



Handbuch

Betrieb der automatischen Wiedereinschaltung in Verteilnetzen (NE3 und NE5)

Technische Bestimmungen zu Anschluss, Betrieb und Nutzung des Verteilnetzes

AWE – CH 2020

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

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



Impressum und Kontakt

Herausgeber

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

Autoren der Erstausgabe 2020

Vorname Name	Firma	Funktion
Arian Rohs	AEW	Mitglied AG
Thomas Frei	alpiq	Mitglied AG
Rainer Lietzow	Axpo	Mitglied AG
Yann Gosteli	CKW	Mitglied AG
Matthias Dietrich	BKW	Mitglied AG
Markus Ettlín	EWO	Mitglied AG
Cédric Chambettaz	Groupe E SA	Mitglied AG
Bruno Wartmann	ewz	Leiter AG
Marco Roner	Repower	Mitglied AG
François Renaud	Swissgrid	Mitglied AG
Vitus Müller	SAK	Mitglied AG
Patrick Bader	VSE, Aarau	Mitglied AG
Matthias Wolf	EBL	Mitglied AG

* AG = Arbeitsgruppe

Verantwortung Kommission

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



Chronologie

Datum	Kurzbeschreibung
März 2016 – März 2020	Erarbeitung durch die Arbeitsgruppe (AG)
Juni 2020 – Juli 2020	Branchenvernehmlassung
24. August 2020	Genehmigung durch die GL des VSE

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

Der VSE verabschiedete das Dokument am 24. August 2020

Druckschrift Nr. 2203-d, Ausgabe 2020

Copyright

© Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen VSE

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

Sprachliche Gleichstellung der Geschlechter.

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



Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen, Begriffe und Definitionen.....	6
Vorwort	7
1. Einleitung.....	8
1.1 Allgemein.....	8
1.2 Ziel und Absicht des Handbuchs.....	8
1.3 Bestehende Branchendokumente.....	8
2. Grundlagen der AWE	8
2.1 Allgemein.....	8
2.2 Mittelspannungsnetz NE5	9
2.3 Hochspannungsnetz NE3	9
3. Funktionsablauf, Begriffe und Parameter	10
3.1 Ablauf der AWE.....	10
3.1.1 Unterwerke mit Kraftwerken	10
3.1.2 Stark vermaschte Netze	10
3.1.3 Schwach vermaschte Netze	10
3.2 Begriffe und Hinweis zur AWE	11
3.2.1 Stromfreie Pausenzeit	11
3.2.2 Kurzunterbrechung (KU).....	11
3.2.3 Langzeitunterbrechung (LU).....	11
3.2.4 Manuelle Probeschaltung	11
3.2.5 Automatische Probeschaltung.....	11
3.2.6 AWE Parallelschaltung	11
3.2.7 Anzahl AWE.....	12
3.3 Parameter der AWE Funktion	12
3.3.1 Sperrzeit.....	12
3.3.2 Pausenzeit	12
3.3.3 Wirkzeit	12
4. AWE nach Leitungstypen.....	12
4.1 Freileitungen.....	12
4.2 Gemischte Leitungen	12
4.3 Reine Kabelleitungen	12
5. Anforderungen an den Leistungsschalter	13
6. AWE Pausenzeiten	14
6.1 Optimierte stromfreie Pausenzeit.....	14
7. Anforderungen an den Spannungs- bzw. Synchrocheck.....	16
7.1 Zuschaltbedingungen Synchrocheck	16
7.2 Zuschaltbedingungen Spannungsscheck	16
7.3 Zuschaltlogik für Strahlennetze.....	18
8. Blockierung UFLS während AWE Pausenzeiten	18



Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht AWE Schaltprozess	11
Abbildung 2: AWE Zeitsequenz	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Richtwerte der Pausenzeiten gemäss ESTI Dokument 247	9
Tabelle 2: Leistungsschalter-Zyklus gem. IEC62271-100	13
Tabelle 3: Empfehlung AWE Pausenzeiten	14
Tabelle 4: Richtwerte für Synchrocheckeinstellungen	16
Tabelle 5: Zuschaltbedingungen mit Synchrocheck	17
Tabelle 6: Probeschaltung mit Spannungsscheck	17
Tabelle 7: AWE-Freigabe mit Synchrocheck	18
Tabelle 8: AWE-Freigabe mit Spannungsscheck	18



Abkürzungen, Begriffe und Definitionen

Für Begriffe und Definitionen wird auf das Glossar des VSE verwiesen.

