



CERTIFICATION · MEASUREMENT · INSPECTION

Evaluierungsbericht für die SOMMER energy GmbH, VKM SH-500 mit Leroy Somer Generator LSA 49.1 M6

Details siehe Tabelle 2-1

**Erstellung einer Gültigkeitserklärung zum
Einheitszertifikat MOE 15-0135-37**

**in Anlehnung
an die FGW TR 8 Rev. 07**

Berichtsnummer: MOE 16-0418-01

Deutschland; Itzehoe
17.11.2020

Version 1.0

Produkt:	VKM SH-500 mit Leroy Somer Generatoren LSA 49.1 M6. Details siehe Tabelle 2-1		
Hersteller	SOMMER energy GmbH Unterer Koppenhagen 52 D-37355 Niederorschel OT Deuna		
Zertifizierungsstelle	Moeller Operating Engineering GmbH (M.O.E.) Fraunhoferstraße 3 D-25524 Itzehoe		
Datum der Antragserteilung:	02.05.2017	MOE Projektnummer:	16-0418

bewertet und geprüft:



Erstellt:

Dr. Dirk Rahn
Stellv. Leiter der Zertifizierungsstelle
 M.O.E. – Moeller Operating Engineering GmbH

Samuel Voß, M. Eng.
Senior-Experte der Zertifizierungsstelle
 M.O.E. – Moeller Operating Engineering GmbH

Hinweis: Die Erstellung des Berichtes und die nach DIN EN ISO/IEC 17065 geforderte Evaluierungstätigkeit wird durch einen (Senior) Experten oder (Stellv.) Leiter der Zertifizierungsstelle durchgeführt. Die Prüfung und Bewertung des Berichts erfolgt durch einen nicht im Evaluierungsprozess eingebundenen Seniorexperten oder (Stellv.) Leiter der Zertifizierungsstelle. Die Prüfung stellt ausschließlich eine zusätzliche Qualitätssicherung dar und ist nicht Teil des Evaluierungsprozesses gemäß DIN EN ISO/IEC 17065. Das Bewertungsergebnis ist in der Zusammenfassung dargestellt.

ACHTUNG: Dieses Dokument unterliegt der Geheimhaltung.

Wir weisen darauf hin, dass dieser Evaluierungsbericht eine im Geschäftsverkehr anvertraute Unterlage technischer Art ist, die Geschäftsgeheimnisse der Moeller Operating Engineering GmbH und anderer Unternehmen, wie z.B. EZE-Herstellern, enthält. Eine Weitergabe dieser Informationen an Dritte, insbesondere Mitbewerbern eines EZE-Herstellers oder Mitbewerbern der Moeller Operating Engineering GmbH ist nicht gestattet und kann gemäß § 18 UWG mit einer Freiheitsstrafe von bis zu zwei Jahren geahndet werden. Diese gutachterliche Stellungnahme wird 10 Jahre im Büro der Moeller Operating Engineering GmbH hinterlegt. Das Copyright © liegt ausschließlich bei der Moeller Operating Engineering. GmbH und darf auftragsgebunden verwendet werden, ansonsten ist der Nachdruck oder die Vervielfältigung nur mit Zustimmung der Moeller Operating Engineering. GmbH gestattet.

Auszüge dürfen nur mit Zustimmung der Moeller Operating Engineering. GmbH angefertigt werden. Es gelten im Übrigen die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der Moeller Operating Engineering. GmbH, zu finden unter www.moe-service.com.

Versionsübersicht

<i>Ver.</i>	<i>Datum</i>	<i>Änderung</i>	<i>Bearbeiter</i>	<i>Freigabe</i>
1.0	17.11.2020	Originaldatei	SV	DR

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort.....	6
2	Ziel	7
3	Nenn Daten der Energieerzeugungseinheit.....	9
4	Fokus	10
5	Evaluierungsprozess.....	11
5.1	Vollständigkeit der überreichten Dokumente	11
5.2	Testlabor	12
5.2.1	Anforderung.....	12
5.2.2	Vorgelegte Unterlagen	12
5.2.3	Evaluierung	12
6	Übertragung von vorhandenen Ergebnissen	13
6.1	Allgemein.....	13
6.2	Evaluierung der Übertragbarkeit.....	13
7	Evaluierung von Tests und Ergebnissen	15
7.1	Generell.....	15
7.2	Wirkleistungsabgabe.....	16
7.2.1	Wirkleistung.....	16
7.2.1.1	Wirkleistung in Abhängigkeit der vorhandenen Primärenergie.....	16
7.2.1.2	Maximale Wirkleistung.....	17
7.2.2	Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	18
7.2.3	Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz	23
7.3	Zuschaltbedingungen.....	26
7.3.1	Grenzwerte für Wiederschaltung	26
7.3.2	Verhalten bei Wiederschaltung / Wirkleistungsgradient.....	27
7.4	Blindleistungsbereitstellung.....	30
7.4.1	Nachweis der Blindleistungswerte – Maximaler Blindleistungsbereich	30
7.4.2	Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe (Genauigkeit).....	35
7.4.3	Q-Übergangsfunktion - Einschwingzeiten.....	38
7.4.4	Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung (cos ϕ (U)-Kennlinie)	46
7.5	Netzurückwirkungen	54
7.5.1	Flicker im Dauerbetrieb.....	54
7.5.2	Flicker und Spannungsänderungen bei Schalthandlungen	55
7.5.3	Oberschwingungen.....	57
7.6	Verhalten bei Störungen im Netz.....	62
7.6.1	Low-Voltage-Ride-Through (LVRT) Typ 1	62
7.6.2	Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge Typ 1.....	64
7.7	Schutzeinrichtungen	65
7.7.1	Allgemeines	65
7.7.2	Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz.....	65
7.7.3	Prüfung der Gesamtwirkungskette	66
7.7.4	Eigenschutz.....	66
8	Simulatives Nachweisverfahren LVRT (Familienbildung)	67
8.1	Plausibilitätsprüfung der Modellparametrierung	67
8.2	Versuchsbeschreibung	68

8.3	Ergebnisse und Evaluierung	71
9	Zusammenfassung der Evaluierung	85
10	Hinweise	86
11	Referenzen	87
Anhang	88

1 Vorwort

Die vorliegende Gültigkeitserklärung MOE 16-0418-01 wurde für die SOMMER energy GmbH angefertigt und gilt für die in Tabelle 2-1 angegebene Erzeugungseinheit. Die Erzeugungseinheit ist eine Abwandlung der Aggregate der „SH“-Baureihe der SOMMER energy GmbH, für die das Einheitszertifikat MOE 15-0135-37 vorliegt.

2 Ziel

Ziel ist es, die Konformität der in Tabelle 2-1 genannten Erzeugungseinheit (EZE) mit den nachfolgend genannten Richtlinien nachzuweisen:

- BDEW Mittelspannungsrichtlinie /5/ inkl. 4. Ergänzung /6/
- FGW TR 8 Rev. 7 /2/

Weitere Richtlinien:

- VDN Transmission Code 2007 /7/

Ziel dieses Evaluierungsberichtes ist es, für das SH-500 Aggregat mit Leroy Somer Generator eine Bewertung auf Grundlage der zuvor genannten Richtlinien vorzunehmen. Diese Bewertung soll die elektrischen Eigenschaften beinhalten. Für die Bewertung des Verhaltens bei Spannungseinbrüchen wird auf ein Simulationsmodell der SH-Baureihe des Einheitenzertifikats MOE 15-0135-37 zurückgegriffen, welches nach FGW TR 4 validiert wurde. Der SH-500 wird im Rahmen der Familienbildung auf transiente Stabilität geprüft. Dies ist in Kapitel 8 dokumentiert. Auf Grundlage dieses Evaluierungsberichts soll daraufhin eine Gültigkeitserklärung erstellt werden.

Tabelle 2-1: Relevante Erzeugungseinheit

Nr.	Typ ¹⁾	Antriebsmaschine von Liebherr	Max. Nennleistung der VKM (kW _{elektrisch})	Spannung (kV)	Generator von Leroy Somer	Vermessen? ²⁾	Gegenstand der Bewertung?
1	SH-500	G9512	500	0,4	LSA 49.1 M6	Ja	Ja

Anmerkungen:

- 1) *Seriennummer des BHKW Nr. 1: 2014019*
- 2) *Es liegen Plausibilitätsmessungen vor. Diese sind in Kapitel 7 dokumentiert. Es findet eine Übertragung der Ergebnisse der SH-Baureihe – Einheitenzertifikat MOE 15-0135-37 - statt.*

Tabelle 2-2: Weitere Komponenten der Varianten (gemäß /14/)

Nr.	BHKW-Steuerung	AVR/ cos ϕ – Regler	Energiemessmodul	Leistungsschalter (Netzseitig)
1	Siemens Simatic S7	Leroy Somer D510C	In Steuerung integriert	COMPACT NS 1000

Tabelle 2-3: Softwarestände (gem. Herstellerbescheinigung in /8/ bzw. /13/)

Softwarestände	
Komponente	Version
Siemens Simatic S7	SH 1.7
AVR/ cos ϕ – Regler von Leroy Somer D510C	Firmware 2.20

Das Aggregat SH-500 ist prinzipiell baugleich zur bereits zertifizierten SH-Baureihe und im speziellen des Typen SH-530 des Einheitszertifikats MOE 15-0135-37. Dies bestätigt der Hersteller in der Herstellererklärung /13/.

Die folgenden Hilfsaggregate wurden gem. Herstellererklärung zum Einheitszertifikat MOE 15-0135-37 bei den LVRT-Versuchen des SH-265 ebenfalls mit dem Spannungseinbruch beaufschlagt. Eine Ansteuerung erfolgt über Schütze, die im LVRT – Fall die Hilfsantriebe abschaltet.

Die folgenden Hilfsaggregate sind als Asynchronmotoren ohne Elektronik verbaut:

- Interne -/ Externe Pumpe
- Gem.- kühlerpumpe
- Gemischk.- ventilator (nur beim Typ SH 250 bzw. SH 265)
- Ablüfter

Die Gasmagnetventile der Regelstrecke, die Zündung und der digitale AVR werden über eine Batterie gepuffert (vgl. Einheitszertifikat MOE 15-0135-37).

Blockschaltbild und Beschreibung der EZE

Den prinzipiellen Aufbau der EZE zeigt Abbildung 2-1. Die Grenze der Begutachtung liegt auf der Unterspannungsseite des Transformators (bei 0,4 kV), der Transformator ist nicht Gegenstand der Zertifizierung. Der netzseitige Kuppelschalter ist als Leistungsschalter ausgeführt und übernimmt den Kurzschlussschutz. Der generatorseitige Schalter ist als Leistungsschutz umgesetzt. Im oberen Block ist die Steuerung mit den einzelnen Funktionen und Schnittstellen abgebildet.

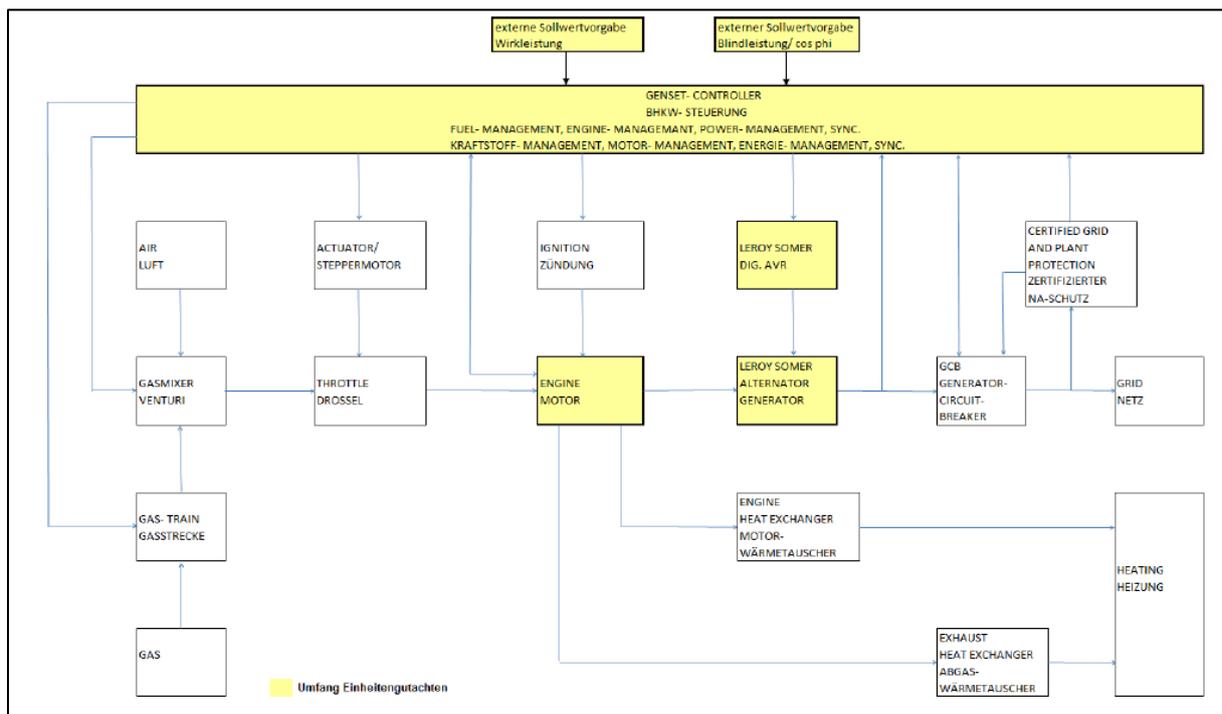


Abbildung 2-1: Blockschaltbild der Erzeugungseinheit /13/

3 Nenndaten der Energieerzeugungseinheit

In diesem Kapitel sind alle relevanten Nenndaten der BHKW-Typen zusammengefasst. Gemäß Herstellerangaben (siehe auch Anhang 1) besitzt die vermessene EZE folgende Nenndaten:

Tabelle 3-1: Nenndaten der Erzeugungseinheit

Typ	Motor	Generator	Nennwirkleistung EZE P_N elektrisch	Nennspannung U_N	Nennstrom $I_N^{1)}$ ($\cos \varphi = 0,95$)
SH-500 (EZE 1)	Liebherr G9512	Leroy Somer LSA 49.1 M6	500 kW	400 V (Leiter-Leiter-Spg.)	759,7 A

Anmerkung:

- 1) Bei Nennwirkleistung, Nennspannung und $\cos \varphi = 0,95$ (gemäß Herstellererklärung)
- 2) Die Seriennummer des BHKW lautet 2014 06 05 (gemäß Herstellerbescheinigung in Testbericht). Hierdurch ist die EZE eindeutig zuordbar. Die Bewertung in diesem Bericht gilt nur für das vermessene Aggregat Typ SH-500.

In den folgenden Kapiteln wird entsprechend Tabelle 3-1 und Tabelle 2-1 die Bezeichnung SH-500 oder EZE 1 für die typgeprüfte Einheit verwendet.

4 Fokus

Gemäß der FGW TR8 /2/ werden Anforderungen an die elektrischen Eigenschaften der in Kapitel 3 aufgelisteten Erzeugungseinheiten gestellt. Dieser Bericht beschreibt die Analyse und Bewertung der relevanten Dokumente für den Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach FGW TR8 /2/. Der in Tabelle 4-1 aufgelistete Testbericht findet in diesem Evaluierungsbericht Berücksichtigung.

Tabelle 4-1: Relevante Testberichte

Testbericht	Richtlinie	Verweis	Bemerkung
Testbericht: NV16012N3B1 „Bestimmung der elektrischen Eigenschaften an der Verbrennungskraftmaschine SH-500 des Herstellers Sommer energy GmbH in Kirchdorf an der Aller / Deutschland“	FGW TR 3 Rev. 24	/8/	-

Es wurde ein Bericht /8/ nach der FGW TR3 Rev. 24 /1/ vorgelegt, der die Messungen der elektrischen Eigenschaften exkl. LVRT-Tests beinhaltet. Die Prüfung fand mit der Antriebsmaschine des Typs Liebherr G9512 mit dem Generator Leroy Somer LSA 49.1 M6 statt. Mit Ausnahmen der Antriebseinheit entspricht dies von der Hardware der Ausführung SH 530 (EZE 36) des Einheitszertifikat MOE 15-0135-37 von der SOMMER energy GmbH, welches am 22.08.2018 ausgestellt wurde (vgl. Herstellererklärung /13/).

5 Evaluierungsprozess

5.1 Vollständigkeit der überreichten Dokumente

Die Vollständigkeit der notwendigen Dokumente zeigt Tabelle 5-1. Alle relevanten Dokumente wurden in Anlehnung an die C-Pro 03 EZE-Zertifizierung (VKM) /4/ eingereicht:

Tabelle 5-1: Liste der eingereichten Dokumente

Dokument	Vollständig und akzeptiert?
Hersteller und Ansprechpartner	Ja (siehe Herstellererklärung /13/)
Beschreibung der Erzeugungseinheit	Ja (siehe Herstellererklärung /13/ und Anhang 1)
Testbericht - NV16012N3B1 vom 02.11.2020 für die VKM SH 500 Prüfbescheinigung Netzschutzgerät: Ziehl UFR1001E, es liegt die Prüfbescheinigung/das Komponentenzertifikat sowie der zugehörige Prüfbericht von der Bureau Veritas CPS GmbH vor.	Ja (siehe /8/)
IEC ISO EN 17025 Bescheinigung des Testinstituts	Ja (siehe /12/)
Urkunde des Qualitätsmanagementsystems des Herstellers nach ISO 9001	Ja (siehe /11/)
Herstellererklärung: Beschreibung der Softwareversion	Ja (siehe Herstellererklärung /13/ bzw. Testbericht /8/)
Herstellererklärung: Beschreibung der Netzüberwachung	Ja (siehe Herstellererklärung /13/ bzw. abgedeckt durch das Einheitszertifikat MOE 15-0135-37)
Datenblatt des Netzschutzrelais	Ja (siehe Herstellererklärung /13/ bzw. abgedeckt durch das Einheitszertifikat MOE 15-0135-37)
Datenblatt der Stromsensoren	Ja (siehe Herstellererklärung /13/ bzw. abgedeckt durch das Einheitszertifikat MOE 15-0135-37)

Datum an dem die Unterlagen vollständig vorlagen:	20.10.2020
---	------------

5.2 Testlabor

5.2.1 Anforderung

Die Prüfungen der Erzeugungseinheit sind in Einklang mit der FGW TR3 /1/ durch ein nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditiertes Messinstitut durchzuführen.

5.2.2 Vorgelegte Unterlagen

Die Akkreditierungsurkunde des Messinstitutes wurde zusammen mit dem Prüfbericht vorgelegt. Das Messinstitut ist für die durchgeführten Prüfungen nach FGW TR 3 Rev. 24 /12/ sowie für den Prüfzeitraum akkreditiert.

5.2.3 Evaluierung

Die Tabelle 5-2 enthält das Ergebnis der Evaluierung.

Tabelle 5-2: Testlabor

Evaluierungsergebnis	
Testlabor	Der Prüfbericht wurde gem. der geltenden TR3 /1/ erstellt. Das Testlabor und der Prüfbericht erfüllen alle Anforderungen.

6 Übertragung von vorhandenen Ergebnissen

6.1 Allgemein

Gem. Anhang H zur FGW TR 8 /11/ können die Ergebnisse der LVRT-Versuche mithilfe eines herstellerspezifischen Modells im Wirkleistungsbereich $1/\sqrt{10}$ bis $\sqrt{10}$ der Nennwirkleistung der vermessenen EZE übertragen werden. Alle anderen Ergebnisse können im Wirkleistungsbereich 0,5 bis 2 der Nennwirkleistung der vermessenen EZE übertragen werden.

Der Hersteller „SOMMER energy GmbH“ fertigt eine SH-Baureihe mit Leroy Somer Generatoren im Leistungsbereich zwischen 50 kW und 530 kW, für die aktuell das Einheitszertifikat MOE 15-0135-37 gültig ist. Dieses wurde am 28.08.2020 ausgestellt. Für diese Aggregate mit abweichenden Antriebsmotor wurde eine vollständige Einheitszertifizierung vorgenommen. Auf die im Rahmen der Zertifizierung vorgenommenen Vermessungen und Testergebnisse kann zurückgegriffen werden. Eine Beurteilung, inwieweit Ergebnisse herangezogen werden können, erfolgt in der weiteren Betrachtung. Hierfür sind in Kapitel 6.2 zunächst die grundlegenden Bewertungspunkte aufgeführt. In Kapitel 7 ist der zugehörige Testbericht angegeben, der Grundlage der Bewertung des Einheitszertifikats MOE 15-0135-37 darstellt.

6.2 Evaluierung der Übertragbarkeit

Verbrennungskraftmaschinentyp: Eine Übertragung ist nur innerhalb einer Technologie möglich.

Spannungsregler: Eine Übertragung von FRT-Messungen ist zulässig bei typgleichen oder hinsichtlich der Reglerstruktur vollständig übereinstimmenden Spannungsreglern, die im gleichen Betriebsmodus betrieben werden.

Leistungs-/Drehzahlregler: Die Leistungs-/Drehzahlregler müssen für die Übertragung der FRT-Prüfergebnisse dann berücksichtigt werden, wenn diese innerhalb der Grenzlinie 1 (Bild 2.5.1.2-1 in BDEW MSR /5/) reagieren. Alle anderen Leistungs-/Drehzahlreglertypen können unberücksichtigt bleiben

Synchrongenerator: Eine Übertragung der Prüfergebnisse im Falle der Verwendung unterschiedlicher Generatoren(-hersteller) ist dezidiert auf Zulässigkeit zu überprüfen. Sofern ein anderes Erregersystem eingesetzt wird, ist die Gleichwertigkeit durch den Hersteller (gegebenenfalls durch bestätigende Messungen) gegenüber der Zertifizierungsstelle nachzuweisen

EZE mit gleicher Nennleistung (unterschiedlichen Ausführungsvarianten): Der Hersteller hat in eigener Verantwortung sicherzustellen und darzulegen, dass die bezüglich der jeweiligen Prüfung eindeutig ungünstigste Variante geprüft wird.

Evaluierung

Es findet eine Übertragung der Ergebnisse/ Bewertung des typvermessenen Aggregats SH-265 des Einheitszertifikats MOE 15-0135-37 auf das SH-500 statt. Der Generator der EZE SH-500 ist ebenfalls ein Leroy Somer Generator (LSA 49.1 M6).

Lediglich die Verbrennungskraftmaschine ist abweichend zum bereits zertifizierten Typen. Es sind jedoch Verbrennungskraftmaschinen der gleichen Technologie. Aus diesem Grund kann eine Übertragung vorgenommen werden.

7 Evaluierung von Tests und Ergebnissen

7.1 Generell

Alle Prüfungen wurden gemäß FGW TR8 Rev. 6 /2/, Kapitel 5.1 bewertet. Die Anordnung der Kapitel in diesem Bericht entspricht der Struktur in der genannten Richtlinie. Die Anforderungen an die Erzeugungseinheit werden in den folgenden Richtlinien konkretisiert:

- BDEW Mittelspannungsrichtlinie /5/ mit der 4. Ergänzung /6/
- VDN Transmission Code 2007 /7/

Alle Angaben in diesem Bericht sind abweichend zur FGW TR 8 /2/ im Erzeugerzählpeilsystem dargestellt. Davon abweichende Angaben im Verbraucherzählpeilsystem in Grafiken oder Ergebnissen werden explizit angegeben.

An einigen Stellen werden Grafiken bzw. Abbildungen aus dem Testbericht /8/ entnommen, um ein Ergebnis oder eine Bewertung besser zu erläutern. Dieses wird in der Bildunterschrift explizit angegeben. Die Grafiken sind nur in Verbindung mit dem entsprechenden Prüfbericht /8/ gültig, da die dargestellten Testergebnisse von den im Prüfbericht beschriebenen Prüfbedingungen (Prüfverfahren, Laborinfrastruktur, Umgebungsbedingungen etc.) und dem individuellen Prüfling abhängen.

Messberichte und Komponentenzertifikate bzw. bestehende Einheitszertifikate

Die in Tabelle 7-1 aufgelisteten Testberichte finden in diesem Bericht Berücksichtigung:

Tabelle 7-1: Relevante Testberichte

EZE-Komponente	Prüfinstitut ¹⁾	Testbericht	Prüfverfahren	Prüfumfang der FGW TR3	Spannungsebene
SH-500 mit Liebherr Generator	windtest grevenbroich GmbH (wtg)	NV16012N3B1 02.11.2020 /8/	FGW TR 3 Rev. 24 /1/	Prüfungen Zuschaltbedingungen, Funktionsfähigkeit des Entkupplungsschutz sowie die Prüfung zum Ausfall der Hilfsenergie wurden nicht durchgeführt.	400 V
SH-265 mit Leroy Somer Generatoren	windtest grevenbroich GmbH (wtg)	NV13028B3A1 16.03.2015	FGW TR 3 Rev. 23 /1/	vollumfänglich	400 V

Anmerkung:

- 1) Die Nachweise, die im Testbericht des SH-500 nicht erbracht wurden, können entsprechend durch Übertragung aus dem Messbericht des SH-265 entnommen werden.

7.2 Wirkleistungsabgabe

7.2.1 Wirkleistung

7.2.1.1 Wirkleistung in Abhängigkeit der vorhandenen Primärenergie

Gemäß FGW TR8 Rev. 7 /2/ Kapitel 3.1.2.1 muss für Erzeugungseinheiten, bei denen die erzeugte Wirkleistung nicht von einer fluktuierenden Primärenergiequelle abhängt, lediglich eine Angabe zur maximalen Wirkleistungseinspeisung und ggf. zu weiteren Einschränkungen getätigt werden. Die maximale Wirkleistung wird in Abschnitt 7.2.1.2 ausgewiesen.

Durchgeführte Tests und eingereichte Unterlagen

Dieser Punkt entfällt bei VKM.

Table 7-2: Test: Leistungskurve

Leistungskurve	
Testlabor	Nicht notwendig
Testbericht	Nicht notwendig
Abschnitt	---
Getestete Softwareversion	---
Test gem. Richtlinie	---

Zusammenfassung der Testergebnisse:

Dieser Punkt entfällt bei VKM.

Evaluierung

Tabelle 7-3: Bewertung: Leistungskurve

Leistungskurve	
Kapitel TR 8	5.1.2.1
Bewertung	Dieser Punkt entfällt gemäß FGW TR8 Rev. 6 /2/ bei VKM.
Bemerkung	----

7.2.1.2 Maximale Wirkleistung

Anforderung:

Die maximale Wirkleistung muss für VKM gem. FGW TR3 Rev. 23 /1/ Anhang D 2.1. vermessen werden. Es sind mindestens zwei Messungen a 10 Minuten mit Nennleistung durchzuführen.

Durchgeführte Tests und eingereichte Unterlagen

Tabelle 7-4: Test: Maximale Wirkleistung

Maximale Wirkleistung	
Testlabor	Windtest grevenbroich gmbh
Testbericht	/8/ (SH-500)
Abschnitt	4.1.2
Getestete Softwareversion	SH 2.2
Tests gem. Richtlinie	FGW TR3 Rev. 24 /1/

Relevante Parameter für die maximale Wirkleistungsabgabe (unverändert zu SH-Baureihe)

Tabelle 7-5: Parameter für die maximale Wirkleistungsabgabe

Parameter	Beschreibung	Standardwert
P _{max}	maximale Wirkleistungsabgabe	P _{max} = P _n

Evaluierung

Für das Aggregat SH-500 wurden zwei Messsätze à 10 Minuten aufgenommen. Die Einheit wurde dabei mit Nennleistung betrieben. Alle notwendigen Tests wurden durchgeführt.

Die Messungen erfolgten für die EZE an der Niederspannungsklemme mit Parametrierung auf Nennleistung. Die Ergebnisse sind in Tabelle 7-6 angegeben.

