



Branchenempfehlung

Technische Anforderungen an die automatische Frequenzentlastung unter Berücksichtigung veränderter Vorgaben

Technische Bestimmungen zu Anschluss, Betrieb und Nutzung des Verteilnetzes

UFLS – CH 2016

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

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



Impressum und Kontakt

Herausgeber

Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE
Hintere Bahnhofstrasse 10, 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	Mitglied AG
Andreas Degen	VSE	Mitglied AG

Verantwortung Kommission

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



Chronologie

Datum	Kurzbeschreibung
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

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

Der VSE verabschiedete das Dokument am 07. September 2016.

Druckschrift Nr. 1040/d, Ausgabe 2016

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. Abkürzungen, Begriffe und Definitionen	8
3. Rahmenbedingungen ENTSO-E.....	9
4. Umsetzung Schweiz.....	9
5. Bestimmung der Referenznetzlast.....	12
6. Realisierung	14
6.1 Grundsätze für die Realisierung.....	14
6.2 Realisierung bei Verbrauchernetzen ohne Rückspeisung	14
6.3 Realisierung bei Verbrauchernetzen mit zeitweiser Rückspeisung	16
6.4 Eigenbedarf	16
7. Lastabwurfgruppen	16
7.1 Aufteilung	16
7.2 Bandbreite der Lastabwurfgruppen.....	17
8. Rotation	17
9. Verhalten nach einem UFLS-Ereignis.....	17
10. UFLS-Netzgruppen	18
11. Systemdienstleistungen	18
12. Anforderungen an die Schutzfunktionen und deren Einstellungen.....	19
13. Technische Details	21
13.1 Blockierung der UFLS-Funktion.....	21
13.2 Datenpunkumfang	21
13.3 Hilfsspannung.....	21
14. Reporting, Monitoring und Protokollierung.....	22
15. Pumpen von Pumpspeicherkraftwerken	23
16. Ausblick	23
17. Referenzen.....	24



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Massnahmen zur Frequenzstabilisierung	7
Abbildung 2: Empfehlung UFLS-Umsetzung Schweiz	10
Abbildung 3: UFLS-Umsetzungsvorschlag	12
Abbildung 4: Bestimmung der Referenznetzlast	13
Abbildung 5: Formel der Referenznetzlast für einen Abwurfknoten	13
Abbildung 6: Fall 2: Verbrauchernetz mit zeitweiser Einspeisung	14
Abbildung 7: Beispiele für Frequenzentlastung bei Verbrauchernetzen ohne Rückspeisung	15
Abbildung 8: Beispiele für Frequenzentlastung mit zeitweiser Rückspeisung	16
Abbildung 9: Darstellung der Lastabwurfgruppen	17
Abbildung 10: Prinzipschaltung der wirkleistungsrichtungsabhängigen Frequenzschutzfunktion	20
Abbildung 11: Beispiele für Erkennung der Wirkleistungsrichtung	20
Abbildung 12: Musterbericht	22

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Abwurfplan	11
Tabelle 2: Einstellwerte für den frequenzabhängigen Lastabwurf	19
Tabelle 3: Einstellwerte mit wirkleistungsrichtungsabhängigen UFLS	21
Tabelle 4: Empfehlung Schutzeinstellungen von Pumpen	23



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).

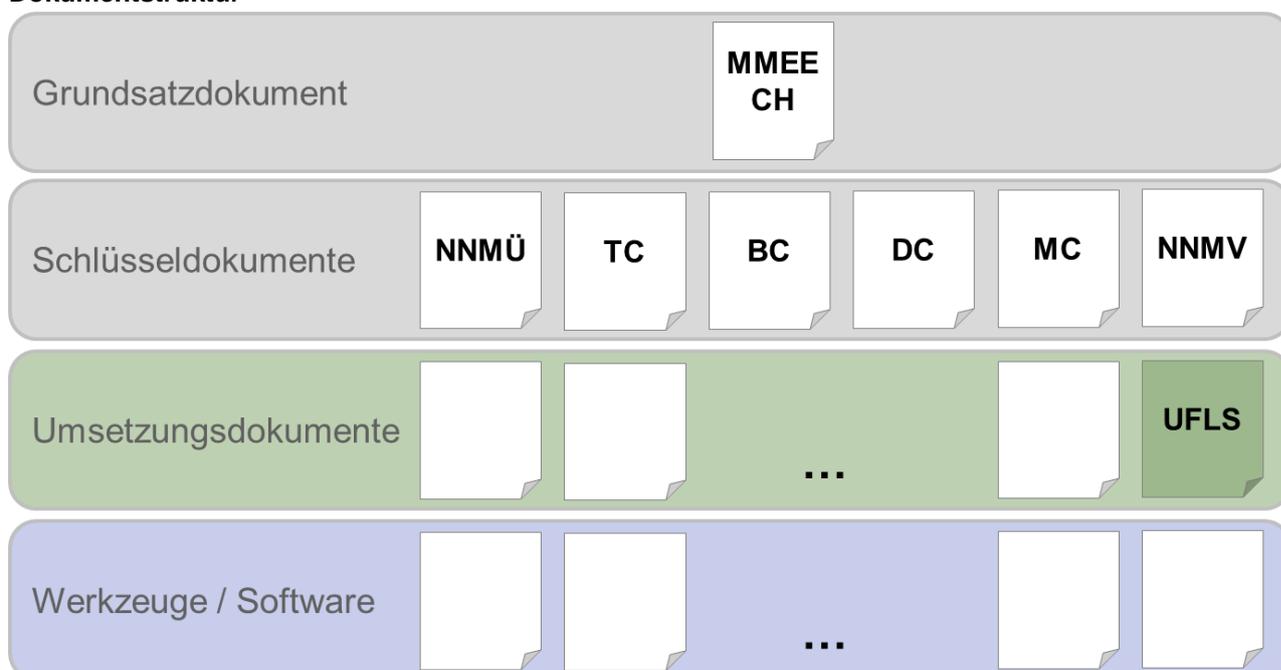
Branchendokumente werden von Branchenexperten im Sinne des Subsidiaritätsprinzips ausgearbeitet, regelmässig aktualisiert und erweitert. Bei den Bestimmungen, welche als Richtlinien im Sinne des StromVV gelten, handelt es sich um Selbstregulierungsnormen.

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 unter Berücksichtigung veränderter Vorgaben“ handelt es sich um ein Umsetzungsdokument.

Dokumentstruktur



1. Einleitung

- (1) Zur Frequenzhaltung im Übertragungsnetz sind die Übertragungsnetzbetreiber im Rahmen ihrer Verantwortung für den zuverlässigen Systembetrieb zur Vorhaltung von Primärregel-, Sekundärregel- und Tertiärregelreserve verpflichtet.
- (2) 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 1].