Verwendete Abkürzungen:

AWE	Automatische Wiedereinschaltung
KU	Kurzunterbrechung oder auch Kurzzeitunterbrechung (Schnellwiedereinschaltung)
LU	Langzeitunterbrechung (Langsamwiedereinschaltung)
T _p	Pausenzeit
KW	Kraftwerk
SC	Synchrocheck
SS	Sammelschiene
DLLB	Dead Line Life Bus (Leitung spannungslos, Schiene mit Spannung)
FRT	fault ride through



Vorwort

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

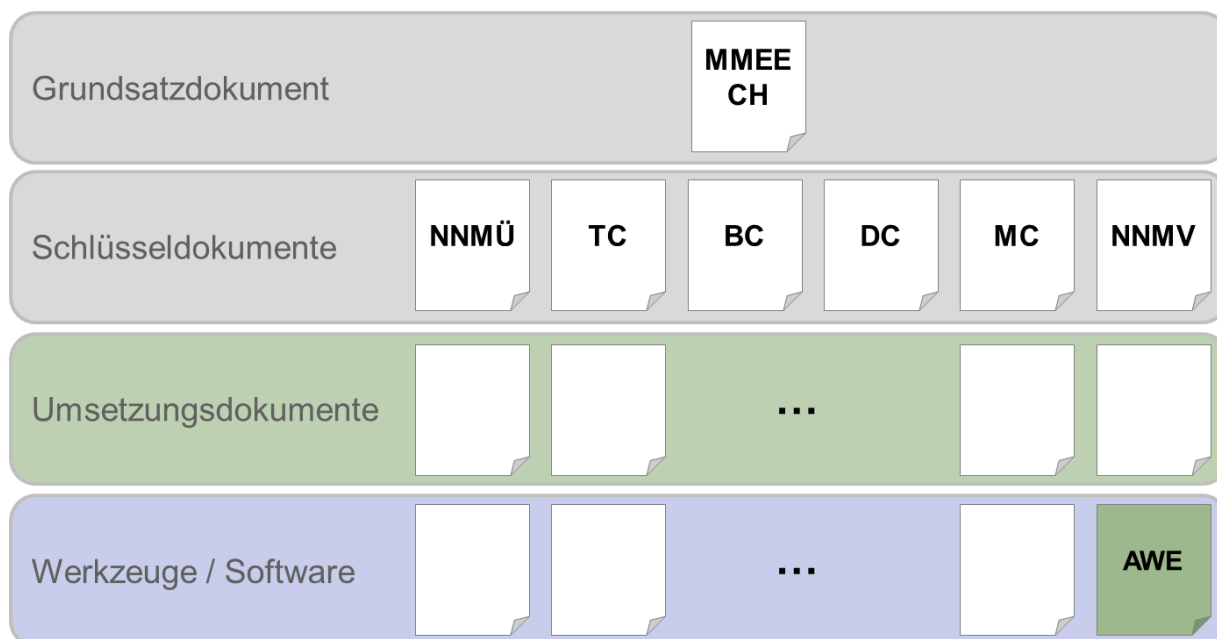
Branchendokumente werden von Branchenexperten im Sinne des Subsidiaritätsprinzips ausgearbeitet, regelmässig aktualisiert und erweitert. Bei den Bestimmungen, welche als Richtlinien im Sinne des StromVV gelten, handelt es sich um Selbstregulierungsnormen.

Die Dokumente sind hierarchisch in vier unterschiedliche Stufen gegliedert

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

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

Dokumentstruktur



1. Einleitung

1.1 Allgemein

- (1) Der Bedarf von neuen erneuerbaren Energien und das politische Umfeld führen zu einer starken Veränderung der Energieerzeugung und Verteilung. Von einigen grossen Kraftwerken entwickelt sich die Tendenz zu vielen kleineren verteilten Energieerzeugungsanlagen (EEA). Die Zahl der kleinen, dezentralen EEA steigt stetig an.
- (2) Diese Veränderungen des Energieerzeugungskonzeptes haben Auswirkungen auf das Verteilnetz. Die Primär- und Sekundärtechnik des Verteilnetzes müssen sich dieser veränderten Situation anpassen. Dies beeinflusst auch die Anforderungen an die automatische Wiedereinschaltung (AWE) in den Verteilnetzen.

1.2 Ziel und Absicht des Handbuchs

- (1) Das vorliegende Dokument AWE-CH beschreibt die technischen Anforderungen an die AWE von Leitungen in Verteilnetzen und konkretisiert die anerkannten Regeln der Technik bezüglich Konzepte und Einstellungen. Mit den vielen kleineren, verteilten EEA sind neue Anforderungen an die AWE zu berücksichtigen, wie zum Beispiel:
 - Es besteht nach Wiedereinschaltung die Gefahr eines asynchronen Zuschaltens auf ein schon bestehendes Drehfeld und den daraus resultierenden hohen Belastungen für die angeschlossenen Betriebsmittel.
 - In Freileitungsnetzen mit AWE kann die Löschung des Lichtbogens durch Einspeisung von EEA erschwert oder sogar verhindert werden.

1.3 Bestehende Branchendokumente

- (1) Der Inhalt dieses Dokumentes ist mit dem VSE Branchendokument NA/EEA-CH sowie mit dem ESTI Dokument Nr. 247 koordiniert und abgeglichen.