Tabelle 7-6: Maximale Ausgangsleistung der SH-500

Messung	SH-500 $P_N = 500 \text{ kW}$	600s Mittelwert (P_{600}) @ U_N	60s Mittelwert (P_{60}) @ U_N	0,2s Mittelwert ($P_{0,2}$) @ U_N
1	Maximale Leistung in kW	502,25	502,53	515,48
	Normierte maximale Leistung	1,00	1,01	1,03

Tabelle 7-7: Maximale Wirkleistung

Maximale Wirkleistung	
Kapitel TR 8	5.1.2.1
Bewertung	Die maximale Wirkleistung ist nur auszuweisen.
Bemerkung	Hinweis: Parameter gem. Tabelle 7-5 beachten.

7.2.2 Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Anforderung

Gemäß FGW TR8 Rev. 7 /2/ 3.1.2.2 muss die Wirkleistung der Einheit zwischen 100% und 0% der Nennleistung in höchstens 10%-Schritten regelbar sein. Der größte Sollwertsprung muss innerhalb von 1 Minute erreicht werden. Die Wirkleistungsreduktion auf 50% der Nennleistung ist für VKM ohne Trennung vom Netz zu gewährleisten. Für Sollwerte unterhalb von 50% darf sich die EZE vom Netz trennen.

Der Nachweis hat durch Messungen an der EZE nach FGW TR3 Rev. 24 /1/ 4.1.2.2 zu erfolgen.

Die geforderte Einstelldynamik wird erfüllt, wenn die sich einstellende Wirkleistung nach Abklingen der Einschwingvorgänge um nicht mehr als $\pm 5\%$ der Nennleistung von dem Sollwert abweicht. Der Nachweis erfolgt durch Messung eines Sollwertsprunges von 100% auf 50% der Nennleistung in maximal 45 s.

Der Nachweis, dass sich die EZE bei $\geq 50\%$ der Nennleistung nicht vom Netz trennt wird erbracht, wenn die EZE bei der Prüfung bis 50% P_N zugeschaltet bleibt. Weiterhin müssen für die Wirkleistungsregelung feinere Stufen als 10%-Schritte der Nennleistung möglich sein. Dies kann anhand einer Herstellererklärung bestätigt werden.

Durchgeführte Tests und vorgelegte Dokumentation

Tabelle 7-8: Test: Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	
Testlabor	Windtest grevenbroich gmbh
Testbericht	/8/ (SH-500)
Abschnitt	4.1.3
Getestete Softwareversion	SH 2.2
Test gem. Richtlinie	FGW TR3 Rev. 24 /1/

Die Testergebnisse sind in Tabelle 7-9 zu sehen. Die grafische Darstellung zeigt Abbildung 7-1. Die Grafik, welche die Einstellzeit der Wirkleistung darstellt, sind in Abbildung 7-2 zu sehen.

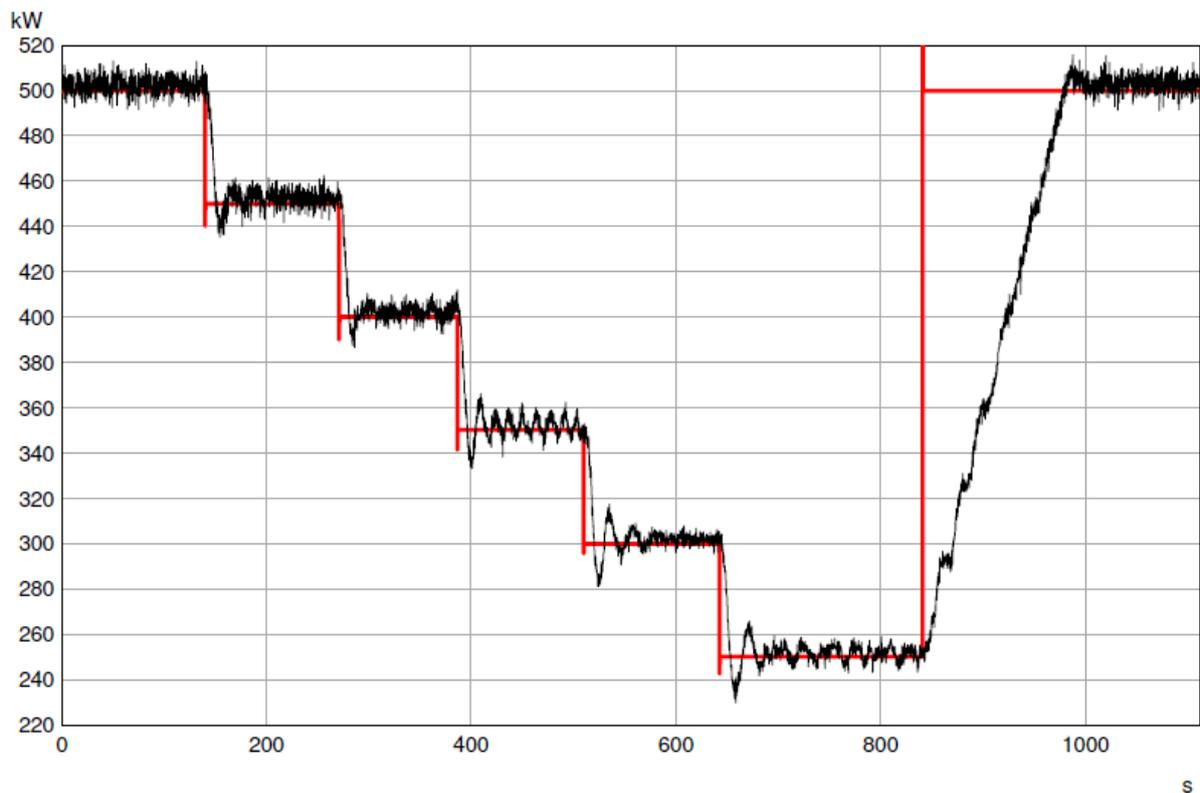


Abbildung 7-1: Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe SH-500 (Quelle: Testbericht /8/, Abb. 20)

Tabelle 7-9: Vergleich zwischen Sollwert und Istwert der Wirkleistung des SH-500

Wirkleistung [% von P _N]	Sollwertvorgabe [kW]	Gemessene Wirkleistung [kW]	Abweichung [kW]	Abweichung [% P _N]
100	500,10	502,82	2,72	0,54

90	450,11	452,73	2,62	0,52
80	400,10	402,37	2,27	0,45
70	350,11	352,27	2,16	0,43
60	300,03	302,07	2,04	0,41
50	250,04	251,36	1,32	0,26
40...10 ¹⁾	-	-	-	-

Anmerkungen:

- 1) Gemäß Testbericht /8/ ist ein dauerhafter Betrieb in diesem Bereich nicht vorgesehen. Eine Netztrennung bei <50% P_n findet statt. Die minimale Wirkleistung beträgt $P_{min} = 235$ kW (vgl. /8/ Kap. 4.1.3.1).

Gemäß Herstellererklärung /19/ können die Einheiten dauerhaft keine Leistung kleiner als 50 % P_N bereitstellen. Die Minimalleistung ist mit $P_{min} = 235$ kW im Testbericht angegeben (vgl. /8/ Kap. 4.1.3.1).

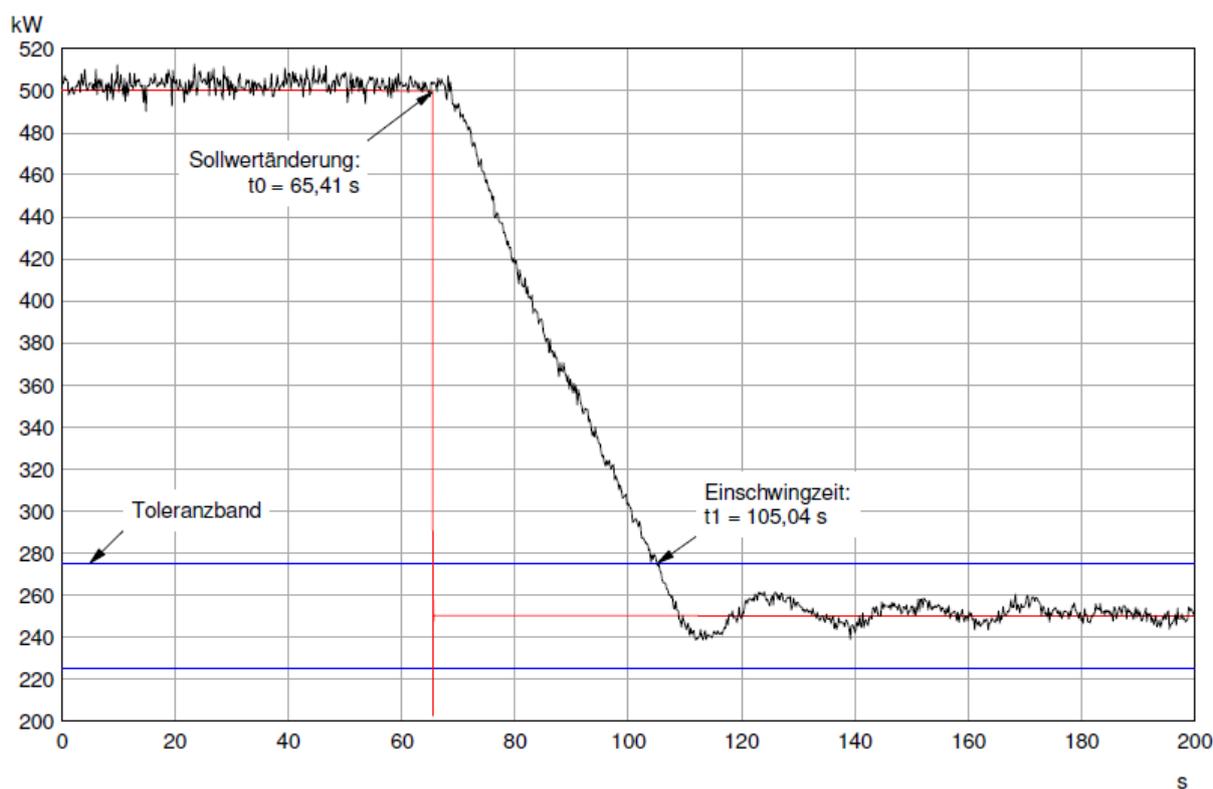


Abbildung 7-2: Sprungantwort von 100 % P_N auf 50 % P_N des SH-500 (Quelle: Testbericht /8/, Abb.21)

Tabelle 7-10: Sprungantwort bei Wirkleistungsvorgaben

Wirkleistungssprungantwort	Geforderte Einstellzeit [s]	Gemessene Einstellzeit [s]
EZE 1, Sollwertsprung von 100% P_N auf 50 % P_N	45	39,63

Anmerkungen:

- 2) Gemäß BDEW MSR /5/ muss bei Wirkleistungssollwertänderungen (Reduktion bzw. Erhöhung) ein Gradient von mindestens 66 % P_{Emax} pro Minute (entspricht mindestens 1,11 % P_{Emax} pro Sekunde) eingehalten werden. Bei der gemessenen Sprungantwort ist der geforderte Gradient eingehalten mit 1,15 % P_N/s (siehe /8/).

Relevante Schnittstelle für die Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Tabelle 7-11: Relevante Schnittstelle für die Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Relevante Schnittstelle für die Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	
Analoge Schnittstelle zur Wirkleistungsvorgabe	<ul style="list-style-type: none"> - 4 – 20 mA (= stufenlos 0 – 100 %), die Auflösung beträgt 12bit - Wirkleistungssollwertvorgabe über das Display Einstellbar in 1 kW Schritten von 0 – 100 % P_n
Digitale Schnittstellen zur Wirkleistungsvorgabe	<ul style="list-style-type: none"> - Fünf digitale Eingänge (Kontakteingänge): EISMAN Sollwertvorgabe in 0 %, 30 %, 60 % und 100 % P_n¹⁾, sowie Schnellstop (verzögerungslos)
Vermessene Schnittstelle	Analoge Schnittstelle, siehe oben ²⁾

Hinweis:

- 1) Bei einer Sollwertvorgabe von unter 50 % P_n schaltet sich die EZE ab. Eine projektspezifische Erweiterung des Leistungsbereiches beim SH 265 bzw. SH 250 ist nach Absprache mit dem Hersteller möglich.
- 2) Das Ausgangssignal der BHKW-Steuerung ist auf 0 – 10 V mit einer Auflösung von 12bit skaliert (vgl. Einheitszertifikat MOE 15-0135-37 der SH-Baureihe)

Evaluierung - Genauigkeit

Die Abweichung zwischen Soll- und Istwert aus der durchgeführten Prüfung ist in Tabelle 7-9 dargestellt. Die maximale Über- bzw. Unterschreitung des Sollwertes für alle Messungen zeigt Tabelle 7-12.

Tabelle 7-12: Maximale Abweichung Wirkleistung vom Sollwert des SH-500

Maximale Abweichung vom Sollwert	
Maximale Abweichung (Überschreitung)	0,54 % P_N bei der Stufe 100 % P_N

Die Abweichung befindet sich innerhalb der Toleranz von ± 5 % P_N .

Evaluierung - Einschwingzeit

Die Einschwingzeit der Wirkleistung des SH-500 wurde dem Testbericht /8/ entnommen und liegt mit 39,6 s unterhalb des geforderten Wertes von 45 s. Die Abbildung 7-2 bestätigt den ausgewiesenen Wert.

Tabelle 7-13: Evaluierung: Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	
Kapitel TR 8	3.1.2.2
Bewertung	Erfüllt
Bemerkung	---

7.2.3 Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

Anforderung

Gemäß FGW TR8 Rev. 7 /2/ Kapitel 3.1.2.3 muss ab einer Netzfrequenz $> 50,2$ Hz die Wirkleistung mit einem Gradienten von 40 % der aktuellen Wirkleistung pro Hz reduziert werden. Die Wirkleistung darf erst wieder für eine Frequenz $\leq 50,05$ Hz gesteigert werden.

Der Nachweis hat durch eine Messung entsprechend FGW TR3 /1/ Kapitel 4.1.3.3 zu erfolgen. Die Messung ist für VKM bei 85 % von P_N durchzuführen. Die Toleranz für die Wirkleistung beträgt ± 10 % P_N .

Durchgeführte Tests und vorgelegte Dokumente

Bei den durchgeführten Tests wurde die Frequenz mittels Multifunktions-Messgerät Siemens SENTRON PAC3200 über einen angeschlossenen Laptop vorgegeben, sodass die geforderten Schwankungen in der Frequenz simuliert werden konnten. Jede Frequenz wurde für eine Dauer von 2 Minuten eingestellt. Hierbei werden lediglich die letzten 10 Sekunden zur Ermittlung der reduzierten Leistung ausgewertet (Mittelwertbildung).

Der Test wurde bei einer Wirkleistung von 85 % P_N durchgeführt.

Tabelle 7-14: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz	
Testlabor	Windtest grevenbroich gmbh
Testbericht	/8/ (SH-500)
Abschnitt	4.1.3
Getestete Softwareversion	SH 2.2
Test gem. Richtlinie	FGW TR3 Rev. 24 /1/

Die bei dem Test angefahrenen Messpunkte sind in Tabelle 7-15 dargestellt. Die ermittelte Momentanleistung P_M bei der Referenzfrequenz beträgt 430,93 kW. In den Ergebnisgrafiken (Abbildung 7-3 und Abbildung 7-4) sind die entsprechenden Messpunkte eingezeichnet.

Tabelle 7-15: Messpunkte für Test: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

Messpunkt	Frequenz [Hz]
1	50,00
Referenzfrequenz (hier wurde P_{Mom} ermittelt)	50,20
2	50,30
3	50,70
4	51,20
5	50,08
6	50,00

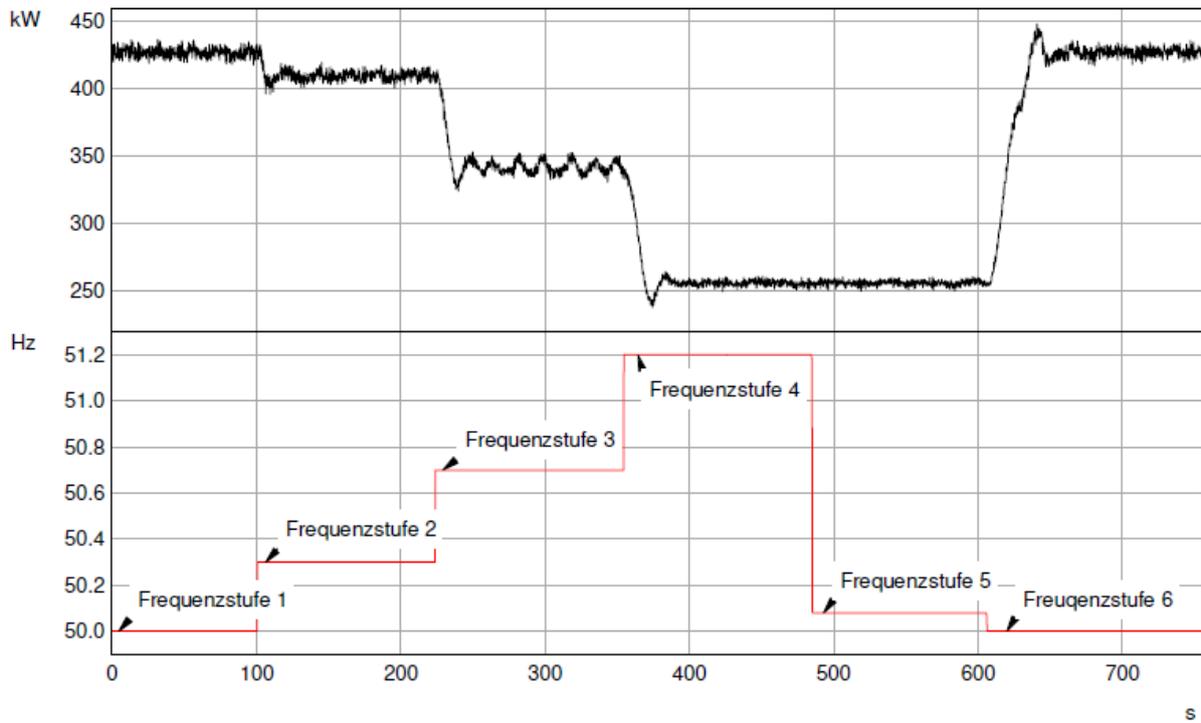


Abbildung 7-3: SH-500: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz (Quelle: Testbericht /8/, Abb. 23)

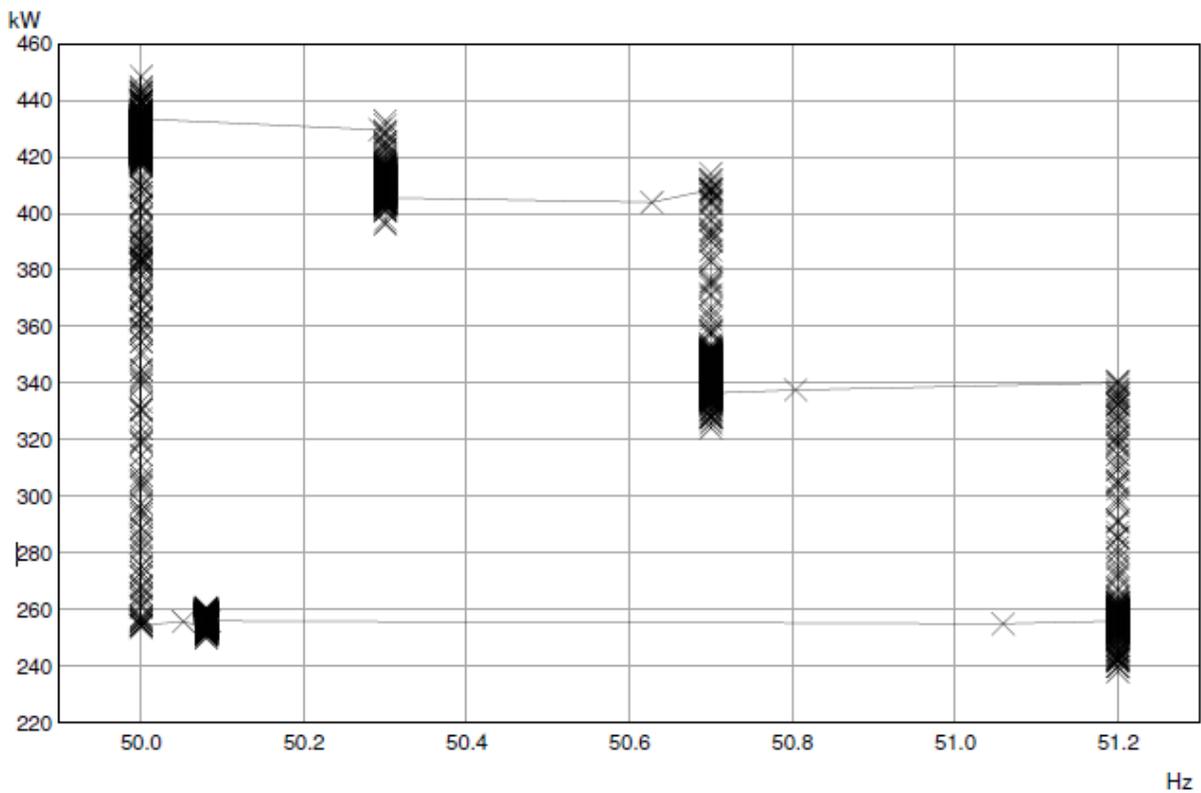


Abbildung 7-4: SH-500: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz (Quelle: Testbericht /8/, Abb. 22)

Tabelle 7-16: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz des SH-500

Messpunkt	Frequenz [Hz]	Wirkleistung ist [kW]	Wirkleistung soll [kW]	Abweichung [% P _N]	Zulässig?
P _{mom}	50,20	430,93	---	---	---
2	50,30	410,50	413,69	-0,64	Ja
3	50,70	343,50	344,74	-0,25	Ja
4	51,20	255,00	258,56	-0,71	Ja

Tabelle 7-17: Gradient der SH-500 gem. Testbericht /8/

	Gradient [%/Hz]
Punkt 3 - P _{mom}	-40,48
Punkt 4 - P _{mom}	-40,85

Relevante Parameter für die Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz (unverändert zu SH-Baureihe)

Die Funktion der Leistungsbegrenzung bei Netzfrequenzerhöhung ist fest programmiert und kann durch Betreiber oder EVU nicht parametrierbar werden

Evaluierung

Gemäß Tabelle 7-16 wird die Toleranz von $\pm 10\%$ P_N von der SH-500 eingehalten. Weiterhin zeigt der Test, dass die Wirkleistung erst ab einer Frequenz von $\leq 50,05$ Hz wieder auf den Sollwert von 85 % P_N gesteigert wird.

Tabelle 7-18: Evaluierung: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz	
Kapitel TR 8	3.1.2.4
Bewertung	Erfüllt, siehe Tabelle 7-16.
Bemerkung	----

7.3 Zuschaltbedingungen

7.3.1 Grenzwerte für Wiederausaltung

Anforderung

Nach Netzausfall darf sich die EZE erst wieder zuschalten, wenn die Spannung mindestens 95 % U_N beträgt und sich die Frequenz zwischen 47,5 Hz und 50,05 Hz befindet (nach FGW TR 8 Rev. 7 /2/ Kapitel 3.1.4.1).

Die Messungen müssen für VKM nach FGW TR 3 /1/ Kap. 4.5 durchgeführt werden.

Durchgeführte Tests und vorgelegte Dokumente

Der Test der Zuschaltbedingungen ist durch den vorliegenden Testbericht zum SH-500 nicht abgedeckt.

Übertragung vom SH-265 mit Leroy Somer Generator

Die Vermessung wurde nicht von der Windtest grevenbroich gmbh durchgeführt, da eine Prüfbescheinigung des Netzschutzmoduls „UFR1001E“ vorliegt. Die Prüfbescheinigung liegt von der Bureau Veritas CPS GmbH vor.

Tabella 7-19: Test: Grenzwerte für Wiederausaltung

Grenzwerte für Wiederausaltung	
Testlabor	BV CPS GmbH
Testbericht	11TH0501_TR3, Prüfbescheinigung Zentraler NA-Schutz Ziehl UFR1001E, Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH, 02.05.2012
Abschnitt	TR 3 – 4.6
Getestete Softwareversion	0-01
Zugelassene Softwareversionen	0-0x mit x = 1 und höher gemäß 0
Test gem. Richtlinie	BDEW MSR 2008

Das Ergebnis des Tests kann dem Kapitel 5.3.1 des Bewertungsberichts MOE 15-0135-09 zum Einheitszertifikat der SH-Baureihe entnommen werden.

Die Parameter für die Wiederausaltung sind der jeweiligen Dokumentation des NA-Schutzes zu entnehmen.

Tabella 7-20: Evaluierung: Grenzwerte für Wiederausaltung

Grenzwerte für Wiederausaltung	
Kapitel TR 8	5.1.3.1
Bewertung	Erfüllt
Bemerkung	Bei der Verwendung eines abweichenden NA-Schutzes muss eine Prüfung bei Inbetriebnahme erfolgen, welche sicherstellt, dass die Anforderungen an die Wiederausaltungsgrenzwerte eingehalten werden.

7.3.2 Verhalten bei Wiedereinschaltung / Wirkleistungsgradient

Anforderungen

Der Nachweis ist durch eine Messung gemäß FGW TR3 /1/ Kap. 4.1.4 zu führen. Der Gradient der Wirkleistungssteigerung muss $\leq 10 \% P_N / \text{Min}$ betragen.

