

Einheitszertifikat für VKM



Zertifikats-Nr.:	MOE 15-0135-35
Unterzeichnete Kopie 1	
Hersteller:	SOMMER energy GmbH Hauptstr. 52 37355 Deuna
Geltungsbereich	
Produkt:	Blockheizkraftwerke
Typ:	siehe Tabelle 1
Software Version:	siehe Tabelle 2
Hilfsaggregate der VKM:	siehe Tabelle 4 und Tabelle 5
Auflagen:	- Blindleistungsgenauigkeit (SH 265 - Familie) - Schutzeinrichtung, Wiederzuschaltungsbedingungen und Spannungsüberwachung - Auslegung Schütze - Überspannungen bei LVRT Details, siehe Tabelle 7 (u.a. für Woodward easYgen)
Validierte Modelle	Sommer_FRT_SH-65_20151103_rel3_enc.pfd, MD5: 22fed74d60ce883cf469433115691612; Sommer_Familie_SH- 265_20180720_rel5enc_pf2015.pfd, MD5: 1acdb636793a161e5187f2e93f3b6f3e
Richtlinien und Verordnungen:	BDEW Technische Richtlinie Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz, 2008 inkl. 4. Ergänzung FGW TR3 Rev. 23, FGW TR 4 Rev. 07
Zertifizierungssystem:	FGW TR8 Rev. 06 inkl. der Ergänzung „Anhang H“ vom 22.09.2014
Gültig ab:	01.02.2016
Gültig bis:	31.01.2021
Mitgeltende Unterlagen:	Anhang A bis Anhang E Bewertungsberichte MOE 15-0135-34, MOE 15-0135-31, MOE 15-0135-09, Validierungsbericht MOE 15-0135-07 & MOE 15-0135-08, LVRT-Übertragungsberichte MOE 15-0135- 13, MOE 15-0135-14, MOE 15-0135-15, MOE 15-0135-16 und MOE 15-0135-23, Bewertungsbericht Übertragung MOE 15- 0135-17 und MOE 15-0135-24

Itzehoe – Germany 09.08.2018

Geprüft:



Erstellt:

Tobias Busboom, M.Eng.

Samuel Voß, M.Eng.

Stellv. Leiter der Zertifizierungsstelle

Senior Experte der Zertifizierungsstelle



0 Vorwort

Dieses Zertifikat ist für die in Tabelle 1 aufgelisteten Verbrennungskraftmaschinen der SOMMER energy GmbH gültig. Das bestehende Zertifikat MOE 15-0135-26 sowie die Gültigkeitserklärung MOE 15-0135-33 wird durch dieses Zertifikat ersetzt und es werden weitere Familienmitglieder ergänzt. Außerdem wird eine zusätzliche Steuerung für die SOMMER energy GmbH aufgenommen. Die Bewertung dazu ist in dem Bewertungsbericht MOE 15-0135-34 enthalten.

Die gültigen Softwareversionen sind in der Tabelle 2 angegeben. Die in diesem Zertifikat genannten elektrischen Charakteristika können nur für die genannten Softwareversionen sicher reproduziert werden. Alle zu einem späteren Zeitpunkt gültigen Versionen werden in einer Liste veröffentlicht, die unter „<http://moe-service.net/de/downloads/erstelte-zertifikate>“ -> “Liste der erstellen EZE-Zertifikate” zum Download bereit steht.

In diesem Einheitszertifikat sind ausschließlich die Ergebnisse dargestellt. Für die jeweiligen Nachweise wird auf die entsprechenden Berichte verwiesen (siehe Deckblatt des Zertifikats „Mitgeltende Unterlagen“).



1 Beschreibung der VKM

Der prinzipielle Aufbau der Erzeugungseinheit ist Abbildung 1 dargestellt. Die VKM besteht aus einer Antriebsmaschine der Firma MAN, einem Generator der Firma Leroy Somer, den Hilfsaggregaten sowie den Regelungs- / Steuerungssystemen. Eine Auflistung der Varianten sowie der getesteten Komponenten ist Tabelle 1 bis Tabelle 6 zu entnehmen.

Der Betrieb der VKM erfolgt über einen AVR der Firma Leroy Somer der die $\cos \varphi$ / Blindleistungsregelung übernimmt. Die Synchronisierungseinheit stimmt Generator- und Netzspannung für das Zuschalten der Einheit aufeinander ab, daraufhin schaltet der Kuppelschalter den Generator an das Netz.

Mit Hilfe des AVR kann die Blindleistung geregelt werden und anhand der Motorsteuerung bzw. der Primärenergiezufuhr die Wirkleistung. Die Steuerungseinheit stellt dabei die übergeordnete Regelungsstruktur dar. Über ein Interface sind die Parameter aller Komponenten einstellbar.

Die Einheit wird von der SOMMER energy GmbH gefertigt. Hierfür liegt eine gültige ISO 9001 Urkunde vor. Dieses Zertifikat ist nur gültig, solange für die SOMMER energy GmbH eine gültige ISO 9001 Urkunde vorliegt.

Tabelle 1: Relevante Erzeugungseinheiten

Nr.	Typ ¹⁾	Elektrische Nennleistung (kW)	Spannung (V)	Generator Typbezeichnung	Antriebsmaschine Typbezeichnung
1	SH 50	50	400	Leroy Somer LSA 44.3 S4	MAN E0836
2	SH 50-2	50	400	Leroy Somer LSA 44.3 S3	MAN E0834
3	SH 65	65	400	Leroy Somer LSA 44.2 VS3	MAN E0834
4	SH 65-2	65	400	Leroy Somer LSA 44.3 S4	MAN E0834
5	SH 70	70	400	Leroy Somer LSA 44.3 S5	MAN E0836
6	SH 75	75	400	Leroy Somer LSA 44.3 S5	MAN E0836
7	SH 75-1	75	400	Leroy Somer LSA 44.2 VS45	MAN E0836
8	SH 100	100	400	Leroy Somer LSA 44.3 L10	MAN E0836



Nr.	Typ ¹⁾	Elektrische Nennleistung (kW)	Spannung (V)	Generator Typbezeichnung	Antriebsmaschine Typbezeichnung
9	SH 100-2	100	400	Leroy Somer LSA 44.2 M95	MAN E0836
10	SH 120	120	400	Leroy Somer LSA 46.2 M5	MAN E2876
11	SH 125	125	400	Leroy Somer LSA 46.2 M5	MAN E2876
12	SH 125-1	125	400	Leroy Somer LSA 46.3 S3	MAN E2676
13	SH 135	135	400	Leroy Somer LSA 46.2 M5	MAN E2876
14	SH 135-1	135	400	Leroy Somer LSA 46.3 S3	MAN E2876
15	SH 140	140	400	Leroy Somer LSA 46.2 M5	MAN E2876
16	SH 160	160	400	Leroy Somer LSA 46.2 L9	MAN E2876
17	SH 160-1	160	400	Leroy Somer LSA 46.3 M7	MAN E2676
18	SH 170	170	400	Leroy Somer LSA 46.2 L6	MAN E2876
19	SH 190	190	400	Leroy Somer LSA 46.2 L9	MAN E2876
20	SH 190-1	190	400	Leroy Somer LSA 46.3 M7	MAN E2676
21	SH 190-2	190	400	Leroy Somer LSA 46.3 M7	MAN E2876
22	SH 210	210	400	Leroy Somer LSA 46.2 VL12	MAN E2676
23	SH 210-1	210	400	Leroy Somer LSA 46.2 VL12	MAN E2876



Nr.	Typ ¹⁾	Elektrische Nennleistung (kW)	Spannung (V)	Generator Typbezeichnung	Antriebsmaschine Typbezeichnung
24	SH 210-2	210	400	Leroy Somer LSA 46.3 L10	MAN E 2676
25	SH 240	240	400	Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p	MAN E2842
26	SH 250	250	400	Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p	MAN E2848
27	SH 265	265	400	Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p	MAN E2848
28	SH 300	300	400	Leroy Somer LSA 47.2 M7	MAN E 3268
29	SH 350	350	400	Leroy Somer LSA 47.2 L9	MAN E2842
30	SH 350-2	350	400	Leroy Somer LSA 47.2 M7	MAN E3268
31	SH 350-3	350	400	Leroy Somer LSA 47.2 L9	MAN E3268
32	SH 380	380	400	Leroy Somer LSA 47.2 L9	MAN E2842
33	SH 400	400	400	Leroy Somer LSA 47.2 L9	MAN E2842
34	SH 400-2	400	400	Leroy Somer LSA 47.2 M8	MAN E2842
35	SH 430	430	400	Leroy Somer LSA 49.3 S4	MAN E2842
36	SH 530	530	400	Leroy Somer LSA 49.1 M6	MAN E3262
37	SH 530-2	530	400	Leroy Somer LSA 49.1 S4	MAN E3262



Nr.	Typ ¹⁾	Elektrische Nennleistung (kW)	Spannung (V)	Generator Typbezeichnung	Antriebsmaschine Typbezeichnung
38	SH 530-3	530	400	Leroy Somer LSA 49.3 S4	MAN E3262

Anmerkung: Die Antriebsmaschinen werden gemäß Herstellerangaben der MAN Truck & Bus AG mit Erdgas, Biogas und Deponiegas betrieben.



