

## Test zur aktiven Spannungshaltung

Autoren: Martin Geidl, Marc Scherer, Maria Zerva

---

### Überarbeitungen:

Version	Datum	Abschnitt
1.0	04.06.2014	Finalisierung und Übersetzung

---

Alle Rechte, insbesondere das Vervielfältigen und andere Eigentumsrechte, sind vorbehalten.

Dieses Dokument darf in keiner Weise gänzlich oder teilweise vervielfältigt oder Dritten zugänglich gemacht werden ohne eine ausdrückliche schriftliche Genehmigung seitens Swissgrid AG.

Swissgrid AG übernimmt keine Haftung für Fehler in diesem Dokument und behält sich das Recht vor, dieses Dokument ohne weitere Ankündigungen jederzeit zu ändern.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen des Testkonzepts</b>	<b>3</b>
2.1	Ziele für Swissgrid	3
2.2	Ziele für aktive Teilnehmer	4
2.3	Ansprechstelle und Vorbereitung	4
2.4	Freigabe	4
2.5	Durchführung und Auswertung	4
2.6	Aufgaben für die Testteilnehmer	5
2.7	Finanzielle und rechtliche Aspekte	5
<b>3</b>	<b>Testdrehbuch für den Test S0</b>	<b>5</b>
3.1	Test S0 A – Abfahren des Betriebsdiagramms	6
3.2	Test S0 B – Ausfahren des verfügbaren Blindleistungsbandes	6
3.3	Daten und Auswertung des Tests S0	7
3.3.1	Messdaten	7
3.3.2	Auswertung	8
<b>4</b>	<b>Testdrehbuch für den Test S1</b>	<b>8</b>
4.1	Vorbereitung und Freigabe	8
4.2	Testsequenz	9
4.3	Testabbruch	10
4.4	Daten und Auswertung des Tests S1	11
4.4.1	Messdaten	11
4.4.2	Auswertung	11
4.5	Übersicht des Ablaufs von Test S1	12
<b>5</b>	<b>Testdrehbuch für den Test S2</b>	<b>12</b>
5.1	Vorbereitung und Freigabe	12
5.2	Testsequenz	13
5.3	Testabbruch	13
5.4	Daten und Auswertung des Tests S2	13
5.4.1	Messdaten	13
5.4.2	Auswertung	14
5.5	Übersicht des Ablaufs von Test S2	14
<b>6</b>	<b>Referenzen</b>	<b>14</b>

## 1 Einleitung

Dieses Dokument beschreibt die Ziele, Grundlagen, Rahmenbedingungen und den Ablauf der betrieblichen Tests zur Teilnahme von aktiven Teilnehmern<sup>1</sup> an der Spannungshaltung, wie sie im Übertragungsnetz der Schweiz praktiziert wird [1]. Die Tests betreffen die wesentlichen betrieblichen Prozesse, d.h. Versand, Erhalt und Umsetzung von Spannungsplänen sowie die Auswertung von Daten für die Ex-post-Kontrolle und die Abrechnung<sup>2</sup>.

Es sind drei Tests vorgesehen:

- Test S0: Jeder neue aktive Teilnehmer wird auf seine Spannungsregelfähigkeit geprüft. Es muss dabei sichergestellt werden, dass die Betriebsmittel problemlos mit veränderlichen Sollwerten betrieben werden können und das zur Verfügung stehende Blindleistungsband ausgefahren werden kann.
- Test S1: Im Rahmen des Tests S1 sollten alle neuen aktiven Teilnehmer an der Spannungshaltung im Übertragungsnetz den Sollwert drei Mal innerhalb von vier Stunden verändern.
- Test S2: Für den Test S2 wird ein Spannungsplan erstellt, der pro Einspeiseknoten bis zu 96 verschiedene Sollwerte enthält (Viertelstunden-Auflösung).

In Kapitel 2 werden die Grundlagen des Konzepts erläutert, welche für alle Tests gleichermaßen gelten. In den Kapitel 3 bis 5 werden die einzelnen Tests detailliert beschrieben.

## 2 Grundlagen des Testkonzepts

Das generelle Ziel der Spannungshaltungstests ist die gemeinsame Vorbereitung auf die zu praktizierenden Prozesse im Rahmen der aktiven Spannungshaltung:

- Erstellung und Versand von Spannungsplänen mit aktiven Knoten (Swissgrid)
- Erhalt und Verarbeitung von Spannungsplänen (neu hinzukommende aktive Knoten)
- Betriebliche Umsetzung von Spannungsplänen (neu hinzukommende aktive Knoten)
- Datensammlung und -auswertung für Ex-post-Kontrolle und Abrechnung
- Ursachen von eventuell auftretenden Problemen zu eruieren und an die Beteiligten zu kommunizieren
- Erteilung der Testate

### 2.1 Ziele für Swissgrid

Die Tests sind für Swissgrid erfolgreich verlaufen, wenn

- ein vollständiger Spannungsplan im korrekten Format an die richtigen Adressen versendet wurde;
- nach den Tests alle für die Auswertung notwendigen Daten vorhanden sind;
- die aktiven Teilnehmer (Erzeugungseinheiten) eine Auswertung ihres Verhaltens während der Tests erhalten haben.

---

<sup>1</sup> Ein aktiver Teilnehmer (oder auch aktiver Knoten) umfasst jeweils einen Ausspeisepunkt respektive eine Erzeugungseinheit, welche aktiv an der Spannungshaltung im Übertragungsnetz teilnimmt.

<sup>2</sup> Die Tests beziehen sich nicht auf das Funktionieren von technischen Einrichtungen wie beispielsweise IT-Systemen, Leittechnikanlagen oder Regeleinrichtungen.