Durchgeführte Tests und vorgelegte Dokumente

Die Prüfung des Wirkleistungsgradienten nach Wiedereinschaltung wurde für die SH-500 durchgeführt. Der relevante Parameter wurden gemäß Testbericht während der Prüfung auf die Standardwerte gesetzt (Gradient 9,5 % P_N/Min)

Tabelle 7-21: Test: Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung

Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung	
Testlabor	Windtest grevenbroich gmbh
Testbericht	/8/ (SH-500)
Abschnitt	4.1.4
Getestete Softwareversion	SH 2.2
Test gem. Richtlinie	FGW TR3 Rev. 24 /1/

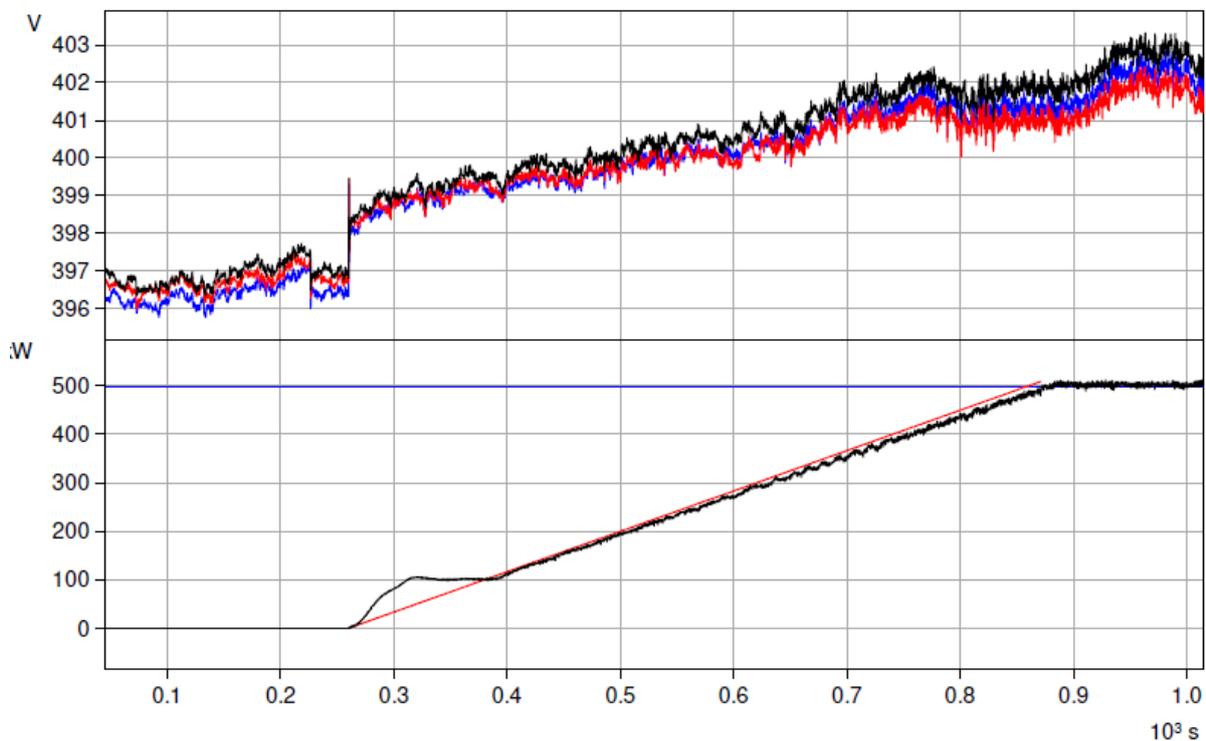


Abbildung 7-5: Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung, EZE SH-500 (Quelle: Testbericht /8/, Abb. 24)

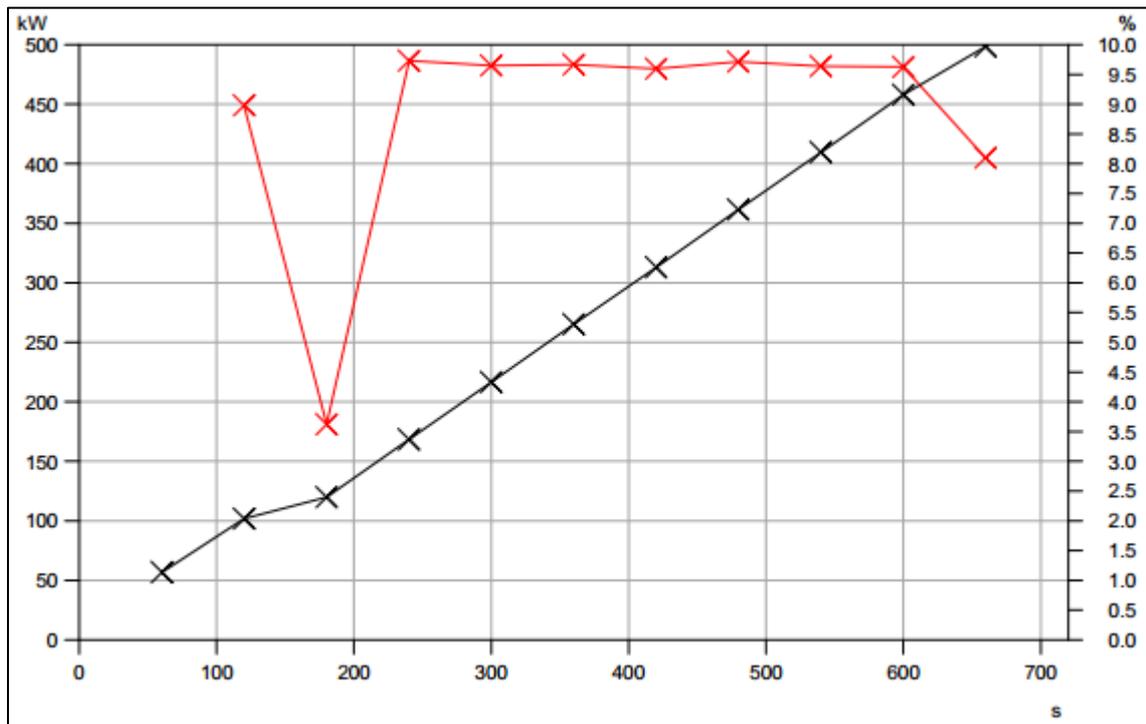


Abbildung 7-6 SH-500: Leistungsmittelwert bei Zuschaltung nach Spannungslosigkeit, 60 Sekunden Mittelwert der Wirkleistung schwarz und Wirkleistungsgradient rot dargestellt (Quelle Grafik: Testbericht /8/, Abb. 13.)

Abbildung 7-6 zeigt den Wirkleistungsgradienten sowie den Mittelwert der Wirkleistung.

Relevante Parameter für den Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung (unverändert zu SH-Baureihe)

Der Wirkleistungsgradient wird durch den Hersteller gemäß BDEW- Mittelspannungsrichtlinie und den TAB des EVUs fest eingestellt und ist durch den Betreiber oder EVU nicht programmierbar

Evaluierung

Der Wirkleistungsgradient wird nach der FGW TR 3 Rev. 24 /1/ für VKM als Differenz aus zwei gleitenden 60s-Mittelwerten berechnet. Diese Mittelwerte sind in Intervallen von 60 s zu ermitteln. In der Abbildung 7-5 ist der Sollverlauf sowie die Wirkleistung während der Messungen für die EZE SH-500 dargestellt. In Tabelle 7-22 wird der maximale der Wirkleistungsgradient nach der TR 3 Rev. 24 /8/ Gradient ausgewiesen.

Die VKM spezifische Bewertung des Gradienten um die Zuschaltung gem. TR 3 /1/ (Verschiebung des ersten Mittelungsintervalls nach Möglichkeit 2 auf frühestens -90s vor Zuschaltung um den Zeitpunkt der Zuschaltung). Diese Auswertung erfolgte grafisch. Es wurde keine Überschreitung des Gradienten vom Grenzwert (10 % P_N) ermittelt. Daher kann die Anforderung bestätigt werden.

Tabelle 7-22: Maximaler Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung

EZE	Wirkleistungsgradient (berechnet aus 200ms-Werte) [% P _N / min]
SH-500	9,73 gem. /8/

Tabelle 7-23: Evaluierung: Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung

Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung	
Kapitel TR 8	5.1.3.2
Bewertung	Erfüllt
Bemerkung	Bewertung erfolgte nach dem Kriterium für VKM gem. FGW TR 3 Rev. 24 /1/

7.4 Blindleistungsbereitstellung

7.4.1 Nachweis der Blindleistungswerte – Maximaler Blindleistungsbereich

In diesem Kapitel werden die Herstellerangaben zu dem Wirk- und Blindleistungsvermögen mit den gemessenen Werten verglichen und ausgewiesen.

Anforderungen

Der Nachweis erfolgt anhand von Messungen gemäß FGW TR3 /1/ Kapitel 4.2. Es sind für VKM die Blindleistungsgrenzen für die Wirkleistungsschritte 50 %, 60 %, 70 %, 80 %, 90 % und 100 % der Nennleistung zu vermessen. Weiterhin muss der Hersteller eine Erklärung über das Blindleistungsverhalten der EZE im Spannungsband (90 – 110 % U_N) einreichen. Dazu gehören auch Angaben zu den Grenzen bezüglich des Verschiebungsfaktors, des Scheinstroms, der Wirk- und Blindleistung. In diesem Kapitel werden die Herstellerangaben zu dem Wirk- und Blindleistungsvermögen mit den gemessenen Werten verglichen und ausgewiesen.

Eingereichte Unterlagen / Testergebnisse

Blindleistungsvermögen gemäß Herstellerangaben [1]

Der Hersteller der Erzeugungseinheit gibt an, dass der $\cos \phi$ einstellbar von 0,95 untererregt bis 0,95 übererregt ist. Dies entspricht den in Tabelle 7-24 angegebenen bezogenen Werte im Teillastbereich.

Tabelle 7-24: Blindleistungsvermögen des Typen SH-500 (wie SH-Baureihe)

Wirk- und Blindleistungsvermögen gemäß Herstellerangaben (vgl. auch Einheitszertifikat des SH-Baureihe)		
$Q_{\text{übererregt}} [\% P_n]$	$Q_{\text{untererregt}} [\% P_n]$	P [% P_n]
32,9	-32,9	100
29,6	-29,6	90
26,3	-26,3	80
23,0	-23,0	70
19,7	-19,7	60
16,4	-16,4	50

Anmerkung: Unterhalb der Wirkleistung von 50 % P_n erfolgt standardgemäß eine sofortige Netztrennung. Das Blindleistungsvermögen besteht gemäß Herstellerangabe im Spannungsband von 90 – 110 % U_N und entspricht einem Verschiebungsfaktor von 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt.

Der maximale Blindleistungsstellbereich wurde für die SH-500 messtechnisch aufgezeichnet. In Tabelle 7-27 werden die Ergebnisse dargestellt. Hierbei wurde ein maximaler $\cos(\varphi) = 0,95$ (über- und untererregt) sowie Arbeitspunkte bei unterschiedlicher Wirkleistung angefahren.

Tabelle 7-25: Test: Blindleistungsvermögen

Blindleistungsvermögen	
Testlabor	Windtest grevenbroich gmbh
Testbericht	/8/ (SH-500)
Abschnitt	4.2.3
Getestete Softwareversion	SH 2.2
Test gem. Richtlinie	FGW TR3 Rev. 24 /1/

Tabelle 7-26: Blindleistungsvermögen der VKM Typ SH-500 mit Liebherr Antriebsmotor

Wirk- und Blindleistungsvermögen gemäß Herstellerangaben (SH-Baureihe)			
$\cos(\varphi)$ _{untererregt}	$\cos(\varphi)$ _{übererregt}	Q/P _N [%] _{untererregt}	Q/P _N [%] _{übererregt}
0,95	0,95	32,9	32,9
<p><i>Anmerkung:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <i>Es wurden $\cos(\varphi)$-Sollwerte vermessen. Es ist das Vermögen bezogen auf die Nennwirkleistung der EZE von 500 kW angegeben. Dies entspricht bei Nennspannung und Nennleistung einen $\cos(\varphi)$ 0,95 untererregt bis 0,95 übererregt.</i> <i>Das messtechnisch nachgewiesene Vermögen wurde für einen Teilleistungsbetrieb zwischen 50% und 100% P_n durchgeführt.</i> <i>Das messtechnisch nachgewiesene Vermögen stellt das Vermögen bei Nennspannung dar.</i> 			
Blindleistungspriorisierte Einspeisung möglich?		Keine Information	

Vermessenes Blindleistungsvermögen

Tabelle 7-27: VKM Typ SH-500: Gemessenes Blindleistungsvermögen bei $\cos(\varphi)$ -Sollwertvorgabe 50 % bis 100 % von P_n

		Wirkleistung in % von P_n					
		50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
$\cos(\varphi)=1$ Vorgabe	Wirkleistung in kW	252,81	302,98	352,72	402,62	452,45	502,14
	Blindleistung in kvar	9,39	5,97	1,96	-0,91	-3,25	-5,93
	Verschiebungsfaktor	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Spannung in V	401,22	400,98	401,14	400,91	401,05	400,43

		Wirkleistung in % von P_n					
		50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
$\cos(\varphi)$ max. übererregt	Wirkleistung in kW	249,62	299,57	349,54	399,68	449,81	499,90
	Blindleistung in kvar	80,57	96,91	113,40	131,19	145,96	164,35
	Cos (φ)- Sollwert	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950
	Cos (φ)	0,949	0,950	0,950	0,949	0,951	0,949
	Cos (φ) - Abweichung	-0,001	0,000	0,000	-0,001	0,001	-0,001
	Spannung in V	238,14	238,79	239,48	239,77	239,91	240,78

		Wirkleistung in % von P_n					
		50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
$\cos(\varphi)$ max untererregt	Wirkleistung in kW	251,43	301,53	351,73	402,15	452,25	502,69
	Blindleistung in kvar	-79,36	-96,60	-112,45	-129,05	-144,76	-160,32
	Cos (φ)- Sollwert	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950	0,950
	Cos (φ)	0,952	0,951	0,951	0,951	0,951	0,952

		Wirkleistung in % von P_n					
		50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
	Cos (φ) - Abweichung	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002
	Spannung in V	233,82	233,72	233,30	232,54	232,23	232,10

Hinweis:

- 1) Die maximale Abweichung tritt bei 100 % P_n sowie 50 % P_n im untererregtem Betriebsfall auf und liegt bei 0,002. Somit liegt die Einstellgenauigkeit innerhalb der geforderten 0,005 Toleranz bei Nennleistung.

Die in den o. g. Tabellen dargestellten Messwerte sind für die EZE SH-500 in Abbildung 7-7 grafisch dargestellt.

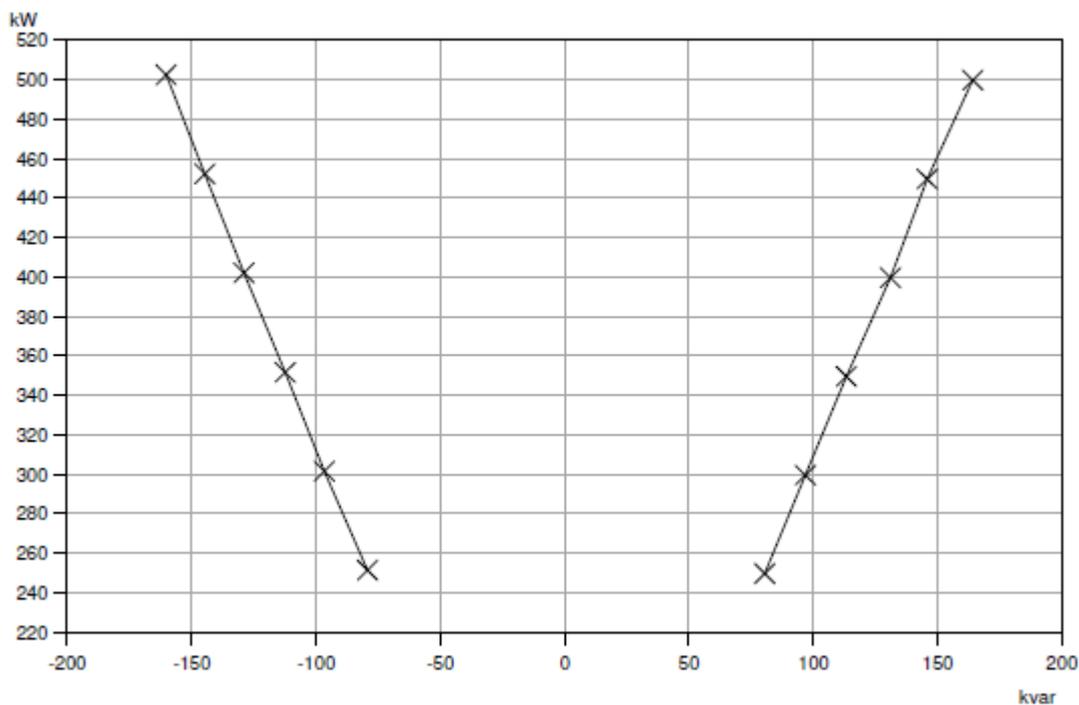


Abbildung 7-7: Blindleistungsbereich des SH-500, entnommen aus /8/ (Abb. 28)

Evaluierung Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung durch Sollwertvorgabe

Tabelle 7-28 enthält die verschiedenen Schnittstellen, Arten der Blindleistungsvorgabe und die vermessene Schnittstelle.

Tabelle 7-28: Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung

Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung	
Analoge Schnittstellen zur Blindleistungsvorgabe	Externe Sollwertvorgabe: 4 - 20 mA (= stufenlos $\cos \varphi$ 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt), die Auflösung beträgt 12bit
Digitale Schnittstellen zur Blindleistungsvorgabe	Optional: Sollwert über Kontakte
Arten der Blindleistungsvorgabe	$\cos \varphi$ und Q, $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie, $\cos \varphi$ (P) Kennlinie
Vermessene Schnittstelle und Blindleistungsvorgabe	Händische Eingabe von Sollwertänderungen des $\cos \varphi$ über die Tastatur des Displays oder des Programmiergerätes durch den Hersteller ¹⁾
Externe Ist-Wert-Erfassung möglich? (z.B. für eine Regelung auf den NAP)	Ja, aber nicht vermessen und bewertet. ²⁾

Hinweis:

- 1) Gemäß Einschätzung des Herstellers zur Genauigkeit der Schnittstellen liegen hier vernachlässigbare Abweichungen von 0,025 % vor.
- 2) Eine externe Ist-Wert-Erfassung ist generell möglich. Diese wird projektspezifisch in Abhängigkeit des EVUs umgesetzt.

Evaluierung

Der Hersteller verweist auf das Blindleistungsvermögen des Generators (SH-Baureihe). Es wird das messtechnisch nachgewiesene Vermögen ausgewiesen. Dies entspricht bei Nennspannung und Nennleistung einen $\cos(\varphi)$ 0,95 untererregt bis 0,95 übererregt.

Tabelle 7-29: Evaluierung: Blindleistungsvermögen

Blindleistungsbereitstellung		
Anforderung	Ergebnis	Evaluierung bzgl. der Richtlinienkonformität
Ein dauerhafter Betrieb von Erzeugungsanlagen muss im Spannungsbereich von 0,9 bis 1,1 U_c am Netzanschlusspunkt gemäß der 4ten Ergänzung zur BDEW /6/ gewährleistet sein. ($\cos(\varphi)$ 0,95 _{untererregt} bis 0,95 _{übererregt} Ausnahme bei 0,9 U_c : $\cos(\varphi)$ = 1; linear interpoliert bis 0,95 U_c : $\cos(\varphi)$ = 0,95 _{untererregt})	Nicht nachgewiesen, siehe Tabelle 7-27	Nicht richtlinienkonform
Gesamtergebnis bzgl. der Richtlinienkonformität		
Die Richtlinienkonformität ist nicht vollständig erfüllt.		

Blindleistungsbereitstellung
Auflagen
Es ist lediglich ein Blindleistungsbereich messtechnisch nachgewiesen. Eine Prüfung der Spannungsabhängigkeit des Blindleistungsvermögens muss projektspezifisch vorgenommen werden. Es wird in Kapitel 8 eine Auflage aufgenommen.

7.4.2 Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe (Genauigkeit)

In diesem Abschnitt werden die Einstellgenauigkeit der Sollwertvorgaben und deren Einstellzeit betrachtet.

Anforderung:

Der Nachweis erfolgt anhand einer Messung gemäß FGW TR 3 Kapitel 4.2.4. Die Toleranz für die sich einstellenden Werte beträgt bei Nennleistung $\pm 0,005$ für den $\cos(\varphi)$ und die $\cos \varphi$ (P)-Kennlinie sowie für den gesamten Leistungsbereich $\pm 5 \% P_n$ für einen Q-Sollwert oder eine Q(U)-Kennlinie.

Durchgeführte Tests und vorgelegte Dokumente

Der EZE wird durch Vorgabe einer $\cos(\varphi)$ – Sollwertvorgabe in der Steuerung der EZE auf eine konstante Blindleistungsbereitstellung/-bezug geregelt. Die Steuerung berechnet durch die $\cos(\varphi)$ – Sollwerteingabe einen Blindleistungssollwert. Dieser Blindleistungs-Sollwert ist Maßgabe für den Blindleistungsregler sowie den untergeordneten Spannungsregler.

Tabelle 7-30: Test: Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe

Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe	
Testlabor	Windtest grevenbroich gmbh
Testbericht	/8/ (SH-500)
Abschnitt	4.2.3
Getestete Softwareversion	SH 2.2
Test gem. Richtlinie	FGW TR3 Rev. 24 /1/

Für die Prüfung der Einstellgenauigkeit der Blindleistung wurde der Test bei 60 % P_n durchgeführt. Dabei wurde die Blindleistung auf die drei Stufen Q_0 , $+0,5 Q_{max}$ und $-0,5 Q_{max}$ eingestellt. Die Sollwerte sind in Tabelle 7-31 angegeben.

Die vermessene Schnittstelle ist in Tabelle 7-28 aufgeführt.

Tabelle 7-31: Ergebnisse Blindleistung nach Sollwertvorgabe bei 60 % P_n

BHKW Typ	Blindleistungsstufen	Sollwertvorgabe Blindleistung Q in kvar	Gemessene Blindleistung Q in kvar	Max. Abweichung der Blindleistung in % P_n	$\cos \varphi$ berechnet	Leistung In kW
SH-500	Q_0	0	2,5	0,50	0,997	300,86

	+0,5 Q _{max}	49,3	45,766	0,71	0,989	300,99
	-0,5 Q _{max}	-49,3	-48,599	0,14	-0,987	301,82

Hinweis:

Auf Basis des festgelegten Blindleistungs-Sollwerts wurde für die jeweilige Messung ein $\cos(\varphi)$ -Sollwert berechnet und der Steuerung vorgegeben. 0,5 Q_{max} entspricht hierbei ein $\cos \varphi$ -Sollwert von 0,987. Die Einstellgenauigkeit von $\pm 0,005$ für den $\cos(\varphi)$ wird ebenfalls eingehalten.

Tabelle 7-32: Ergebnisse Blindleistung nach Sollwertvorgabe bei 100 % P_n

BHKW Typ	Blindleistungsstufen	Sollwertvorgabe Blindleistung Q in kvar	Gemessene Blindleistung Q in kvar	Max. Abweichung der Blindleistung in % P _n	cos φ berechnet	Leistung (bei der die Abweichung auftritt)
SH-500	Q ₀	0	-9,63	1,93	1	502,73
	+0,5 Q _{max}	82,17	80,492	0,34	0,987	502,08
	-0,5 Q _{max}	-82,7	-78,217	0,90	-0,988	503,22

Hinweis:

Auf Basis des festgelegten Blindleistungs-Sollwerts wurde für die jeweilige Messung ein $\cos(\varphi)$ -Sollwert berechnet und der Steuerung vorgegeben. 0,5 Q_{max} entspricht hierbei ein $\cos \varphi$ -Sollwert von 0,987. Die Einstellgenauigkeit von $\pm 0,005$ für den $\cos(\varphi)$ wird ebenfalls eingehalten.

Relevante Schnittstellen für die Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe:

Die folgende Tabelle enthält die verschiedenen Schnittstellen, Arten der Blindleistungsvorgabe und die vermessene Schnittstelle.

Tabelle 7-33: Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung

Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung	
Analoge Schnittstellen zur Blindleistungsvorgabe	Externe Sollwertvorgabe: 4 - 20 mA (= stufenlos $\cos \phi$ 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt), die Auflösung beträgt 12bit
Digitale Schnittstellen zur Blindleistungsvorgabe	Optional: Sollwert über Kontakte
Arten der Blindleistungsvorgabe	$\cos \phi$ und Q, $\cos \phi$ (U)-Kennlinie, $\cos \phi$ (P) Kennlinie
Vermessene Schnittstelle und Blindleistungsvorgabe	Händische Eingabe von Sollwertänderungen des $\cos \phi$ über die Tastatur des Displays oder des Programmiergerätes durch den Hersteller ¹⁾
Externe Ist-Wert-Erfassung möglich? (z.B. für eine Regelung auf den NAP)	Ja, aber nicht vermessen und bewertet. ²⁾

Hinweis:

- 1) Gemäß Einschätzung des Herstellers zur Genauigkeit der Schnittstellen liegen hier vernachlässigbare Abweichungen von 0,025 % vor.
- 2) Eine externe Ist-Wert-Erfassung ist generell möglich. Diese wird projektspezifisch in Abhängigkeit des EVUs umgesetzt.

Evaluierung

Tabelle 7-34: Evaluierung: Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe

Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe		
Anforderung	Ergebnis	Evaluierung bzgl. der Richtlinienkonformität
Maximale Abweichungen der Blindleistung vom Sollwert bei Q-Sollwertvorgabe < 5 % P_n sowie bei Nennleistung $\pm 0,005$ für den $\cos(\varphi)$.	Erfüllt, siehe Tabelle 7-31	richtlinienkonform
Gesamtergebnis bzgl. der Richtlinienkonformität		
Die Richtlinienkonformität ist erfüllt. Hinweis: Die Sollwertvorgabe erfolgte mit $\cos(\varphi)$ -Sollwerten. Die intern geregelte Größe ist allerdings Q, weshalb die geforderte Einstellgenauigkeit hierfür herangezogen wurde.		
Auflagen		

7.4.3 Q-Übergangsfunktion - Einschwingzeiten

Anforderung:

Gemäß der FGW TR 8 Kapitel 3.1.5.2 erfolgt der Nachweis anhand einer Messung gemäß FGW TR 3 Rev.24 /1/ Kapitel 4.2.4. Die ermittelten Einschwingzeiten bis zum endgültigen Erreichen des Toleranzbandes von 5 % P_n (bei Q-Sollwertvorgabe) sind bei den Wirkleistungen von 100 % P_n und 50 % P_n auszuweisen. Sofern der Einstellwert der Zeit in der Steuerung der EZE einstellbar ist, sind Einstellwerte für die kürzest mögliche und für die längst mögliche Zeit (jedoch nicht länger als 60 s) zu überprüfen. In der Anlagenzertifizierung ist eine Einschwingzeit von kleiner als 60 Sekunden gefordert.

Eingereichte Unterlagen / Testergebnisse

Die Blindleistungsübergangsfunktion ist gemäß der FGW TR 3 Rev.24 /1/ Kapitel 4.2.4. vermessen worden. Die Messung wurde bei 60 % P_n und bei 100 % P_n durchgeführt.

Standard Dynamik

Folgende Blindleistungswerte wurden durch ein Sollwertsignal, beschrieben in Tabelle 7-28 vorgegeben:

Tabelle 7-35: Sollwerte Q-Übergangsfunktion – Standard Dynamik

Schritt	Sollwertvorgabe	
	VKM SH-500	
	Test bei 60 % P_N	Test bei 100 % P_N
Q = 0	0 kvar	
Max. Übererregt	98,61 kvar	164,34 kvar
max. Untererregt	-98,61 kvar	-164,34 kvar
Q = 0	0 kvar	

Hinweis:

Auf Basis des $\cos(\varphi)$ -Sollwerts 0,95 wurden für die beiden Tests Blindleistungs-Sollwerts ermittelt und in die Steuerung eingegeben. 60% P_n entsprechen einen Sollwert von 300 kW.