2. Grundlagen der AWE

2.1 Allgemein

- (1) Die AWE bezweckt Unterbrüche in der Lieferung von elektrischer Energie infolge von Kurzschlüssen im Verteilnetz zu verkürzen bzw. die manuelle Wiedereinschaltung zu automatisieren. Zeitkritische Abläufe werden daher automatisiert. Durch die AWE wird die Versorgungssicherheit weiter erhöht und das Leitstellenpersonal von zeitkritischen Aufgaben entlastet.
- (2) Die AWE ist keine Schutzfunktion. Sie kann jedoch als Bestandteil des Schutzes sowie der Netzautomatisierung betrachtet werden.
- (3) Ist der Fehler nach der AWE weiterhin anstehend, wird die Leitung durch den Schutz definitiv ausgeschaltet. Nach Abklärung der situativen Umstände können Suchschaltungen erfolgen oder eine Fehlersuche vor Ort eingeleitet werden. In diesem Fall darf die Leitung erst nach Freigabe durch die Leitungswartung bzw. nach Behebung der Störung wieder in Betrieb genommen werden. Die Zuschaltung erfolgt von Hand und ist von der AWE entkoppelt.



- (4) Die Pausenzeiten der Kurzunterbrechung (KU) bzw. Langzeitunterbrechung (LU) können je nach Spannungsebene unterschiedlich sein und sollte, wenn möglich in folgenden Zeitbereichen liegen:

Typ	Pausenzeit
Kurzunterbrechung	bis < 10 s
Langzeitunterbrechung	15 – ca. 200 s

Tabelle 1: Richtwerte der Pausenzeiten gemäss ESTI Dokument 247

- (5) Je nach AWE Pausenzeiten kann dies unter Umständen einen Einfluss auf die Statistik der Versorgungsunterbrüche (MAIFI/SAIDI) haben und somit auf die Meldepflicht der Unterbrüche.
- (6) Die Erkennung eines Inselnetzes bei Wechselrichter (Shift-Verfahren) und die daraus resultierende Abschaltung der Erzeugungsanlage kann bis zu 8 s dauern. Wenn an einer mit AWE betriebenen Leitung eine EEA mit Pflicht zur Teilnahme an der dynamischen Netzstützung angeschlossen wird, sind die Zuschaltbedingungen und Pausenzeiten der AWE zwischen dem VNB und dem Anlagebetreiber zu koordinieren.

2.2 Mittelspannungsnetz NE5

- (1) Die erfolgreiche Beseitigung von Netzfehlern mit Lichtbögen wird erreicht, indem der fehlerhafte Stromkreis ausreichend lang vom einspeisenden Verteilnetz bzw. EEA getrennt wird. Mittelspannungsnetze werden üblicherweise mit einer Erdschlusskompensation oder isoliertem Sternpunkt betrieben. Einpolige Fehler treten in diesen Verteilnetzen nur als Erdschlüsse auf. Bei korrekter Abstimmung der Erdschlusslöschspulen bzw. genügend kleinen Erdschlussströmen erlöscht der Lichtbogen. Bei Dauererdschluss kann das Verteilnetz für einige Zeit weiterbetrieben werden, sofern die Berührungs- und Schrittspannungen eingehalten werden. In ausgedehnten sternpunktisolierten Mittelspannungsnetzen werden Erdschlüsse oft durch den Schutz abgeschaltet und meist eine AWE durchgeführt.
- (2) EEA ab einer gewissen Grösse (vgl. NA/EEA-NE7 – CH) müssen einen Spannungseinbruch durchfahren können (LVRT) und müssen abhängig von ihrer Nennleistung und Technologie durch das Einspeisen eines Blindstromes zur dynamischen Netzstützung beitragen. Das LVRT-Verhalten mit Blindstromeinspeisung kann den Erfolg einer AWE beeinflussen und es kann zu einer asynchronen Zusammenschaltung zwischen Verteilnetz und EEA führen.

2.3 Hochspannungsnetz NE3

- (1) In Hochspannungsnetzen mit Erdschlusskompensation gelten bei Erdschlüssen die gleichen Zusammenhänge wie in Mittelspannungsnetzen. Infolge des höheren Nenn-Isolationspegels, der grösseren Leiterabstände und der meist vorhandenen Erdseile ist die Fehlerhäufigkeit jedoch geringer. In Hochspannungsnetzen mit niederohmiger Sternpunktterdung stellt hingegen jeder einpolige Fehler einen Erdkurzschluss dar, der ohne Kurzunterbrechung zu einer endgültigen Abschaltung des betroffenen Stromkreises führt. Daher ist es sinnvoll, diese Netze mit einer 1- bzw. 3-poligen AWE auszurüsten.



3. Funktionsablauf, Begriffe und Parameter

3.1 Ablauf der AWE

- (1) Eine AWE kann ein- oder zweifach ausgeführt werden. Die LU kann sowohl anschliessend an eine erfolglose KU als auch selbständig ohne vorhergehende KU angewendet werden. Bei einer einfachen AWE wird aufgrund der Pausenzeit unterschieden, ob es sich um eine KU oder eine LU handelt. Die Zuschaltung soll nach Möglichkeit spannungs- oder synchronkontrolliert ausgeführt werden.