## 2.2 Ziele für aktive Teilnehmer

Die Tests sind für die aktiven Teilnehmer erfolgreich verlaufen, wenn

- die individuellen Tests der Ausspeisepunkte (Erzeugungseinheiten) problemlos verlaufen sind;
- sie den Spannungsplan erhalten und quittiert haben;
- den Spannungsplan für die betriebliche Umsetzung verarbeiten / interpretieren konnten;
- ihre Ausspeisepunkte / Erzeugungseinheiten die vorgegebenen Sollspannungen aktiv unterstützen können;
- die ausgetauschte Blindenergielieferung während der Tests während mehr als 80 % der 15-minütigen Zählintervalle konform war.

## 2.3 Ansprechstelle und Vorbereitung

Ansprechstelle für allgemeine Fragen zur Spannungshaltung sowie der Koordination und Testdurchführung:  
[sdl-praequalifikation@swissgrid.ch](mailto:sdl-praequalifikation@swissgrid.ch).

Swissgrid und die Testteilnehmer benennen vor den Tests die Ansprechstellen, die ihrerseits für die Tests verantwortlich und während der Tests erreichbar sind. Dabei ist die angemessene Schulung und Vorbereitung des involvierten Personals sicherzustellen.

## 2.4 Freigabe

Vor Testbeginn ist von allen Testteilnehmern schriftlich zu bestätigen, dass

- alle im Testdrehbuch genannten Vorbedingungen erfüllt sind;
- die notwendigen Ressourcen bereit gestellt sind;
- die geforderten Kommunikationswege zur Verfügung stehen;
- die Abbruchbedingungen akzeptiert sind und für jedes Kriterium ein Rückfallszenario vorhanden ist;
- das Testdrehbuch und der Ablaufplan den Mitarbeitenden geschult und von diesen verstanden wurden.

## 2.5 Durchführung und Auswertung

Nach Freigabe wird der Test durchgeführt. Jeder Teilnehmer dokumentiert den Testverlauf und die Testergebnisse in einem einheitlichen Format. Sollten vor oder während dem Test Probleme auftreten, leitet Swissgrid den geordneten Übergang in das Rückfallszenario ein.

Swissgrid und die Teilnehmer werten die Ergebnisse der Tests aus und kommunizieren diese untereinander. Damit ein Vergleich möglich ist, erfolgen die Auswertungen einheitlich. Dabei ist für die Datenlieferung wichtig:

- Alle Messdaten sind mit einem Zeitstempel zu versehen (bestehend aus Datum, Stunde, Minute, Sekunde).
- Swissgrid geht von folgender Vorzeichenkonvention (Verbraucherzählpfeilsystem) aus:
  - Negative Blindleistung = Lieferung induktiver Blindleistung an das Übertragungsnetz. Wirkung: Anhebung der Spannung am Übertragungsnetzknotten.
  - Positive Blindleistung = Bezug induktiver Blindleistung aus dem Übertragungsnetz. Wirkung: Absenkung der Spannung am Übertragungsnetzknotten.

## 2.6 Aufgaben für die Testteilnehmer

- Anordnung / Durchführung der individuellen Tests S0.
- Nennung von Ansprechstellen / -personen, welche für die Tests verantwortlich sind.
- Nennung der E-Mail-Adresse(n), an welche die Spannungspläne versendet werden sollen.
- Abklärungen / Vereinbarungen bezüglich Mess- und Zählwerten mit Swissgrid.
- Vorbereitung des betrieblichen Personals auf die Testdurchführung.
- Testdurchführung (inkl. Weiterleitung des Spannungsplans an die Erzeugungseinheiten falls nötig).
- Überprüfung und Vergleich der ausgewerteten Daten mit Swissgrid.

## 2.7 Finanzielle und rechtliche Aspekte

- Die Teilnahme an den in diesem Dokument beschriebenen Tests ist Bedingung für die Ausübung einer aktiven Rolle gemäss Spannungshaltungskonzept [1].
- Die Verantwortung für den sicheren Betrieb der Anlagen liegt auch während der Tests bei den jeweiligen Anlagenbetreibern.
- Die Testverantwortlichen überprüfen die erhaltenen Vorgaben (insbesondere den Spannungsplan) und setzen diese nur dann um, wenn sie weiterhin für den sicheren und stabilen Betrieb der Anlagen garantieren können.
- Die Teilnahme / Mitarbeit an den Tests wird von Swissgrid nicht vergütet. Leistungen, die im Rahmen der Tests erbracht werden, werden Swissgrid nicht in Rechnung gestellt.
- Die Abrechnung der Blindenergie wird für die betroffenen Ausspeisepunkte für die Dauer der Tests ausgesetzt.
- Die im Rahmen der Tests von den Teilnehmern vorgehaltene Blindleistung wird von Swissgrid nicht vergütet.
- Die im Rahmen der Tests von den Teilnehmern gelieferte Blindenergie wird von Swissgrid nicht vergütet.

## 3 Testdrehbuch für den Test S0

Ziel des Tests S0 ist sicherzustellen, dass aktive Teilnehmer an der Spannungshaltung im Übertragungsnetz ihren Blindleistungsaustausch an veränderliche Sollspannungen anpassen können. Die erfolgreiche Absolvierung des Tests S0 ist Voraussetzung für eine Teilnahme an den Tests S1 und S2.

Der Termin für den Test S0 ist mit Swissgrid zu koordinieren. Zunächst ist Swissgrid bekanntzugeben, wann mit welchen Anlagen / Ausspeisepunkten der Test S0 absolviert werden sollte. Swissgrid koordiniert die Tests nach Möglichkeit so, dass sie nicht gleichzeitig von mehreren Teilnehmern in der gleichen Region durchgeführt werden. Erst nachdem die Testtermine von Swissgrid bestätigt sind, können die Tests durchgeführt werden.