Im Folgenden sind die Ergebnisse des SH-500 mit Liebherr Generator dargestellt:

Übergangsfunktion:

VKM SH-500, Sollwertsprung bei 60 % P_n von Q_0 auf Q_{max} - Standard Dynamik

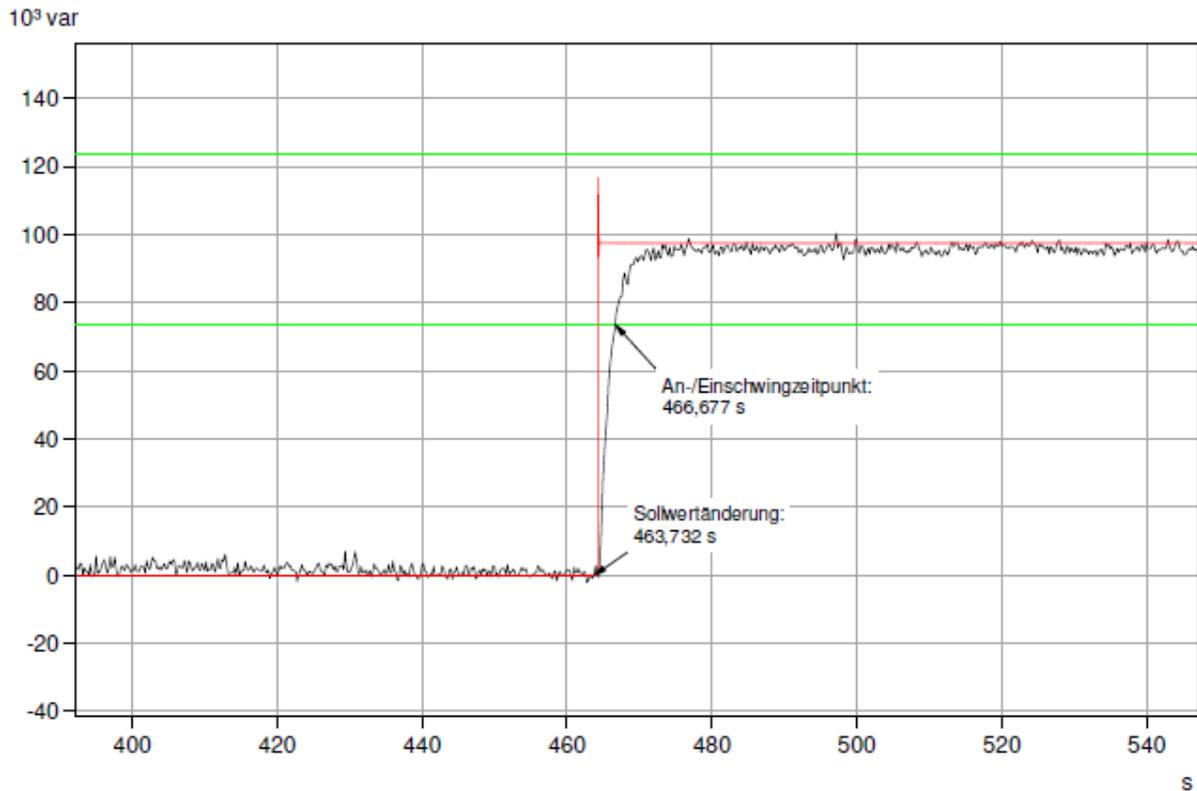


Abbildung 7-8: VKM SH-500: Gemessener Q-Übergangsfunktion bei 60 % P_n ; Sollwertsprung von Q_0 auf Q_{max} ; Blindleistung (schwarz), Sollwert (rot), Toleranzband (grün) – Standard Dynamik (Grafik entnommen aus /8/)

Übergangsfunktion:

VKM SH-500, Sollwertsprung bei 60 % P_n von Q_{max} auf $-Q_{max}$ – Standard Dynamik

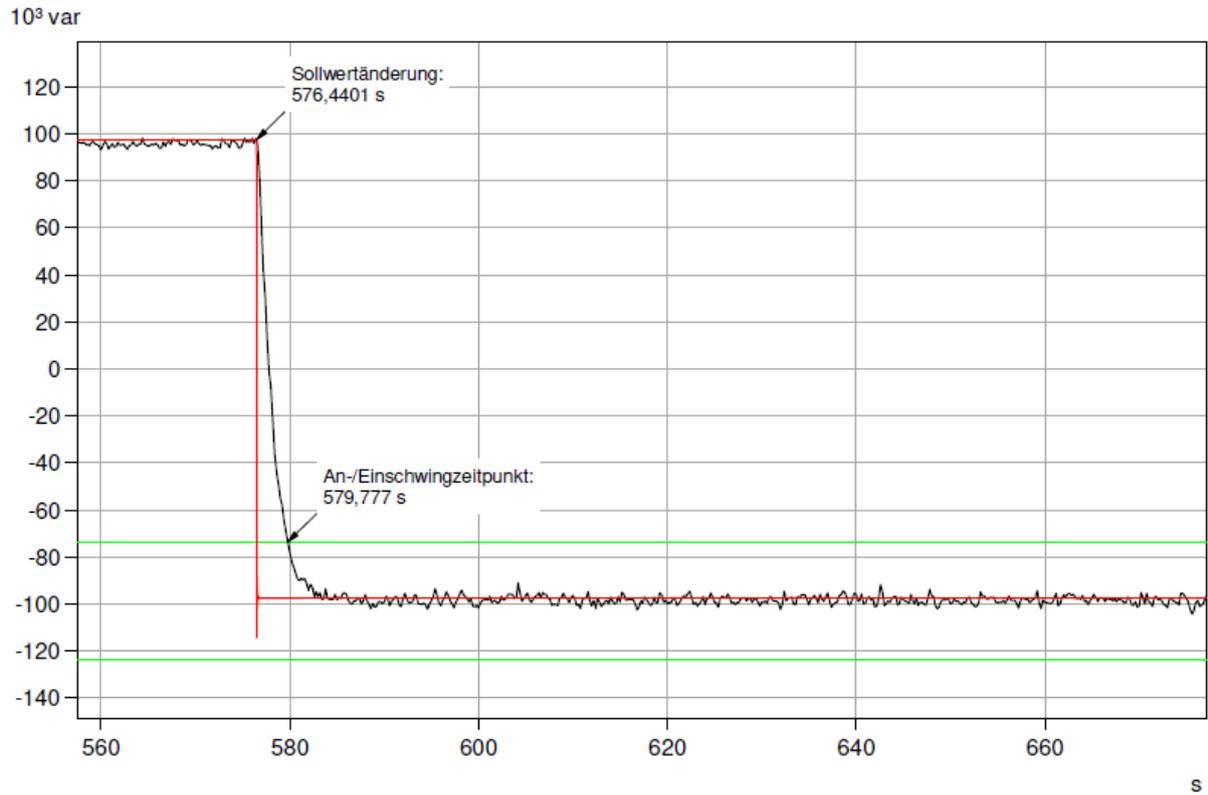


Abbildung 7-9: VKM SH-500: Gemessener Q-Übergangsfunktion bei 60 % P_n ; Sollwertsprung von Q_{max} auf $-Q_{max}$; Blindleistung (schwarz), Sollwert (rot), Toleranzband (grün) – Standard Dynamik (Grafik entnommen aus /8/)

Übergangsfunktion:

VKM SH-500, Sollwertsprung bei 60 % P_n von -Q_{max} auf Q₀ – Standard Dynamik

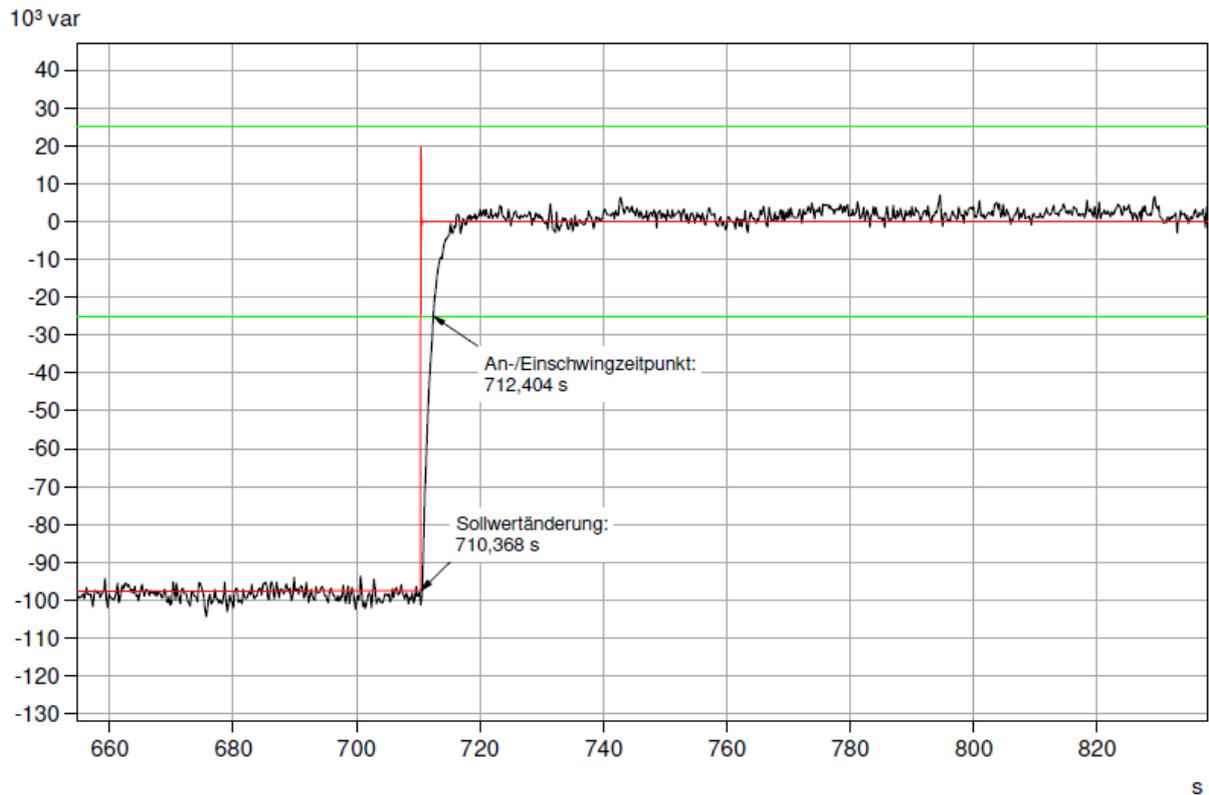


Abbildung 7-10: VKM SH-500: Gemessener Q-Übergangsfunktion bei 60 % P_n; Sollwertsprung von -Q_{max} auf Q = 0; Blindleistung (schwarz), Sollwert (rot), Toleranzband (grün) – Standard Dynamik (Grafik entnommen aus /8/)

Tabelle 7-36: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 60 % P_n – Standard Dynamik

Stufen	Einschwingzeit
Q = 0 → Q _{max} , übererregt	2,95
Q _{max} , übererregt → Q _{max} , untererregt	3,34 s
Q _{max} , untererregt → Q = 0	2,04 s

Die maximale Einschwingzeit beträgt 3,34 Sekunden und tritt beim Sprung von Q_{max} übererregt auf Q_{max} untererregt auf.

VKM SH-500, Sollwertsprung bei 100 % P_n von Q₀ auf Q_{max} - Standard Dynamik

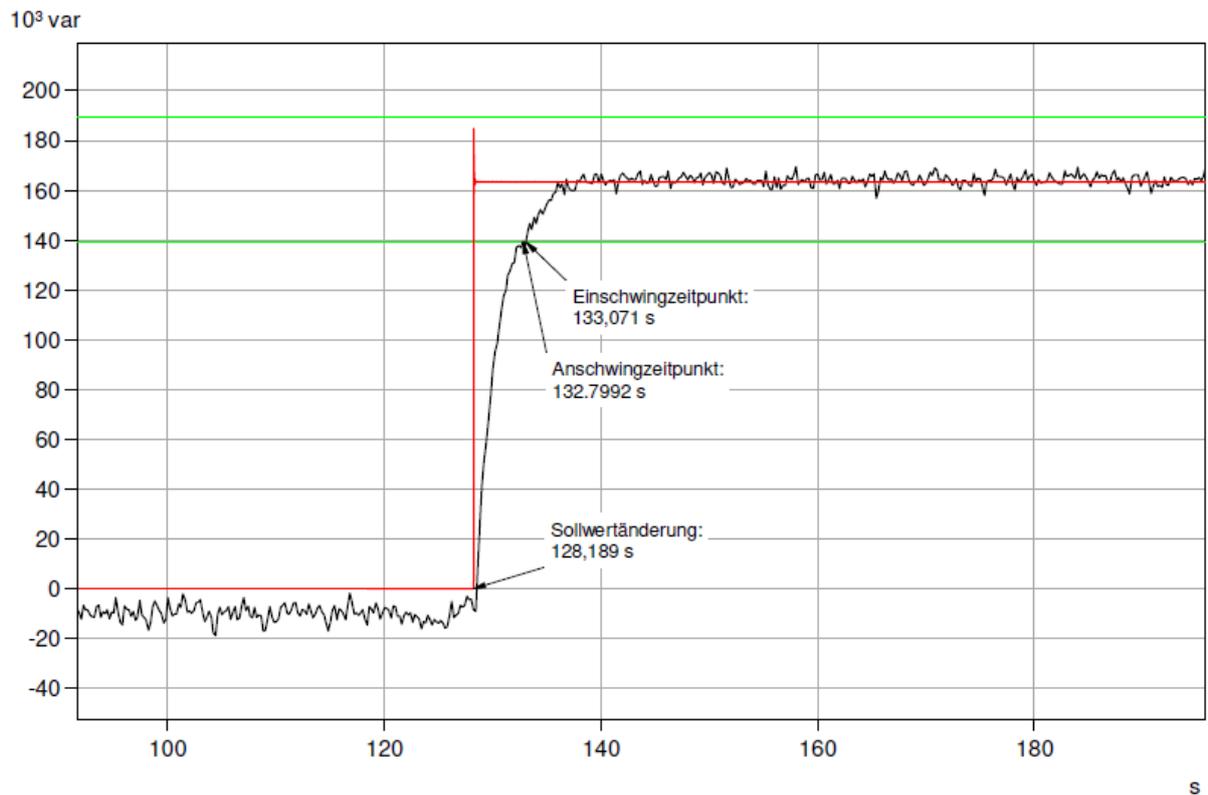


Abbildung 7-11: VKM SH-500: Gemessener Q-Übergangsfunktion bei 100 % P_n; Sollwertsprung von Q₀ auf Q_{max}; Blindleistung (schwarz), Sollwert (rot), Toleranzband (grün) – Standard Dynamik (Grafik entnommen aus /8/)

Übergangsfunktion:

VKM SH-500, Sollwertsprung bei 100 % P_n von Q_{max} auf $-Q_{max}$ – Standard Dynamik

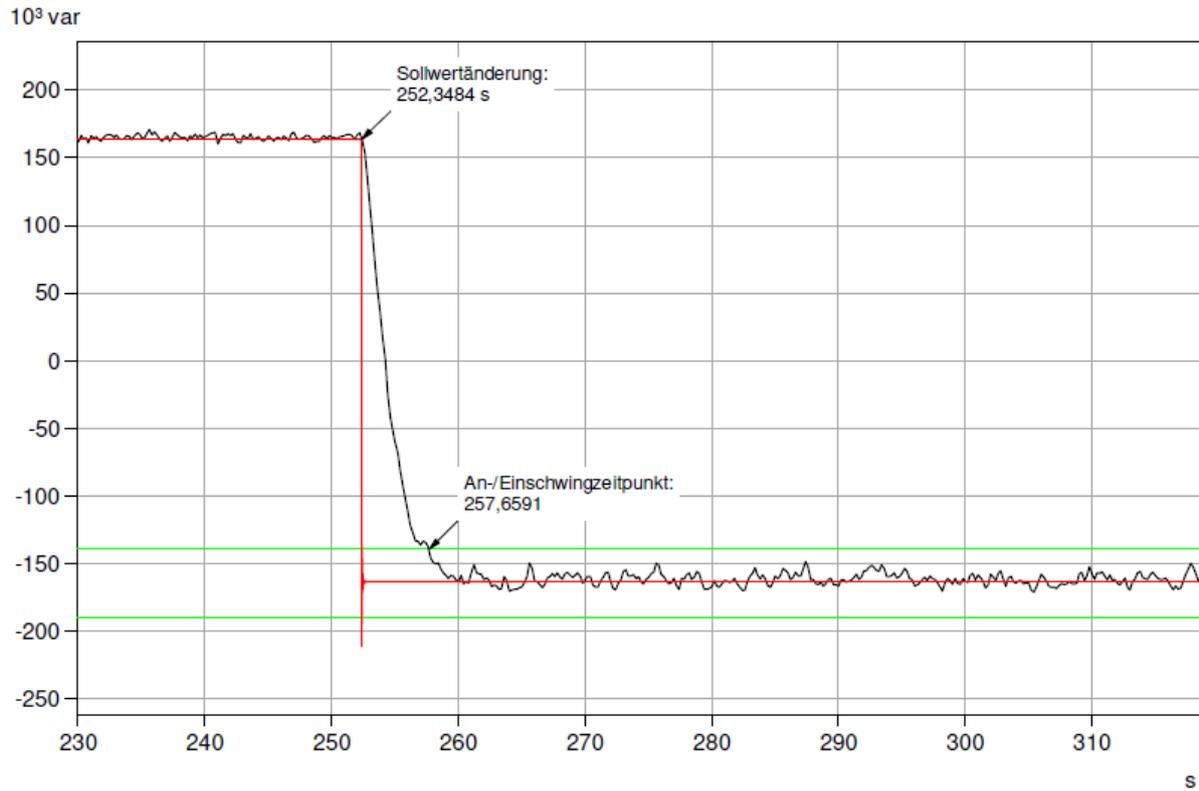


Abbildung 7-12: VKM SH-500: Gemessener Q-Übergangsfunktion bei 100 % P_n ; Sollwertsprung von Q_{max} auf $-Q_{max}$; Blindleistung (schwarz), Sollwert (rot), Toleranzband (grün) – Standard Dynamik (Grafik entnommen aus /8/)

Übergangsfunktion:

VKM SH-500, Sollwertsprung bei 100 % P_n von -Q_{max} auf Q₀ – Standard Dynamik

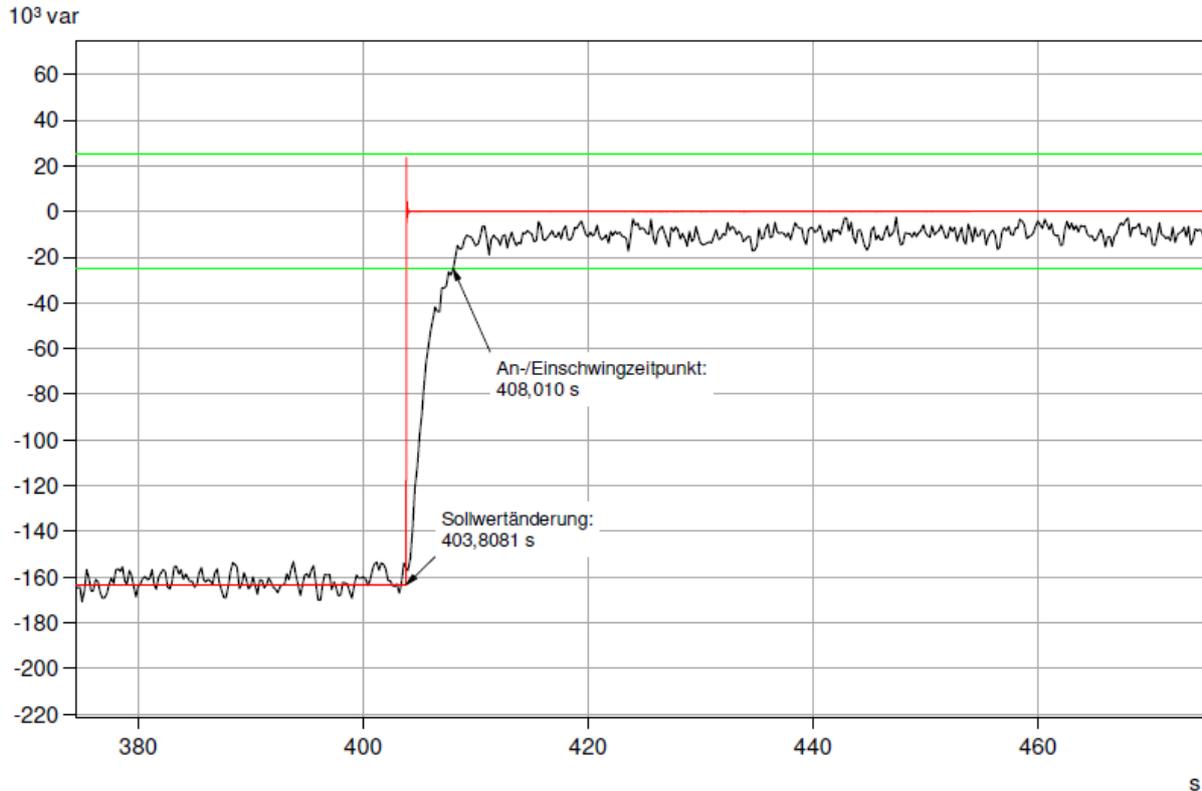


Abbildung 7-13: VKM SH-500: Gemessener Q-Übergangsfunktion bei 100 % P_n; Sollwertsprung von -Q_{max} auf Q = 0; Blindleistung (schwarz), Sollwert (rot), Toleranzband (grün) – Standard Dynamik (Grafik entnommen aus /8/)

Tabelle 7-37: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 100 % P_n – Standard Dynamik

Stufen	Einschwingzeit
Q = 0 → Q _{max} , übererregt	4,88 s
Q _{max} , übererregt → Q _{max} , untererregt	5,31 s
Q _{max} , untererregt → Q = 0	4,20 s

Die maximale Einschwingzeit beträgt 5,31 Sekunden und tritt beim Sprung von Q_{max} übererregt auf Q_{max} untererregt auf.

Evaluierung

Aus den Grafiken (Abbildung 7-8 bis Abbildung 7-13) geht hervor, dass der Istwert unverzüglich mit der Sollwertänderung reagiert. Bei der standardgemäßen Einstelldynamik tritt die maximale Einschwingzeit von 5,34 Sekunden bei 100 % der Nennleistung beim Sprung von Q_{max} übererregt auf Q_{max} untererregt auf.

Tabelle 7-38: Evaluierung: Q-Übergangsfunktion

Q-Übergangsfunktion		
Anforderung	Ergebnis	Evaluierung bzgl. der Richtlinienkonformität
Die Einschwingzeiten müssen kleiner als 60 Sekunden sein.	Erfüllt, siehe Tabelle 7-36	richtlinienkonform
Gesamtergebnis bzgl. der Richtlinienkonformität		
Die Richtlinienkonformität ist erfüllt. Prinzipiell kann mit dieser Zeit die Umsetzung in Zusammenhang mit einem vorgelagerten Parkregler innerhalb von einer Minute gewährleistet werden.		
Auflagen		

7.4.4 Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung ($\cos \phi$ (U)-Kennlinie)

Anforderung:

Gemäß FGW TR8 Rev. 7 erfolgt der Nachweis der Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung (Q(U)-Kennlinie) bei VKM gemäß der FGW TR 3 Kapitel 4.2.5 anhand einer Messung bei der kürzesten Einstellzeit sowie bei einer Einstellzeit von 60 s bei einer Wirkleistung $\geq 50 \% P_N$. Die jeweiligen Kennlinienparameter sind auszuweisen.

Eingereichte Unterlagen / Testergebnisse

Gemäß Testbericht ist die Einstelldynamik der Blindleistungsregelung durch den Hersteller parametrierbar und wird projektspezifisch an die Anlage bzw. das Umfeld der EZE angepasst. Es wurden zwei unterschiedliche Einstellwerte der Einstelldynamik (kürzest mögliche und 50 s Einstellzeit) überprüft (vgl. /8/).

In Abbildung 7-14 wird die simulierte Netzspannung (nach FGW TR 3), die gemessene Blindleistung des Mitsystems als 200 ms Mittelwert und der Leistungsfaktor über 200 ms gemittelt dargestellt. Es wurden zwei Tests durchgeführt. Bei dem ersten Test wurde die kürzest mögliche Einstellzeit parametriert und vermessen. Bei einem weiteren Test wurde als Einstellzeit 60 Sekunden parametriert und vermessen.

Test nach FGW TR 3 Rev. 24

Die Q(U)-Kennlinie ist gemäß Testbericht wie folgt in der Steuerung parametriert:

Tabelle 7-39:Q(U)-Kennlinie

U:	0,96 Un	Un	1,04 Un
$\cos(\phi)_{\text{soll}}$	0,95 übererregt	1,00	0,95 untererregt
$Q_{\text{soll}}^{1)}$	164,34 kvar	0 kvar	-164,34 kvar

Hinweis:

1) Bezogen auf den gemäß Testbericht angegebenen $P = 500 \text{ kW}$ ($100 \% P_N$)

Die folgenden Punkte der Kennlinie werden überprüft:

Tabelle 7-40: Q(U)-Regelungstest

Schritt	1	2	3	4
Netzspannung in p.u. (Sollwertvorgabe)	1,00	0,96	1,04	1,00
$Q(U)_{\text{soll}}$ in kvar	0	164,34	-164,34	0
Gemessene Blindleistung Q in kvar (kürzest mögliche Einstellzeit)	-8,33	163,06	-162,37	n.a
Gemessene Blindleistung Q in kvar (60 Sekunden Einstellzeit)	-10,53	164,97	-162,73	n.a

Hinweis:

- 1) Der eingestellte Q(U)Sollwert wurde jeweils erreicht. Die gemessene Blindleistung Q wurde jeweils zum Zeitpunkt der Sollwertänderung aus den Tabellen des Testberichts entnommen.

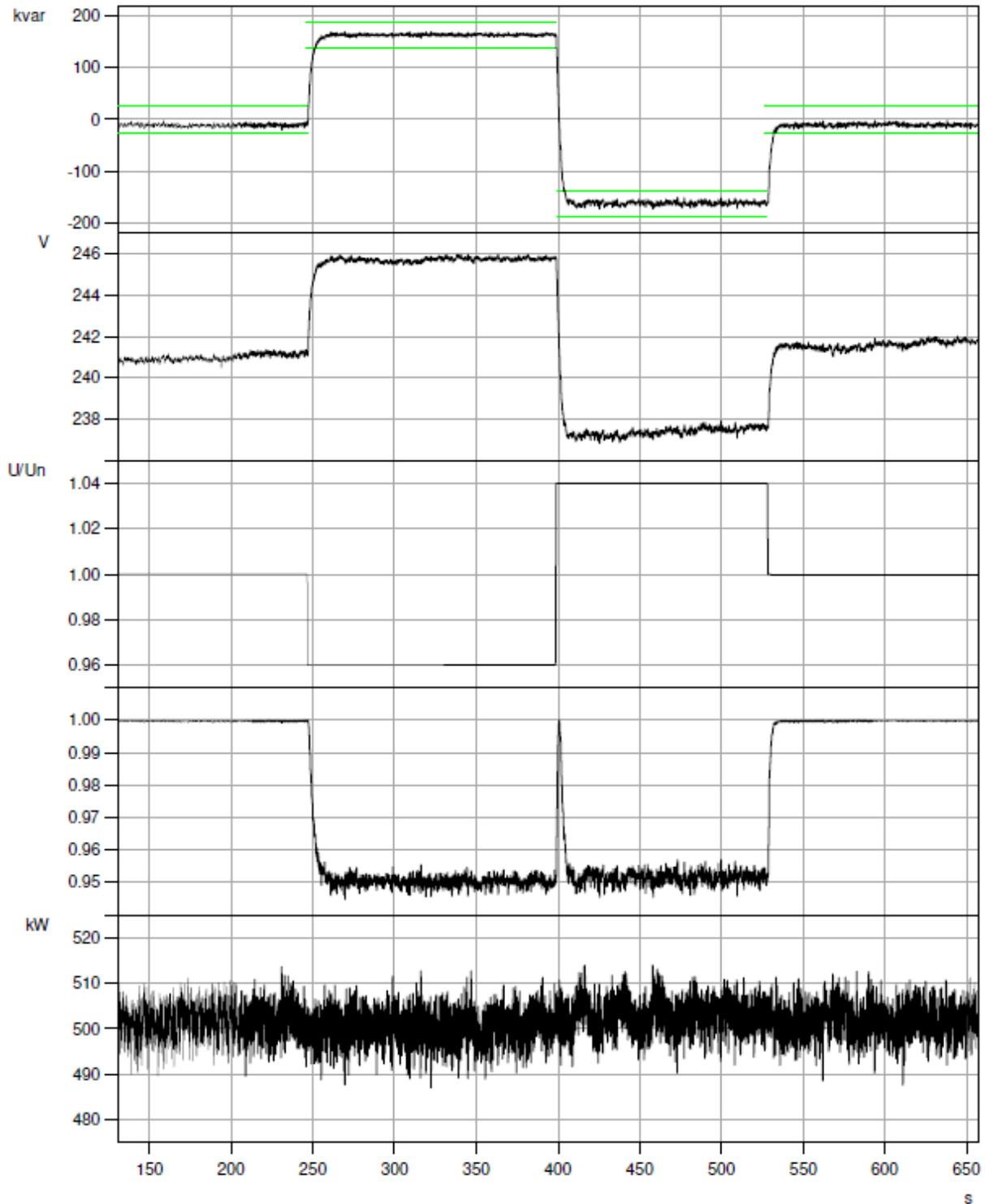


Abbildung 7-14: VKM SH-500: Gesamtverlauf Q(U)-Messung mit kürzest möglicher Einstellzeit; Oben: Blindleistung im Mitsystem inkl. Toleranzband; Mitte oben: Spannung im Mitsystem; Mitte: Spannungs-Sollwertsignal; Mitte unten: Leistungsfaktor; Unten: Wirkleistung im Mitsystem.