Tabelle 2: Softwarestände

Softwarestände	
Softwaremodul	Version
BHKW-Steuerung auf Siemens Simatic S7	SH 1.7
Woodward easYgen 3500	Option K36, Softwareversion 3.0017
AVR/ cos φ – Regler von Leroy Somer D510C	Firmware 2.20
Ziehl UFR 1001E, Entkupplungsschutzeinrichtung	Geprüfte Version: 0-01 und 0-05 Zugelassene Version: 0-0x mit x = 1 und höher Quelle: Bureau Veritas; Konformitätsnachweis, Zertifikatsnummer: 12-095_1

Anmerkung: Alle zu einem späteren Zeitpunkt gültigen Softwareversionen werden in einer Liste veröffentlicht, die unter www.moe-service.com/de/downloads/erstelte-zertifikate/ zum Download bereit steht.

Tabelle 3: Weitere Komponenten der Familienmitglieder

	EZE 1 – EZE 38
Spannungsregler	Leroy Somer D510C
Steuerungssystem	BHKW-Steuerung auf Siemens Simatic S7 bzw. Woodward easYgen 3500 Option K36
Energiemessmodul	In Steuerung integriert
Netzkopplung	AVR von Leroy Somer D510C
Leistungsschalter	projektspezifisch ¹⁾

Anmerkung: Die Leistungsschalter sind nicht Bestandteil der Zertifizierung. Die Dimensionierung muss gemäß den projektspezifischen Anforderungen (Kurzschlussfestigkeit, Abschaltvermögen, etc.) erfolgen. Das Schutzkonzept ist projektspezifisch zu prüfen.

Tabelle 4: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate mit Elektronik, siehe /17/

Hilfsaggregat	Typ	Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM?
-	-	-

Anmerkung: Eine Auflistung aller geprüften Hilfsaggregate (technisch relevante) ist unter www.moe-service.com/de/downloads/erstelte-zertifikate/ zu finden.



Tabelle 5: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate ohne Elektronik, siehe /17/

Hilfsaggregat	Typ	Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM?
Interne-/ Externe Pumpe	Asynchronmaschine	Ja
Gem.- kühlerpumpe		Ja
Gemischk.- ventilator (nur beim Typ SH 250 bzw. SH 265)		Ja
Ablüfter		Ja

Anmerkung: Eine Auflistung aller zusätzlich geprüften Hilfsaggregate (technisch relevante) ist unter www.moe-service.com/de/downloads/erstelte-zertifikate zu finden.

Tabelle 6: Liste der verbauten Wandler (gem. /17/)

Generator	Spannung (kV)	Spannungswandler	Stromwandler
Keine Wandler verbaut. Die Spannung wird direkt von dem NA-Schutz gemessen.			

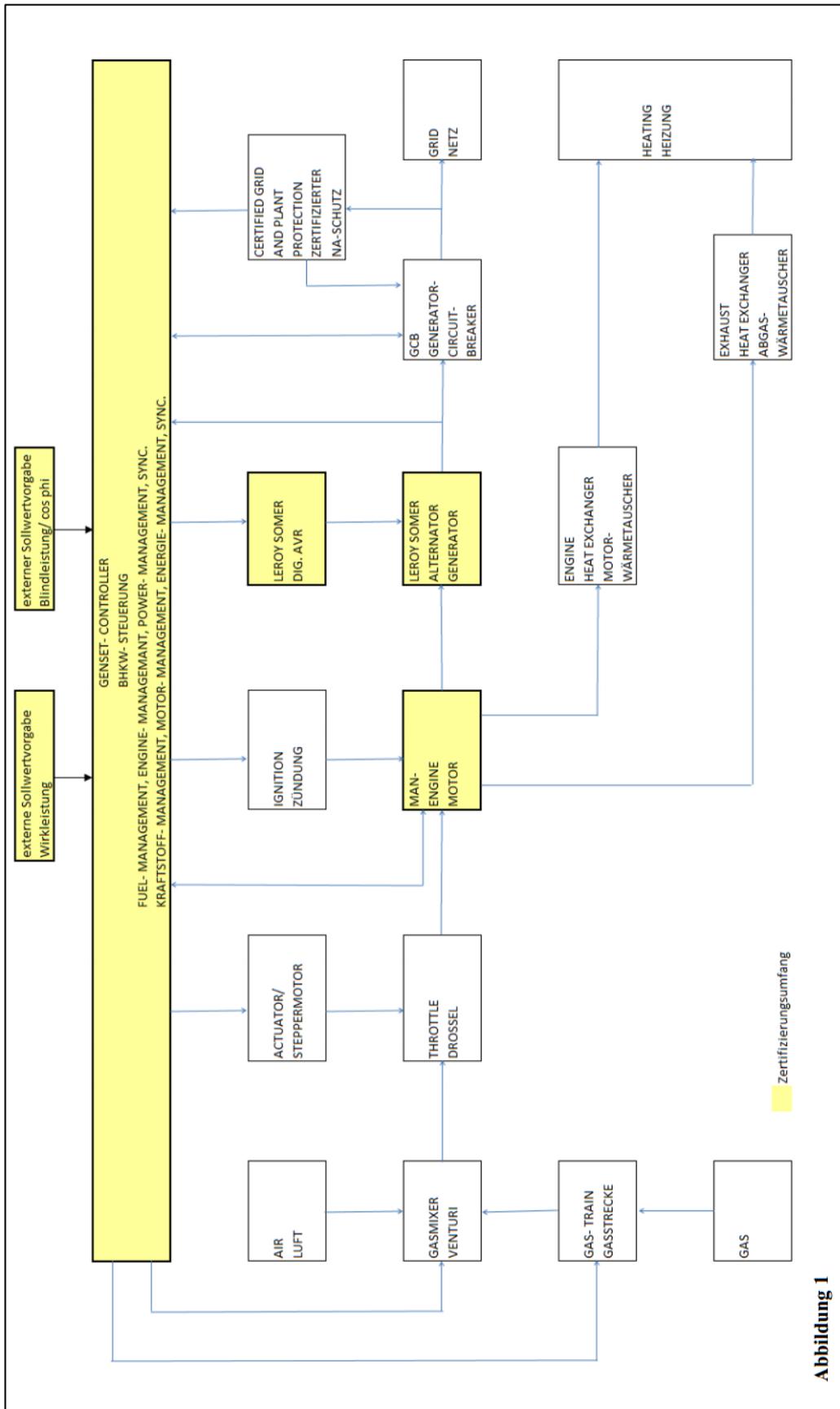


Abbildung 1

Abbildung 1: Blockdiagramm der Baureihe „SH“ (/17/)



2 Auflagen und Hinweise

Tabelle 7: Auflagen

Abweichender Bewertungspunkt	Auflagen bzw. Hinweise
Blindleistungssollwertvorgabe: Toleranzüberschreitung (SH 265 - Familie)	Test und Abgleich der $\cos \varphi$ – Sollwertvorgabe bei der Inbetriebnahme der Familie des SH 265, EZE 13 – 38 gemäß Tabelle 1 (Die Anforderung an die $\cos \varphi$ Genauigkeit von $\pm 0,005$ ist messtechnisch nachzuweisen).
Schutzeinrichtung, Wiederzuschaltbedingungen und Spannungsüberwachung (LVRT- Spannungskurve): NA-Schutz nicht serienmäßig	Bei der Verwendung eines abweichenden NA-Schutzes muss eine Prüfung bei Inbetriebnahme erfolgen, welche sicherstellt, dass die Anforderungen an die Schutzeinrichtung und Wiederzuschaltgrenzwerte eingehalten werden. Zusätzlich muss die Spannungsüberwachung überprüft werden (LVRT-Spannungskurve). Die Anforderungen an die Schutzeinrichtung kann auch durch ein Komponentenzertifikat nachgewiesen werden.
Schütze	Die Dimensionierung der Leistungsschalter muss projektspezifisch vorgenommen und überprüft werden.
Hinweis bzgl. Überspannung	<p>Es kann bei der Simulation nach Fehlerklärung zu Spannungsüberhöhungen von bis zu 118,3 % kommen. Dieses entsprechend zu berücksichtigen ist. Diese Überschreitung der 1,15 U_n-Schwelle liegt bei dem SH-350-3 für 230 ms vor. Die längste Überschreitung tritt beim SH 530-3 mit 471 ms auf. Hierbei tritt ein Maximum von 116,5 % U_n auf.</p> <p>Die Schwelle von 1,15 U_n wird bei den EZE-Nr. 31, 34 und 38 überschritten.</p> <p>Die Überspannungen treten in der Familienbildung auf, bei der eine sehr geringe Netzkurzschlussleistung von 15 MVA angenommen wird. In realen Netzen werden mit höheren Netzkurzschlussleistungen diese Überschreitungen unter Umständen nicht vorkommen.</p>
Blindleistungsvermögen	Die Blindleistungsgrenzwerte von 0,95 untererregt bis 0,95 übererregt stellen die messtechnisch nachgewiesenen Default-Grenzwerte dar. 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.