Der Test S0 wird nur dann durchgeführt, wenn die Spannungssituation im Übertragungsnetz gemäss Betriebsführungshandbuch «grün» ist (Profile «H» und «T»).

Der Test S0 wird für Maschinen bzw. Anlagen mit einer Nennscheinleistung über 200 MVA separat durchgeführt. Kleinere Maschinen / Anlagen können zu Einheiten von bis zu 200 MVA zusammengefasst und gemeinsam getestet werden.

Der Test S0 wird im Rahmen der technischen Möglichkeiten der Anlagen durchgeführt.

### 3.1 Test S0 A – Abfahren des Betriebsdiagramms

Der Test S0 A wird nur für direkt ans Übertragungsnetz angeschlossene Kraftwerke mit Synchrongeneratoren durchgeführt [3]. Für jeden Synchrongenerator wird das Betriebsdiagramm abgefahren und auf Übertragungsnetzseite aufgenommen. Um das Betriebsdiagramm hinreichend genau abzubilden, werden wie in Abbildung 1 dargestellt alle Eckpunkte (●) sowie jeweils ein in etwa dazwischen liegender Punkt (■) abgefahren. Bei sehr nahe aneinander liegenden Eckpunkten kann auf dazwischen liegende Punkte verzichtet werden. Jeder dieser Betriebspunkte wird für mindestens 15 Minuten gefahren.

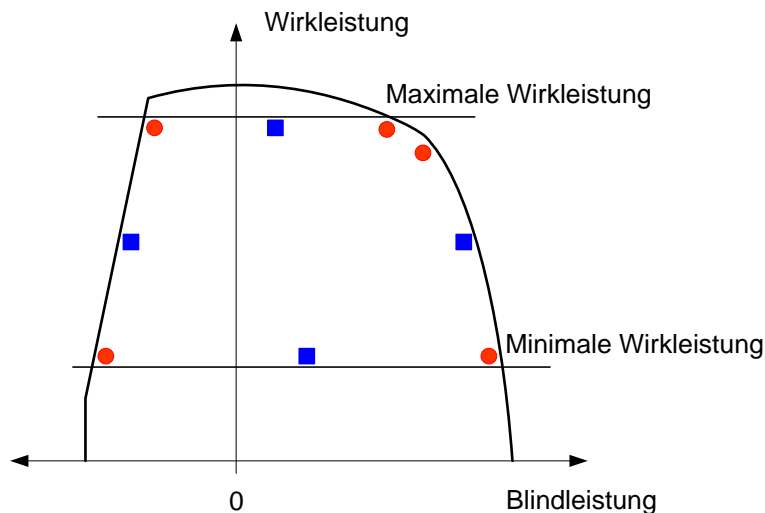


Abbildung 1: Betriebsdiagramm einer Synchronmaschine mit Eckpunkten (●) und dazwischen liegenden Punkten (■).

### 3.2 Test S0 B – Ausfahren des verfügbaren Blindleistungsbandes

Der Test S0 B wird für jeden neuen aktiven Teilnehmer durchgeführt. Als Ausgangslage läuft die Anlage im Normalbetrieb gemäss aktuellen betrieblichen Vorgaben. In diesem Betriebszustand<sup>3</sup> ist wenige Minuten vor Testbeginn die Spannung am Knoten des Übertragungsnetzes als Referenzspannung  $U_{ref}$  zu notieren (vgl. Abbildung 2).

Die folgenden Punkte beziehen sich auf eine Anlage, sie gelten aber gleich für Maschinengruppen, Kraftwerke oder Verteilnetzanschlüsse:

1. Unter Berücksichtigung der Spannungsgrenzen der Profile «H» und «T» (grüner Bereich gemäss Betriebsführungshandbuch; 400 bis 415 kV im 380-kV-Netz; 230 bis 240 kV im 220-kV-Netz) wird die Anlage an die Grenzen des verfügbaren Blindleistungsbandes gefahren.
  - a. Anlagen mit einer Nennscheinleistung bis 200 MVA werden 60 Minuten an der unteren Grenze betrieben (minimale Blindleistung), anschliessend 60 Minuten an der oberen Grenze (maximale Blindleistung).
  - b. Maschinen mit einer Nennscheinleistung über 200 MVA werden 10 Minuten an der unteren Grenze betrieben (minimale Blindleistung), anschliessend 10 Minuten an der oberen Grenze (maximale Blindleistung).
2. Die Anlage wird zurück auf die zuvor notierte Referenzspannung  $U_{ref}$  gefahren.

<sup>3</sup> Sinnvollerweise wird die Anlage vor Testbeginn nicht an den Grenzen des verfügbaren Blindleistungsbandes betrieben, da ansonsten keine Veränderung der Blindleistung möglich ist.

3. Erhöhung der Spannung am Einspeisepunkt: Der Blindleistungsaustausch der Anlage wird (automatisch oder manuell) soweit (aber nicht weiter) erhöht, bis sich die Spannung am Übertragungsnetzknnoten gegenüber der Referenzspannung  $U_{ref}$  um 1 kV erhöht hat. Eventuell stösst man vor dem Erreichen dieser Spannung an die Blindleistungsgrenzen, welche zu berücksichtigen sind.
4. Betrieb der Anlage bei erhöhter Spannung ( $U_{ref} + 1 \text{ kV}$ ) für 60 Minuten.
5. Rückfahren der Anlage auf die Referenzspannung  $U_{ref}$ .
6. Absenkung der Spannung: Der Blindleistungsaustausch der Anlage wird (automatisch oder manuell) soweit (aber nicht weiter) reduziert, bis sich die Spannung am Einspeiseknoten im Übertragungsnetz gegenüber der Referenzspannung  $U_{ref}$  um 1 kV reduziert hat. Eventuell stösst man vor dem Erreichen dieser Spannung an die Blindleistungsgrenzen, welche zu berücksichtigen sind.
7. Betrieb der Anlage bei reduzierter Spannung ( $U_{ref} - 1 \text{ kV}$ ) für 60 Minuten.
8. Rückfahren der Anlagen in den Normalbetrieb.

