station E	T2	10%	

Folgende Gesellschaften sind in diesem Reporting enthalten:

EW Muster A
EW Muster B

Koordinierende Gesellschaft / Ansprechpartner UFLS Reporting:

EW Muster

Datum, Ort

Abbildung 20: Musterbericht für VNB

Übergabestellen zum Übertragungsnetz (NE1):

Anlagenname	Transformatoren	Aufteilung
Teilnetz Region A		47.0 MW
Station AA	T1 - T5	50%
Station AB	T1 - T2	50%
Teilnetz Region B		234.0 MW
Station BA	T1 - T3	80%
Station BB	T1 - T2	10%
Station BC	T1 - T2	10%
Teilnetz Region C		156.0 MW
Station CA	T1 - T4	60%
Station CB	T3 - T6	40%

Abbildung 21 Beispiel für VNB mit mehreren NE1 Übergabestellen / Teilnetze

16.2 Reporting Pumpspeicherkraftwerke

- (1) Die Pumpspeicherkraftwerk-Betreiber müssen auf Aufforderung der nationalen Netzgesellschaft alle 5 Jahre die UFLS-Einstellungen bestätigen, dass der UFLS in ihrem Verantwortungsbereich konform geplant und funktionsfähig ist. Reporting, Monitoring und Protokollierung sind entsprechend durchzuführen.
- (2) Das Reporting erfolgt immer über den direkt angeschlossenen Verteil- oder Kraftwerksbetreiber in der Kaskade.



17. Ausblick

- (1) Die Nutzung weiterer Kriterien wie z.B. Rate of Change of Frequency (RoCoF) sollte ebenfalls untersucht werden. Es ist von Vorteil, wenn in allen neuen Schutzgeräten, die für den UFLS zuständig sind, die Schutzfunktion "df/dt" schon enthalten sind, damit eine spätere Aktivierung keinen Gerätersatz bzw. Firmware-Hochrüstung erfordert. Die RoCoF-Funktion sollte mit Unterfrequenzstufen kombiniert werden können.
- (2) Bei der zukünftigen Zunahme der dezentralen Einspeisungen in der NE 7 bzw. NE5 sind adaptive UFLS-Gruppenzuordnungen zu prüfen, damit die geforderten Abwurfziele jederzeit eingehalten werden können, unabhängig von der Tageszeit bzw. von den klimatischen Bedingungen.
- (3) Zusammenhänge von zukünftigen UFLS-Ereignissen mit gleichzeitigem Spannungsereignissen sind zu untersuchen, damit deren Einstellungen besser koordiniert werden können.
- (4) SDL-UFLS (Lastreduktion) für Industriekunden sollte bei Bedarf vorgesehen werden. Im Ausland wird diese SDL mit Entschädigung bereits seit längerer Zeit angeboten.