Bei Verwendung der Woodward easYgen 3500-Steuerung Option K36 statt Siemens Simatic S7

Blindleistungsbereitstellung:

Die Regelungsfunktion Q(U) mit der Woodward easYgen-Steuerung ist ungeprüft. Die Bestandsmessung kann nicht herangezogen werden.

Wirkleistungsgradient nach Spannungslosigkeit:

Es ist projektspezifisch mit dem Netzbetreiber abzustimmen, ob ein Nachweis der Einhaltung von maximal 10 % P_n / min erforderlich ist, oder ob der Nachweis ausreichend ist, dass der gemittelte Gradient unter 10 % P_n / min liegt.

Anhang A zum Zertifikat

Anhang A zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35

Darstellung der elektrischen
Eigenschaften

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“



1	Allgemeines	3
2	Relevante Testberichte	3
3	Relevante Nenndaten der VKM	4
4	Darstellung der Ergebnisse.....	7
5	Übertragbarkeit.....	7
6	Wirkleistungsabgabe.....	10
6.1	Maximale Wirkleistung	10
6.2	Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	11
6.3	Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz.....	15
7	Zuschaltbedingungen	19
7.1	Grenzwerte für Wiedereinschaltung.....	19
7.2	Verhalten bei Wiedereinschaltung / Wirkleistungsgradient.....	20
8	Blindleistungsbereitstellung.....	23
8.1	Maximaler Blindleistungsstellbereich (a).....	23
8.2	Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe (b)	31
8.3	Q-Übergangsfunktion.....	33
8.4	Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung ($\cos \varphi_{(U)}$ -Kennlinie).....	37
8.5	Verschiebungsfaktor in Abhängigkeit der Wirkleistung ($\cos \varphi_{(P)}$ -Kennlinie)	42
9	Netzurückwirkungen	43
9.1	Flicker im Dauerbetrieb.....	44
9.2	Schalthandlungen.....	44
9.3	Oberschwingungen, Zwischenharmonische und Hochfrequente.....	46
10	Verhalten bei Störungen im Netz.....	57
10.1	Low Voltage Ride Through (LVRT) Typ 1	57
10.2	Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge (Typ 1).....	68
10.3	Leistungssteigerung nach Fehlerklärung.....	70
11	Schutzeinrichtungen.....	71
11.1	Allgemeines	71
11.2	Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz.....	73
11.3	Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz	74
11.4	Eigenschutz.....	75
12	Validiertes Modell der Einheit.....	77
13	Veröffentlichung	85
14	Referenzen	86



1 Allgemeines

In diesem Anhang A zum Einheitszertifikat werden die Ergebnisse des Einheitszertifikats dargestellt. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgte in einem separaten Bericht (siehe Einheitszertifikat, mitgelieferte Unterlagen).

2 Relevante Testberichte

Der in Tabelle 8 aufgelistete Testbericht findet in dem Bewertungsbericht MOE 15-0135-09 bzw. diesem Einheitszertifikat Berücksichtigung.

Tabelle 8: Relevante Testberichte

Testbericht	Richtlinie	Verweis	Bemerkung
NV14009B2 - Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 65 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland	FGW TR 3 Rev. 23 /1/	/11/	Elektrische Eigenschaften, Power Quality, Wirk- und Blindleistungsverhalten, Verhalten bei Störungen im Netz der SH 65
NV13028B3 - Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland	FGW TR 3 Rev. 23 /1/	/10/	Elektrische Eigenschaften, Power Quality, Wirk- und Blindleistungsverhalten, Verhalten bei Störungen im Netz der SH 265

Hinweis:

Die Vermessungen der SH 65 und SH 265 wurden in Aachen/Deutschland auf einem Prüfstand des Instituts für Hochspannungstechnik der RWTH Aachen durchgeführt. Die Aggregate wurden jeweils an einen Transformator angeschlossen, der netzseitig verbunden ist. Es waren keine weiteren Anlagen an diesen Transformator angeschlossen.



3 Relevante Nenndaten der VKM

Im Zertifikat sind sowohl die Ergebnisse der vermessenen Variante, als auch die für die vollständige Baureihe anzugeben. Daher zeigt Tabelle 9 die Nenndaten der vermessenen EZE.

Tabelle 9: Nenndaten der vermessenen EZE

Verbrennungskraftmaschine SH 65			
Nennscheinleistung	68,43 kVA	Nennstrom ¹⁾	93,8 A
Nennwirkleistung	65 kW		
Nennfrequenz	50 Hz	Nennspannung	400 V (Leiter-Leiter-Spg.)
Verbrennungskraftmaschinen SH 265			
Nennscheinleistung	278,95 kVA	Nennstrom ¹⁾	382,5 A
Nennwirkleistung	265 kW		
Nennfrequenz	50 Hz	Nennspannung	400 V (Leiter-Leiter-Spg.)

Anmerkungen:

1) Nennstrom gemäß Messberichte /10/ und /11/. Dieser liegt jeweils bei $\cos \varphi = 1$ vor.

Nach Herstellerangaben (siehe auch Bewertungsbericht MOE 15-0135-09) besitzen die einzelnen Varianten der Baureihe „SH“ die Nennwerte gemäß Tabelle 10.

Tabelle 10: Nenndaten der einzelnen Varianten

Nr.	Antriebsmaschine	Generator (Leroy Somer)	$U_{n \text{ VKM}}^{1)}$ in V	$P_{n \text{ max VKM}}^{2)}$ in kW	$S_{n \text{ max VKM}}^{3)}$ in kVA	$I_{n \text{ VKM}}^{4)}$ in A
1	MAN E0836	Leroy Somer LSA 44.3 S4	400	50	52,64	76,28
2	MAN E0834	Leroy Somer LSA 44.3 S3	400	50	52,64	76,28
3	MAN E0834	Leroy Somer LSA 44.2 VS3	400	65	68,43	99,18
4	MAN E0834	Leroy Somer LSA 44.3 S4	400	65	68,43	99,18
5	MAN E0836	Leroy Somer LSA 44.3 S5	400	70	73,68	106,79
6	MAN E0836	Leroy Somer LSA 44.3 S5	400	75	78,95	114,42
7	MAN E0836	Leroy Somer LSA 44.2 VS45	400	75	78,95	114,42



Nr.	Antriebsmaschine	Generator (Leroy Somer)	$U_{n \text{ VKM}}^{1)}$ in V	$P_{n \text{ max VKM}}^{2)}$ in kW	$S_{n \text{ max VKM}}^{3)}$ in kVA	$I_{n \text{ VKM}}^{4)}$ in A
8	MAN E0836	Leroy Somer LSA 44.3 L10	400	100	105,27	152,56
9	MAN E0836	Leroy Somer LSA 44.2 M95	400	100	105,27	152,56
10	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 M5	400	120	126,32	183,07
11	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 M5	400	125	131,58	190,70
12	MAN E2676	Leroy Somer LSA 46.3 S3	400	125	131,58	190,70
13	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 M5	400	135	142,11	205,95
14	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.3 S3	400	135	142,11	205,95
15	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 M5	400	140	147,37	223,58
16	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 L9	400	160	168,42	244,09
17	MAN E2676	Leroy Somer LSA 46.3 M7	400	160	168,42	244,09
18	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 L6	400	170	178,95	259,35
19	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 L9	400	190	200,00	289,86
20	MAN E2676	Leroy Somer LSA 46.3 M7	400	190	200,00	289,86
21	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.3 M7	400	190	200,00	289,86
22	MAN E2676	Leroy Somer LSA 46.2 VL12	400	210	221,05	320,37
23	MAN E2876	Leroy Somer LSA 46.2 VL12	400	210	221,06	320,37
24	MAN E2676	Leroy Somer LSA 46.3 L10	400	210	221,06	320,37