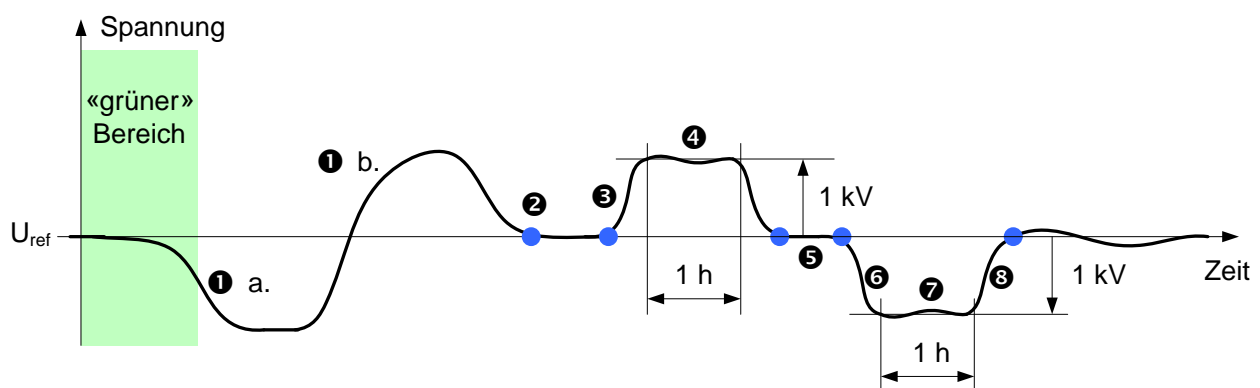


Abbildung 2: Ablauf des Tests S0 B.

### 3.3 Daten und Auswertung des Tests S0

Nach dem Test S0 benötigt Swissgrid für die Freigabe der Anlage zu den Tests S1 und S2 folgende allgemeine Informationen:

- Datum und Uhrzeit der Testdurchführung (Beginn / Ende)
- Für den Test vorgesehene Anlage(n)
- Konnte der gesamte Test S0 für alle genannten Anlagen / Kraftwerke / Ausspeisepunkte durchgeführt werden?
- Welche Probleme sind im Rahmen der Testdurchführung aufgetreten?
- Kam es zu Schutzauslösungen während der Testdurchführung?

#### 3.3.1 Messdaten

Des Weiteren benötigt Swissgrid für die Auswertung des Tests S0 idealerweise für jede Anlage folgende Daten:

- Die Referenzspannung  $U_{ref}$ .
- Gemessene Spannung am Einspeiseknoten 220 / 380 kV (bzw. am gewählten Referenzknoten, der für die Spannungsregelung herangezogen wird). Zeitliche Auflösung:  $\leq 5$  Minuten.

- Gemessener Blindleistungsaustausch der Anlage am Einspeisepunkt ins Übertragungsnetz (220 / 380 kV). Zeitliche Auflösung: ≤ 5 Minuten.
  - Nur für den Test S0 A: Die mit dem Übertragungsnetz ausgetauschte Wirkleistung. Zeitliche Auflösung: ≤ 5 Minuten.
- Gezählter Blindenergieaustausch der Anlage, getrennt nach Lieferung / Bezug («Vier-Quadranten-Zählung»), ebenfalls auf der Hochspannungsseite (220 / 380 kV). Zeitliche Auflösung (Zählintervall): 15 Minuten.

Für Dreiwicklungstransformatoren mit Einspeisung an der Tertiärwicklung werden Blindleistung und Blindenergie auf der Tertiärseite verwendet.

Können diese Werte nicht geliefert werden, wird Swissgrid nach Möglichkeit Ersatzwerte oder Estimationswerte für die Auswertung verwenden.

Die oben angeführten Messdaten sind auch zur Auswertung der Tests S1 und S2 notwendig (vgl. Abschnitt 4.4.1 und 5.4.1).

### 3.3.2 Auswertung

Swissgrid wird die Tests S0 nach folgenden Kriterien auswerten und den Teilnehmern zur Verfügung stellen:

- Minimale / maximale gemessene Blindleistung am Anschlusspunkt des Übertragungsnetzes.
- Konformität des Blindleistungsaustausches während des Tests.
- Wirkung des Blindleistungsaustausches auf die Spannung am Einspeiseknoten (Sensitivität, Netzstatik).

## 4 Testdrehbuch für den Test S1

Ziel des Tests S1 ist der Betrieb einer Anlage eines aktiven Teilnehmers am Übertragungsnetz mit veränderlichen Spannungswerten über vier Stunden. Die Anlagen sollten sicher und stabil laufen und ihren Blindleistungsaustausch korrekt an die Spannungsvorgabe anpassen.

Der Test S1 soll bei ansonsten gewöhnlichen Betriebsbedingungen ablaufen, d.h. es sollte zu keinen Einschränkungen des Anlageneinsatzes kommen.

Voraussetzung für eine Teilnahme am Test S1 ist die erfolgreiche Absolvierung des Tests S0.