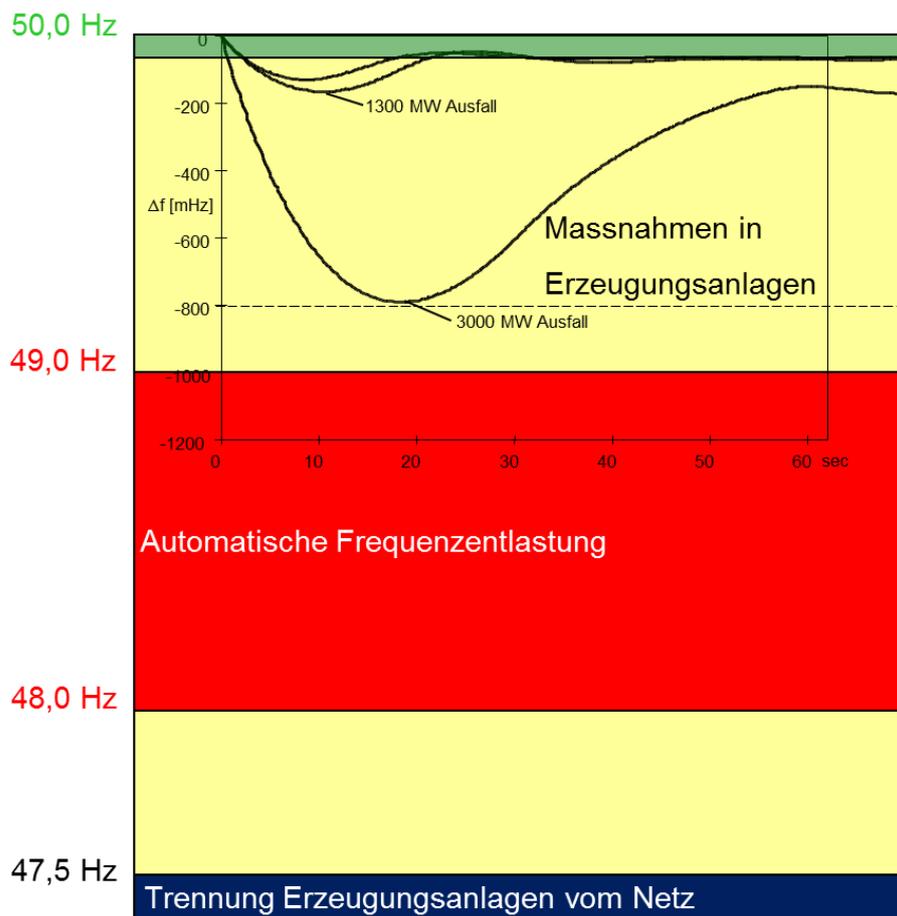


Abbildung 1: Massnahmen zur Frequenzstabilisierung



- (3) Für die automatische Frequenzentlastung werden folgende Fachbegriffe in der Fachliteratur verwendet:
- Automatische Frequenzentlastung
 - Low Frequency Demand Disconnection
 - Under Frequency Load Shedding

Dabei handelt es sich immer um das gleiche Konzept des Systemschutzes.

- (4) Im vorliegenden VSE-Dokument „Technische Anforderungen an die automatische Frequenzentlastung unter Berücksichtigung veränderter Vorgaben“ wird für die automatische Frequenzentlastung die Abkürzung UFLS (Under Frequency Load Shedding) verwendet.
- (5) Der VSE hat mit Swissgrid und diversen Verteilnetzbetreibern gemeinsam eine Lösung erarbeitet und in diesem Dokument festgehalten, damit ein kostengünstiger, schnell umsetzbarer und diskriminierungsfreier Standard, mit der bestehenden Ausrüstung für den UFLS, unter Berücksichtigung des ENTSO-E Operation-Handbooks, umgesetzt wird.
- (6) Massnahmen im überfrequenten Bereich, mobile sowie stationäre Speicher sind nicht Bestandteil dieses Dokuments.
- (7) Die vorliegende Branchenempfehlung befasst sich nicht mit den finanziellen Aspekten von automatischen Frequenzentlastungen.

2. Abkürzungen, Begriffe und Definitionen

- (1) Für Abkürzungen, Begriffe und Definitionen wird auf das Glossar „Glossar für die Regeln des Schweizer Strommarktes“ verwiesen.
- (2) Zusätzlich kommen im vorliegenden Dokument die folgenden Abkürzungen, Begriffe und Definitionen zur Anwendung:

Abwurfknoten	Knoten an dem das UFLS-Schutzgerät den Schalter auslöst. Sollte mit der Messstelle möglichst identisch sein.
AFE	Automatischen Frequenzentlastung
FNN	Forum Netztechnik/Netzbetrieb (Deutschland)
LFDD	Low Frequency Demand Disconnection
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition Darunter versteht man das Überwachen und Steuern technischer Prozesse mittels eines Computer-Systems.
Swissgrid	Übertragungsnetzbetreiber
UFLS	Under Frequency Load Shedding
UFLS-Netzgruppe	Ein oder mehrere VNBs, welche die UFLS Rotation selbstständig durchführen
VDN	Verband der Netzbetreiber (Deutschland)



3. Rahmenbedingungen ENTSO-E

- (1) Im RG CE OH– Policy 5: Emergency Operations, Version 3.0 vom 16. September 2015 /1/ sind für die Umsetzung die wichtigsten Eckdaten für den UFLS festgehalten und werden in den folgenden Punkten zusammengefasst
 - Der Lastabwurf erfolgt im Frequenzbereich zwischen 49,0 Hz und 48,0 Hz.
 - Die Unterspannungsblockierung der Frequenzfunktion ist zwischen 30% und 90% U_c vorgesehen.
 - In der ersten Stufe ist min. 5% Last abzuwerfen.
 - Der maximale Lastabwurf je Stufe darf 10% nicht überschreiten.
 - Die Anzahl der Stufen ist zwischen 6 und 10 angesiedelt.
 - Der Abstand zwischen den einzelnen Stufen ist 100 mHz bis 200 mHz.
 - Die Abwurfgrenzen sind bei 48 Hz zwischen 38% und 52% der Netzlast.
 - Die Gesamtzeitverzögerung für Auslösungen soll 150 Millisekunden nicht überschreiten.
- (2) Für den automatischen frequenzabhängigen Abwurf von Speicherpumpen sind folgende Eckwerte festgelegt:
 - Auslösung zwischen 49,8 Hz und 49,2 Hz mit einer Zeitverzögerung $< 10\text{sec}$.
 - Auslösung $< 49,2\text{ Hz}$ mit einer Zeitverzögerung $< 350\text{ msec}$.
- (3) 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.