Nr.	Antriebsmaschine	Generator (Leroy Somer)	$U_{n \text{ VKM}}^{1)}$ in V	$P_{n \text{ max VKM}}^{2)}$ in kW	$S_{n \text{ max VKM}}^{3)}$ in kVA	$I_{n \text{ VKM}}^{4)}$ in A
25	MAN E2842	Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p	400	240	252,64	366,15
26	MAN E2848	Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p	400	250	263,16	381,39
27	MAN E2848	Leroy Somer LSA 47.2 VS2 / 4p	400	265	278,95	404,28
28	MAN E3268	Leroy Somer LSA 47.2 M7	400	300	315,79	455,80
29	MAN E2842	Leroy Somer LSA 47.2 L9	400	350	368,42	533,95
30	MAN E3268	Leroy Somer LSA 47.2 M7	400	350	368,43	533,95
31	MAN E3268	Leroy Somer LSA 47.2 L9	400	350	368,43	533,95
32	MAN E2842	Leroy Somer LSA 47.2 L9	400	380	400,00	579,71
33	MAN E2842	Leroy Somer LSA 47.2 L9	400	400	421,06	610,23
34	MAN E2842	Leroy Somer LSA 47.2 M8	400	400	421,06	610,23
35	MAN E2842	Leroy Somer LSA 49.3 S4	400	430	452,63	655,99
36	MAN E3262	Leroy Somer LSA 49.1 M6	400	530	557,89	808,55
37	MAN E3262	Leroy Somer LSA 49.1 S4	400	530	557,89	808,55
38	MAN E3262	Leroy Somer LSA 49.3 S4	400	530	557,89	808,55

Anmerkungen:

- 1) Hier wird die Nennspannung der VKM gem. Herstellerangaben im Zertifizierungsantrag dargestellt (SOMMER energy GmbH). Die Nennspannung des Generators kann hiervon abweichen, und ist in den entsprechenden Kapiteln tabellarisch angegeben.
- 2) Angegeben ist die maximale Wirkleistung gem. Zertifizierungsantrag.
- 3) Bei maximaler Wirkleistung und maximaler Blindleistung ($\cos \varphi = 0,95$ übererregt) (dieser Wert reduziert sich entsprechend, wenn projektspezifisch die Wirkleistung reduziert wird)
- 4) Nennstrom laut Herstellererklärung bei $\cos \varphi = 0,95$



4 Darstellung der Ergebnisse

In diesem Zertifikat sind – sofern dieses nach TR 8 /2/ gefordert ist – die Ergebnisse der Typvermessung mit aufgeführt.

5 Übertragbarkeit

Die detaillierte Beschreibung der Übertragbarkeit der Messergebnisse findet unter jedem folgendem Kapitel statt.

Elektrisches Verhalten und Verhalten im Fehlerfall

Die vermessenen Varianten haben eine Nennleistung von 65 und 265 kW. Die Testergebnisse können gem. FGW TR 8 /2/ Anhang H unter bestimmten Voraussetzungen in einem Bereich von $0,5 \cdot P_{n,vermessen}$ bis $2 \cdot P_{n,vermessen}$ übertragen werden. In dem vorliegenden Bericht wäre dies eine Leistungsspanne von 32,5 kW bis 530 kW.

Die Anforderungen gemäß FGW TR 8, neuer Anhang H /3/ wurden im Bewertungsbericht MOE 15-0135-09 überprüft und positiv bewertet.

Im Normalfall sind für nicht-LVRT-Tests alle Testergebnisse, die auf die Nennleistung (P_n) oder den Nennstrom (I_N) bezogen sind, unverändert zu übertragen, sofern keine Gründe vorliegen hiervon abzuweichen.

Die Verbrennungskraftmaschinen mit der Bezeichnung SH 65 und SH 265 (Nr. 3 + 27 gemäß Tabelle 10) wurden vollständig vermessen. Die Varianten der beiden Familien sind baugleich. Der Spannungsregler ist gemäß Herstellererklärung /17/ identisch.

Tabelle 11: Zuordnung für die Übertragung

BHKW - Typ	Nennleistung P_n	Ergebnisse für die Übertragung des vermessenen BHKW	
		LVRT	Elektrische Eigenschaften exkl. LVRT
SH 50	50 kW	SH 65	SH 65
SH 50-2			
SH 65			
SH 65-2	65 kW		
SH 70			
SH 75	75 kW		
SH 75-1			



BHKW - Typ	Nennleistung P _n	Ergebnisse für die Übertragung des vermessenen BHKW	
		LVRT	Elektrische Eigenschaften exkl. LVRT
SH 100	100 kW	SH 265	SH 265
SH 100-2			
SH 120	120 kW		
SH 125 ¹⁾			
SH 125-1 ¹⁾	125 kW		
SH 135			
SH 135-1	135 kW		
SH 140			
SH 160	160 kW		
SH 160-1			
SH 170	170 kW		
SH 190			
SH 190-1	190 kW		
SH 190-2			
SH 210	210 kW		
SH 210-1			
SH 210-2			
SH 240	240 kW		
SH 250			
SH 265	265 kW		
SH 300			
SH 350	350 kW		
SH 350-2			
SH 350-3			
SH 380	380 kW		
SH 400			
SH 400-2			



BHKW - Typ	Nennleistung P _n	Ergebnisse für die Übertragung des vermessenen BHKW	
		LVRT	Elektrische Eigenschaften exkl. LVRT
SH 430	430 kW		
SH 530	530 kW		
SH 530-2			
SH 530-3			

Allgemeine technische Informationen zur Übertragbarkeit

Nachfolgend werden die wesentlichen Baugruppen der VKM für die Übertragung aufgeführt und bzgl. der Übertragbarkeit beschrieben.

Tabelle 12: Allgemeine Informationen zur Übertragbarkeit

Übertragbarkeit		
	Beschreibung	Quelle
Verbrennungskraftmaschinentyp	Gem. der Herstellererklärung sind keine unterschiedlichen Verbrennungstechnologien vorgesehen.	/17/
Spannungsregler	Die Spannungsregler in den EZEn unterscheiden sich nicht voneinander.	/17/
Leistungs-/Drehzahlregler	Gem. der Herstellerangabe reagiert der Leistungs-/Drehzahlregler nicht innerhalb der BDEW-Grenzlinie 1. Aus diesem Grund muss der Drehzahlregler nicht im Modell berücksichtigt werden muss. Durch die Modellvalidierung wird bestätigt, dass der Leistungsregler innerhalb der Grenzlinie 1 nicht reagiert, da das Modell ohne Drehzahlregler die EZE mit konstanter Antriebsleistung abbildet und hiermit eine gute Übereinstimmung der Wirkleistungsverläufe erreicht.	/46/
Synchrongenerator	Es werden nur Synchrongeneratoren von einem Hersteller verwendet.	/17/
EZE mit gleicher Nennleistung (unterschiedlichen Ausführungsvarianten)	Die EZE mit einer Nennleistung von 50, 65, 75, 100, 125, 135, 160 und 400kW liegen in zwei und die EZE mit einer Nennleistung von 190, 210, 350 und 530 kW liegen in drei unterschiedlichen Ausführungsvarianten vor. Hierbei variiert der Generator bzw. die Antriebsmaschine der EZE (Vgl. Tabelle 10). Alle weiteren Ausführungen sind baugleich.	/18/ /47/



	<p>Ansonsten sind gemäß Zertifizierungsantrag keine Varianten mit gleicher Nennleistung (unterschiedliche Ausführungsvarianten) geplant.</p> <p>Es wurde die EZE des ungünstigen Falles (in Bezug auf den Generator) vermessen.</p>	
--	---	--

6 Wirkleistungsabgabe

6.1 Maximale Wirkleistung

In Tabelle 13 ist die maximale elektrische Leistung der EZE bei verschiedenen Mittelungszeiten aufgelistet. Die Angabe bezieht sich auf die projektspezifische Nennwirkleistung der VKM (P_n). Es sind die Ergebnisse der Vermessung angegeben.

Die Ergebnisse können in Bezug auf die (projektspezifische) Nennwirkleistung auf die anderen Varianten übertragen werden (siehe auch Tabelle 11).

Tabelle 13: Maximale Ausgangsleistung des SH 65 65kW

	600 s Mittelwert	60 s Mittelwert	0,2s Mittelwert
Maximale Ausgangsleistung in kW	$P_{600} = 64,29$	$P_{60} = 64,37$	$P_{0,2} = 65,03$
Maximale Ausgangsleistung in P/P_n	$p_{600} = 0,99$	$p_{60} = 0,99$	$p_{0,2} = 1,00$

Tabelle 14: Maximale Ausgangsleistung des SH 265 265kW

	600 s Mittelwert	60 s Mittelwert	0,2s Mittelwert
Maximale Ausgangsleistung in kW	$P_{600} = 264,84$	$P_{60} = 265,68$	$P_{0,2} = 270,85$
Maximale Ausgangsleistung in P/P_n	$p_{600} = 1,00$	$p_{60} = 1,00$	$p_{0,2} = 1,02$



6.2 Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Tabelle 15: Relevante Schnittstelle für die Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Relevante Schnittstelle für die Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	
Analoge Schnittstelle zur Wirkleistungsvorgabe	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	Fünf digitale Eingänge (Kontakteingänge): EISMAN Sollwertvorgabe in 0 %, 30 %, 60 % und 100 % P _n ¹⁾ , 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. /17/)

Vergleich zwischen Sollwert und Istwert der Wirkleistung

Die Tabelle 16 und Tabelle 17 zeigen die Messergebnisse.