Die Durchführung des Tests S1 wird von Swissgrid geleitet. Zunächst ist Swissgrid bekanntzugeben, welche Anlagen am Test teilnehmen werden. Vor dem Hintergrund der aktuellen Netzsituation wird Swissgrid die Durchführbarkeit überprüfen und spätestens drei Stunden vor Testbeginn eine Entscheidung bekanntgeben. Der Test S1 wird nur dann durchgeführt, wenn die Netzsituation dies zulässt.

Für die Kommunikation vor und während dem Test ernennen Swissgrid und die Partner Testkoordinatoren. Während der Durchführung des Tests S1 müssen alle Testkoordinatoren telefonisch erreichbar sein.

Der Testkoordinator bei Swissgrid führt ein Testprotokoll, in dem alle eingehenden und ausgehenden Informationen während der Durchführung festgehalten werden (Telefonanrufe, E-Mails, Fax).

### 4.1 Vorbereitung und Freigabe

Die Durchführung des Tests S1 wird von den Testkoordinatoren mit den Anlagenbetreibern und dem Betriebspersonal vorbereitet. Insbesondere werden Testablauf, Testsequenz und Testabbruch besprochen und geprüft. Bei absehbaren Problemen wird Swissgrid im Vorfeld informiert.

Spätestens am Vortag des Tests (bis 16 Uhr) senden die Testkoordinatoren an den Testkoordinator bei Swissgrid eine Liste mit jenen Anlagen, die für eine Teilnahme am Test S1 vorgesehen und dazu bereit sind.



Die definitive Freigabe des Tests S1 erfolgt am Tag des Tests durch die Testkoordinatoren:

1. Swissgrid informiert die Testkoordinatoren spätestens drei Stunden vor dem Test (11 Uhr) via E-Mail über die Durchführung (Freigabe «ja» oder «nein»).
2. Abhängig von dieser Information informieren die Testkoordinatoren das zuständige Betriebspersonal über die Durchführung des Tests.

Swissgrid geht davon aus, dass die am Vortag gemeldeten Anlagen am Test teilnehmen. Vor oder während des Tests bedarf es keiner speziellen Information darüber, welche der gemeldeten Anlagen tatsächlich (und in welchem Ausmass) am Test teilnehmen. Diese Information ist für die Durchführung des Tests S1 unkritisch und kann zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen. Es dürfen allerdings nur Anlagen am Test teilnehmen, die den Test S0 absolviert haben und am Vortag für den Test S1 gemeldet wurden.

## 4.2 Testsequenz

Für den Test S1 sind zwei Testsequenzen vorgesehen: Sequenz A und Sequenz B. Je nach Ausgangslage kurz vor dem Test wird individuell von jedem Teilnehmer entschieden, ob Sequenz A oder Sequenz B abgefahren wird. Ist die Spannung am Einspeiseknoten vor dem Test eher tief, wird gemäss Sequenz A zunächst ein Sollwertsprung von +1 kV realisiert. Bei eher hoher Spannung am Einspeiseknoten wird die Spannung zunächst um 1 kV abgesenkt:

**$U_{ref} \leq 233 \text{ kV}$  bzw. 407 kV: Spannung tief, Sequenz A.** Ist die mittlere beobachtete Betriebsspannung am Einspeisepunkt des Übertragungsnetzes vor Testbeginn ( $U_{ref}$ ) kleiner oder gleich 407 kV (380-kV-Ebene) bzw. 233 kV (220-kV-Ebene), so wird mit den an diesem Knoten einspeisenden Anlagen die Sequenz A realisiert.

**$U_{ref} > 233 \text{ kV}$  bzw. 407 kV: Spannung hoch, Sequenz B.** Ist die mittlere beobachtete Betriebsspannung am Einspeisepunkt des Übertragungsnetzes vor Testbeginn ( $U_{ref}$ ) grösser als 407 kV (380-kV-Ebene) bzw. 233 kV (220-kV-Ebene), so wird mit den an diesem Knoten angeschlossenen Anlagen die Sequenz B realisiert.

Die beiden Testsequenzen A und B sind in Abbildung 3 skizzenhaft dargestellt und werden im Folgenden beschrieben.

**① Festlegung von  $U_{ref}$  und der Testsequenz.** Die Anlagen laufen im Normalbetrieb. Ähnlich wie beim Test S0 wird in der Stunde vor dem Testbeginn, ab ca. 13 Uhr, die Spannung am Einspeiseknoten 220 / 380 kV beobachtet. Vor dem Hintergrund der Tendenz des Verlaufes der Netzspannung (steigend / fallend) wird einige Minuten vor dem Testbeginn die Referenzspannung  $U_{ref}$  festgelegt und notiert.

Abhängig von  $U_{ref}$  wird für jedes Kraftwerk individuell festgelegt, welche Testsequenz gefahren wird:

- $U_{ref} \leq 233 \text{ kV}$  bzw. 407 kV: Sequenz A
- $U_{ref} > 233 \text{ kV}$  bzw. 407 kV: Sequenz B

**① Halten von  $U_{ref}$ .** In der ersten halben Stunde wird das verfügbare Blindleistungsband so eingesetzt, dass die Referenzspannung möglichst gehalten wird. Abbildung 3 zeigt einen konstanten Idealverlauf.

**② Sollwertänderung.** Je nach Testsequenz (Festlegung in ①) wird um 14:30 Uhr der Sollspannungswert um  $\pm 1 \text{ kV}$  gegenüber der Referenzspannung  $U_{ref}$  verändert. Das verfügbare Blindleistungsband der Anlage wird so eingesetzt, dass die Referenzspannung  $\pm 1 \text{ kV}$  möglichst gehalten wird. Abbildung 3 zeigt einen konstanten Idealverlauf.