4. Umsetzung Schweiz

- (1) In der Schweiz wird der UFLS einheitlich mit acht aktiven Lastabwurfgruppen realisiert, damit die Flexibilität innerhalb der UFLS-Netzgruppen bzw. in der Regelzone Schweiz möglich ist. Das gesamtschweizerische Reporting wird vereinfacht und die Vorgaben seitens ENTSO-E und StromVV Art. 5, Abs. 2 können somit für die Regelzone Schweiz vollständig umgesetzt bzw. eingehalten werden. Die acht aktiven Lastabwurfgruppen sind gleich gross. Die komplette Umsetzung hinsichtlich der Rahmenbedingungen bei Neuanlagen bzw. bei Ertüchtigungen von Anlagen ist ab sofort einzuhalten. Die Umsetzung der neuen Frequenzstufen ist gemäss Umsetzung A oder B voraussichtlich bis 2022 zu realisieren.



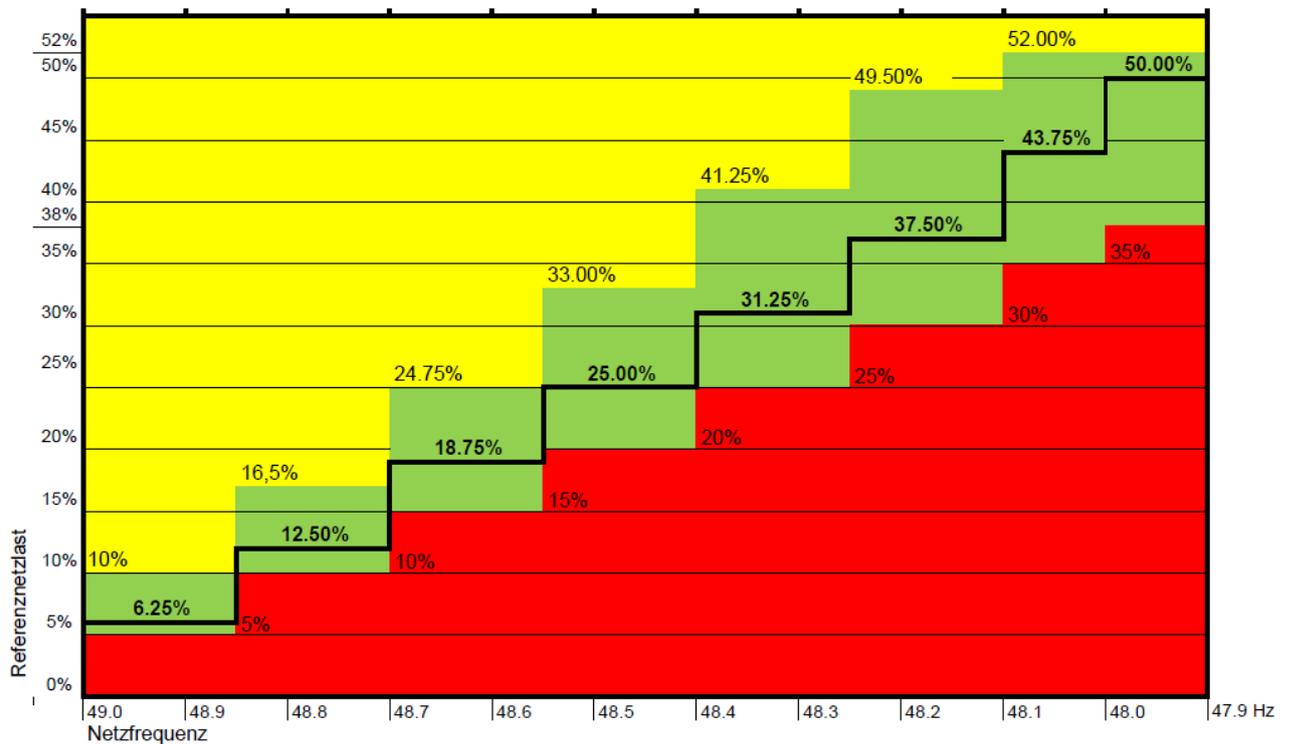


Abbildung 2: Empfehlung UFLS-Umsetzung Schweiz

- (2) In der Abbildung 2 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 bis 150 mHz mit einer gleichmässigen Aufteilung der Referenznetzlast von 6,25%. Der frequenzabhängige Abwurf von Speicherpumpen ist im Abschnitt 15 näher beschrieben.
- (3) Mit dem Lastabwurf werden zwangsläufig auch dezentrale Einspeiser mit abgeworfen. Diese stellen jedoch heute im Verhältnis zur gesamten Last noch eine kleine, aber nicht vernachlässigbare Erzeugung dar. Zur Kompensierung dieser, mit abgeworfenen Erzeugern, wurde in der 8-stufigen-Kennlinie ein höherer Prozentwert gewählt.



Frequenz (Hz)	Aktion	Referenznetzlast aufsummiert (%)	Aktivierungsart
49.5	Abwurf Speicherpumpen, 1. Stufe	---	Automatisch
49.2	Abwurf Speicherpumpen, 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) Für die Umsetzung der neuen Vorgaben werden zwei praktische Möglichkeiten näher beschrieben. Ziel ist, ausgehend vom bisherigen Konzept, dass mit geringstem Aufwand, mit 7 Stufen (4 aktiven und 3 inaktive), der Wechsel zum neuen Konzept mit 8 aktiven und 8 inaktiven Stufen erfolgen kann.

Umsetzung A

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

Umsetzung B

- (6) 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 3].



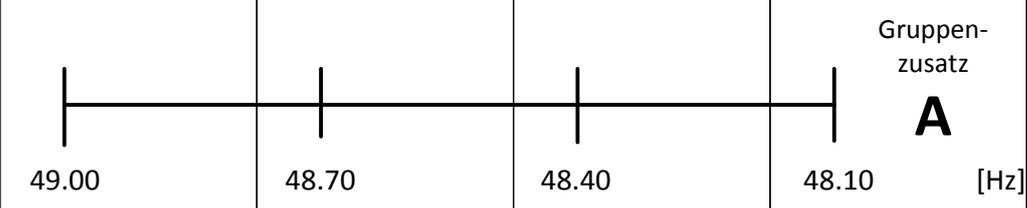
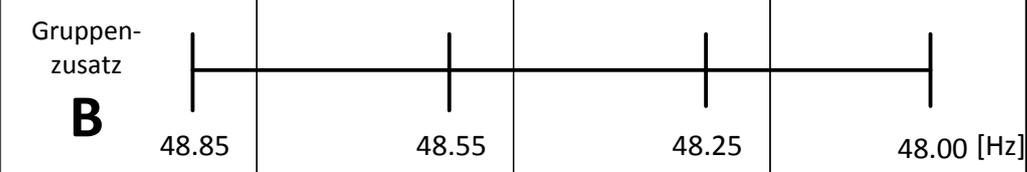
Bestehende UFLS-Geräte		49.00	48.70	48.40	48.10	Gruppen- zusatz A [Hz]
Neu zu parametrierende UFLS-Geräte		Gruppen- zusatz B	48.85	48.55	48.25	48.00 [Hz]
Frequenz		49.0/48.85	48.70/48.55	48.4/48.25	48.1/48.0	

Abbildung 3: UFLS-Umsetzungsvorschlag

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. 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 4 dargestellt. Wenn ggf. die UFLS-Auslösungen in der Netzebene 5 realisiert sind, also bei den Leitungsabgängen in Umspannwerken, ist für die Bestimmung der Referenznetzlast 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.