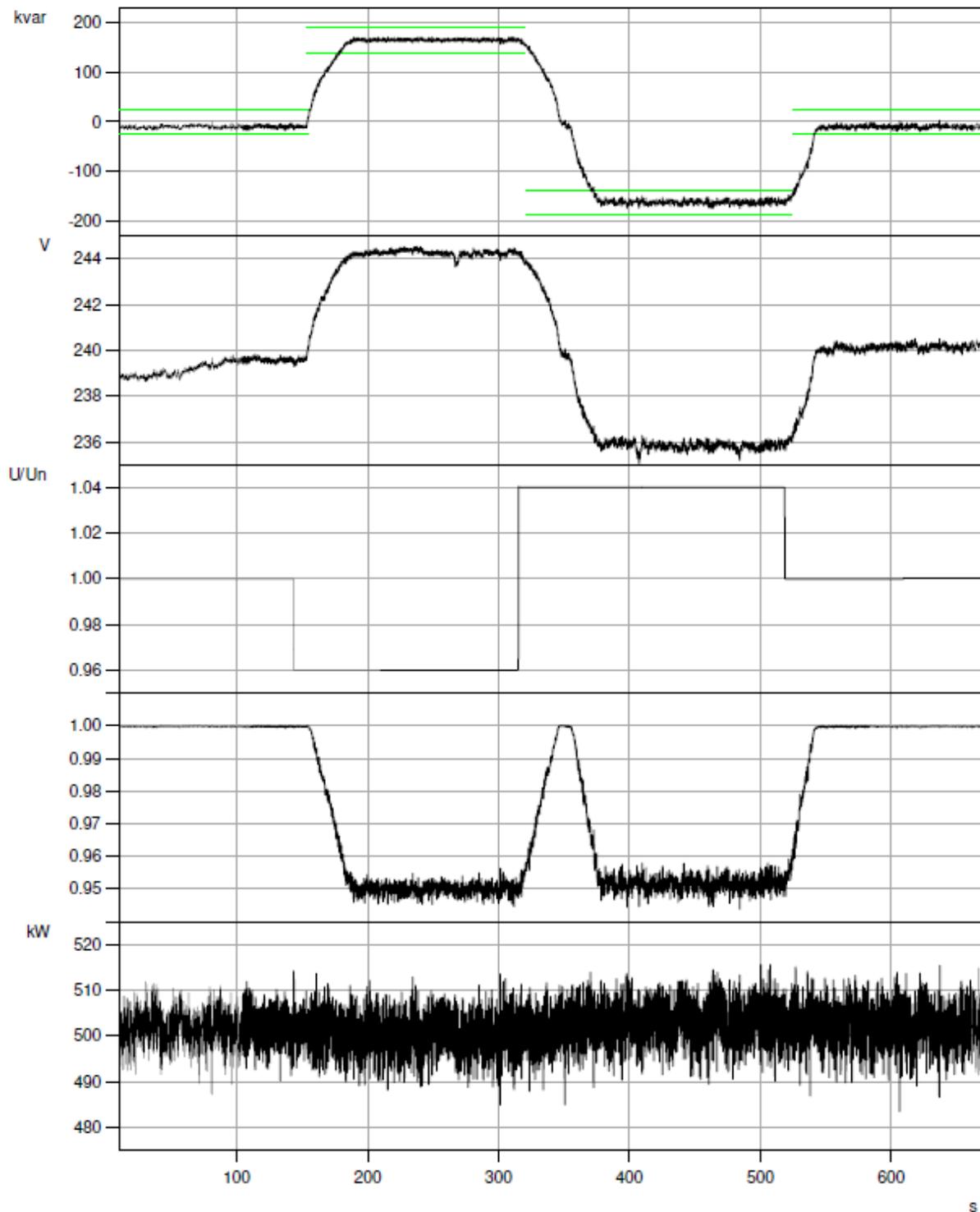


Abbildung 7-15: VKM SH-500: Gesamtverlauf Q(U)-Messung mit einer Einstellzeit von 60 s; Oben: Blindleistung im Mitsystem inkl. Toleranzband; Mitte oben: Spannung im Mitsystem; Mitte: Spannungs-Sollwertsignal; Mitte unten: Leistungsfaktor; Unten: Wirkleistung im Mitsystem.

Sprung 1 (Sollwertvorgabesignal: 1,00 U_n auf 0,96 U_n)

Kürzest mögliche Einstellzeit

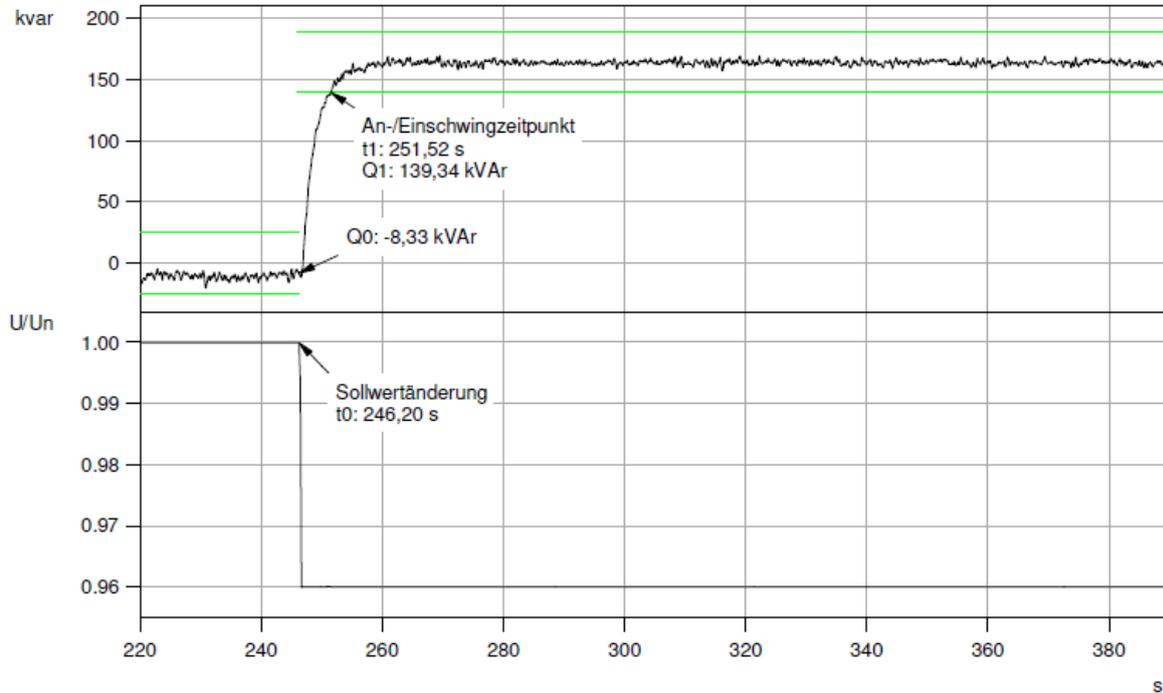


Abbildung 7-16: VKM SH-500: Q(U)-Test; Einschwingzeit und Steigung der Blindleistung; Oben: Blindleistung (schwarz), Toleranzband (grün); Unten: Spannungs – Sollwertvorgabe, kürzest mögliche Einstellzeit

Einstellzeit von 60 s (bzw. 50 s im Sollwertgeber)

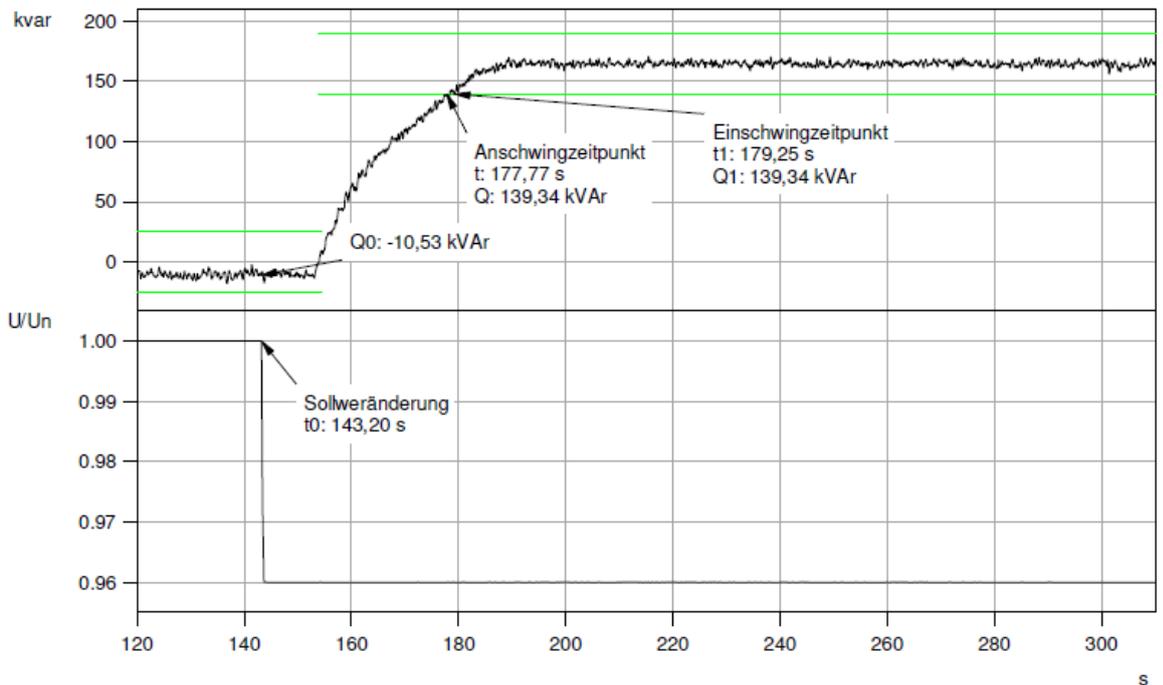


Abbildung 7-17: VKM SH-500: Q(U)-Test; Einschwingzeit und Steigung der Blindleistung; Oben: Blindleistung (schwarz), Toleranzband (grün); Unten: Spannungs – Sollwertvorgabe, Einstellzeit von 60 s

Sprung 2 (Sollwertvorgabesignal: 0,96 U_n auf 1,04 U_n)

Kürzest mögliche Einstellzeit

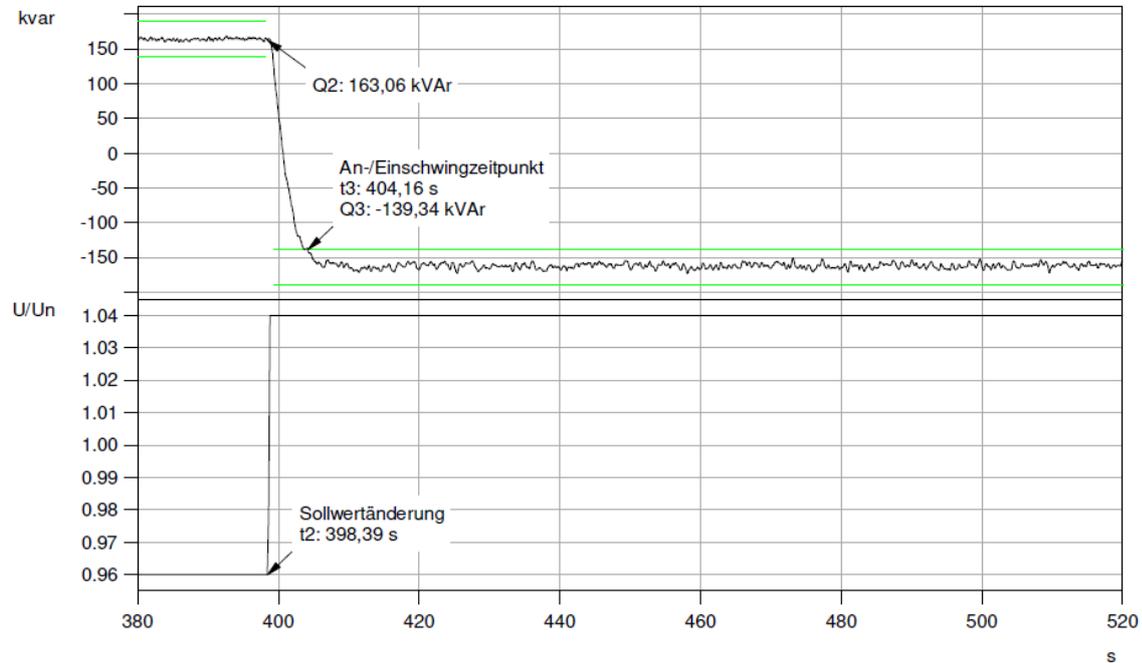


Abbildung 7-18: VKM SH-500: Q(U)-Test; Einschwingzeit und Steigung der Blindleistung; Oben: Blindleistung (schwarz), Toleranzband (grün); Unten: Spannungs – Sollwertvorgabe, kürzest mögliche Einstellzeit

Einstellzeit von 60 s

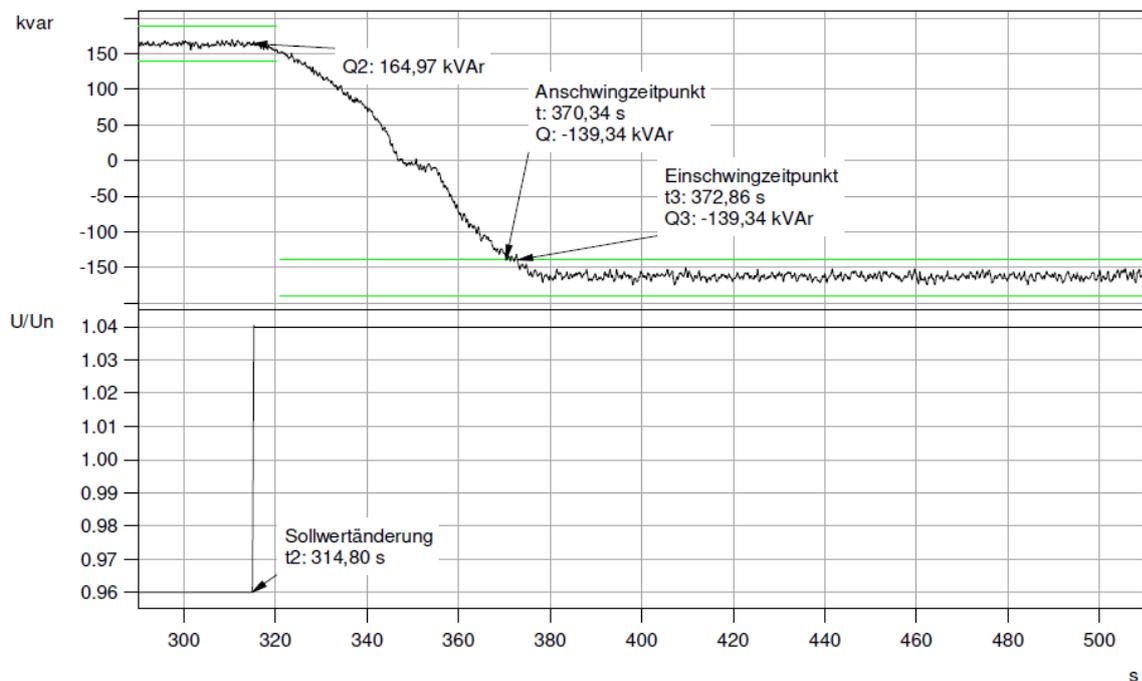


Abbildung 7-19: VKM SH-500: Q(U)-Test; Einschwingzeit und Steigung der Blindleistung; Oben: Blindleistung (schwarz), Toleranzband (grün); Unten: Spannungs – Sollwertvorgabe, Einstellzeit von 60 s

Sprung 3 (Sollwertvorgabesignal: 1,04 U_n auf 1,00 U_n)

Kürzest mögliche Einstellzeit

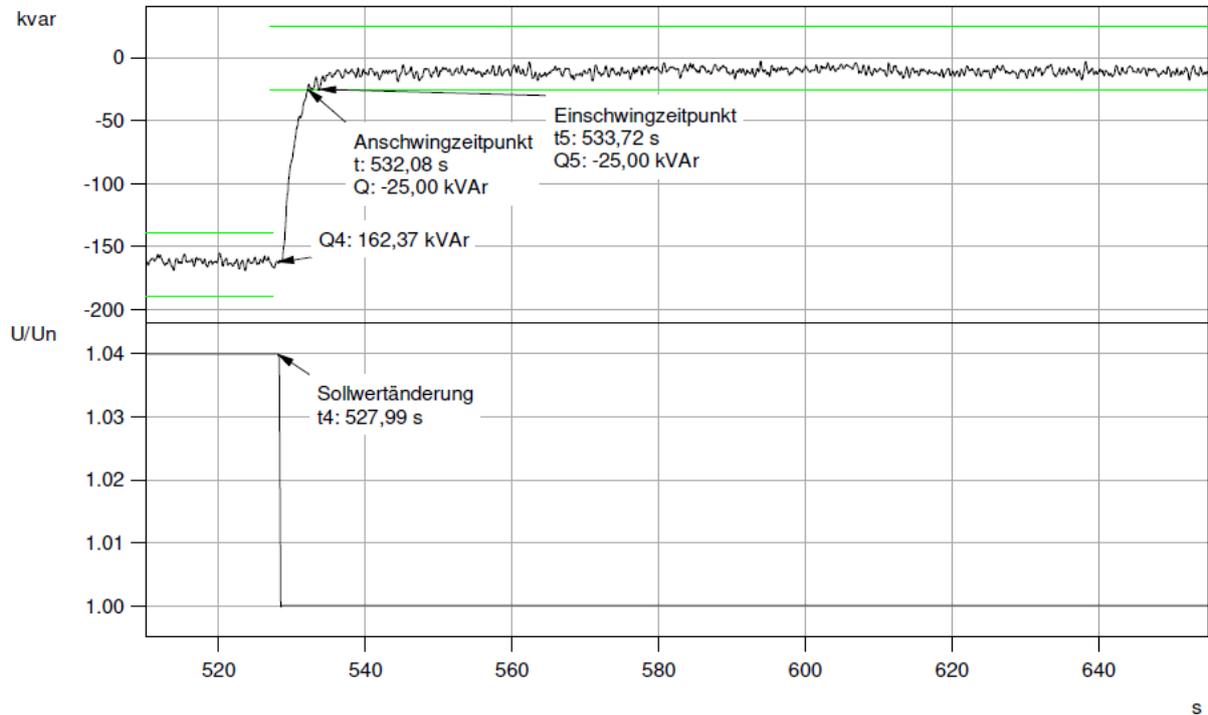


Abbildung 7-20: VKM SH-500: Q(U)-Test; Einschwingzeit und Steigung der Blindleistung; Oben: Blindleistung (schwarz), Toleranzband (grün); Unten: Spannungs – Sollwertvorgabe, kürzest mögliche Einstellzeit

Einstellzeit von 60 s

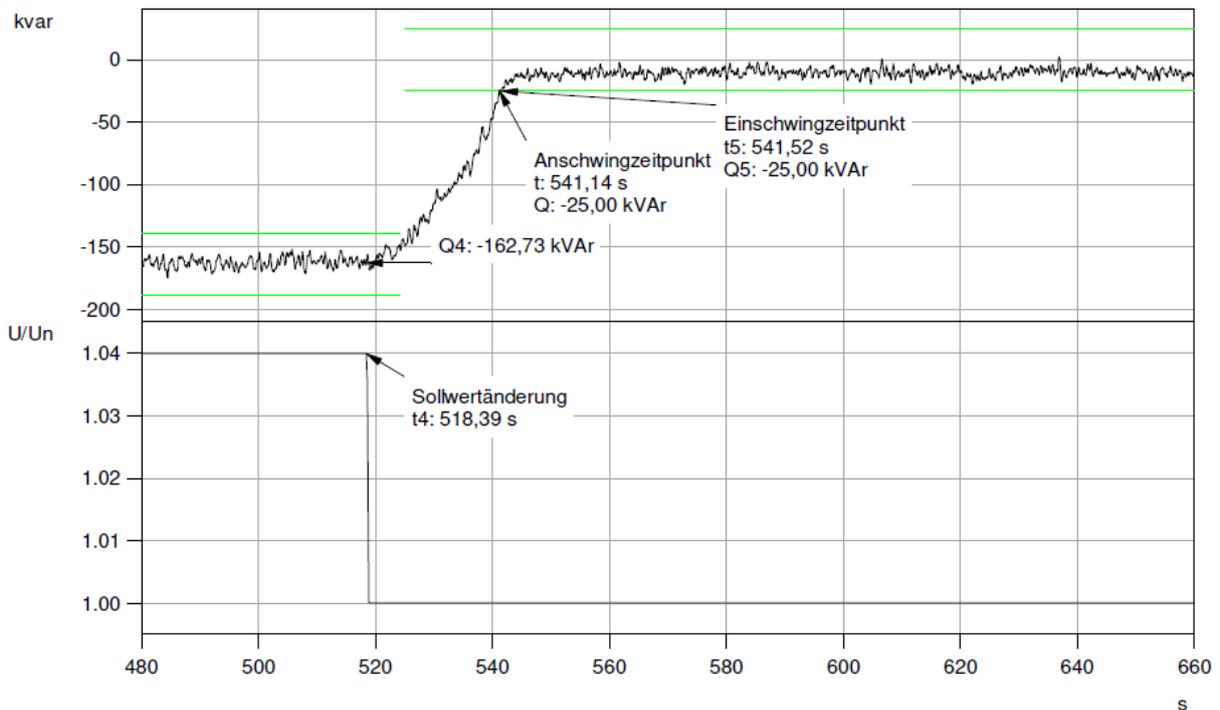


Abbildung 7-21: VKM SH-500: Q(U)-Test; Einschwingzeit und Steigung der Blindleistung; Oben: Blindleistung (schwarz), Toleranzband (grün); Unten: Spannungs – Sollwertvorgabe, Einstellzeit von 60 s

Die maximalen Einschwingzeiten sind in der Tabelle 7-41 dargestellt:

Tabelle 7-41: Maximale Einschwingzeiten der Übergänge bei Q(U) Regelung

EZE Typ	Sprung	Einstellzeit	maximale Einschwingzeit
VKM SH-500	Sprung 1	Kürzest mögliche Einstellzeit	5,32 s
		60 s	36,05 s
	Sprung 2	Kürzest mögliche Einstellzeit	5,77 s
		60 s	58,06 s
	Sprung 3	Kürzest mögliche Einstellzeit	5,73 s
		60 s	23,13

Hinweis:

- 1) Sprung 2 mit einer Blindleistungsdifferenz ΔQ von ca. 328,68 kVAr stellt hier den größten Blindleistungssprung dar.

Evaluierung

Tabelle 7-42: Evaluierung: Q(U)-Regelung

Q(U)-Regelung		
Anforderung	Ergebnis	Evaluierung bzgl. der Richtlinienkonformität
Die Einschwingzeiten müssen kleiner als 60 Sekunden sein.	Erfüllt, siehe Tabelle 7-41	richtlinienkonform
Gesamtergebnis bzgl. der Richtlinienkonformität		
richtlinienkonform		
Auflagen		
keine		

Relevante Parameter für die $\cos \varphi_{(U)}$ -Kennlinie (unverändert zu SH-Baureihe)

Tabelle 7-43: Parameter für die $\cos \varphi_{(U)}$ -Kennlinie

Einstellbereich ¹⁾		Schrittweite	Spannungsbereich
Untere Grenze	0,9 untererregt bis 1	0,001	90,00 – 110,00 % U_n Schrittweite 0,01 %
Oberer Grenze	0,8 übererregt bis 1	0,001	

Hinweis:

Der Einstellbereich ist standardgemäß 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt (default). Die 4 Stützwerte werden durch den Hersteller gemäß BDEW-Richtlinie und aktueller TAB des EVUs fest eingestellt und sind durch den Betreiber oder EVU nicht parametrierbar.

7.5 Netzurückwirkungen

Anforderungen

Gemäß FGW TR 8 /2/ Kapitel 3.1.6 müssen die nach der Richtlinie FGW-TR 3 /1/ ermittelten Kenngrößen der Netzurückwirkungen (Schaltvorgänge, Flicker und Oberschwingungen) der Zertifizierungsstelle als vollständiger Prüfbericht unter Angabe der Nennspannung und des Nennstroms der EZE zur Verfügung gestellt werden.

Der gemäß FGW TR3 Rev. 24 /1/ Anhang B festgelegte Auszug aus dem Prüfbericht ist dem Zertifikat beizulegen. Die Netzurückwirkungen sind gemäß Prüfinstitut auf die Werte in Tabelle 7-44 bezogen (siehe /8/).

Tabelle 7-44: Nenndaten der SH-500 mit Liebherr Antriebsmaschine

Nennwirkleistung	500 kW	Nennstrom	721,7 A
Nennfrequenz	50 Hz	Nennspannung	400 V (Leiter-Leiter-Spg.)

Eingereichte Unterlagen / Testergebnisse

Alle Netzurückwirkungstests (Schalthandlungen, Flicker im Dauerbetrieb und Oberschwingungen) wurden richtlinienkonform gemäß der FGW TR3 Rev. 24 durchgeführt. Die Messungen erfolgten an der Niederspannungsklemme (LV) des Blockheizkraftwerkes. Die Ergebnisse sind in den folgenden Unterkapiteln aufgeführt.

7.5.1 Flicker im Dauerbetrieb

Die in Tabelle 7-45 dargestellten Ergebnisse sind während des laufenden Betriebs des Blockheizkraftwerkes am Netz gemessen worden.

Tabelle 7-45: Flicker im Dauerbetrieb $c(\psi_K)$

BHKW-Typ	Netzimpedanzwinkel Ψ_K	30°	50°	70°	85°
SH-500	$c(\psi_K)$	15,560	12,493	8,057	4,333

Anmerkung:

Die Flickerwerte wurden gemäß Testbericht /8/ über alle Phasen gemittelt. Die Flickerbeiwerte sind erhöht für die Vermessung an der EZE. Die genaue Ursache hierfür kann lediglich durch eine nachträgliche Messung eindeutig ermittelt werden.

Evaluierung und Übertragung

Tabelle 7-46: Evaluierung: Flicker im Dauerbetrieb $c(\psi_K)$

Flicker im Dauerbetrieb $c(\psi_K)$		
Anforderung	Ergebnis	Evaluierung bzgl. der Richtlinienkonformität
Gemäß FGW TR 8 /2/ müssen die Netzurückwirkungen nur ausgewiesen werden.	Siehe Tabelle 7-45	richtlinienkonform

Flicker im Dauerbetrieb $c(\psi_K)$
Gesamtergebnis bzgl. der Richtlinienkonformität
Die Richtlinienkonformität ist erfüllt.
Auflagen

7.5.2 Flicker und Spannungsänderungen bei Schalthandlungen

Anforderung:

Gemäß FGW TR 8 Rev. 7 /2/ Kapitel 3.1.6 müssen die nach der Richtlinie FGW-TR 3 /1/ ermittelten Ergebnisse dargestellt werden. Zusätzlich muss der eingestellte Wirkleistungsgradient angegeben werden.