3.1.1 Unterwerke mit Kraftwerken

- (1) Bei Unterwerken mit KW-Einspeisungen empfiehlt es sich, nur eine synchronkontrollierte automatische Parallelschaltung vorzusehen und die spannungskontrollierte Probeschaltung in der Gegenstation auszuführen. Damit können hohe Belastungen auf die Generatoren beim Schalten auf anstehende Netzfehler vermieden werden.

3.1.2 Stark vermaschte Netze

- (1) In stark vermaschten Hochspannungsnetzen (NE3) treten erfahrungsgemäss keine Stabilitätsprobleme nach Schutzauslösungen auf und es werden keine Teilnetze gebildet, welche nicht synchron zueinander sind. Dadurch kann eine beidseitige/gleichzeitige KU zugelassen werden. Sofern es die technischen Installationen zulassen, soll die KU analog der LU spannungs- / synchronkontrolliert erfolgen.

3.1.3 Schwach vermaschte Netze

- (1) In schwach vermaschten Verteilnetzen sollte die KU bzw. LU zeitlich gestaffelt werden. Dadurch kann eine beidseitige/gleichzeitige AWE nicht zugelassen werden. Eine AWE soll daher spannungs- / synchronkontrolliert erfolgen.



3.2 Begriffe und Hinweis zur AWE

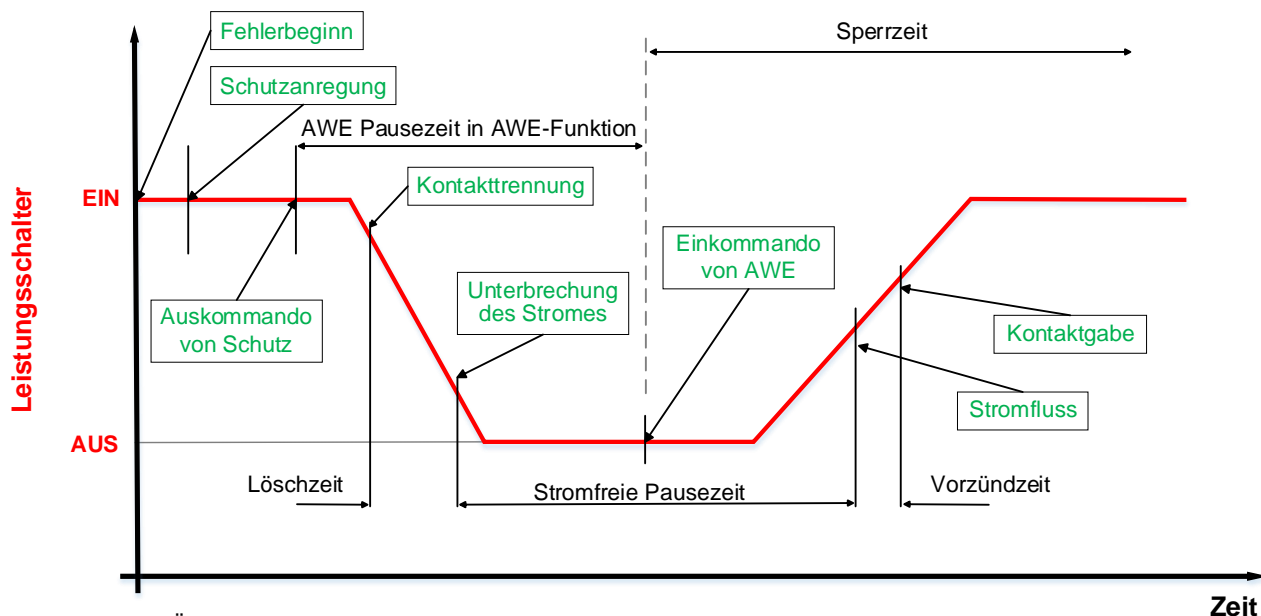


Abbildung 1: Übersicht AWE Schaltprozess

3.2.1 Stromfreie Pausenzeit

- (1) Ist die Zeit von der Unterbrechung des Stromes beim Ausschalten bis zum erneuten Fließen eines Stromes beim Wiedereinschalten.

3.2.2 Kurzunterbrechung (KU)

- (1) Es gibt nur eine Kurzunterbrechung. Je nach Netzebene bzw. Auslegung des Leistungsschalters kann eine Kurzunterbrechung 1- oder 3-polig erfolgen.

3.2.3 Langzeitunterbrechung (LU)

- (1) Es gibt nur eine Langzeitunterbrechung. Eine LU erfolgt immer 3-polig.

3.2.4 Manuelle Probeschaltung

- (1) Bei einer Auslösung erfolgt die Probeschaltung auf die spannungslose Leitung. Die Probeschaltung erfolgt immer einseitig.