- (3) In die Referenznetzlast werden folglich nur Jahres-Netto-Verbraucher der beiden Fälle 1 und 2 eines Netzbetreibers (öffentliche und Industrienetzbetreiber) am Hochspannungsnetz einbezogen.

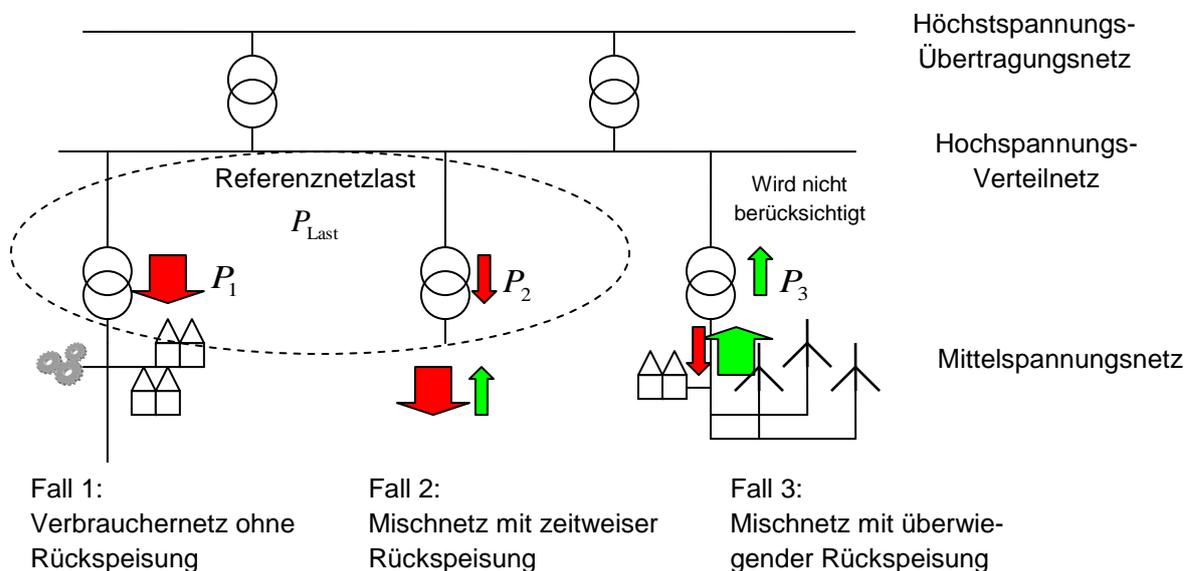


Abbildung 4: Bestimmung der Referenznetzlast

- (4) Eine zeitweise Rückspeisung liegt vor, wenn mehr als 1/3 der 10 oder 15 Minuten-Mittelwerte je Kalenderjahr mit Rückspeisung pro Jahr ermittelt wurden. Wenn in mindestens 2/3 der 10 oder 15 Minuten-Mittelwerte eines Kalenderjahres die Messzyklen der Referenznetzlastpunkt als Einspeisung wirkt, liegt Fall 3 (überwiegend Einspeisung) vor. Mittelwerte mit „Null“ Leistung werden auch für die Berechnungen der Referenz-Netzlasten-Zuteilung berücksichtigt, damit das Ergebnis nicht verfälscht wird. Ausserdem ist zu berücksichtigen, dass nach dem Abwurf der Lasten eine Überlastsituation durch die im Netz verbleibende Erzeugerleistung entsteht.

$$P_{Last,mittel} = \frac{1}{i} \sum_i \frac{P_{i,mittel} + |P_{i,mittel}|}{2}$$

Anmerkung: i entspricht Anzahl der Mittelwerte

Abbildung 5: Formel der Referenznetzlast für einen Abwurfknoten



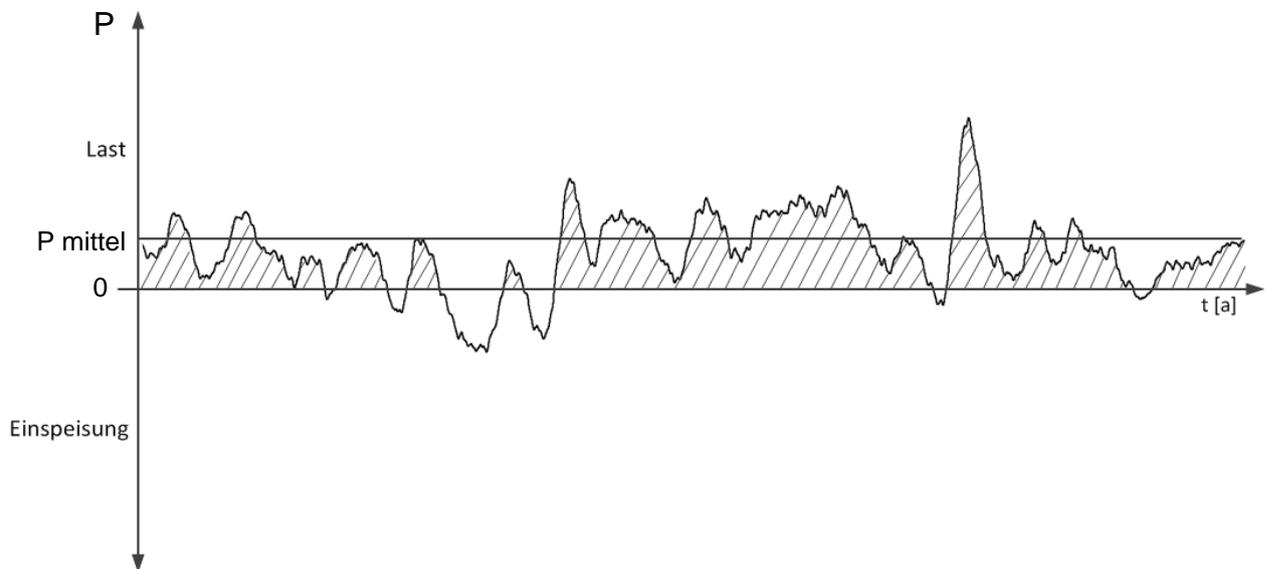


Abbildung 6: Fall 2: Verbrauchernetz mit zeitweiser Einspeisung

- (5) Für Fall 2 ist nur der Mittelwert aller Last-Mittelwerte (schraffierte Flächen) einschliesslich Werte mit 0 zu berücksichtigen. Auf diese Weise können kurzzeitige Spitzen von Einspeiser kompensiert werden.
- (6) 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 Abwurfunktionalität, da diese Netze nicht in der Abwurfbilanz berücksichtigt wurden. Daher müssen keine UFLS-Geräte eingebaut werden.