Eingereichte Unterlagen / Testergebnisse

Table 7-47: VKM SH-500: Einschalten bei Nennleistung

SH-500	Einschalten bei Nennleistung			
N_{10}	2			
N_{120}	5			
Netzimpedanzwinkel	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor $k_f(\psi_K)$	0,667	0,532	0,340	0,184
Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_K)$	0,890	0,650	0,346	0,086

Table 7-48: VKM SH-500: Serviceabschaltung bei Nennleistung

SH-500	Serviceabschaltung bei Nennleistung			
N_{10}	2			
N_{120}	5			
Netzimpedanzwinkel	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor $k_f(\psi_K)$	0,644	0,514	0,329	0,177
Spannungsänderungsfaktor $k_u(\psi_K)$	0,874	0,644	0,345	0,096

Tabelle 7-49: Maximaler Schaltstromfaktor k_{imax}

BHKW Typ	Maximaler Schaltstromfaktor k_{imax}
VKM SH-500	1,107

Die Netzurückwirkungen wurden bei einem Wirkleistungsgradienten von 2 kW / s vermessen (unverändert zur SH-Baureihe)

Evaluierung und Übertragung

Tabelle 7-50: Evaluierung: Flicker und Spannungsänderungen bei Schalthandlungen

Flicker und Spannungsänderungen bei Schalthandlungen		
Anforderung	Ergebnis	Evaluierung bzgl. der Richtlinienkonformität
Gemäß FGW TR 8 /2/ müssen die Netzurückwirkungen nur ausgewiesen werden. Außerdem muss der Wirkleistungsgradient angegeben werden.	Siehe Tabelle 7-47 bis Tabelle 7-49	richtlinienkonform
Gesamtergebnis bzgl. der Richtlinienkonformität		
Die Richtlinienkonformität ist erfüllt.		
Auflagen		

7.5.3 Oberschwingungen

Anforderung:

Gemäß FGW TR 8 Rev. 6 /2/ Kapitel 5.1.5 müssen die nach der Richtlinie FGW-TR 3 /1/ ermittelten Ergebnisse dargestellt werden.

Eingereichte Unterlagen / Testergebnisse

Die Ergebnisse der Messung sind in den folgenden Tabellen dargestellt. In der Tabelle 7-51, Tabelle 7-52 und Tabelle 7-53 sind die Ergebnisse der Vermessung der VKM SH-500 mit Leroy-Generator. Die gezeigten Ergebnisse zeigen die maximalen Ströme. Diese treten nicht unbedingt simultan auf.

Tabelle 7-51: Oberschwingungsströme VKM SH-500

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
Nr.	I _h (%I _N)											
2	--	--	--	--	--	0,09	0,10	0,10	0,13	0,12	0,14	0,14
3	--	--	--	--	--	0,41	0,50	0,58	0,63	0,70	0,78	0,78
4	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
5	--	--	--	--	--	2,94	2,73	2,69	2,80	3,00	3,33	3,33
6	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
7	--	--	--	--	--	1,12	1,08	1,01	0,92	0,87	0,77	1,12
8	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
9	--	--	--	--	--	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
10	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
11	--	--	--	--	--	0,10	0,15	0,18	0,21	0,25	0,31	0,31
12	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
13	--	--	--	--	--	0,10	0,15	0,20	0,25	0,29	0,31	0,31
14	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
15	--	--	--	--	--	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03
16	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
17	--	--	--	--	--	0,08	0,07	0,05	0,06	0,07	0,06	0,08
18	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
19	--	--	--	--	--	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
20	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
21	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
22	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
23	--	--	--	--	--	0,03	0,04	0,05	0,05	0,03	0,04	0,05
24	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01

25	--	--	--	--	--	0,03	0,02	0,04	0,06	0,07	0,06	0,07
26	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
27	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
28	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
29	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,03	0,05	0,06	0,06
30	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
31	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
32	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
33	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
34	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
35	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,03
36	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
37	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
38	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
39	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
40	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
41	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
42	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
43	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02	0,01	0,02
44	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
46	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
47	--	--	--	--	--	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
48	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
50	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
THC in %	--	--	--	--	--	3,18	2,99	2,95	3,04	3,23	3,54	3,54

Tabelle 7-52: Zwischenharmonische Ströme, VKM: SH-500

P_{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f(Hz)	I_h(%I_N)											
75	--	--	--	--	--	0,41	0,49	0,57	0,72	0,85	0,93	0,93
125	--	--	--	--	--	0,09	0,12	0,13	0,16	0,17	0,21	0,21

175	--	--	--	--	--	0,03	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07
225	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
275	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05
325	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
375	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
425	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
475	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
525	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
575	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
625	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
675	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
725	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
775	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
825	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
875	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
925	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
975	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1025	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1075	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1125	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1175	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1225	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1275	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1325	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1375	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1425	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
1475	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1525	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1575	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1625	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1675	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1725	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1775	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1825	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01

1875	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1925	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1975	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01

Tabelle 7-53: Hochfrequente Ströme, VKM: SH-500

P_{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	max
f(Hz)	I _h (%I _N)											
2100	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03
2300	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2500	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
2700	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
2900	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
3100	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3300	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3500	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3700	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3900	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4100	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4300	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
4900	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
5100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
5300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
5500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
5700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
5900	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
6300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
6500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
6700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
6900	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
7100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01

7300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
7500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
7700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
7900	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
8100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
8300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
8500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
8700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
8900	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01

Evaluierung

Tabelle 7-54: Evaluierung: Netzurückwirkungen

Netzurückwirkungen	
Kapitel TR 8	3.1.6
Bewertung	Die Netzurückwirkungen müssen nur ausgewiesen werden.
Bemerkung	---

7.6 Verhalten bei Störungen im Netz

Gemäß BDEW MSR 2008 /5/ und TransmissionCode 2007 /6/ ist die betrachtete EZE dem Typ 1 zugeordnet, da diese über einen direkt gekoppelten Synchrongenerator verfügt.

7.6.1 Low-Voltage-Ride-Through (LVRT) Typ 1

Anforderungen

Die Erzeugungseinheit darf sich für die gem. FGW TR3 Rev. 24 /1/ Kapitel 4.6 definierten zwei- und dreiphasigen Spannungseinbrüche nicht vom Netz trennen. Auch nach der Fehlerklärung darf keine Trennung auf Grund des Spannungseinbruches erfolgen. Dies gilt als eingehalten, solange sich die VKM 10 Sekunden nach Fehlerklärung nicht vom Netz getrennt hat.

Weiterhin muss für Hilfsaggregate, die nicht bei dem LVRT-Test mit getestet wurden, die FRT-Fähigkeit anhand einer Prüfung gem. FGW TR 3 Rev. 24 /1/ Kapitel 4.6 verifiziert werden. Die Dokumentation hat gemäß FGW TR3 /1/ Kapitel 4.6.1.4 zu erfolgen.

Alle Messdaten müssen Zeitverläufe der drei Leiter-Erde-Spannungen sowie der drei Leiterströme aufweisen und in folgenden drei Varianten vorliegen:

- Volle Abtastrate (≥ 10 kHz)
- Halbschwingungseffektivwerte
- 1-Perioden-Effektivwert der symmetrischen Komponenten der Grundschwingung

Die gemäß FGW TR 3 /1/ durchzuführende Versuche sind in Tabelle 7-55 aufgelistet.

Tabelle 7-55: Geforderte LVRT-Tests für VKM gemäß FGW TR 3 /1/

Test	Fehlerart	Restspannung [U/U _N]	Fehlerdauer [ms]	Wirkleistung [P/P _N]	cos ϕ	Testnummer
1	3	30 % - 35 %	150 – 160	50 % - 60 %	1 – 0,95 _{untererregt}	1.1.1
2	3	30 % - 35 %	150 – 160	100 % \pm 2 %	1 – 0,95 _{untererregt}	1.1.2
3	2	30 % - 35 %	150 – 160	50 % - 60 %	1 – 0,95 _{untererregt}	1.2.1
4	2	30 % - 35 %	150 – 160	100 % \pm 2 %	1 – 0,95 _{untererregt}	1.2.2
5	3	45 % - 55 %	150 – 160	50 % - 60 %	1 – 0,95 _{untererregt}	2.1.1
6	3	45 % - 55 %	150 – 160	100 % \pm 2 %	1 – 0,95 _{untererregt}	2.1.2
7	2	45 % - 55 %	150 – 160	50 % - 60 %	1 – 0,95 _{untererregt}	2.2.1
8	2	45 % - 55 %	150 – 160	100 % \pm 2 %	1 – 0,95 _{untererregt}	2.2.2
9	3	70 % - 80 %	700 – 1100*	50 % - 60 %	1 – 0,95 _{untererregt}	3.1.1
10	3	70 % - 80 %	700 – 1100*	100 % \pm 2 %	1	3.1.2.a
11	3	70 % - 80 %	700 – 1100*	100 % \pm 2 %	0,95 _{untererregt}	3.1.2.b
12	3	70 % - 80 %	700 – 1100*	100 % \pm 2 %	0,95 _{übererregt}	3.1.2.c
13	2	70 % - 80 %	700 – 1100*	50 % - 60 %	1 – 0,95 _{untererregt}	3.2.1
14	2	70 % - 80 %	700 – 1100*	100 % \pm 2 %	1 – 0,95 _{untererregt}	3.2.2

Durchgeführte Tests und vorgelegte Dokumente

Die EZE VKM SH-500 wurde bezüglich Spannungseinbrüche getestet (siehe Testbericht /8/). Bei allen Versuchen ist die VKM durchgefahen und trennte sich nicht vom Netz.

Evaluierung

Tabelle 7-56: Verhalten der Leistung im Fehlerfall und nach Fehlerklärung

Test Nr.	Durchgefahen?	Blindleistung im Fehler	Richtlinienkonform
1	Ja	Übererregt	ja
2	Ja	Übererregt	ja
3	Ja	Übererregt	ja
4	Ja	Übererregt	ja
5	Ja	Übererregt	ja
6	Ja	Übererregt	ja
7	Ja	Übererregt	ja
8	Ja	Übererregt	ja
9	Ja	Übererregt	ja
10	Ja	Übererregt	ja
11	Ja	Übererregt	ja
12	Ja	Übererregt	ja
13	Ja	Übererregt	ja
14	Ja	Übererregt	ja

Die weitere Nachweisführung in Bezug auf transiente Stabilität erfolgt mit Hilfe des validierten Simulationsmodells der SH-Baureihe des Einheitenzertifikat MOE 15-0135-37. Die Prüfungen sind in Kap. 8 dokumentiert.

Tabelle 7-57: Evaluierung: Transiente Stabilität

Transiente Stabilität	
Kapitel TR 8	5.1.6.1
Bewertung	Erfüllt
Bemerkung	----

7.6.2 Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge Typ 1

Anforderung

Gemäß der FGW TR 8 ist der Kurzschlussstrombeitrag aus den Datenblättern des Generatorherstellers zu entnehmen. Für eine Worst-Case Betrachtung findet nur ein Ausweis des Kurzschlussstrombeitrags bei symmetrischen Fehlern statt. Da davon ausgegangen wird, dass im Falle unsymmetrischer Fehler die Ströme geringer sind. Die Kurzschlussstrombeiträge müssen gem. IEC 60909 ermittelt werden.

Die in der folgenden Tabelle aufgelisteten Generatorkurzschlussströme sind aus den Generator-Herstellerdatenblättern entnommen. Die Werte in Tabelle 7-58 zeigen die Beiträge des symmetrischen, dreiphasigen Kurzschlusses.

Tabelle 7-58: Generatorkurzschlussströme des symmetrischen dreiphasigen Kurzschluss (entnommen aus dem Datenblatt des Generatorherstellers; unverändert zu SH-Baureihe)

Generator (Leroy Somer)	Kurzschlussstrombeiträge		
	Anfangskurzschlusswechselstrom I_k''	Stoßkurzschlussstrom ¹⁾ I_s	Dauerkurzschlussstrom ²⁾ I_k
LSA 49.1 M6	6943 A	19638 A	2829 A

Hinweis:

- 1) Stoßkurzschlussstrom berechnet gemäß DIN EN 60909-0 nach Formel: $I_s = 2 \cdot \sqrt{2} \cdot I_k''$
- 2) Der Dauerkurzschlussstrom wurde aus den Diagrammen des Herstellers zum Zeitpunkt von 1 Sekunde ermittelt. Die Beiträge entsprechen jeweils den dreifachen Nennstrom des Generators.

Evaluierung

Tabelle 7-59: Evaluierung: Kurzschlussstrombeiträge

Kurzschlussstrombeiträge	
Kapitel TR 8	5.1.6.4
Bewertung	Entfällt, nur Angabe
Bemerkung	----

7.7 Schutzeinrichtungen

7.7.1 Allgemeines

Anforderungen:

Es muss mindestens der Einstellbereich der BDEW MSR gem. Kapitel 3.2.3.3 erfüllt werden können. Die Schutzfunktion muss unabhängig von den Steuerungs- und Regelungsfunktionen ausgeführt sein und es muss ein Konzept zur Prüfung des Entkopplungsschutzes vorliegen. Die Einstellwerte des Entkopplungsschutzes müssen parametrierbar und ohne zusätzliche Hilfsmittel auslesbar sein (Externe Auslesegeräte sind unter bestimmten Anforderungen zulässig). Eine netzunabhängige Hilfsenergieversorgung für den Entkopplungsschutz, welche bei Ausfall zum unverzügerten Auslösen des Hauptschalters führt, muss für mindestens 3 Sekunden einen Netzausfall überbrücken können. Die Anforderungen können mit Hilfe von Herstellererklärungen überprüft werden.

Evaluierung

Die Umsetzung der Schutzeinrichtungen erfolgt wie in der SH-Baureihe, mit dem Unterschied, dass das nicht im Serienumfang enthaltene Schutzrelais Ziehl UFR1001E bei dem SH-500 verbaut wird (vgl. Herstellererklärung)

Das Ziehl UFR1001E erfüllt die allgemeinen Anforderungen der Richtlinie. Dies ist in MOE 15-0135-09 dokumentiert.

7.7.2 Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz

Anforderung

Der eingestellte Auslösewert muss mit einer Toleranz von $\pm 1 \% U_N$ von dem Schutzgerät eingehalten werden. Das Rückfallverhältnis muss für den Spannungsrückgangsschutz $\geq 0,98$ und für den Spannungssteigerungsschutz $\leq 1,02$ sein. Weiterhin muss die untere (Spannungsrückgangsschutz) bzw. obere (Spannungssteigerungsschutz) Grenze des nach BDEW MSR 2008 Tabelle 3.2.3.3-2 empfohlenen Einstellbereiches geprüft werden.

Evaluierung

Es wird das typgeprüfte Ziehl UFR1001E eingesetzt. Die Vermessung wurde nicht von der Windtest grevenbroich gmbh durchgeführt, da eine Prüfbescheinigung des Netzschutzmoduls „UFR1001E“ vorliegt. Die Prüfbescheinigung wurde von der Bureau Veritas CPS GmbH ausgestellt.

7.7.3 Prüfung der Gesamtwirkungskette

Die Prüfung der Gesamtwirkungskette wurde gesondert durchgeführt und im Testbericht dokumentiert.

Tabelle 7-60: Prüfung der Gesamtwirkungskette / Eigenzeit der Abschalteneinrichtung / Ausfall der Hilfsenergie

Überprüfung der Gesamtwirkungskette führte zu einer erfolgreichen Abschaltung	Ja
Summe der Eigenzeit der Schutz- und Schalteinrichtung in ms	83 ms
Überprüfung des Ausfalls der Hilfsenergie führte zu einer unverzögerten Abschaltung (optional)	Nicht getestet

7.7.4 Eigenschutz

Der Eigenschutz wird durch einen Leistungsschalter realisiert (vgl. Herstellererklärung). Die Auslöseschwelle des Eigenschutzes ist wie folgt:

Tabelle 7-61: Eigenschutz

Typ	Leistungsschalter	Auslöseschwelle ¹⁾ $I_{>>}$ Eigenschutz	Zeit ²⁾
SH 500	COMPACT NS 1000	10000 A	Unverzögert

Hinweis:

- 1) Die in Tabelle 7-58 ausgewiesenen max. Kurzschlussstrombeiträge I_k'' der Generatoren überschreiten nicht die Auslöseschwelle des Eigenschutzes.
- 2) Die Leistungsschalter sind unverzögert parametrierbar. Hierbei liegt jeweils eine Microverzögerungszeit von 10 ms und eine Gesamtausschaltzeit 80 ms der NS-Baureihe vor.

8 Simulatives Nachweisverfahren LVRT (Familienbildung)

Für die simulative Nachweisführung der transienten Stabilität des SH-500 wird das in Tabelle 62 angegebene Modell verwendet. Dieses ist bereits Bestandteil des Einheitszertifikats MOE 15-0135-37.

Tabelle 62: Verwendetes Modell sowie zugehörige Modelldokumentation

Modell	
Modell	15-0135_Sommer_Familie_SH-265_20180720_rel5enc_pf2015.pfd
MD5 – Prüfsumme	1acdb636793a161e5187f2e93f3b6f3e
Modelldokumentation [2]	
Name	15-0135_Dokumentation_SommerEnergy_SH265_20180720_v4.pdf
MD5 - Prüfsumme	c95dd7be2f9bb7e2ea9c6cb6b4819926

8.1 Plausibilitätsprüfung der Modellparametrierung

Im ersten Schritt des Nachweisverfahrens werden die vom Hersteller angegebenen Parameter für das Modell mit den realen Werten z.B. der Generatoren (Datenblätter) verglichen und plausibilisiert. Hierbei können gewisse Abweichungen auftreten, welche sich durch Messtoleranzen erklären lassen. Bei einer Überschreitung der Messtoleranzen ist eine schlüssige Begründung vom Hersteller notwendig. Im vorliegenden Fall wird das Template des bereits bewerteten SH-530 des Einheitszertifikat MOE 15-0135-37 verwendet und auf den abweichenden Typen SH-500 angepasst. Der SH-500 verwendet lediglich einen abweichenden Motor für den Antrieb. Als Generator wird unverändert der LSA 49.1 M6 des Herstellers Leroy Somer verwendet.

Tabelle 63: Anpassungen der Modellparameter des SH-500

Trägheitsmomente gemäß Datenblatt bzw. Herstellerangabe (vgl. Einheitszertifikat MOE 15-0135-37 für SH-530)		
	SH-530	SH-500
Trägheitsmoment des Motors inkl. Flanschanbindung SAE 1 [kg * m ²]	3,99	3,86 (gemäß /15/)
Trägheitsmoment des Generators [kg * m ²]	9,67	9,67
Modellparameter		
	SH-530	SH-500
Trägheitskonstante H _s (bezogen auf S _n) in Sekunden des Generators inkl. der	0,258	0,255 (gemäß /16/)

Antriebseinheit im Objekt Generator _SH-530.ElmDsl		
<p><u>Anmerkungen:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Das Trägheitsmoment des Motors des SH-500 ist etwas kleiner als das Trägheitsmoment des Motors des SH-530. Dies resultiert in einer geringeren Trägheitskonstanten H_s des SH-500. Die Ermittlung der Trägheitskonstanten H_s wurde analog zur Ermittlung des Modellerstellers Energynautics GmbH vorgenommen und ist in /16/ dokumentiert. - Im Objekt „Statischer Generator ElmGenstat“ muss der Parameter für die Wirkleistung „pgini“ entsprechend geringer gesetzt werden (z.B. Nennwirkleistung 500 kW). 		

8.2 Versuchsbeschreibung

Dieser Bericht beschreibt die Analyse und Bewertung der durchgeführten Simulationen. Die Simulation erfolgt in DigSilent PowerFactory Version 15.2.6, der Aufbau ist in Abbildung 8-1 zu sehen, und entspricht der Versuchsanordnung gemäß Anhang H zur FGW TR 8 Rev. 6 [3]. Nach dieser Zertifizierungsanweisung werden pro Variante (s. Tabelle 64) zwei verschiedene Spannungsdips simuliert. Für jeden Spannungseinbruch wird das Modell auf zwei verschiedene Arten parametrisiert (s. Tabelle 65), um die Toleranzen der Datenblatteinträge zu berücksichtigen. Somit werden mit jeder VKM-Variante vier Versuche durchgeführt. Bei der Bezeichnung (z. B. der Dateinamen mit den Versuchsergebnissen) wird zuerst die Versuchsnummer genannt und dann der entsprechende Fall. Somit wird der Spannungseinbruch auf 70 %, bei dem sämtliche Positivtoleranzen berücksichtigt werden, mit "Versuch_2_2" bezeichnet.

Tabelle 64: Simulierte Spannungseinbrüche pro Variante

Versuch	Phasen	Restspannung gem. TR 3	cos phi an den EZE-Klemmen	Fehlerdauer
1	3	30 %	1	150 ms
2	3	70 %	0,95 untererregt	700 ms

Tabelle 65: Verschiedene Parametrierungen (Fälle) eines Modells, mit denen ein Spannungseinbruch simuliert wird

Fall	Trägheits-Zeitkonstante	Synchron-Längsreaktanz	Synchron-Querreaktanz	Transient-Längsreaktanz	Subtransient-Längsreaktanz
	H	X_d	X_q	X_d'	X_d''
1	H-Toleranz: Nennwert * 0,95	X_d + Toleranz Nennwert * 1,10	X_q + Toleranz Nennwert * 1,10	X_d' – Toleranz Nennwert * 0,90	X_q' – Toleranz Nennwert * 0,90
2	H-Toleranz: Nennwert * 0,95	X_d + Toleranz Nennwert * 1,10	X_q + Toleranz Nennwert * 1,10	X_d' + Toleranz Nennwert * 1,10	X_q' + Toleranz Nennwert * 1,10

Hinweis:

Die Toleranzen wurden gemäß FGW TR 3 Rev. 23 Anhang D [4] gewählt.

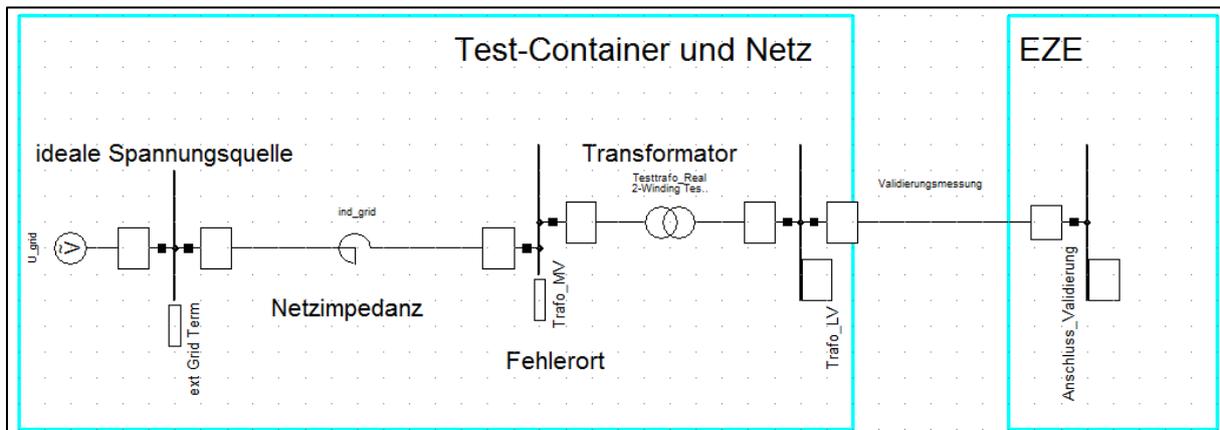


Abbildung 8-1: Simulationsaufbau

Im Versuchsaufbau gemäß Abbildung 8-1 wird die zu prüfende Erzeugungseinheit, die sich in einem separatem Netz befindet, an die Klemme „Anschluss_Validierung“ angebunden. Der Ort des Anschlusses der EZE ist aus diesem Grund in der Abbildung lediglich angedeutet.

Tabelle 66: Netzparameter bei den entsprechenden Versuchen.

Netzimpedanz	Netzkurzschlussleistung an der OS-Seite (10 kV) des Transformators
$(4,714 + j4,714) \Omega$	15 MVA

Die bei den entsprechenden Versuchen anliegende Netzkurzschlussleistung, sowie die entsprechenden Parameter können Tabelle 66 entnommen werden. Somit ergibt sich an der Oberspannungsseite des Maschinentransformators eine Kurzschlussleistung von 15 MVA, bei einem Impedanzwinkel von 45° . Gemäß der Zertifizierungsanweisung [5] soll die Kurzschlussleistung mind. 15 MVA betragen; dieses ist in der Regel die kleinste zu erwartende Kurzschlussleistung in deutschen Mittelspannungsnetzen nach 4. Ergänzung BDEW-MSR [6].

Das in Tabelle 62 aufgeführte Simulationsmodell wurde in nachstehendem PowerFactory – Aufbau integriert:

Tabelle 67: Verwendete Validierungsumgebung

PowerFactory Datei	
PowerFactory Version	15.2.6
Name	16-418_Familien_vali_3_2_SH500.pfd
MD5 - Prüfsumme	b0a584e609903ff484600630f04a3fbe

Hinweis:

Die verwendete Validierungsumgebung enthält ein von M.O.E. angepasstes Template, bei dem die nötigen Parameteranpassung gemäß Tabelle 63 für den SH-500 vorgenommen wurden.

8.3 Ergebnisse und Evaluierung

Erfolgskriterium

Gemäß FGW-TR 8 Anhang H [4] gilt der Nachweis der LVRT-Stabilität als erbracht, wenn während der Simulation kein Polschlupf auftritt.

Ergebnis

In Abbildung 8-2 bis Abbildung 8-7 sind die tiefen Spannungseinbrüche (Versuch 1 gemäß Tabelle 64) des SH-500 und in Abbildung 8-8 bis Abbildung 8-13 sind die flachen Spannungseinbrüche (Versuch 2 gemäß Tabelle 64) des SH-500 dargestellt.

Wie in den Übersichtsgraphiken (z.B. Abbildung 8-2) erkennbar ist, zeigt sich ein sehr träges Nachfehlerverhalten in der Simulation. Der Polradwinkel sowie Blindstrom verlaufen von maximaler Nachfehlerabweichung langsam auf den Vorfehlerwert zurück, sodass erst ca. 15 s nach Fehlerinitiierung der Vorfehlerzustand wieder erreicht wird. Das Verhalten zeigt sich ebenfalls im Spannungsverlauf und ist somit plausibel. Das Verhalten ist außerdem typisch für die SH-Baureihe.