**③ Sollwertänderung.** Um 15:30 Uhr wird der Sollspannungswert auf die zuvor festgelegte Referenzspannung  $U_{ref}$  gesetzt. Das verfügbare Blindleistungsband wird in der folgenden Stunde so eingesetzt, dass die Referenzspannung möglichst gehalten wird. Abbildung 3 zeigt einen konstanten Idealverlauf.

**④ Sollwertänderung.** Je nach festgelegter Testsequenz (Festlegung in ①) wird um 16:30 Uhr der Sollspannungswert um  $\pm 1$  kV gegenüber der Referenzspannung  $U_{ref}$  verändert. Das verfügbare Blindleistungsband wird so eingesetzt, dass die Referenzspannung  $\pm 1$  kV möglichst gehalten wird. Abbildung 3 zeigt einen konstanten Idealverlauf.

**⑤ Sollwertänderung.** Um 17:30 Uhr wird der Sollspannungswert wieder auf die zuvor festgelegte Referenzspannung  $U_{ref}$  gesetzt. Das obligatorische Blindleistungsband der Anlage wird in der folgenden halben Stunde so eingesetzt, dass die Referenzspannung möglichst gehalten wird. Abbildung 3 zeigt einen konstanten Idealverlauf.

Um 18:00 Uhr erfolgt der Übergang in den Normalbetrieb gemäss Interimslösung Spannungshaltung.

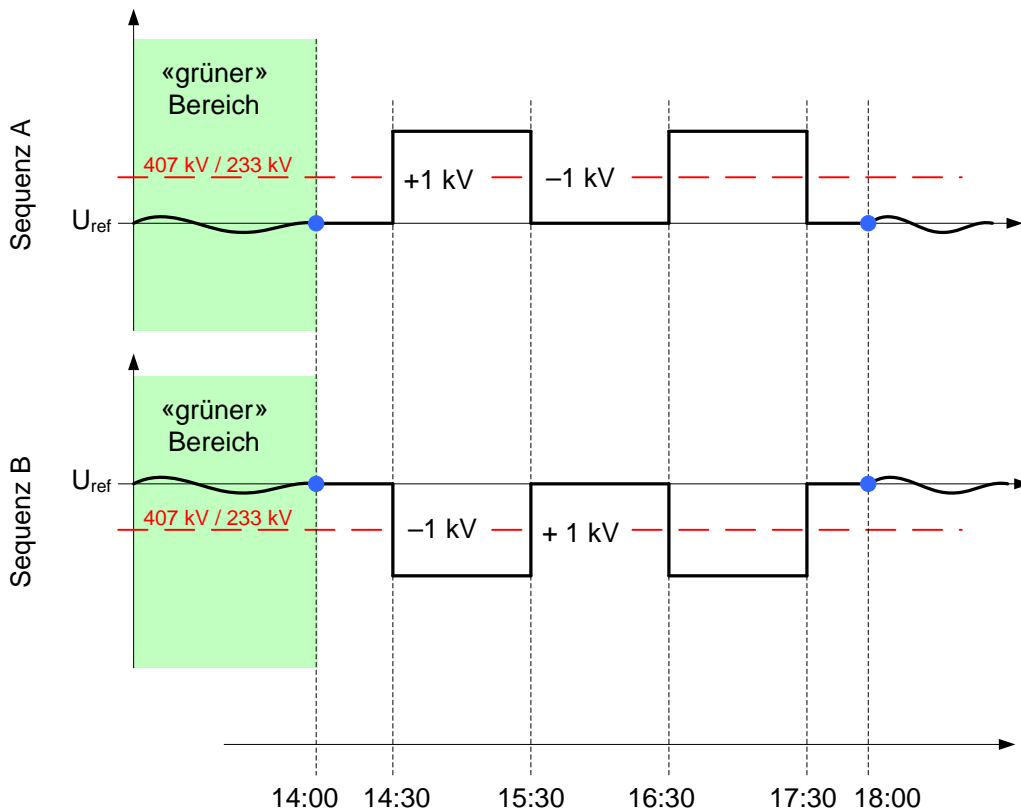


Abbildung 3: Testsequenzen A und B für den Test S1.

### 4.3 Testabbruch

Der Test S1 kann jederzeit von jeder Partei abgebrochen werden:

- Swissgrid bricht den Test S1 ab, wenn es den sicheren und stabilen Betrieb des Übertragungsnetzes unter Testbedingungen in Gefahr sieht. Der Testabbruch erfolgt durch die Netzbetriebsführung. Die Netzbetriebsführer sind in Ihrer Entscheidung an keine vordefinierten Kriterien gebunden. Der Testabbruch erfolgt durch ein Fax oder einen Telefonanruf an die regionalen Leitstellen bzw. Netzanlagenbetreuer und Testkoordinatoren. Sobald die Mitteilung eingetroffen ist, gilt der Test als abgebrochen und die Anlagen werden wie üblich betrieben.

- Jeder Teilnehmer bricht den Test individuell ab, wenn der sichere und stabile Betrieb seiner Anlagen und/oder des Übertragungsnetzes unter Testbedingungen nicht weiter gewährleistet werden können. Sieht der Teilnehmer eine Gefährdung der Netzsicherheit, so ist umgehend die Netzbetriebsführung bei Swissgrid zu informieren. Diese wird die Situation beurteilen und gegebenenfalls den Test S1 abbrechen. Der individuelle Testabbruch erfolgt ohne spezielle Meldung an Swissgrid, die entsprechenden Informationen können im Nachhinein ausgetauscht werden. Nach einem individuellen Testabbruch werden die Anlagen wie sonst üblich weiter betrieben.