6. Realisierung

6.1 Grundsätze für die Realisierung

- (1) Der Unterfrequenzschutz sollte zukünftig wirkleistungsrichtungsabhängig ausgeführt werden. Da zunehmend in den Anlagen Abgänge vorhanden sind, in denen die Wirkleistungsrichtung aufgrund schwankender, dezentraler Einspeisungen nicht mehr eindeutig zuordenbar ist (Abbildung 4, Fall 2). In Anlagen, in denen alle Abgänge nur Lasten haben, ist ein reiner Frequenzschutz ausreichend.

6.2 Realisierung bei Verbrauchernetzen ohne Rückspeisung

- (1) Das klassische Konzept auf Basis einer Frequenzmessung und Auslösung des Transformators auf der Netzebene 4 ist anwendbar, wenn an der MS-Sammelschiene reine Lasten angeschlossen sind. Der Abgriff der Messspannung für die Frequenzmessung kann ober- oder unterspannungsseitig des Transformators, an der MS-Sammelschiene oder im Eigenbedarf erfolgen [Abbildung 7].



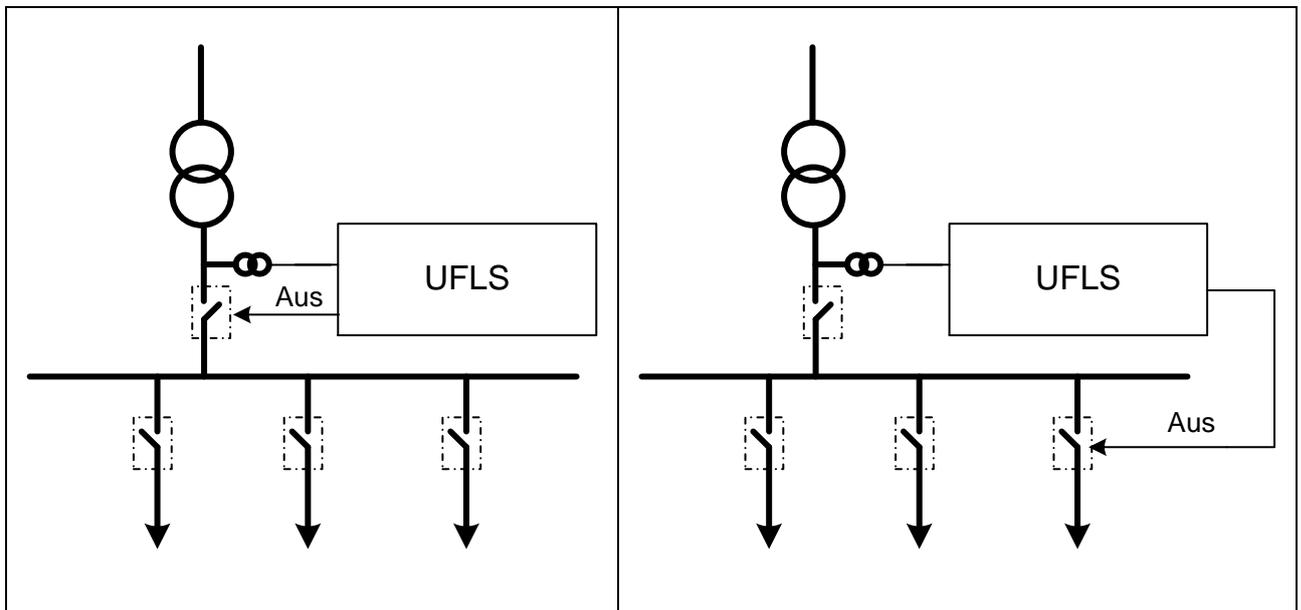


Abbildung 7: Beispiele für Frequenzentlastung bei Verbrauchernetzen ohne Rückspeisung

- (2) Die Abschaltung kann alternativ auch auf einzelne MS-Abgänge erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die Ermittlung der Referenzlast auf Basis der gewählten MS-Abgänge erfolgen muss.

- (3) Wenn einzelne Leitungsabzweige ausschliesslich Kraftwerkeinspeisungen sind, können diese Leitungsabzweige von den UFLS-Auslösungen befreit werden. Somit muss die Auslösung innerhalb des Umspannwerkes von der Netzebene 4 (Transformator) auf die Netzebene 5 (Leitungsabzweige) verschoben werden. Auf diese Weise kann auf eine wirkleistungsrichtungsabhängige Schutzgeräteleistung verzichtet werden. Ist die Spannungserfassung des UFLS-Gerätes am Abzweig des Transformators bzw. an der Sammelschiene, erfolgt die Auslösung über einen Auslöse-Bus, der wiederum die Abgänge der einzelnen Leitungen ggf. über das eingebaute Feldgerät auslöst. Es ist darauf zu achten, dass bei einer Netzstörung auf dem Auslösebus keine Fremd-Einkopplung erfolgt, durch welche die UFLS-Auslösung angeregt wird, die ggf. zu einer ungewollten Überfunktion (Fehlauslösung) führen kann. Als Vorsichtsmassnahme sind Zeitverzögerungen oder indirekte Auslösungen ggf. mit einer Frequenzfreigabe vorzusehen.

6.3 Realisierung bei Verbrauchernetzen mit zeitweiser Rückspeisung

- (1) In Mischnetzen ohne eindeutige Einspeisungen oder Lasten, bei denen der Transformator die Bilanzgrösse darstellt, findet die folgende Lösung [Abbildung 8] Anwendung.