Tabelle 16: SH 265 265kW: Vergleich zwischen Sollwert und Istwert der Wirkleistung /10/

Wirkleistung in % von P _n	Wirkleistungs-sollwertvorgabe in kW	Gemessene Wirkleistung in kW	Abweichung in % bezogen auf P _n
100	264,51	270,83	2,385
90	238,02	237,03	-0,374
80	211,53	212,00	0,177
70	185,07	185,40	0,125
60	158,56	159,20	0,242
50	132,11	132,83	0,272
40	105,59	106,30	0,268
30	79,13	79,79	0,249
20...0 ¹⁾	aus	aus	-



Hinweis:

1) Für Blockheizkraftwerke nicht notwendig

Tabelle 17: SH 65 65kW: Vergleich zwischen Sollwert und Istwert der Wirkleistung /11/

Wirkleistung in % von P _n	Wirkleistungs- sollwertvorgabe in kW	Gemessene Wirkleistung in kW	Abweichung in % bezogen auf P _n
100	64,87	64,19	-1,046
90	58,39	57,96	-0,662
80	51,91	51,64	-0,415
70	45,43	45,11	-0,492
60	38,91	38,67	-0,369
50	32,44	32,29	-0,231
40...0 ¹⁾	aus	aus	-

Hinweis:

1) Für Blockheizkraftwerke nicht notwendig

Tabelle 18: Maximale Abweichungen der Wirkleistung vom Sollwert

Maximale Abweichung vom Sollwert		
SH 65 65 kW	Maximale Abweichung (< Sollwert)	-1,05 % von P _n (beim 100 % Sollwert)
	Maximale Abweichung (> Sollwert)	- ¹⁾
SH 265 265 kW	Maximale Abweichung (< Sollwert)	-0,37 % von P _n (beim 90 % Sollwert)
	Maximale Abweichung (> Sollwert)	2,39 % von P _n (beim 100 % Sollwert)

Hinweis:

1) Alle Abweichungen waren negativ d.h. die Wirkleistungsabgabe ist geringer als der Sollwert.

Darstellung der Sprungantwort von 100% P_N auf 50 % P_N

Die Sprungantwort ist in Abbildung 2 und Abbildung 3 für eine Wirkleistungsreduktion von 100 % P_N auf 50 % P_N dargestellt.

Der Test der Sprungantwort zeigt, dass sich die Einstellgenauigkeit des Wirkleistungswertes in dem erlaubten Toleranzbereich von ± 5 % P_N befindet. Die Einschwingzeiten (Tabelle 19) liegen unterhalb des Grenzwertes von 45 s. Die ermittelten Zeiten können absolut auf die anderen nicht vermessenen EZEn übertragen werden.

Tabelle 19: Sprungantwort bei Wirkleistungsvorgabe

Wirkleistungssprungantwort		geforderte Einschwingzeit	gemessene Einschwingzeit
Sollwertsprung von 100 % P _n auf 50 % P _n	SH 65, 65 kW	45 s	34,3 s
	SH 265, 265 kW	45 s	38,2 s

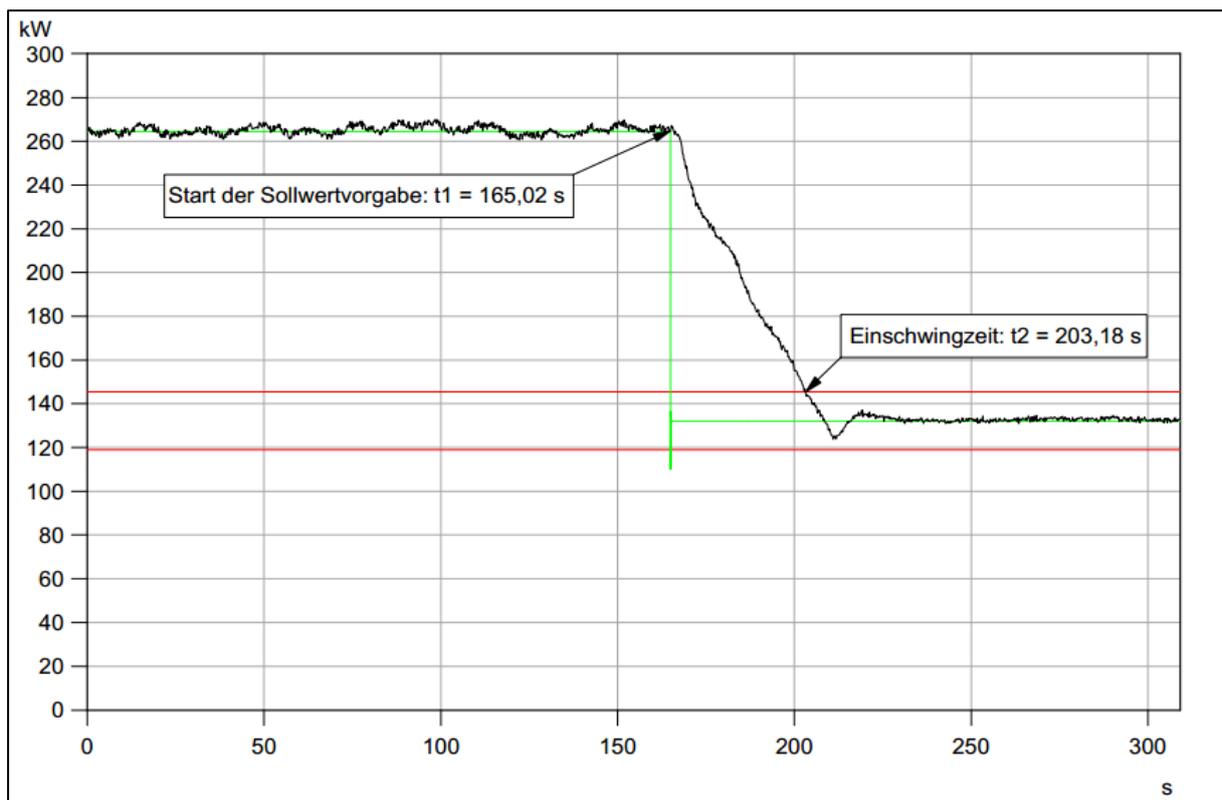


Abbildung 2: SH 265 265 kW: Sprungantwort von 100 % P_n auf 50 % P_n, entnommen aus /10/

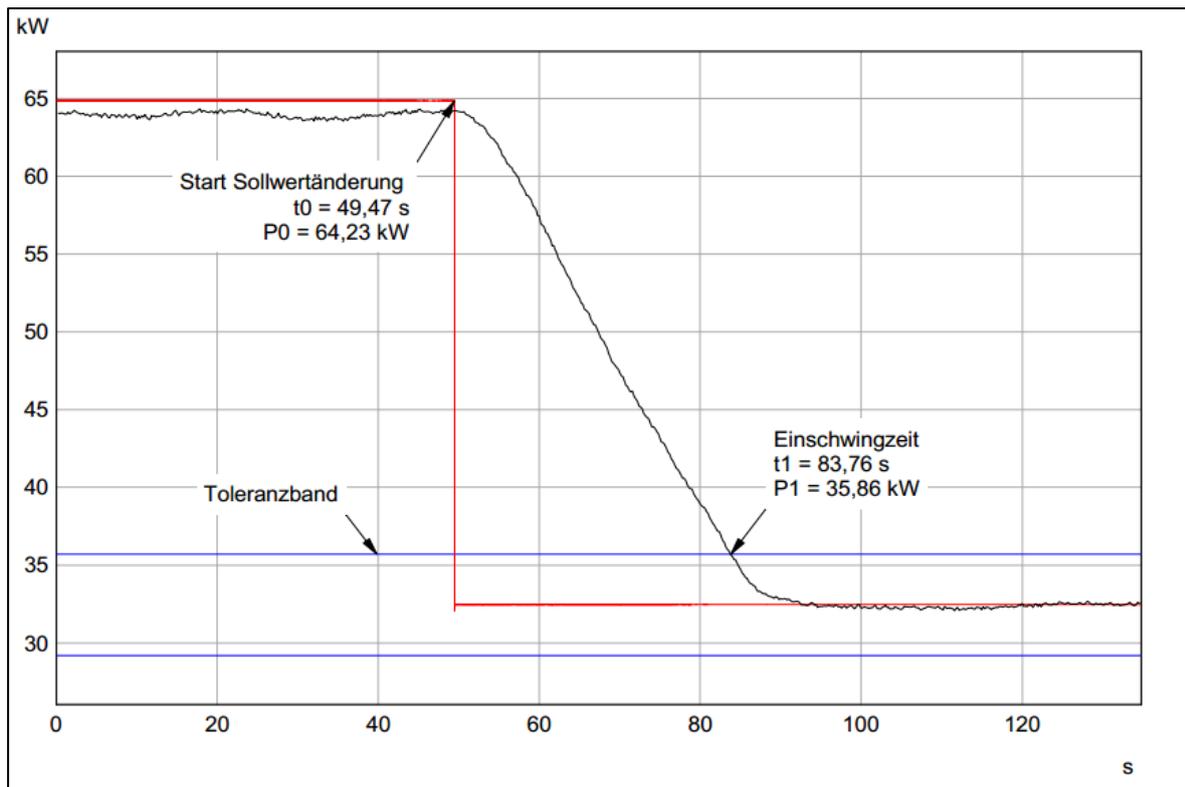


Abbildung 3: SH 65 65 kW: Sprungantwort von 100 % P_n auf 50 % P_n , entnommen aus /11/