3.2.5 Automatische Probeschaltung

- (1) Wenn nach einer Schutzauflösung die Wiedereinschaltautomatik auf eine spannungslose Leitung automatisch zuschaltet.

3.2.6 AWE Parallelschaltung

- (1) Die Parallelschaltung erfolgt nur dann, wenn die Probeschaltung in der Gegenstation erfolgreich war und die Spannung anstehend ist. Die Zuschaltung soll spannungs- / synchronkontrolliert erfolgen.



3.2.7 Anzahl AWE

- (1) Maximal ist eine KU und eine LU gemäss ESTI Weisung 247 gestattet.

3.3 Parameter der AWE Funktion

3.3.1 Sperrzeit

- (1) Die Sperrzeit sorgt dafür, dass der Leistungsschalter nach einem AWE-Zyklus eine genügend lange Erholungszeit erhält. Die Zeit ist mit den technischen Daten des Leistungsschalters und den betrieblichen Vorgaben abzustimmen.

3.3.2 Pausenzeit

- (1) Die Pausenzeit (T_p) der KU bzw. der LU wird durch den Auslösebefehl der entsprechenden Schutzfunktion gestartet und kann für die KU und LU separat eingestellt werden. Die Zeit beeinflusst die stromfreie Pausenzeit im Wesentlichen.

3.3.3 Wirkzeit

- (1) Mit der Wirkzeit lässt sich festlegen, innerhalb welcher Kommandozeit des Schutzes eine AWE erfolgen soll. Damit kann beispielsweise definiert werden, ob eine AWE nur in der ersten oder in der ersten und zweiten Distanzschutzzone erfolgen soll.
- (2) In vielen digitalen Schutzeinrichtungen lassen sich unabhängig von der Wirkzeit direkt die Funktionen zuordnen, welche eine AWE anwerfen.

4. AWE nach Leitungstypen

4.1 Freileitungen

- (1) Freileitungen sind äusseren Einflüssen (Stürme, Schneefall usw.) stärker ausgesetzt als Erdkabel und verzeichnen deshalb erfahrungsgemäss mehr Störungen. Die Erfahrungen haben gezeigt, dass Störungen (meistens Kurzschlüsse mit Lichtbögen oder Blitzeinschläge) nach einer Leitungsabschaltung von selbst löschen. Erfahrungsgemäss liegen die erfolgreichen KU zwischen 70 und 85%. Mittels KU und LU kann die Wahrscheinlichkeit bis 95% erhöht werden.

4.2 Gemischte Leitungen

- (1) Bei gemischten Leitungen zeigt die Erfahrung, dass bei Störungen die Fehlerursache mehrheitlich auf dem Freileitungsabschnitt liegt.
- (2) Weil die Freileitungen eine grössere Störanfälligkeit gegenüber den Kabelleitungen haben, kann die AWE grundsätzlich bei gemischten Leitungen durchgeführt werden, auch wenn nur ein geringer Freileitungsanteil vorhanden ist. Wie bei reinen Freileitungen wird auch hier davon ausgegangen, dass die Fehlerursache nach einer Leitungsabschaltung beseitigt ist.

4.3 Reine Kabelleitungen

- (1) Bei reinen Kabelleitungen ist auf eine AWE zu verzichten.



5. Anforderungen an den Leistungsschalter

- (1) Damit eine KU (< 10 s) und eine LU (bis ca. 200 s) durchgeführt werden kann, müssen die Leistungsschalter für die folgende Schaltfolge (inkl. Aufzugszeit des Antriebs) ausgelegt sein:

LS	Min. Pausenzeit	LS	Pausenzeit	LS
O -	(t=0,3 s)	- CO -	(t' bis 180 s)	-CO
open	Tp 1	close-open	Tp 2	close-open
öffnen	erste AWE (KU)	schliessen + öffnen	zweite AWE (LU)	schliessen + öffnen

Tabelle 2: Leistungsschalter-Zyklus gem. IEC62271-100

Tp 1 = minimale Pausenzeit für ersten Zyklus

Tp 2 = Pausenzeit für zweiten Zyklus gem. Spezifikation (kann 40 s, 60 s oder 180 s sein)

Mögliche Anpassung der LU-Pausenzeit:

- (2) Es liegt in der Verantwortung des Betreibers die AWE LU Zeiten gemäss Datenschild eines Leistungsschalters zu reduzieren. Mit einfachen Formeln besteht die Möglichkeit, die Reduktionszeiten selbst abzuschätzen. In jedem Fall ist dabei Rücksprache mit dem Schalterlieferanten zu nehmen.
- (3) Die benötigte Pausenzeit kann im Quadrat mit dem auftretenden Kurzschlussstrom in Zusammenhang gebracht werden. Für die Berechnung des maximalen Kurzschlussstromes bei reduzierter Pausenzeit Tp 2 gilt folgender Ansatz:

$$t \sim I_k^2$$

- (4) Beträgt der maximal mögliche Kurzschlussstrom I_k nur die Hälfte des maximal zulässigen Kurzschlussstroms I_{kN} (Herstellervorgabe), kann die Pausenzeit t auf ein Viertel der vom Hersteller garantierten Pausenzeit verkürzt werden.