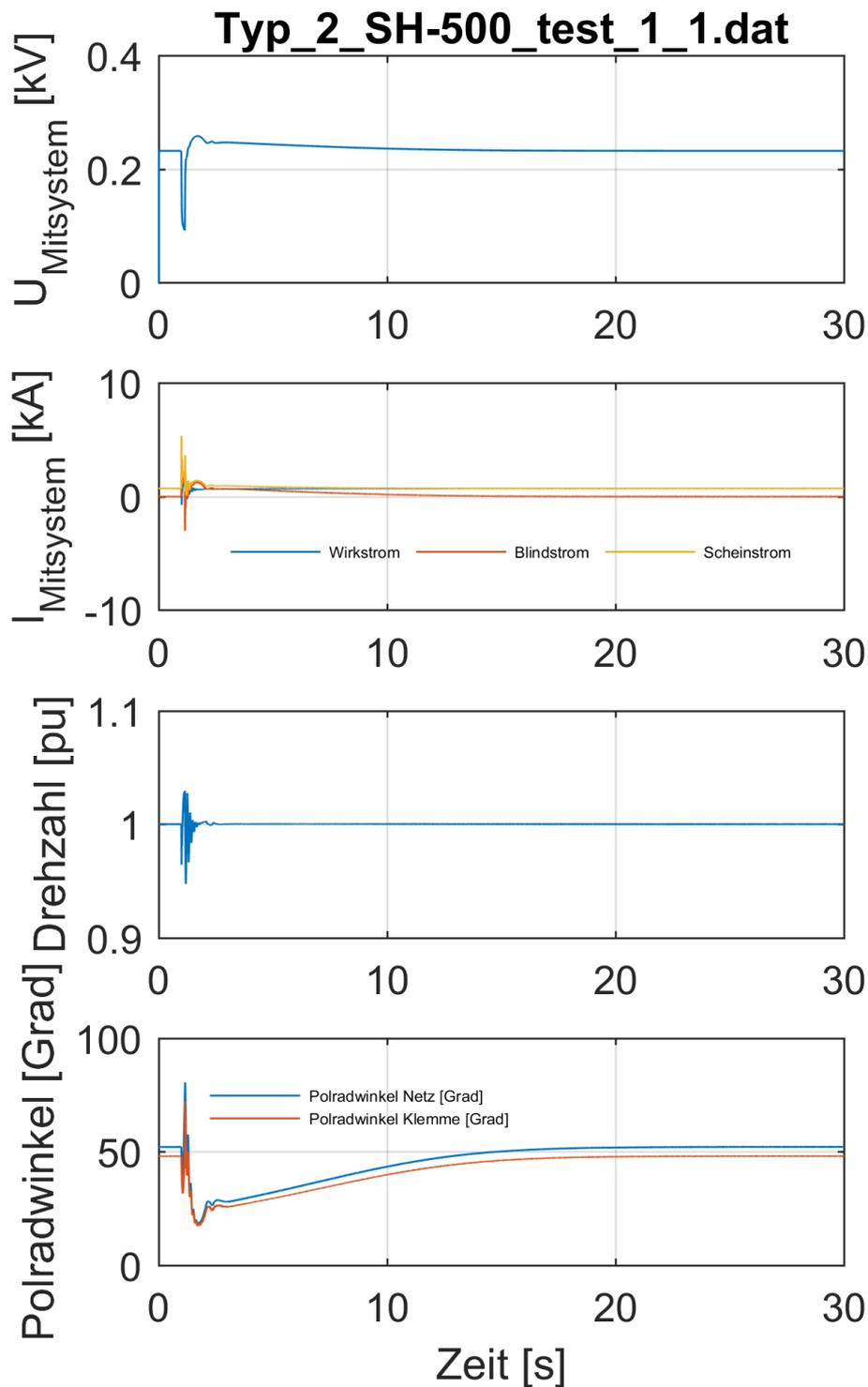


Abbildung 8-2: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 1, Fall 1, Übersicht

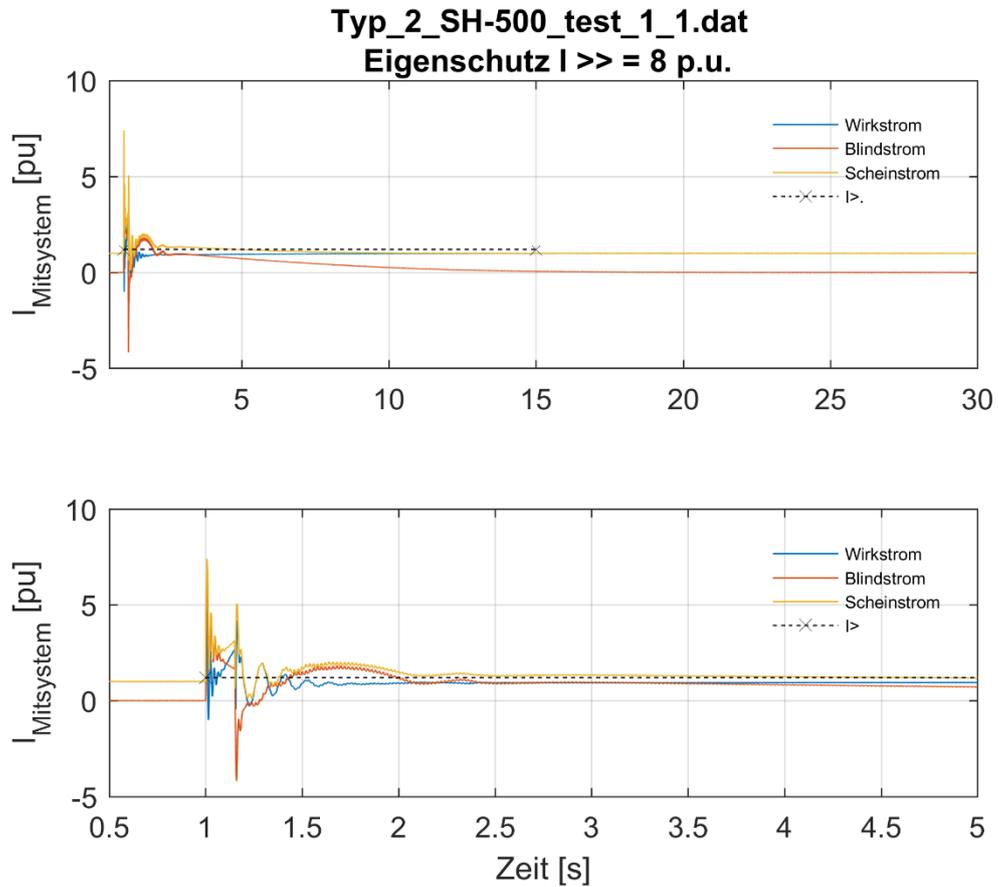


Abbildung 8-3: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 1, Fall 1. Ströme im Detail.

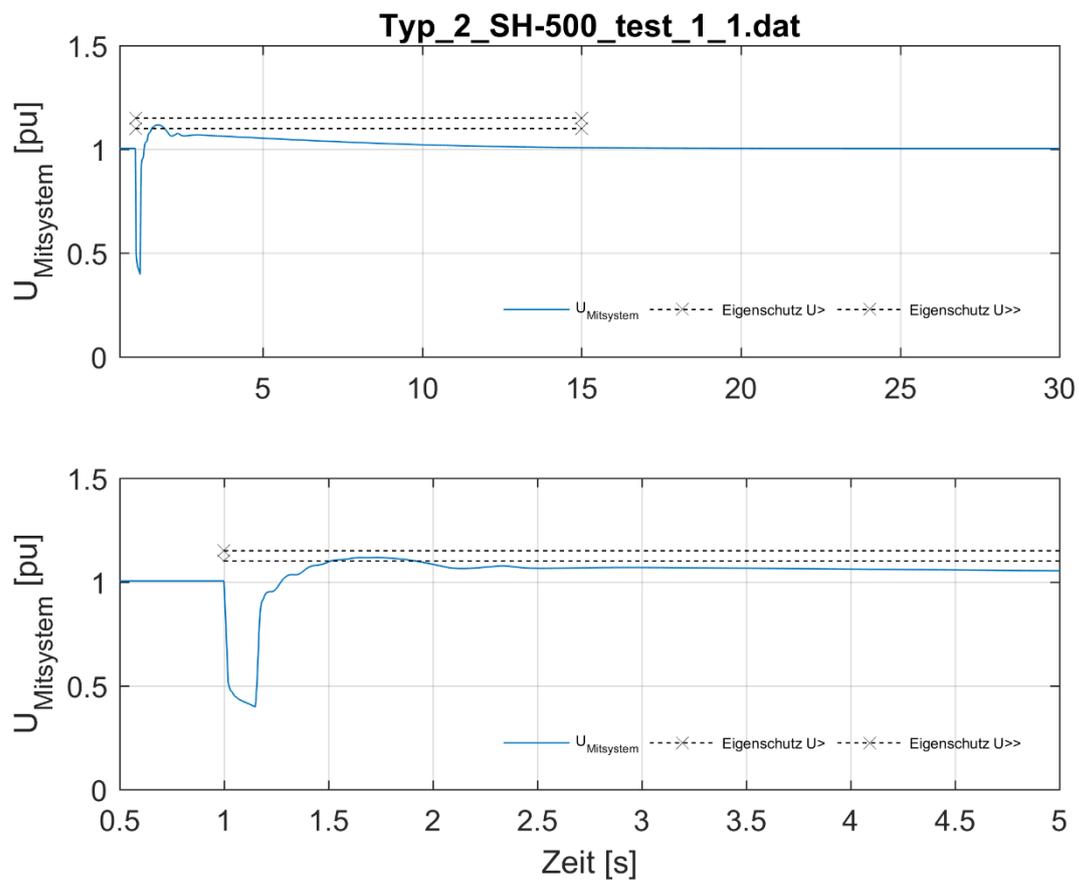


Abbildung 8-4: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 1, Fall 1. Spannung im Detail.

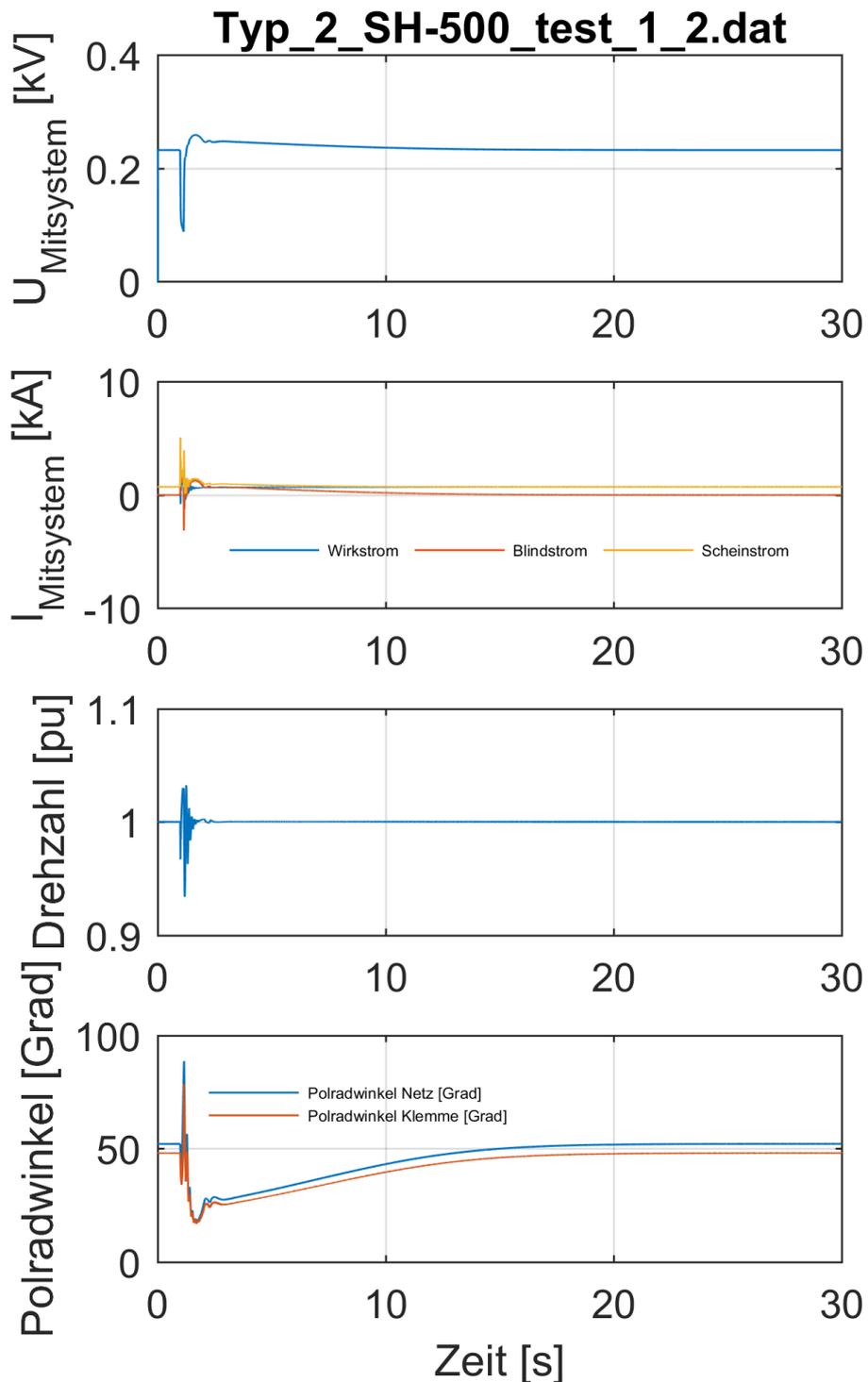


Abbildung 8-5: Simulationsergebnis-SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 1, Fall 2, Übersicht

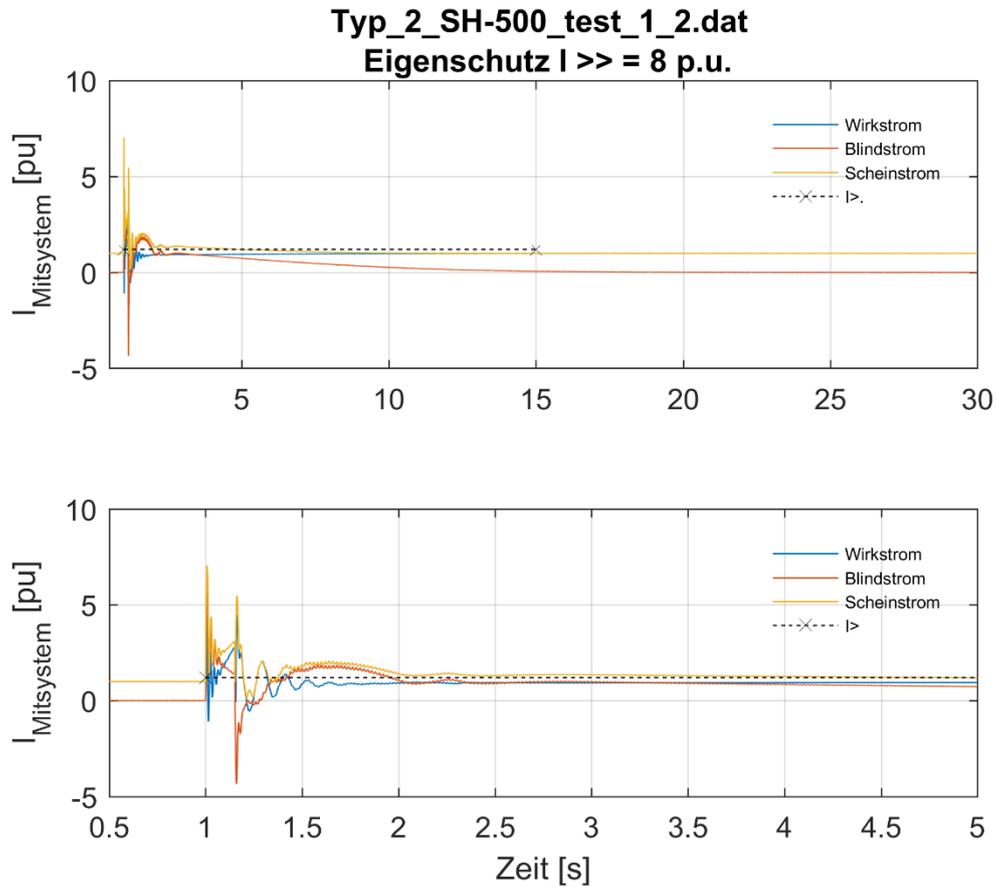


Abbildung 8-6: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 1, Fall 2. Ströme im Detail.

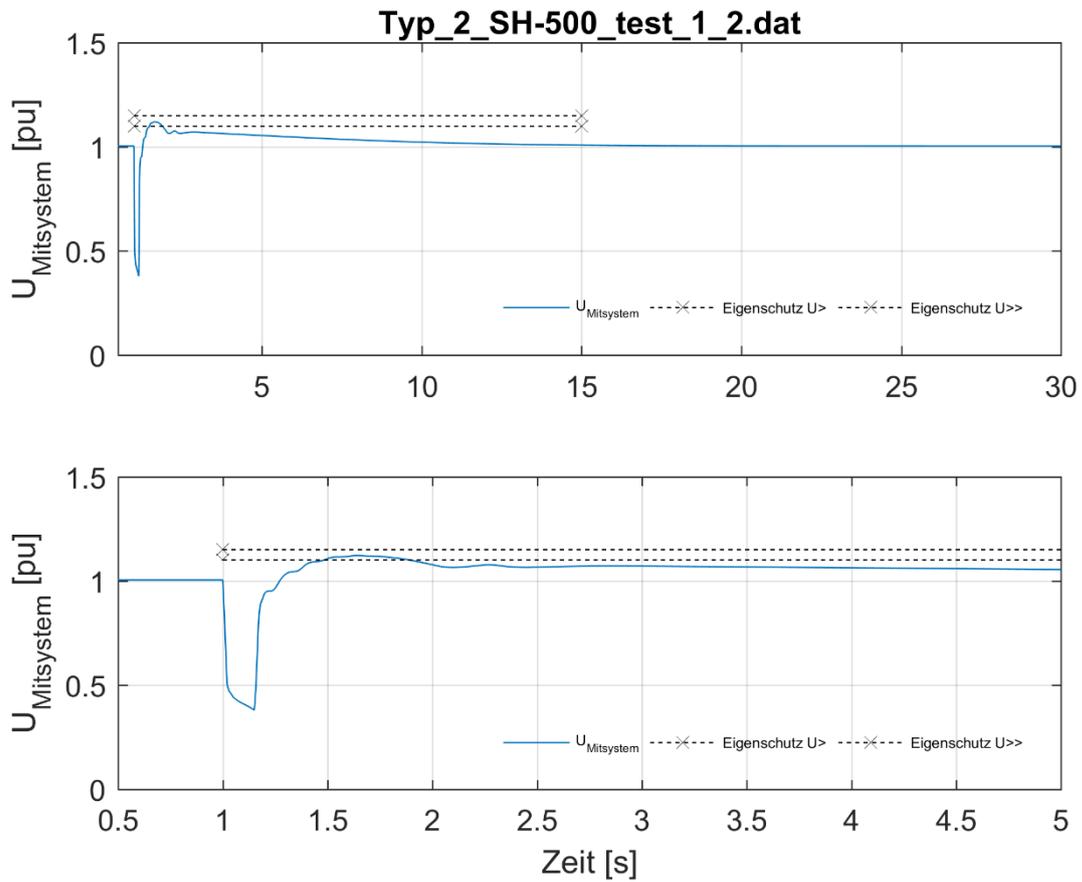


Abbildung 8-7: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 1, Fall 2. Spannung im Detail.

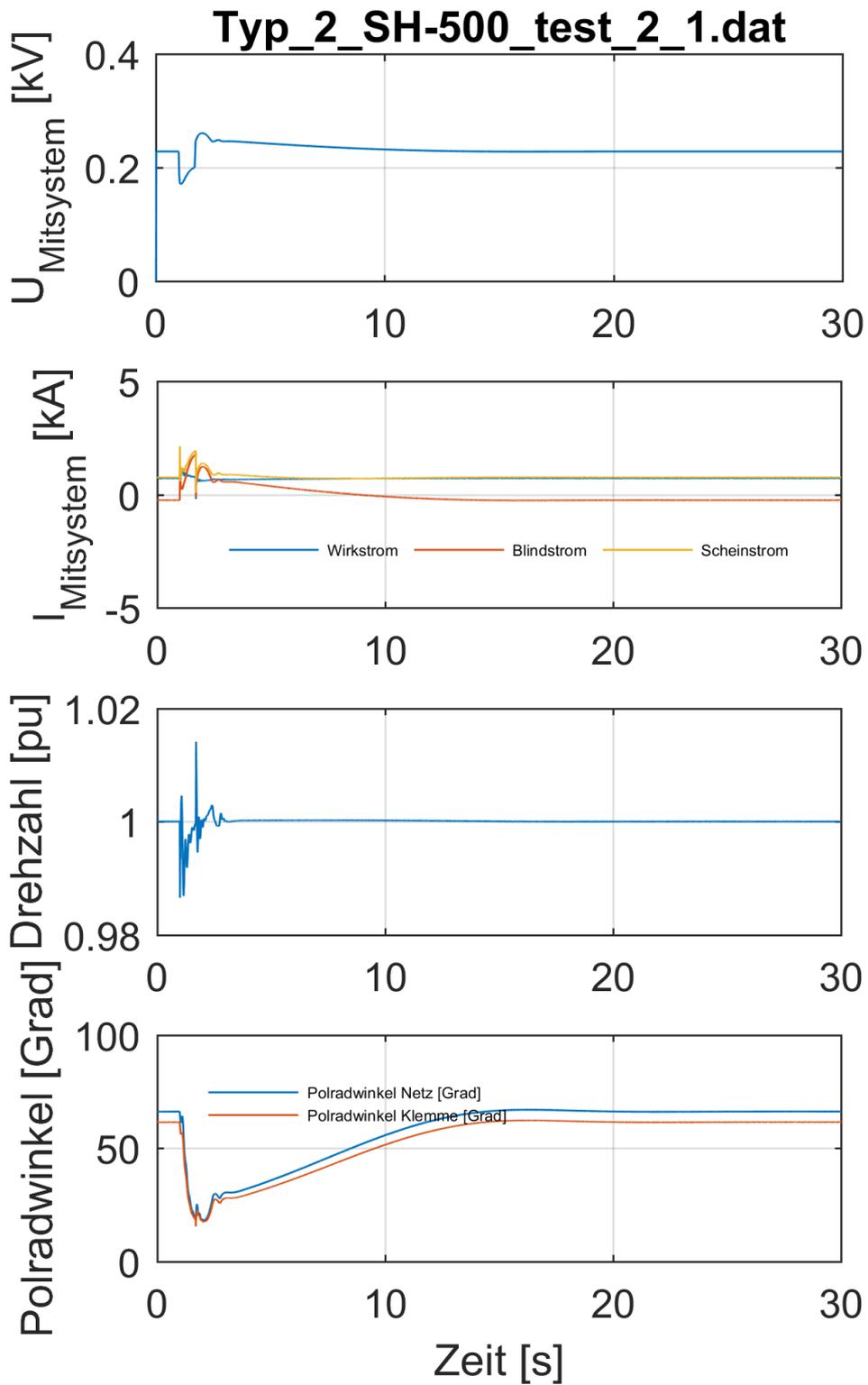


Abbildung 8-8: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 2, Fall 1, Übersicht

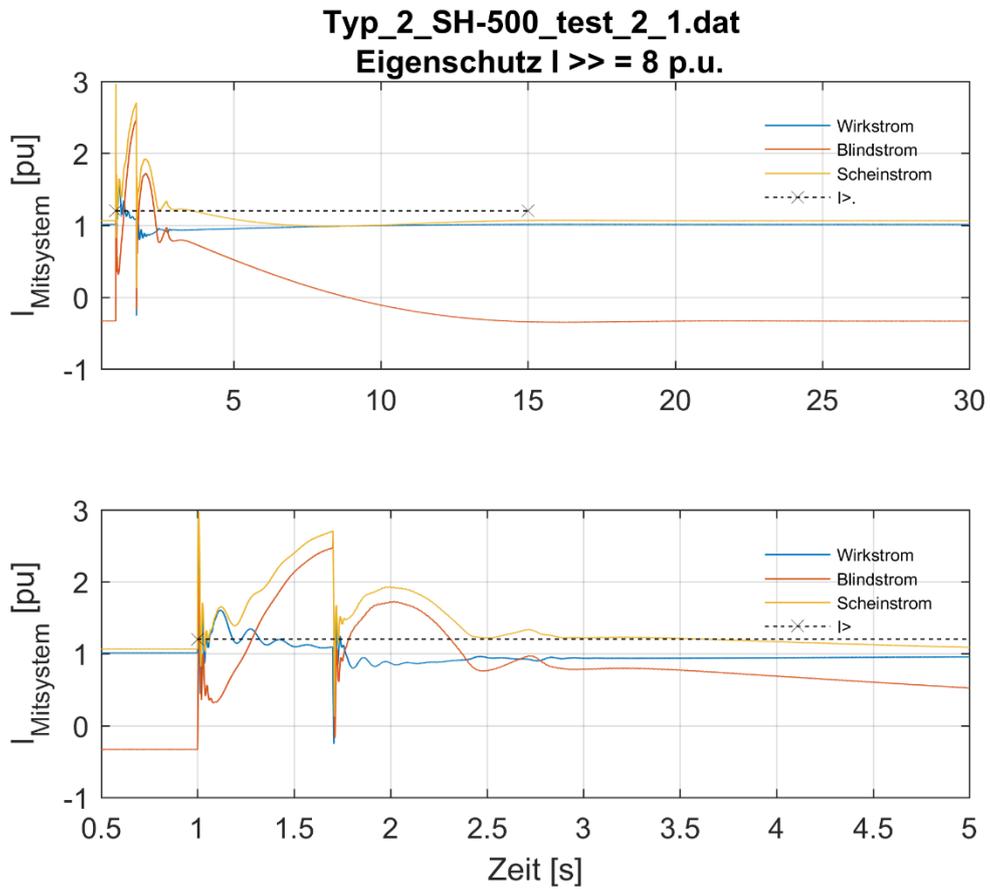


Abbildung 8-9: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 2, Fall 1. Ströme im Detail.

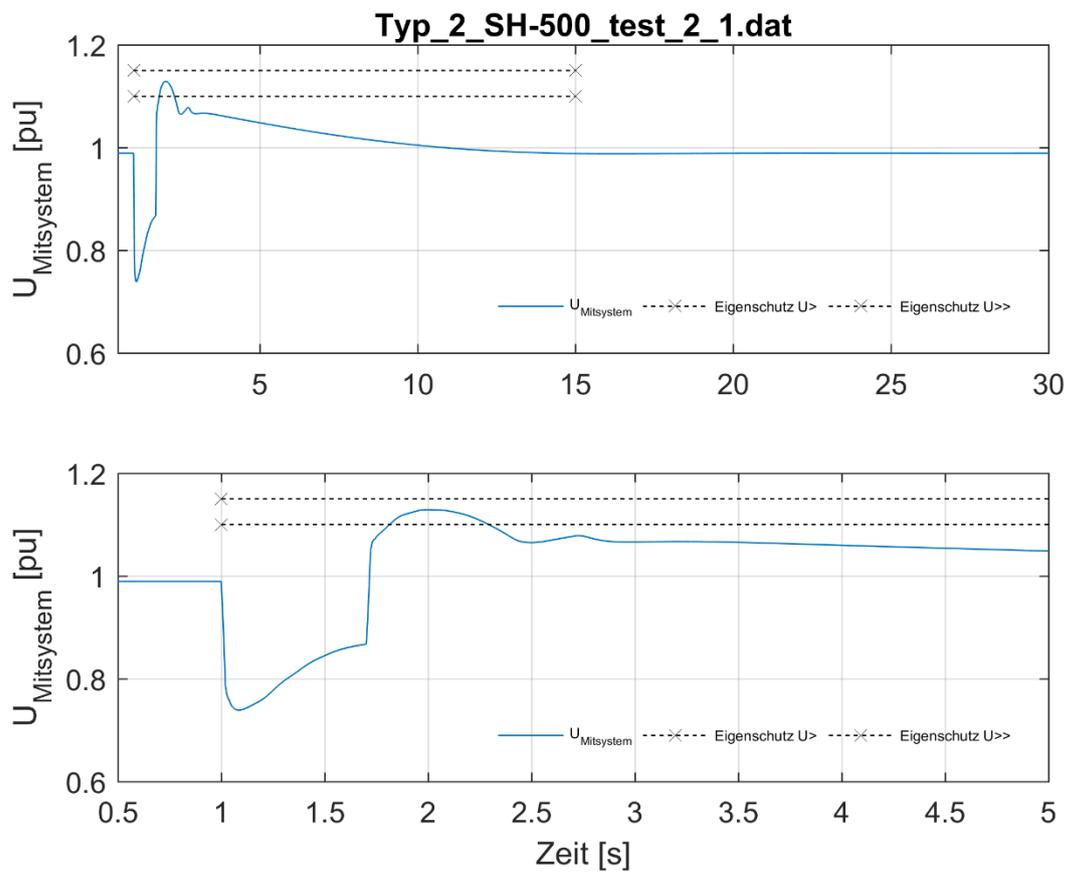


Abbildung 8-10: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 2, Fall 1. Spannung im Detail.