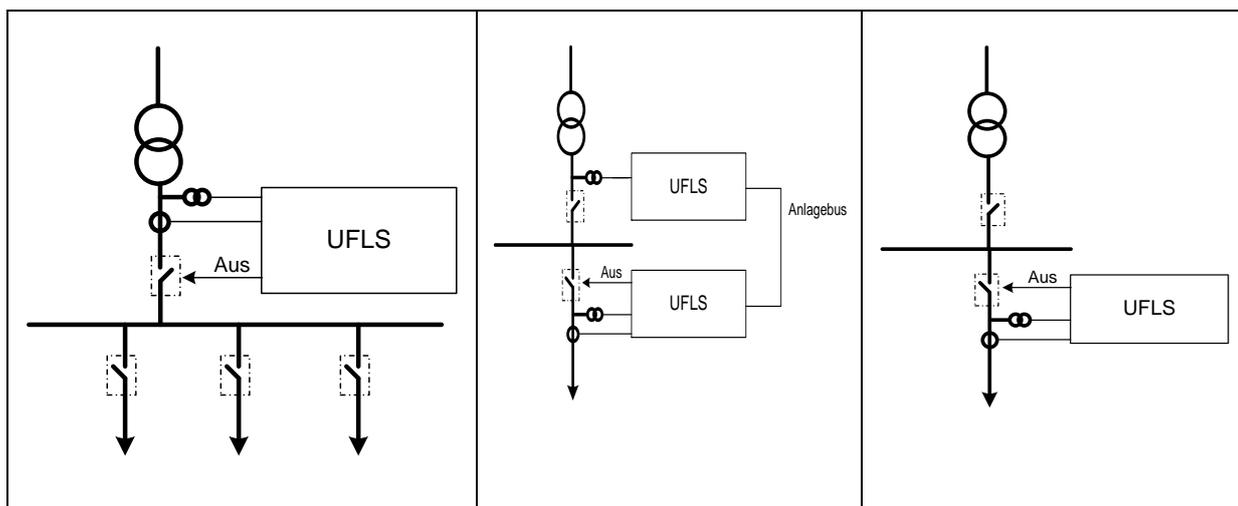


Abbildung 8: Beispiele für Frequenzlastung mit zeitweiser Rückspeisung

- (2) ANMERKUNG: Es ist auch möglich, dass der Abgriff der Messspannung für die Frequenzmessung ober- oder unterspannungsseitig des Transformators, an der MS-Sammelschiene oder im Eigenbedarf erfolgt und die Ermittlung der Referenzlast auf Basis der gewählten MS-Abgänge erfolgen müssen.

6.4 Eigenbedarf

- (1) Wenn die Möglichkeit besteht, kann der Eigenbedarf vom UFLS befreit werden, damit der sichere Netzwiederaufbau möglich ist.

7. Lastabwurfgruppen

7.1 Aufteilung

- (1) Die gesamte Referenznetzlast innerhalb einer UFLS-Netzgruppe ist immer 100%. Damit eine Rotation ggf. 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 des ENTSO-E Operation-Handbooks und die Vorgaben der Schweiz.



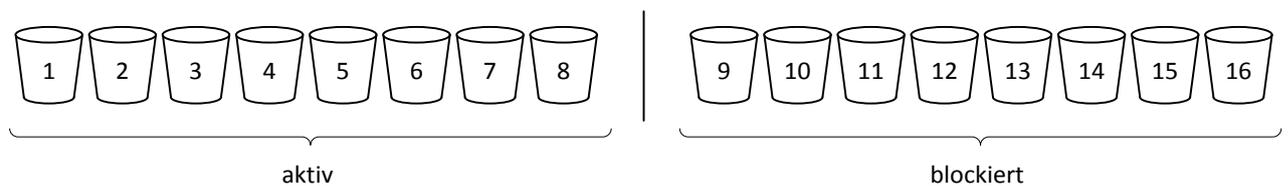


Abbildung 9: Darstellung der Lastabwurfgruppen

7.2 Bandbreite der Lastabwurfgruppen

- (1) Jede Lastabwurfgruppe hat im Mittel 6.25% der Referenznetzlast. Da die Zuordnung der einzelnen Referenznetzlasten nur in Lastblöcken wie Transformator oder Leitungen 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 an Swissgrid weitergeleitet. Swissgrid könnte in einem solchen Fall ggf. einen Ausgleich in der Regelzone Schweiz mit anderen UFLS-Netzgruppen vornehmen.
- (2) ANMERKUNG: Da in der ersten Stufe mindestens 5% der Referenznetzlast abzuwerfen ist und der Wert der ersten Stufe bei 6.25% liegt, ergibt sich eine Differenz von -1.25%. Die Differenz von +2% müssen bei 48 Hz eingehalten werden, da maximal 52% Referenznetzlast abzuwerfen ist.

8. Rotation

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

9. Verhalten nach einem UFLS-Ereignis

- (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 Swissgrid und den benachbarten Netzbetreibern.
- (2) Wird ein Betriebsmittel am ENTSO-E CE Netz betrieben und während eines UFLS-Ereignis automatisch ausgeschaltet, welches nicht im direkten Zusammenhang zum UFLS-Ereignis steht, kann nach den Weisungen des jeweiligen VNB ohne weitere Rücksprache mit Swissgrid wieder zugeschaltet werden.



- (3) Wenn die 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 Swissgrid und den UFLS-Netzgruppen zwingend notwendig. Die Koordination für die Regelzone Schweiz übernimmt Swissgrid mit den verantwortlichen UFLS-Netzgruppenbetreibern.

10. UFLS-Netzgruppen

- (1) Swissgrid 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 Swissgrid zuständig. Die Zusammenstellung der einzelnen Netzgruppen ist in enger Zusammenarbeit von Swissgrid 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 Swissgrid 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. Swissgrid 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's 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.

11. Systemdienstleistungen

- (1) Der UFLS ist vor allem in der Netzebene 4 realisiert und daher können nach einem UFLS-Ereignis Systemdienstleistungen aus den unteren Netzebenen ggf. nicht aktiviert werden. Spezielle Zuschaltungen von Betriebsmitteln sind zurzeit nicht vorgesehen, damit diese Systemdienstleistungen in vollem Umfang zur Verfügung stehen.



12. Anforderungen an die Schutzfunktionen und deren Einstellungen

- (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 technische Ausführung als auch für die Instandhaltung. Gemäss Starkstromverordnung Abschnitt 4 Art. 18 darf die Kontrollperiode der UFLS-Schutzeinrichtungen von fünf Jahren nicht überschritten werden.
- (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}	$0,30 - 0,90 * U_n$ U_n bezogen auf Wandlerbemessungsgrössen	$0,01 * U_n$	$0,70 * U_c$ U_c ist die vereinbarte Spannung. Ph-Ph Spannungen sind zu bevorzugen.
Frequenzbereich	f_{min}	45,0 – 55,0 Hz	50 mHz	Einstellung gemäss Abwurfplan. Messgenauigkeit: Frequenz 30 mHz
Eingestellte Auslösezeitverzögerung im Schutzgerät	<i>Time</i>	0 – 20 sec	10 ms	100 ms Annahme, Auslöseverzögerung des Leistungsschalters < 50 msec
Detektionszeit für die sichere Frequenzanregung	<i>Time</i>	60 – 100 ms	20 msec	4 Perioden bzw. 80 ms Beginn der Schutzanregezeit, entspricht T=0
Frequenzgradient	df/dt	---	---	Funktion aktuell blockiert
Anzahl Frequenzstufen	--	1 - 8	1	Verteilnetz: min. 1 Stufe, vorzugsweise 8 Stufen. Pumpe: min. 2 Stufen.