Tabelle 20: Übersicht Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe

Wirkleistungsreduktion durch Sollwertvorgabe	
Wirkleistungsreduzierung von 100 % P_n bis 50% P_n ohne Trennung vom Netz möglich?	Ja
Verhalten der Wirkleistung unterhalb von 50 % P_n	Trennung der EZE vom Netz. ¹⁾
Kleinster möglicher Wirkleistungssollwert ohne Trennung vom Netz (Dauerhafter Betrieb möglich)	50 % P_n ¹⁾
Feinere Stufung als 10% P_n möglich?	Ja
Verhalten der EZE bei Sollwertvorgabe $P_n = 0$ %	Sofortige Trennung vom Netz.

Übertragbarkeit

Gemäß Herstellerklärung /17/ wird für alle BHKW Varianten die gleiche Wirkleistungsregelung verwendet. Die Leistungsregelung wird durch eine im Controller implementierte Rampenfunktion begrenzt. Durch den identischen Aufbau mit gleichen Komponenten ist ein ähnliches Verhalten der Sollwertfolge und der Einstellgenauigkeit zu erwarten, sodass die angegebenen Genauigkeiten mit der jeweiligen Nennleistung übertragen werden können. Die Einstellzeiten können von den beiden vermessenen Typen absolut übertragen werden.

Eine Zuordnung für die Übertragung ist in Tabelle 11 zu finden.

6.3 Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

In dem vorliegenden Fall wurde der Test der Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz gemäß /1/ bei Nennleistung durchgeführt.

Auf den folgenden Seiten werden die Ergebnisse dieser Tests dargestellt. In Abbildung 4 bis Abbildung 7 sind die Prüfungen bei Nennleistung dargestellt. Die Messung lässt sich, bezogen auf die (projektspezifische) Nennwirkleistung der VKM, auf andere Varianten übertragen.

Nennleistung

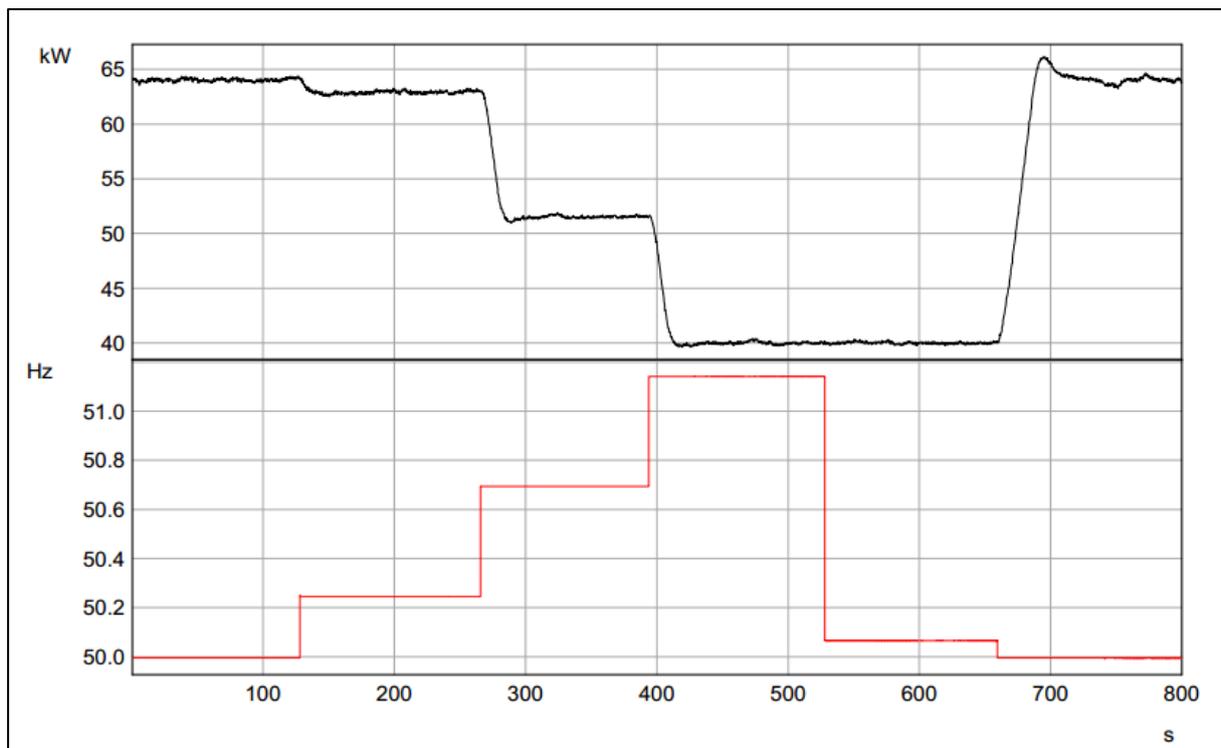


Abbildung 4: SH 65 65 kW: Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz: P über t (statische Darstellung), /11/

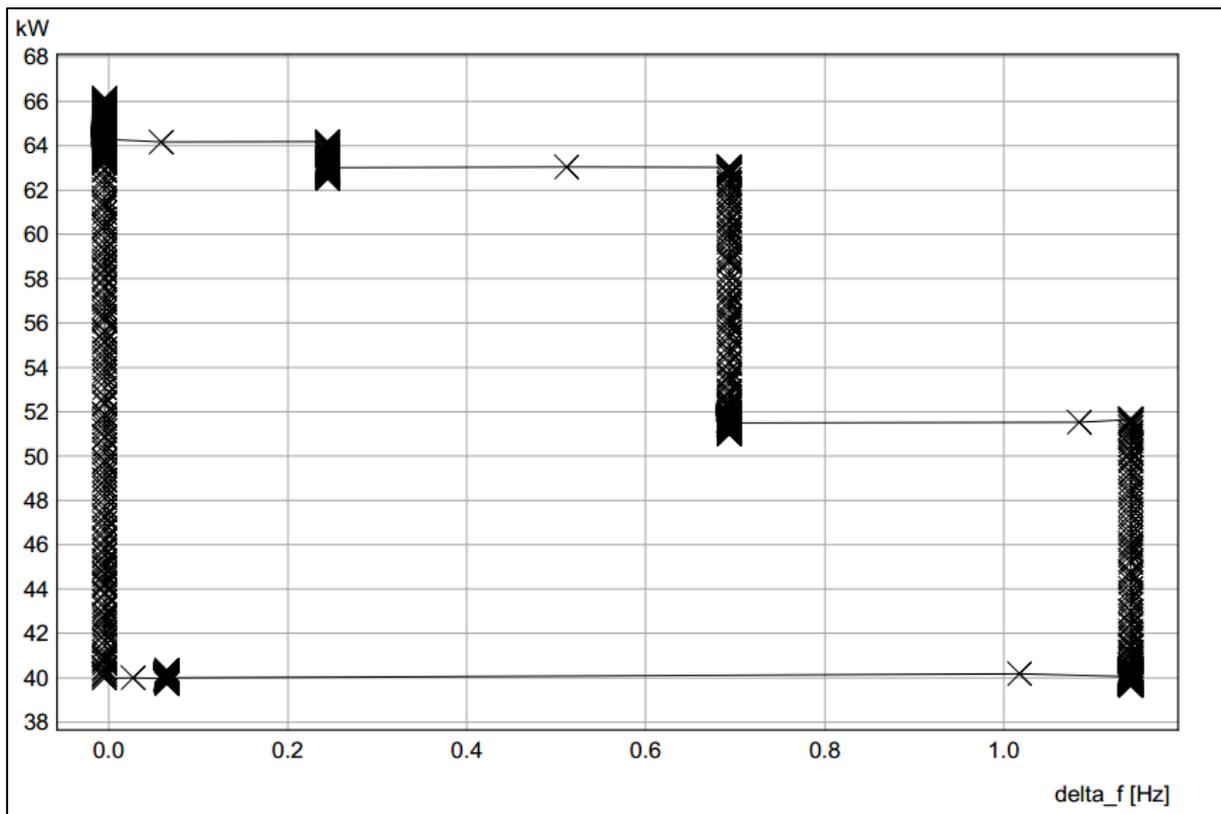


Abbildung 5: SH 65 65 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz (Volllast): P über t (dynamische Darstellung), /11/