#### 4.4 Daten und Auswertung des Tests S1

Nach der Durchführung des Tests S1 benötigt Swissgrid von allen Beteiligten folgende allgemeine Informationen:

- Konnte der gesamte Testablauf durchgeführt werden?
- Sind im Rahmen des Tests S1 technische Probleme aufgetreten?
- Sind im Rahmen des Tests S1 organisatorische Probleme aufgetreten?
- Ist es im Rahmen von S1 zu Schutzauslösungen gekommen?

Diese Informationen werden nach dem Test von Swissgrid in einer E-Mail-Umfrage eingeholt.

##### 4.4.1 Messdaten

Des Weiteren benötigt Swissgrid für die Auswertung des Tests S1 für jede Anlage folgende Messdaten:

- Die Referenzspannung  $U_{ref}$  auf Übertragungsnetzniveau (220 / 380 kV).
- Die realisierte Testsequenz (A oder B).
- Gemessene Spannung am Einspeiseknoten 220 / 380 kV (bzw. am gewählten Referenzknoten, der für die Spannungsregelung herangezogen wird). Zeitliche Auflösung:  $\leq 5$  Minuten.
- Gemessener Blindleistungsaustausch der Anlage am Einspeisepunkt ins Übertragungsnetz (220 / 380 kV). Zeitliche Auflösung:  $\leq 5$  Minuten.
- Gezählter Blindenergieaustausch der Anlage, getrennt nach Lieferung / Bezug («Vier-Quadranten-Zählung»), ebenfalls auf der Hochspannungsseite (220 / 380 kV). Zeitliche Auflösung (Zählintervall): 15 Minuten.

Für Dreiwicklungstransformatoren mit Einspeisung an der Tertiärwicklung werden Blindleistung und Blindenergie auf der Tertiärseite verwendet.

##### 4.4.2 Auswertung

Swissgrid wird die Tests S1 nach folgenden Kriterien auswerten und den Teilnehmern zur Verfügung stellen:

- Minimale / maximale gemessene Blindleistung am Anschlusspunkt des Übertragungsnetzes.
- Konformität des Blindenergieaustausches.
- Wirkung des Blindleistungsaustausches auf die Spannung am Einspeiseknoten (Sensitivität, Netzstatik).

#### 4.5 Übersicht des Ablaufs von Test S1

Datum	Zeit	Aktion
Tag 1	bis 16:00 Uhr	Die Teilnehmer melden die am Test beteiligten Anlagen via E-Mail an Swissgrid
Tag 2	bis 11:00 Uhr	Swissgrid informiert die Teilnehmer via E-Mail über die Testfreigabe
Tag 2	ab 13:00 Uhr	Die Teilnehmer beobachten die Spannung am Einspeiseknoten des Übertragungsnetzes
Tag 2	bis 14:00 Uhr	Festlegung von $U_{ref}$ und der Testsequenz (A oder B)
Tag 2	14:00 Uhr	Testbeginn
Tag 2	18:00 Uhr	Testende

### 5 Testdrehbuch für den Test S2

Ziel des Tests S2 ist der Betrieb aller Anlagen am Übertragungsnetz im Modus «aktiver Teilnehmer» gemäss dem Spannungshaltungskonzept [1]. Der Test S2 erstreckt sich über zwei halbe Tage, und zwar von Sonntagmittag, 12:00 Uhr bis Montagmittag, 12:00 Uhr (vgl. Abschnitt 5.5). Swissgrid erstellt und versendet Spannungspläne die von den aktiven Teilnehmern an der Spannungshaltung durch Einsatz der verfügbaren Blindleistung unterstützt werden sollen. Die Anlagen sollten sicher und stabil laufen und ihren Blindleistungsaustausch korrekt an die Spannungsvorgabe anpassen.

Der Test S2 soll bei ansonsten gewöhnlichen Betriebsbedingungen ablaufen, es sollte zu keinen Einschränkungen des Kraftwerkseinsatzes kommen.

Voraussetzung für eine Teilnahme am Test S2 ist die erfolgreiche Absolvierung des Tests S0.

Für die Durchführung des Tests S2 wird Swissgrid vor Testbeginn einen Spannungsplan versenden, der auch für die Knoten der neu hinzukommenden aktiven Teilnehmer an der Spannungshaltung eine Sollspannung enthält. Der Spannungsplan wird nach folgenden Grundsätzen gestaltet:

- Kein Risiko bezüglich Spannungsstabilität. Die Sollspannungen weichen nur wenig von den heute üblichen Betriebsspannungen ab.
- Möglichst keine Beeinflussung / Einschränkung der Wirkenergieproduktion der Erzeugungseinheiten.
- Der Spannungsplan wird an die zu erwartende Netzsituation angepasst. Es gibt keine unnötigen Blindenergieforderungen aus experimentellen Gründen.

Die Durchführung des Tests S2 wird von Swissgrid geleitet. Die Teilnehmer geben Swissgrid bekannt, welche Anlagen am Test teilnehmen werden.

#### 5.1 Vorbereitung und Freigabe

Für die Durchführung des Tests werden von allen Beteiligten Testkoordinatoren benannt. Die Durchführung des Tests S2 wird von den Testkoordinatoren mit den Anlagenbetreibern und dem Betriebspersonal vorbereitet. Insbesondere werden Testablauf, Testsequenz und Testabbruch besprochen und geprüft. Bei absehbaren Problemen wird Swissgrid im Vorfeld informiert.

Spätestens bis Samstag vor Testbeginn (Sonntagmittag), 16:00 Uhr senden die Testkoordinatoren an den Testkoordinator bei Swissgrid eine Liste mit jenen Anlagen, die für eine Teilnahme am Test S2 vorgesehen sind.

Eine explizite Freigabe des Tests S2 findet nicht statt. Die im Rahmen des Tests erstellten und versandten Spannungspläne bleiben auf jeden Fall gültig.