Beispiel:

Gegeben ist ein Leistungsschalter mit einem Bemessungsausschalt-Kurzschlussstrom von 40 kA (1 s) und einer Pausenzeit Tp 2 von 180 s. Damit die Pausenzeit von 180 s auf 60 s reduziert werden kann, darf der Kurzschlussstrom (I_k) nicht grösser als 23 kA sein (entspricht $40 \text{ kA} / \sqrt{3}$).

- (5) Daraus ergeben sich folgende max. zulässige Kurzschlussströme bei kürzeren Pausenzeiten:

$$\text{Tp 2} = 90 \text{ s} \quad I_k = 40 \text{ kA} / \sqrt{(180/90)} = 28 \text{ kA}$$

$$\text{Tp 2} = 60 \text{ s} \quad I_k = 40 \text{ kA} / \sqrt{(180/60)} = 23 \text{ kA}$$



6. AWE Pausenzeiten

- (1) In der Tabelle 1 werden mögliche Pausenzeiten für die AWE angegeben. Es sind Richtzeiten und können je nach Netz abweichen.

Typ	Empfehlung AWE Pausenzeiten
Kurzunterbrechung	<p><u>NE5 (Mittelspannung)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Generell: 0,3 s bis < 10 s - Wenn die EEA am Leitungsabgang angeschlossen ist mit der Pflicht zur Teilnahme an dynamischer Netzstützung bieten sich abhängig vom Funktionsumfang der Schutzrelais und Schaltanlage (Spannungsmessung) folgende Möglichkeiten an: <ul style="list-style-type: none"> a) 8s bis < 10s und Annahme, dass sich EEA nach dieser Zeit vom Netz getrennt haben ohne eine Inselnetzbildung b) 0,3 s bis < 10 s und Prüfen auf Spannungsfreiheit im Abgang, vgl. Kapitel 7.2. Auch möglich in Kombination mit optimierter stromfreier Pausenzeit, vgl. Kapitel 6.1. c) 0,3 s bis < 10 s und Verwendung eines Synchrochecks. Auch möglich in Kombination mit optimierter stromfreier Pausenzeit, vgl. Kapitel 6.1. <p><u>NE3 (Hochspannung)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Stark vermaschte Netze ohne Gefahr einer nicht synchronen Teilnetzbildung: 0,3 s bis < 10 s ohne zeitliche Staffelung an beiden Leitungsenden. - Schwach vermaschte Netze: zeitliche Staffelung an beiden Leitungsenden, beispielsweise Probeschaltung mit 1,0 s und Parallelschaltung nach 3 s. Einsatz eines Synchrochecks empfohlen.
Langzeitunterbrechung	<p><u>NE5 (Mittelspannung)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Generell: zwischen 15 und ca. 200 s. 60 s typisch. - Hinweis: Leistungsschalter Erholungszeiten berücksichtigen <p><u>NE3 (Hochspannung)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Generell: zwischen 15 und ca. 200 s - Parallelschaltung mit Synchrocheck empfohlen

Tabelle 3: Empfehlung AWE Pausenzeiten

6.1 Optimierte stromfreie Pausenzeit

- (1) Die in der AWE-Funktion eingestellten Pausenzeiten können im Zusammenspiel mit einer Synchrocheckfunktion dynamisch verlängert werden, sofern die Freigabebedingung des Synchrochecks direkt nach Ablauf der fix eingestellten Pausenzeit nicht vorliegt. Das zulässige Einschaltzeitfenster, welches in Tabelle 1 definiert ist, wird dadurch optimal ausgenutzt. Dies hat den Vorteil, dass die Unterbrechungszeiten bei einer AWE auf ein Minimum reduziert werden können, was die Netzstabilität erhöht.
- (2) Diese Anwendung gilt für eine 3-polige AWE mit Synchron- bzw. Spannungsprüfung. Das Öffnen der drei Leistungsschalterpole führt dazu, dass die beiden Netzteile asynchron werden könnten. Es muss daher eine Synchronprüfung durchgeführt werden. Im Abbildung 2 ist der AWE-Funktionsblock dargestellt mit dem fix eingestellten Parameter für die Zuschaltung. Der Funktionsblock «Syn» für die



Synchronitätsprüfung hat ein Freigabekriterium wie die Zeit für die flexible Zuschaltung gesteuert werden kann.