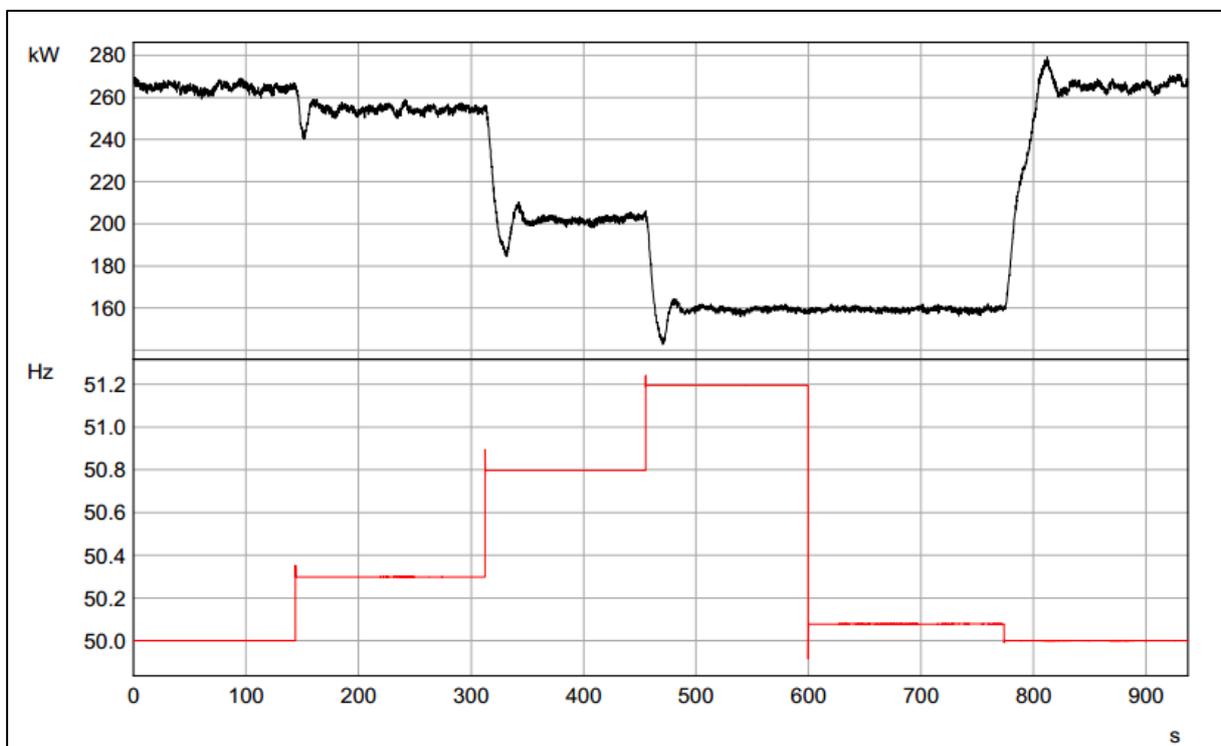


Abbildung 6: SH 265 265 kW: Wirkleistungsreduzierung bei Überfrequenz: P über t (statische Darstellung), /10/

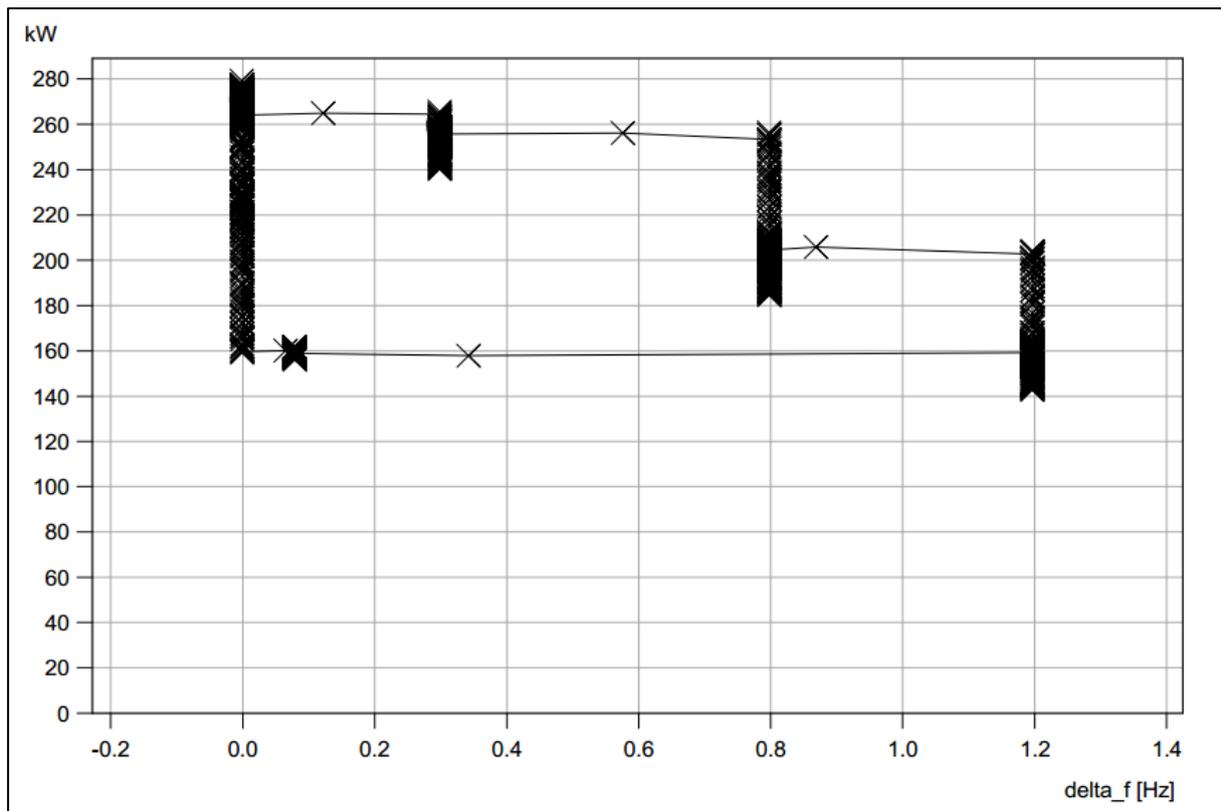


Abbildung 7: SH 265 265 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz (Volllast): P über t (dynamische Darstellung), /10/

Tabelle 21: SH 65 65 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

Frequenz	Δf in Hz	Gradient = $\Delta P/\Delta f$ in kW/Hz	Normierter Gradient = $(\Delta P/P_{\text{available}})/\Delta f$ in %/Hz
50,25 Hz bis 50,70 Hz	0,45	-25,56	-39,83
50,70 Hz bis 51,15 Hz	0,45	-25,78	-40,03
Mittelwert des normierten Gradienten			-39,93

Tabelle 22: SH 265 265 kW: Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz

Frequenz	Δf in Hz	Gradient = $\Delta P/\Delta f$ in kW/Hz	Normierter Gradient = $(\Delta P/P_{\text{available}})/\Delta f$ in %/Hz
50,2 Hz bis 50,80 Hz	0,60	-102,47	-38,35
50,80 Hz bis 51,20 Hz	0,40	-111,63	-41,74
Mittelwert des normierten Gradienten			-40,05



Tabelle 23: SH 65 65 kW: Abweichung des Wirkleistungssollwertes bei Überfrequenz

Simulierte Frequenz	Frequenz-abweichung gegenüber 50 Hz	Gemessene Wirkleistung	Berechneter Wirkleistungssollwert gemäß BDEW MSR 2008	Abweichung P/P _n in %
50,00 ±0,1 Hz	0 Hz	64,18 kW	65,00 kW	-1,26 %
50,20 +0,10 Hz	0,25 Hz	63,07 kW	63,70 kW ¹⁾	-0,97 %
50,70 ±0,10 Hz	0,70 Hz	51,57 kW	52,00 kW ¹⁾	-0,66 %
51,15 ±0,05 Hz	1,15 Hz	39,97 kW	40,30 kW ¹⁾	-0,51 %

Hinweis:

Bei der Berechnung des theoretischen (berechneten) Sollwertes wird davon ausgegangen, dass bei einer Frequenzerhöhung um 0,2 Hz (auf 50,2 Hz) keine Wirkleistungsreduzierung stattfindet. Die bei 50,2 Hz anliegende Wirkleistung von 65 kW wird „eingefroren“ und als Basiswert für die Leistungsreduzierung verwendet.