Swissgrid geht davon aus, dass die für den Test gemeldeten Anlagen teilnehmen. Vor oder während des Tests bedarf es keiner speziellen Information darüber, welche der gemeldeten Anlagen tatsächlich (und in welchem Ausmass) am Test teilnehmen. Diese Information ist für die Durchführung des Tests unkritisch und kann zu einem späteren Zeitpunkt erfolgen.

Um eine Anpassung der IT-Systeme zu ermöglichen, stellt Swissgrid einen Spannungsplan zur Verfügung, der bezüglich Format (aber nicht bezüglich Inhalt) dem Spannungsplan zum Testzeitpunkt entspricht. Er enthält alle Knoten, welche die Testspannungspläne enthalten werden.

## 5.2 Testsequenz

Beim Test S2 werden vollständige Day-ahead-Spannungspläne mit 96 Sollspannungswerten für die 96 Viertelstunden des Folgetages versendet. Der erste Spannungsplan wird am Samstagabend vor 23 Uhr versendet und ist am darauffolgenden Sonntag von 00:00 bis 24:00 Uhr gültig.

Die eigentliche Testsequenz findet sich in den Spannungsplänen für Sonntag und Montag. Von jeweils 12:00 Uhr bis 12:00 Uhr werden die Spannungspläne (auch für die neu hinzukommenden aktiven Knoten) berechnete Sollwerte enthalten.

Der Erhalt des Spannungsplanes kann vorerst durch ein einfaches Reply-E-Mail an die Senderadresse erfolgen. Dieses E-Mail soll keinen Anhang, aber den ursprünglichem Text enthalten. Durch einen Code im Text des E-Mails erkennt das SDL-System bei Swissgrid den Absender des Reply-E-Mails und weist diesem den Zustand «quittiert» zu.

## 5.3 Testabbruch

Ein Testabbruch ist nicht vorgesehen. In kritischen Situationen wird auf die im Betriebsführungshandbuch Schweiz definierten Massnahmen zurückgegriffen.

## 5.4 Daten und Auswertung des Tests S2

Nach der Durchführung des Tests S2 benötigt Swissgrid von allen Teilnehmern folgende allgemeine Informationen:

- Konnte der gesamte Spannungsplan realisiert werden?
- Sind im Rahmen des Tests S2 technische Probleme aufgetreten?
- Sind im Rahmen des Tests S2 organisatorische Probleme aufgetreten?
- Ist es im Rahmen von S2 zu Schutzauslösungen gekommen?

Diese Informationen werden nach dem Test von Swissgrid in einer E-Mail-Umfrage eingeholt.

### 5.4.1 Messdaten

Des Weiteren benötigt Swissgrid für die Auswertung des Tests S2 für jede Anlage folgende Messdaten:

- Gemessene Spannung am Einspeiseknoten 220 / 380 kV (bzw. am gewählten Referenzknoten, der für die Spannungsregelung herangezogen wird). Zeitliche Auflösung: ≤ 5 Minuten.
- Gemessener Blindleistungsaustausch der Anlage am Einspeisepunkt ins Übertragungsnetz (220 / 380 kV). Zeitliche Auflösung: ≤ 5 Minuten.
- Gezählter Blindenergieaustausch der Anlage, getrennt nach Lieferung / Bezug («Vier-Quadranten-Zählung»), ebenfalls auf der Hochspannungsseite (220 / 380 kV). Zeitliche Auflösung (Zählintervall): 15 Minuten.

Für Dreiwicklungstransformatoren mit Einspeisung an der Tertiärwicklung werden Blindleistung und Blindenergie auf der Tertiärseite verwendet.

### 5.4.2 Auswertung

Swissgrid wird die Tests S2 nach folgenden Kriterien auswerten und den Teilnehmern zur Verfügung stellen:

- Minimale / maximale gemessene Blindleistung am Anschlusspunkt des Übertragungsnetzes.
- Konformität des Blindleistungsaustausches.

### 5.5 Übersicht des Ablaufs von Test S2

Datum	Zeit	Aktion
Tag 1, vorzugsweise freitags	bis 16:00 Uhr	Die Testkoordinatoren senden eine Liste mit Anlagen, die am S2 teilnehmen werden, an den Testkoordinator bei Swissgrid.
Tag 2, vorzugsweise sonntags	12:00 Uhr	<b>Beginn Test S2.</b> Der Spannungsplan enthält optimierte Sollwerte für alle aktiven Teilnehmer. Die aktiven Anlagen setzen ihre verfügbare Blindleistung ein, um diese Sollwerte zu unterstützen.
Tag 3	12:00 Uhr	<b>Ende Test S2.</b> Die Testteilnehmer kehren in ihren normalen Betriebsmodus zurück.

## 6 Referenzen

- [1] Swissgrid AG, **Konzept für die Spannungshaltung im Übertragungsnetz der Schweiz ab 2011**, die jeweils aktuelle und gültige Version ist unter [www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch) publiziert.
- [2] Swissgrid AG, **Transmission Code (Schweiz)**, die jeweils aktuelle und gültige Version ist unter [www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch) und [www.strom.ch](http://www.strom.ch) publiziert.
- [3] Swissgrid AG, **Betriebsvereinbarung mit KWB für direkt am Übertragungsnetz angeschlossene Kraftwerke**, die jeweils aktuelle und gültige Version ist unter [www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch) publiziert.
- [4] Swissgrid AG, **Betriebsvereinbarung mit VNB für direkt am Übertragungsnetz angeschlossene Verteilnetze**, die jeweils aktuelle und gültige Version ist unter [www.swissgrid.ch](http://www.swissgrid.ch) publiziert.