- (3) Nach dem Ablauf der eingestellten Pausenzeit im AWE-Funktionsblock kann die Zuschaltung oder der Abbruch hinausgezögert werden indem die Freigabe der Synchronprüfung angepasst wird.
- (4) Die maximale Wartezeit für die Synchrocheck-Freigabe sollte so eingestellt werden, dass die geforderte KU-Zeit bis < 10 s eingehalten werden kann. Falls nach dem Ablauf der fix eingestellten Pausenzeit keine Synchronitätsfreigabe vorliegt, wird die Pausenzeit entsprechend dieser Wartezeit dynamisch verlängert. Sofern durch den Synchrocheck auch innerhalb der Wartezeit keine Freigabe und eine Einschaltung des Leistungsschalters erfolgt, soll - sofern vorhanden - der nächste AWE-Zyklus eingeleitet werden oder die AWE abgebrochen werden.
- (5) Im folgenden Bild ist eine Zeitsequenz dargestellt, die veranschaulicht wie der «Leistungsschalter-Befehl EIN» über den Synchrocheck gesteuert werden kann. Mit dem Signal «Synchro Ok» wird die Zeit der Zuschaltung variiert. Im Extremfall wird direkt nach der Pausenzeit zugeschaltet oder die AWE wird nach dem Ablauf der maximalen Wartezeit für den Synchrocheck abgebrochen.

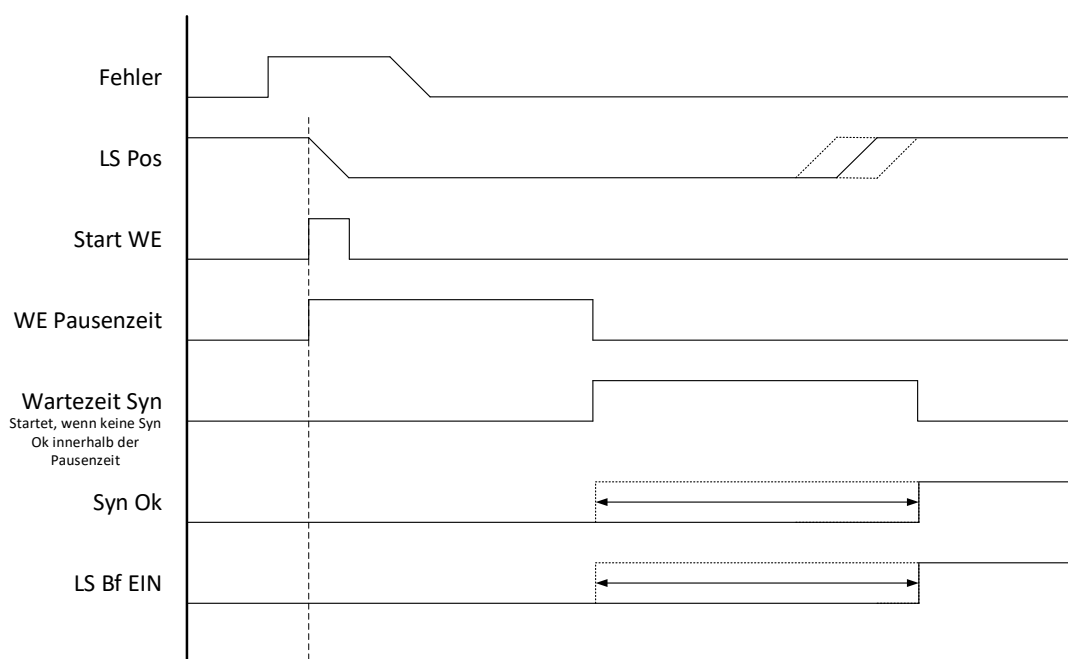


Abbildung 2: AWE Zeitsequenz



7. Anforderungen an den Spannungs- bzw. Synchrocheck

7.1 Zuschaltbedingungen Synchrocheck

- (1) Der Synchrocheck hat sich als Stand der Technik bewährt. Je nach Schaltanlage wird dazu ein Sammelschienen-Spannungsnachbild benötigt. Mit einem Synchrocheck werden folgende Parameter überprüft:

Parameter		Empfohlene Einstellungen	Bemerkungen
Spannungsdifferenz	Delta U	$\leq 20\% U_n$	
	Frequenzdifferenz	Delta f	0,1 – 0,2 Hz
Winkeldifferenz	Delta Phi	10– 25 Grad	Bei Kraftwerken eher 10 Grad
Spannungen	U_{min1}	20 - 30% U_n	<U, Sammelschiene bzw. Leitung gilt als spannungslos
	U_{min2}	70 - 80% U_n	>U, Spannung vorhanden. Minimale Spannung für Freigabe des Synchrochecks
	U_{max}	115 - 120% U_n	>U, Synchrocheck wird blockiert