Tabelle 2: Einstellwerte für den frequenzabhängigen Lastabwurf

- (3) Die UFLS-Funktion kann in Verbrauchernetz mit zeitweiser Rückspeisung gem. Fall 2, zusätzlich mit einer Wirkleistungsrichtungserkennung ausgeführt werden. Zur Verhinderung einer Überfunktion dieser Wirkleistungsrichtungserkennung ist die Einführung eines Mindeststromes von 2 bis 20% des Wandlerbemessungsstromes notwendig. Als Messverfahren können entweder die Mitsystemgrössen 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 11 bedeutet „Wirkleistungsrichtung in das überlagerte Netz“ und führt zur Blockade der Auslösung.



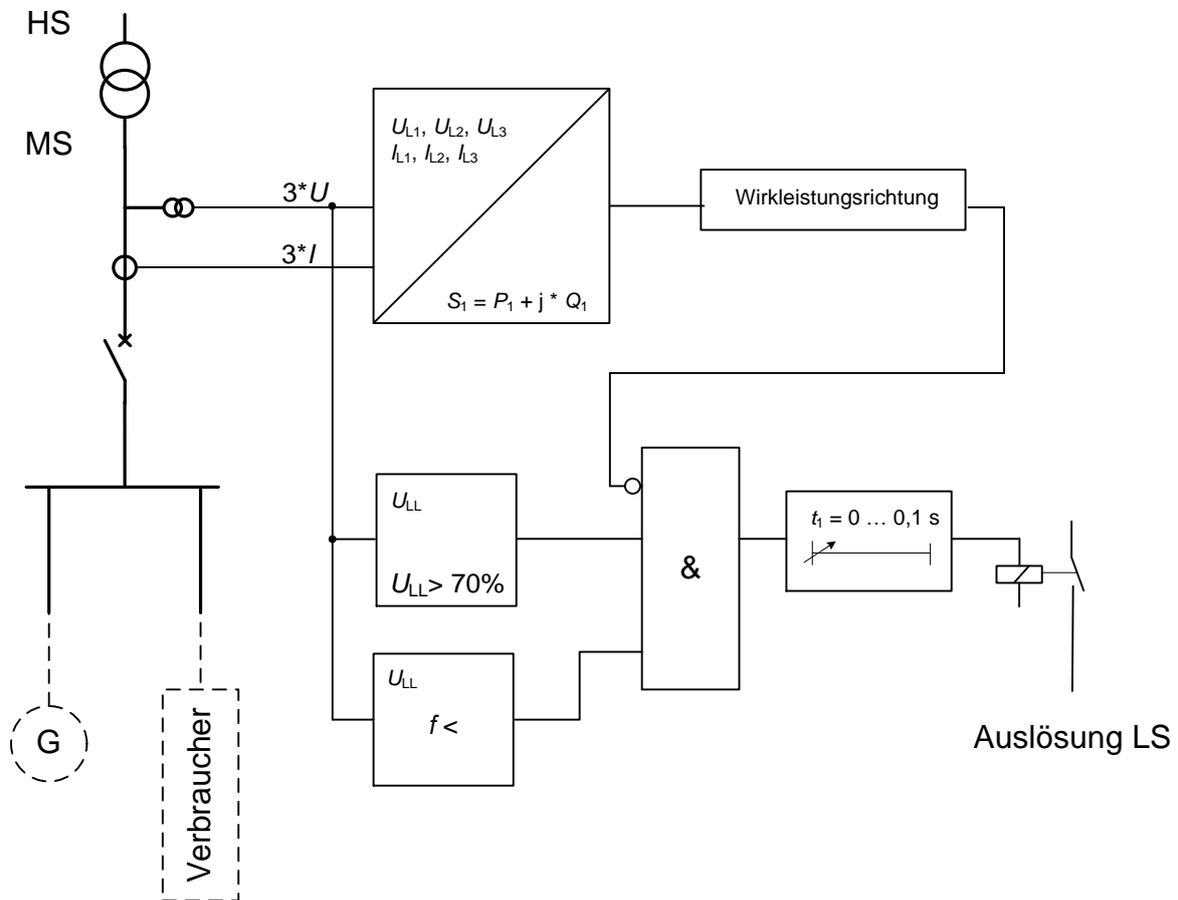


Abbildung 10: Prinzipschaltung der wirkleistungsrichtungsabhängigen Frequenzschutzfunktion

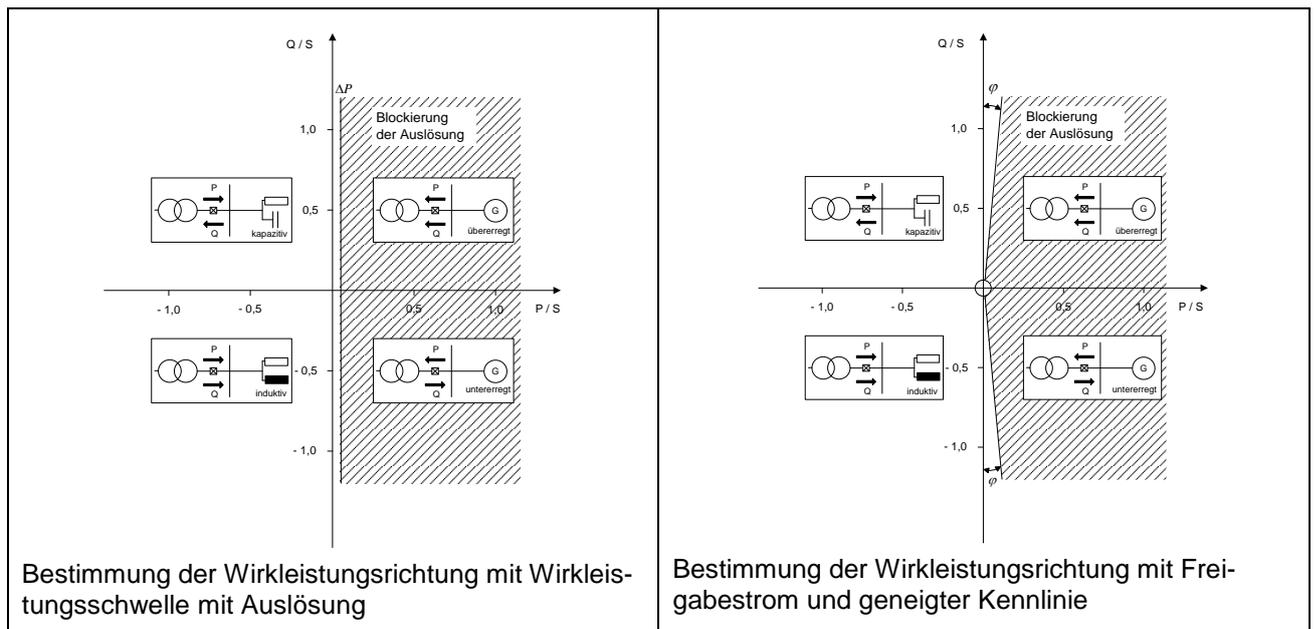


Abbildung 11: Beispiele für Erkennung der Wirkleistungsrichtung



Schutzeigenschaften	Messgrösse	Einstellbereich	Empfohlene Einstellungen und Bemerkungen
Minimalstrom für Wirkleistungsrichtungsgerkung	I_{\min}	0,02 – 0,20 * I_n I_n bezogen auf Wandlerbemessungsgrössen	2 ... 5% des Wandlerbemessungsstromes.
Ansprechschwelle für Wirkleistung	P_{\min}	0,01- 0,10* S_n	S_n ist die Bemessungsscheinleistung des Schutzgerätes (z.B. 100 V; 1 A)