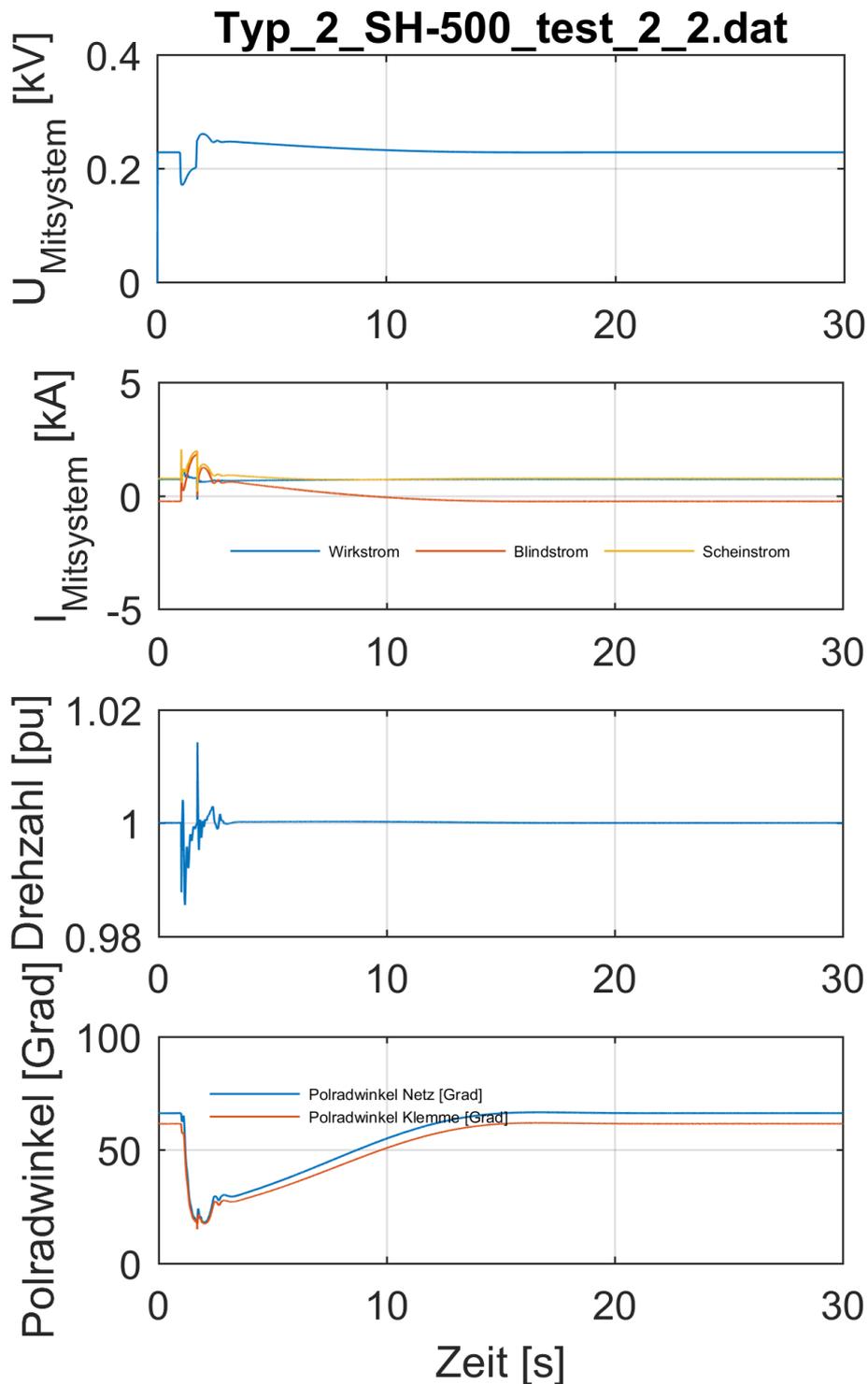


Abbildung 8-11: Simulationsergebnis-SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 2, Fall 2, Übersicht

Typ_2_SH-500_test_2_2.dat
Eigenschutz I >> = 8 p.u.

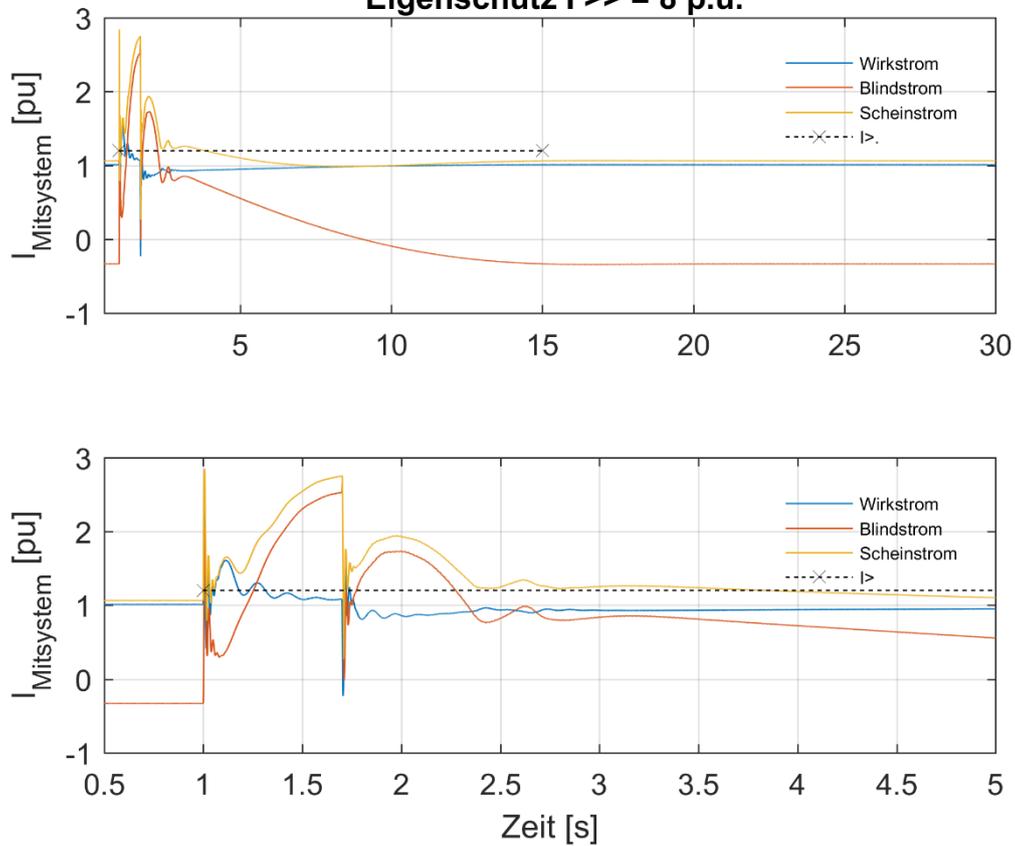


Abbildung 8-12: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 2, Fall 2. Ströme im Detail.

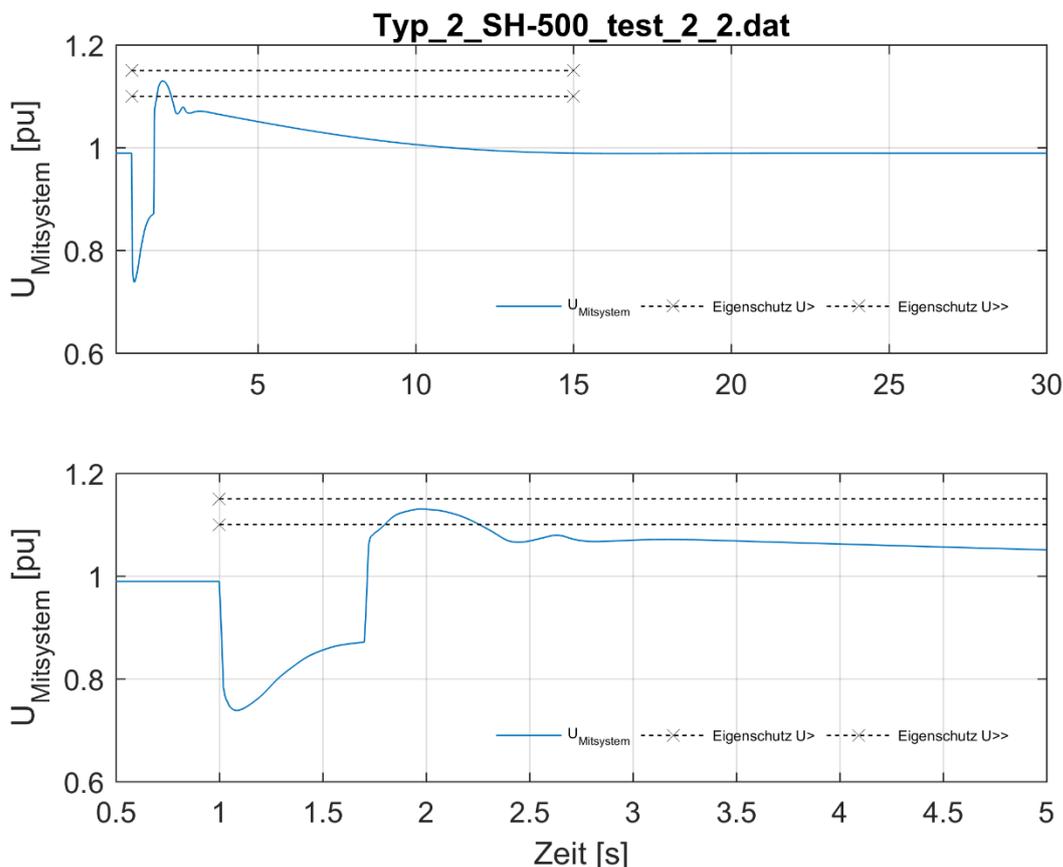


Abbildung 8-13: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 2, Fall 2. Spannung im Detail.

Der Spannungsverläufe erweisen sich im Generellen als unkritisch. In Abbildung 8-10 ist der Signalverlauf des SH-500 mit der größten Nachfehlerspannung dargestellt. Die Schwelle $1,1 U_n$ wird für lediglich 578 ms überschritten. Die Schwelle $1,15 U_n$ wird nicht überschritten.

Als Überstromschutz ist ein Leistungsschalter als Eigenschutz der Aggregate mit unverzügter Auslösung vorgesehen. Die Auslöseschwelle liegt beim SH-500 beim 8-fachen des Nennstroms der Einheit für $I_{>>}$ und beim 1,2-fachen des Nennstroms für $I_{>}$. Die Schwelle des $I_{>}$ wird überschritten (vgl. Abbildung 8-3) aber die Auslösezeit von 12 Sekunden führt nicht zu keiner Auslösung (Einstellwerte gemäß Herstellererklärung [1]).

Für eine Betrachtung des ungünstigsten Falles wurde eine weitere Simulation des SH-500 mit einer Netzkurzschlussleistung S_{kV} von 300 MVA sowie 0,1 kW Kupferverluste und 0,2 % Kurzschlussspannung des Transformators vorgenommen. Der Signalverlauf ist in Abbildung 8-14 abgebildet.

Der maximal erreichte Strom beträgt $I_{\text{max}} = 5,79 \text{ kA}$. Die Auslöseschwelle $I_{>>}$ des Leistungsschalters von 6,08 kA ($8 I_n$) wird somit nicht überschritten.

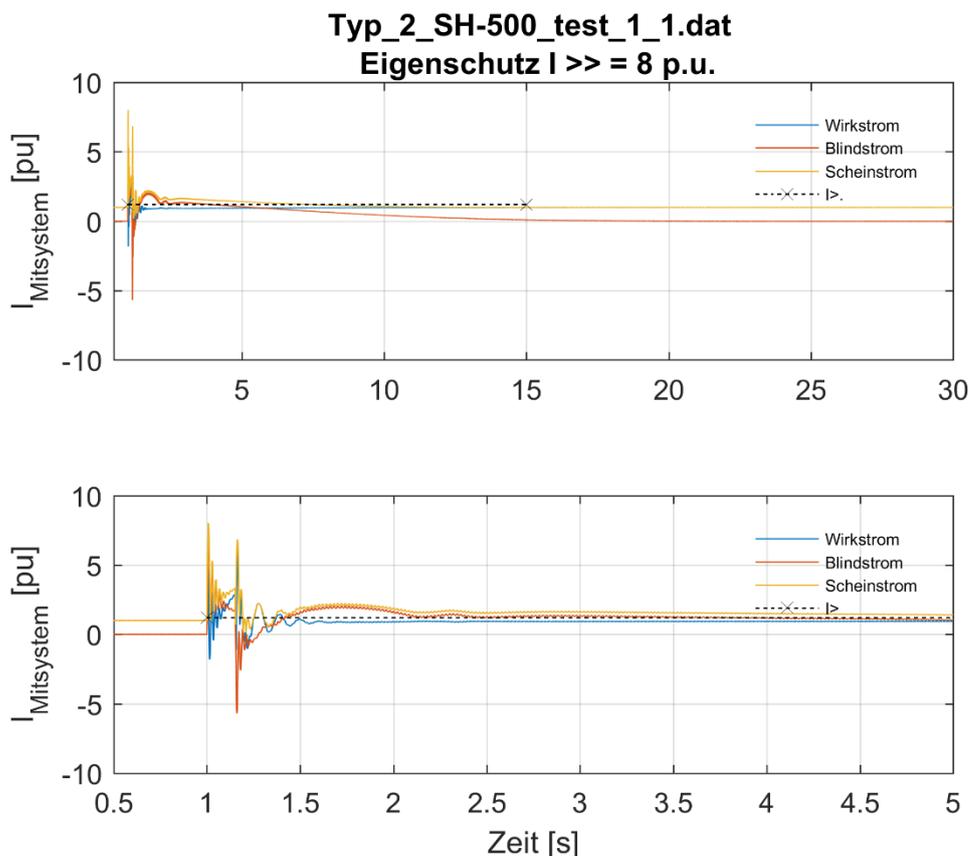


Abbildung 8-14: Simulationsergebnis SH-500 („Typ_2“ in Simulation), Versuch 1, Fall 1. Ströme im Detail mit WC-Bedingungen.

Evaluierung

Die eingestellten Nennparameter für den Typen sind in dem Modell hinterlegt, welches in Tabelle 67 angegeben ist. Die Ergebnisse der Simulation zeigt Tabelle 68.

Tabelle 68: Evaluierung der LVRT-Versuche

Typ	Minimale Kurzschlussleistung [MVA]	Alle Versuche durchfahren?	Polschlupf aufgetreten? ¹⁾	Bestanden
1	15,0	Ja	Nein	Ja
Bemerkung		Es zeigt sich ein träges Nachfehlerverhalten in der Simulation (typisch für SH-Baureihe). Der Polradwinkel sowie Blindstrom verlaufen von maximaler Nachfehlerabweichung langsam auf den Vorfehlerwert zurück, sodass erst ca. 15 s nach Fehlerinitiierung der Vorfehlerzustand wieder erreicht wird. Das Verhalten zeigt sich ebenfalls im Spannungsverlauf und ist somit plausibel.		

Anmerkung: Bezüglich der maximal auftretenden Ströme wurde eine gesonderte Betrachtung des ungünstigsten Falles vorgenommen. In der Simulation treten beim SH-500 maximale Ströme von 5,79 kA auf. Die Schwelle des Eigenschutzes von 6,08 kA wird somit nicht überschritten.

9 Zusammenfassung der Evaluierung

Prüfpunkt	Evaluierung
Qualitätsmanagementsystem der BHKW Fertigungsstätte	Erfüllt
Qualitätsmanagementsystem des Generatorherstellers	Nicht erforderlich ¹⁾
Testlabor	Das Testlabor erfüllt alle Anforderungen.
Maximale Wirkleistung	Werte sind nur auszuweisen.
Wirkleistungsreduzierung durch Sollwertvorgabe	Erfüllt
Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz	Erfüllt
Grenzwerte für Wiederschaltung	Anforderung vom typgeprüften NA-Schutz erfüllt.
Wirkleistungsgradient nach Wiederschaltung	Erfüllt
Blindleistungsvermögen	Vermögen wird ausgewiesen. Herstellerangaben konnten bestätigt werden.
Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe	Erfüllt
Q-Übergangsfunktion	Ergebnisse dargestellt.
Q _(U) -Kennlinie	Erfüllt
Netzurückwirkungen	Werte sind nur auszuweisen.
Verhalten bei Störungen im Netz (LVRT-Tests)	Für getestete EZE SH-500 erfüllt.
Dynamische Netzstützung	Grundsätzlich erfüllt (unverändert zu SH-Baureihe)
Kurzschlussstrombeiträge	Ergebnisse dargestellt.
Schutzeinrichtungen	Anforderung erfüllt mit vorgesehenem NA-Schutz. Die Prüfung der Gesamtwirkungskette wurde am Aggregat getestet.
Leistungsschalter	Erfüllt
Validiertes Modell	Modell gemäß Kap. 8 dieser Gültigkeitserklärung.

Hinweis:

- 1) *Es wird keine allgemeine Gültigkeit des Einheitszertifikats für den SH-500 angestrebt. Das Aggregat SH-500 wird nicht in Serie gefertigt. Es wird lediglich eine Gültigkeitserklärung für den vermessenen Typen erstellt, der durch die Seriennummer eindeutig zuordbar ist (vgl. Tabelle 2-1). Es liegt eine Typvermessung des SH-500 inkl. zugehörigem Generator vor.*

10 Hinweise

Die Erzeugungseinheiten erfüllen gemäß den vorangegangenen Kapiteln alle Anforderungen der FGW TR8 /2/ mit den folgenden Einschränkungen.

Tabelle 10-1: Zusammenfassung der Restriktionen

Abweichender Evaluierungspunkt	Hinweise zur Gültigkeitserklärung
Blindleistungsvermögen	<p>Die Blindleistungsgrenzwerte von 0,95 untererregt bis 0,95 übererregt stellen die messtechnisch nachgewiesenen Default-Grenzwerte dar.</p> <p>Der Hersteller gibt an, dass die maximalen in der Steuerung einstellbaren Grenzwerte bei 0,90 untererregt bis 0,80 übererregt liegen. Eine projektspezifische Prüfung der PQ-Diagramme der Generatoren sowie des Eigenschutz (Dauerstromschutz) muss bei einem größeren Blindleistungsbereich vorgenommen werden.</p>
<p><u>Hinweis:</u> Es lagen bei der SH-Baureihe teilweise Überspannungen $> 1,15 U_n$ vor. Die Schwelle von $1,15 U_n$ wird bei dem Typen SH-500 nicht überschritten (vgl. Kap. 8 mit simulativen Nachweis)</p>	

11 Referenzen

- /1/ FGW Technische Richtlinie für Erzeugungseinheiten und -anlagen TR3 Rev. 24
- /2/ FGW Technische Richtlinie für Erzeugungseinheiten und -anlagen TR8 Rev. 07
- /3/ FGW Technische Richtlinie für Erzeugungseinheiten TR4 Rev. 07
- /4/ M.O.E., C-Pro 09 EZE-Zertifizierung (VKM) Rev. 00
- /5/ BDEW Technische Richtlinie, Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, Juni 2008
- /6/ BDEW 4. Ergänzung zur Mittelspannungsrichtlinie, Januar 2013
- /7/ VDN Transmission Code 2007, Netz- und Systemregeln der deutschen Übertragungsnetzbetreiber, August 2007
- /8/ Windtest grevenbroich GmbH: Testbericht NV16012N3B1: Bestimmung der elektrischen Eigenschaften an der Verbrennungskraftmaschine SH-500 des Herstellers Sommer energy GmbH in Kirchdorf an der Aller / Deutschland nach FGW TR3 Rev. 24, „16-0418_NV16012N3B1_Sommer_FgwTr3Rev24_rev1_sig.pdf“, 02.11.2020
- /9/ Antrag auf Zertifizierung: Antragsformular QMV3-01_01 „16-0418_SCAN 16-0418_ZE_02_VL3 Antragsformular Zertifizierung EZE-Komponenten_Rev01 (2).pdf“, 02.10.2020
- /10/ FGW: Anhang H zur Technischen Richtlinie FGW TR8, 14. September 2014
- /11/ TÜV Thüringen: ISO 9001:2008-Zertifikat: „16-0418_SOMMER_ISO_9001.pdf“, Zertifikat -Nr. TIC 15 100 159123, Jena, Jan. 2015
- /12/ DAkkS: Akkreditierungsurkunde Windtest Grevenbroich: „16-0418_DAKKS_Urkunde_D-PL-11233-01-00_2019.pdf“
- /13/ Herstellererklärung Sommer Energy GmbH zum Aggregat SH-500 „16-0418_HERSTELLERKLÄRUNG_SH 500 Liebherr Sommer energy GmbH_V_20_03.pdf“
- /14/ Emailbestätigung „AW: Einheitengutachten 16-0418“ – Angaben zum Leistungsschalter „16-0418_Angabe_LS_Compact NS 1000.pdf“ – 07.10.2020
- /15/ Datenblatt des Antriebs G9512 des SH-500 - „16-0418_gasmotoren Liebherr G9512.pdf“
- /16/ Ermittlung des Trägheitskonstanten H_S des SH-500 – „16-418_Parameterliste_Trägheit - Vergleich.xlsx“

Anhang

Anhang 1: Herstellerbescheinigung zu der vermessenen VKM



Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten einer VKM vom Typ SH-500 Liebherr
Manufacturer's certificate on specific data of a CHP of the type SH-500 Liebherr
Datum / Date: 30/07/2017

1 EZE General

1 Hersteller	Sommer energy GmbH	manufacturer
2 Anlagenbezeichnung	SH-500 Liebherr	type name
3 Betriebsweise (Stromgeführt / Wärmegeführt)	Wärmegeführt	operating method
4 Nennleistung	500 kW	rated power
5 Nennspannung	400 V	rated voltage
6 Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom	8 x I _n kA	contribution to short circuit current

2 Verbrennungsmotor Combustion engine

1 Hersteller	Liebherr	manufacturer
2 Typenbezeichnung	G9512	type name
3 Art	VKM	generic type
4 Anzahl	1	numbers
5 Brennstoff(e)	Erdgas	fuel
6 Nennleistung	515 kW	rated power
7 Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich	1500 RPM	rated speed(s) / speed range

3 Wärmetauscher Heat exchanger

1 Hersteller	Sommer energy GmbH	manufacturer
2 Typenbezeichnung	RBW-2000-1500	type
3 Anzahl	2	numbers
4 Art	Rohrbündel	design
5 Nennleistung(en)	300 kW	rated power(s)

4 Generator Generator

1 Hersteller	Leroy Somer	manufacturer
2 Typenbezeichnung	LSA 49.1 M6 C 6S/4	type
3 Anzahl	1	numbers
4 Art	Synchron	generic type of design
5 Nennleistung(en)	580 kW	rated active power(s)
6 Nennscheinleistung	725 kVA	rated apparent power
7 Bereich Verschiebungsfaktor	± 0,95	displacement factor (range)
8 Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich	1500 RPM	rated speed(s) / speed range
9 Nennspannung	400 V	voltage

Herstellerbescheinigung SH-500 Liebherr
 02.11.2020

Seite 1 von 3

10 Frequenz	50 Hz	frequency
11 Nennschlupf	- %	rated slip

5 Betriebsführung / Regelung Control system / control

1 Art der Leistungsregelung	PID	generic type of power control
2 Antrieb der Leistungsregelung	bürstenloser Stellmotor	actuation of power control
3 Hersteller der Betriebsführung / Regelung	Sommer energy GmbH	manufacturer of control system
4 - Typenbezeichnung	PLC ET200S	- type
5 - Verwendete Steuerungskurve	direkt durchgesteuert	- applied control characteristic
6 Hersteller der Spannungsregler	Leroy Somer	manufacturer of voltage control system
7 - Typenbezeichnung	D510C	- type
8 - Softwareversion	2.2	- software version

6 Sonstige elektrische Daten der EZE Other electrical data of the PGU

1 Netzkurzschlussleistung	MVA	short-circuit apparent power
2 Netzimpedanzwinkel	°	network impedance phase angle
3 N ₁₂₀ , Einschalten		N ₁₂₀ , start up
4 N ₁₂₀ , Ausschalten		N ₁₂₀ , start up
5 N ₁₀ , Einschalten		N ₁₀ , cut off
6 N ₁₀ , Ausschalten		N ₁₀ , cut off
7 N ₁₀ , Umschalten zwischen den Generatoren		N ₁₀ , switching between generators
8 N ₁₂₀ , Umschalten zwischen den Generatoren		N ₁₂₀ , switching between generators
9 Anzahl der Kompensationsstufen	-	number of compensation stages
10 Blindleistung Stufe 1	kvar	reactive power stage 1
11 Blindleistung Stufe 2	kvar	reactive power stage 2
12 Blindleistung Stufe _	kvar	reactive power stage _
13 Blindleistung Stufe _	kvar	reactive power stage _
14 Art der Netzkopplung	Leistungsschalter	generic type of interconnection
15 - Hersteller	Schneider Electric	- manufacturer
16 - Typenbezeichnung	NS 1000 N	- type
17 Netzschutzhersteller	Ziehl	grid protection manufacturer
18 - Typenbezeichnung	UFR1001e	- type
- Softwareversion	0-06	- software version
19 - Einstellbereiche:	siehe Handbuch UFR1001e	- adjustment ranges:
20 Spannungssteigerungsschutz	V	overvoltage protection
21 Spannungsrückgangsschutz	V	undervoltage protection
22 Frequenzsteigerungsschutz	Hz	overfrequency protection

Herstellerbescheinigung SH-500 Liebherr
 02.11.2020

Seite 2 von 3



23	Frequenzrückgangschutz	_____ Hz	underfrequency protection
24	Typenbezeichnung der Abschalteinheit	_____	circuit breaker type
25	Umrichterhersteller	_____	converter manufacturer
26	Umrichtertyp	_____	converter type
27	Umrichterscheinennleistung	_____ kVA	converter apparent rated power
28	Umrichterart	_____	generic type of converter
29	Pulszahl des Umrichters	_____	pulse rate of converter
30	Haupttaktfrequenz des Umrichters	_____	main clock rate of converter
31	Oberschwingungsfiter (ja / nein)	_____	harmonic filter (yes / no)
7 Typenprüfung			Type test
1	Prüfbehörde	_____	testing authority
2	Aktenzeichen	_____	reference
8 Informativer Teil			Informative
1	Standort des vermessenen BHKW	Oberpffingen	location of measured CHP
2	Koordinaten des Standortes	_____	geographical coordinates of the location
3	Seriennummer des BHKW	2014.06.05	serial number of CHP
4	- Wärmetauscher	_____	- heat exchanger
5	- Verbrennungsmotor	_____	- motor
6	- Generator	311382/1	- generator
7	- Spannungsregler	_____	- voltage control system
8	- Leistungsregler	_____	- power control
7	- EZE Steuerung	_____	- control system
8	- Netzschutz	_____	- grid protection
Anschrift des Herstellers		Somme energy GmbH Unterer Koppenhagen 52 37355 - Niederorschel OT Deuna	<i>A. Chals</i>
Address of manufacturer			

Der Hersteller des BHKWs bestätigt, dass das BHKW, deren elektrischen Eigenschaften in den Prüfberichten abgebildet sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.
 The manufacturer of the Combined heat and power unit confirms that the CHP whose power quality is measured and depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data.

Für andere EZE sind die Herstellerbescheinigung analog zu den oben genannten Vorlagen zu erstellen.