Tabelle 4: Richtwerte für Synchrocheckeinstellungen

7.2 Zuschaltbedingungen Spannungsscheck

- (1) Wenn die Zuschaltung mit einem Spannungsscheck realisiert wird, kann entweder die Spannung auf der Leitung mit einem Spannungswandler oder mit einem Binäreingang das kapazitive Spannungsprüfsystem in das Schutzgerät eingelesen werden. Bei den ohmschen- bzw. kapazitiven Spannungsprüfsystemen ist die Schaltschwelle «Spannung ja/nein» nicht verstellbar und muss daher anhand der Datenblätter überprüft werden.
- (2) Die Spannungsschwelle U_{min1} ist analog zu den Werten in der Tabelle 4.
- (3) Mit der Zuschaltlogik werden die Zuschaltungen der AWE gesteuert. In den meisten Fällen ist eine fest definierte Zuschalttrichtung festgelegt. Mit dieser Zuschaltlogik erfolgt die Parallelschaltung nach einer AWE für die zweite zuzuschaltende Seite nur, wenn die AWE in der ersten zuschaltenden Seite erfolgreich war. So können weitere Spannungseinbrüche im Verteilnetz reduziert werden. Eine Zeitstaffelung von den beiden Zuschaltungen ist sinnvoll, da im Falle eines nicht beidseitigen Fehlers nicht mehrmals darauf geschaltet wird. Sofern nur auf einer Seite ein Synchrocheck vorhanden ist, kann eine Parallelschaltung mit Synchrocheck erfolgen. In stark vermaschten Verteilnetzen ist eine Zeitstaffelung der automatischen Probeschaltungen nicht zwingend erforderlich.



Bedeutung der Abkürzungen in folgenden Tabellen

DB = Dead Bus = spannungslose Sammelschiene

LB = Life Bus = spannungsbehaftete Sammelschiene

DL = Dead Line = spannungslose Leitung

LL = Life Line = spannungsbehaftete Leitung

Sammelschiene	Leitung	AWE-Freigabe	Sammelschiene	Leitung	AWE-Freigabe
DB	DL	Nein	DB	DL	Nein
DB	LL	Nein	DB	LL	Nein
LB	DL	Ja	LB	DL	Nein
LB	LL	Ja, mit Synchrocheck	LB	LL	Ja, mit Synchrocheck
AWE-Probeschaltung erst zuschaltende Seite			AWE Parallelschaltung zweit zuschaltende Seite		

Tabelle 5: Zuschaltbedingungen mit Synchrocheck

- (4) Die Zeitdifferenz zwischen der erst bzw. der zweit zuschaltenden Seite sollte $> 0,3$ s betragen damit allfällige Einschwingvorgänge den Spannungs- bzw. Synchrocheck nicht blockieren.

Sammelschiene	Leitung	AWE-Freigabe
SS-Spannung nicht berücksichtigt	DL	Ja
SS-Spannung nicht berücksichtigt	LL	Nein, Spannungsscheck verhindert mögliche asynchrone Zuschaltung
AWE Probeschaltung erst zuschaltende Seite		

Tabelle 6: Probeschaltung mit Spannungsscheck

- (5) Nach einer erfolgreichen Probeschaltung der erst zuschaltenden Seite erfolgt die Zuschaltung der zweiten Seite (Parallelschaltung) manuell.



7.3 Zuschaltlogik für Strahlennetze

- (1) In Strahlennetzen wird von der Seite mit Netzeinspeisung die AWE durchgeführt. In Netzen, wo Rückspeisemöglichkeiten durch EEA bestehen, ist ein Synchrocheck oder das Prüfen auf Spannungsfreiheit des Abgangs vor dem Zuschalten empfohlen. Die resultierenden AWE-Freigaben sind wie folgt:

Sammel-schiene	Leitung	AWE-Freigabe
DB	DL	Nein
DB	LL	Nein
LB	DL	Ja
LB	LL	Ja, mit Synchrocheck
AWE Probeschaltung		

Tabelle 7: AWE-Freigabe mit Synchrocheck

Sammel-schiene	Leitung	AWE-Freigabe
SS-Spannung nicht berücksichtigt (nur Abgangsspannung)	DL	Ja
	LL	Nein, Spannungsscheck verhindert mögliche asynchrone Zuschaltung
AWE Probeschaltung		

Tabelle 8: AWE-Freigabe mit Spannungsscheck

8. Blockierung UFLS während AWE Pausenzeiten

- (1) Während den AWE Pausenzeiten ist zu beachten, dass der automatische, frequenzabhängige Lastabwurf (UFLS) nicht anspricht. Das unerwünschte Ansprechen des UFLS-Schutzes kann in Netzen mit dezentralen Einspeisungen während den Pausenzeiten vorkommen. Je nach Netz-, Gerätekonfiguration und UFLS-Konzept könnte es ggf. von Vorteil sein, während den AWE Pausenzeiten den UFLS zu blockieren. Damit kann erreicht werden, dass keine falschen Meldungen an die Netzleitstelle übertragen werden oder die AWE durch die zusätzliche, unerwünschte UFLS-Auslösung abgebrochen wird. Die Problematik ist relevant, wenn die AWE- und UFLS-Funktion im gleichen Leitungsabgang realisiert sind und die Spannung für den UFLS im Abgang nach dem Leistungsschalter gemessen wird.