Tabelle 3: Einstellwerte mit wirkleistungsrichtungsabhängigen UFLS

13. Technische Details

13.1 Blockierung der UFLS-Funktion

- (1) 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.
- (2) Wenn ein Verteilnetz bewusst als Insel (abgetrennt vom ENTSO-E CE Netz) gefahren wird, kann die UFLS-Funktion ggf. blockiert werden. Bei Inselnetzen gelten die übergeordneten Vorschriften der Police 5 nicht mehr.

13.2 Datenpunkumfang

- (1) Vorzugsweise soll das UFLS-Auslösesignal und die Gerätestörung an die jeweilige Netzleitstelle übertragen werden.

13.3 Hilfsspannung

- (1) Es ist sicherzustellen, dass die Spannungsabfälle in den Steuerkreisleitungen nicht zu gross sind, damit die Betriebsmittel im vorgeschriebenen Spannungsbereich von +10% bzw., -15% arbeiten können. Vor allem bei den Auslösekreisen ist der Spannungsabfall genau zu untersuchen, wenn die Auslösung bei den Leitungsabzweigen realisiert wird und die MS-Schaltanlage eine sektorenweise Einspeisung ab der DC-Verteilung hat sowie gleichzeitig mehrere Leistungsschalter auf einmal auslösen. Da eine zeitliche Staffelung fast nicht mehr möglich ist, müssen die Zuleitungen optimiert werden.
- (2) Bei einem Ausfall der Gleichrichtereinspeisung wird die DC-Spannung kontinuierlich sinken. Es ist festzuhalten, mit welcher minimalen DC-Spannung der UFLS blockiert werden muss, damit die Auslösekontakte der Schutzgeräte nicht abgebrannt werden. Daher ist eine Überwachung der Hilfsspannung von Vorteil.



14. Reporting, Monitoring und Protokollierung

- (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 Operation-Handbook /1/ fordert eine entsprechende Dokumentation im einjährigen Rhythmus.
- (2) Da die aktuellen Einstellungen des UFLS zwischen Swissgrid für die Regelzone Schweiz und den Verteilnetzbetreibern abgestimmt werden müssen, bedarf es einer zyklisch Aktualisierung der entsprechenden Dokumentation. Hierzu sollte mindestens einmal jährlich, im ersten Quartal die aktuellen Referenznetzlasten je aktive Lastabwurfgruppe durch den UFLS-Netzgruppenverantwortlichen an den Swissgrid gemeldet werden. Ein Musterbericht kann Abbildung 12 entnommen werden.

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 Referenznetzlast [%]	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 12: Musterbericht



15. Pumpen von Pumpspeicherkraftwerken

- (1) Weil Pumpen auch Lasten sind, ist die automatische Trennung vom Netz bei Unterfrequenz zwingend notwendig und zwar unabhängig vom Anschlusspunkt.
- (2) In der Tabelle 4 sind die wichtigsten Schutzparameter festgehalten. Unabhängig von den Referenznetzlastenbetrachtungen bzw. vom Netzanschluss müssen Pumpen immer mit den vorgegebenen Einstellungen ausgelöst werden.

Schutzeigenschaften	Parameter	Einstellung Schutzgerät
Freigabestrom für Frequenzauflösung	--	$0,70 \cdot U_c$ U_c ist die vereinbarte Spannung. Ph-Ph Spannungen sind zu bevorzugen.
Frequenzschutz Stufe 1	Frequenz	49,5 Hz
	Zeitverzögerung	< 9,9 sec
Frequenzschutz Stufe 2	Frequenz	49,2 Hz
	Zeitverzögerung	< 250 msec

Tabelle 4: Empfehlung Schutzeinstellungen von Pumpen

ANMERKUNG: Annahme Leistungsschaltereigenzeit ist < 100 msec.

- (3) Die Wiederschaltung erfolgt ähnlich wie bei einem Netzwiederaufbau in Zusammenarbeit, Absprache und Koordination mit Swissgrid und den benachbarten Netzbetreibern.

16. Ausblick

- (1) Die in diesem Dokument beschriebene Lösung verbessert die Funktionsweise der automatischen Frequenzentlastung unter Berücksichtigung der heutigen Struktur der dezentralen Einspeisungen und kann kurzfristig umgesetzt werden.
- (2) Perspektivisch ist mit einer noch stärkeren Durchdringung dezentraler Erzeugungsanlagen, insbesondere im Niederspannungsnetz, zu rechnen. Diese Entwicklung kann unter Umständen zu einer notwendigen Weiterentwicklung des beschriebenen Konzeptes führen.
- (3) Die Nutzung weiterer Kriterien wie z. B. df/dt für Systemschutzfunktionen sollte ebenfalls untersucht werden. Es ist von Vorteil, wenn neue Schutzgeräte die df/dt Funktion schon haben.
- (4) Für einen diskriminierungsfreien Mindeststandard sollten zukünftige Schutzgeräte mindestens acht Frequenzstufen haben, damit später jede UFLS-Netzgruppe zu jeder Lastabwurfgruppe zugeordnet werden kann. Die 8 Frequenzstufen können auch mit einer Parameterumschaltung realisiert werden.



17. Referenzen

/1/ ENTSO-E Operation-Handbook, Policy 5, Emergency Operations, V3, 16.09.2015
https://www.entsoe.eu/Documents/Publications/SOC/Continental_Europe/oh/20150916_Policy_5_Approved_by_ENTSO-E_RG_CE_Plenary.pdf

Stromversorgungsverordnung (StromVV) vom 14. März 2008 (Stand am 1. Januar 2016)
<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20071266/index.html>

VDN-Richtlinie für digitale Schutzsysteme
https://www.vde.com/de/fnn/dokumente/documents/richtlinie-digitale-schutzsysteme_vdn2003-11.pdf

Leitfaden zum Einsatz von Schutzsystemen in elektrischen Netzen
http://www.strom.ch/fileadmin/_migrated/content_uploads/Leitfaden_Schutzsysteme_Anhang_CH_01.pdf