Tabelle 24: SH 265 265 kW: Abweichung des Wirkleistungssollwertes bei Überfrequenz

Simulierte Frequenz	Frequenz-abweichung gegenüber 50 Hz	Gemessene Wirkleistung	Berechneter Wirkleistungssollwert gemäß BDEW MSR 2008	Abweichung P/P _n in %
50,00 ±0,1 Hz	0 Hz	264,21 kW	265 kW	-0,30 %
50,20 +0,10 Hz	0,3 Hz	264,83 kW	254,4 kW ¹⁾	+3,94 %
50,70 ±0,10 Hz	0,8 Hz	203,35 kW	201,40 kW ¹⁾	0,74 %
51,15 ±0,05 Hz	1,2 Hz	158,70 kW	159,00 kW ¹⁾	-0,11 %

Hinweis:

Bei der Berechnung des theoretischen (berechneten) Sollwertes wird davon ausgegangen, dass bei einer Frequenzerhöhung um 0,2 Hz (auf 50,2 Hz) keine Wirkleistungsreduzierung stattfindet. Die bei 50,2 Hz anliegende Wirkleistung von 265 kW wird „eingefroren“ und als Basiswert für die Leistungsreduzierung verwendet.

Tabelle 25: Verhalten der Wirkleistung unterhalb von 50 % P_n

Verhalten der Wirkleistung unterhalb von 50 % P _n	Sofortige Trennung der VKM vom Netz. ¹⁾
--	--

Hinweis:

Eine projektspezifische Anpassung des Verhaltens der Wirkleistung unterhalb von 50 % P_n ist für alle Typen möglich, hierfür ist eine Absprache mit dem Hersteller nötig. Bei der Vermessung des SH 265 265 kW lag eine abweichende Parametrierung vor, sodass die Einheit bis zu 30 % P_n am Netz verblieben ist. Eine Trennung vom Netz liegt jedoch standardgemäß unterhalb von 50 % P_n vor.

Gemäß Tabelle 23 und Tabelle 24 wird die Toleranz von ± 10 % P_N eingehalten.

Übertragbarkeit

Die angefahrenen Ist-Werte der Wirkleistung liegen deutlich innerhalb der zulässigen Toleranz von $\pm 10\% P_n$.

Gemäß Herstellererklärung /17/ wird die Frequenz zyklisch alle 125 ms erfasst und von der Steuerung gerundet. Diese Steuerung ist für alle BHKW-Varianten identisch. Die relativen, auf die Nennleistung bezogenen Ergebnisse der vermessenen Einheiten können bezogen auf die projektespezifische Nennleistung der Blockheizkraftwerke, direkt und unverändert übertragen werden. Dies betrifft die Gradienten und die Abweichungen.

Eine Zuordnung für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

7 Zuschaltbedingungen

7.1 Grenzwerte für Wiederausaltung

Der Test der Grenzwerte für die Wiederausaltung wurde bestanden (siehe Tabelle 26). Es wurden die Werte gemäß BDEW Mittelspannungsrichtlinie /5/ eingestellt.

Tabelle 26: Ergebnis der Wiederausaltungsbedingungen

Test	Vorgabe	Grenzwert	Wiederausaltungswert (gemessen)	Bewertung
Unterspannung [p.u.]	95% U_N	95% U_N	218,5 V	Erfüllt
Unterfrequenz [Hz]	47,5 Hz	47,5 Hz	47,56 Hz	Erfüllt
Überfrequenz [Hz]	50,05 Hz	50,05 Hz	50,05 Hz	Erfüllt

Relevante Parameter für die Wiederausaltungsgrenzwerte

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

Bemerkung

Bei der Verwendung eines abweichenden NA-Schutzes vom Netzschutzmodul „UFR1001E“ muss eine Prüfung bei Inbetriebnahme erfolgen, welche sicherstellt, dass die Anforderungen an die Wiederausaltungsgrenzwerte eingehalten werden.

7.2 Verhalten bei Wiedereinschaltung / Wirkleistungsgradient

Die Ergebnisse der Prüfung des Wirkleistungsgradienten nach einem Netzfehler können den folgenden Abbildungen entnommen werden.

Während des Tests war der Parameter bei dem SH 265 gem. /10/ für die Warmlaufphase auf 300 s bei 80 kW parametrisiert. Dies entspricht einen absoluten Gradienten von 0,25 kW/s. Dies resultiert bei einer Nennleistung von 265 kW zu einen Gradient von $< 10 \% P_n / \text{min}$, wie er gefordert ist.

Bei der Vermessung des SH 65 war der Parameter gemäß Herstellerangabe für die Warmlaufphase auf 247 s bei 20 kW parametrisiert. Dies entspricht einen absoluten Gradienten von 0,08 kW/s. Dies resultiert bei einer Nennleistung von 65 kW zu einen Gradient von $< 10 \% P_n / \text{min}$, wie er gefordert ist.

Wie Abbildung 8 und Abbildung 9 zeigen, kommt es nach Freigabe zur Synchronisation zu einem sprunghaften Anstieg der Wirkleistung. Der ermittelte Gradient beträgt mehr als $10 \% P_n / \text{min}$. Die Parametrierung lässt sich allerdings eindeutig aus dem Signalverlauf ablesen.

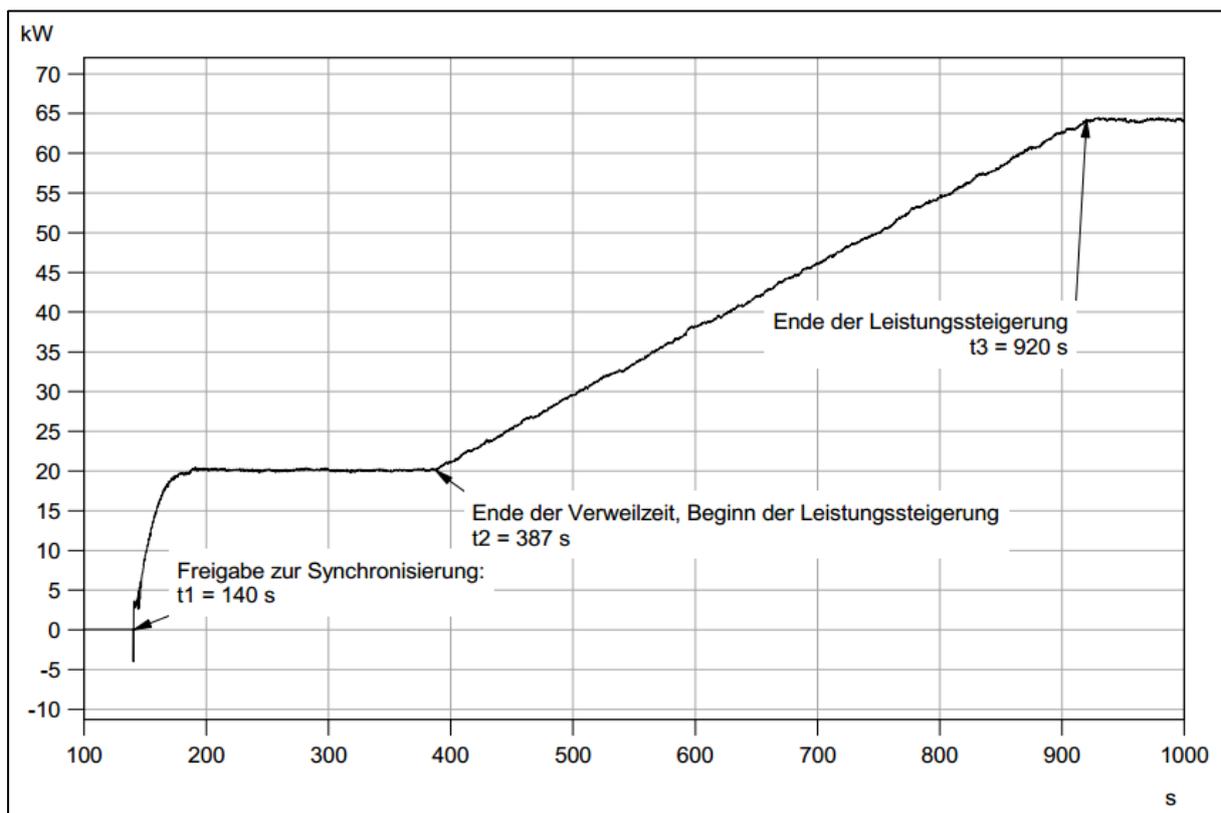


Abbildung 8: SH 65 65 kW: Wirkleistung nach Wiedereinschaltung, /11/

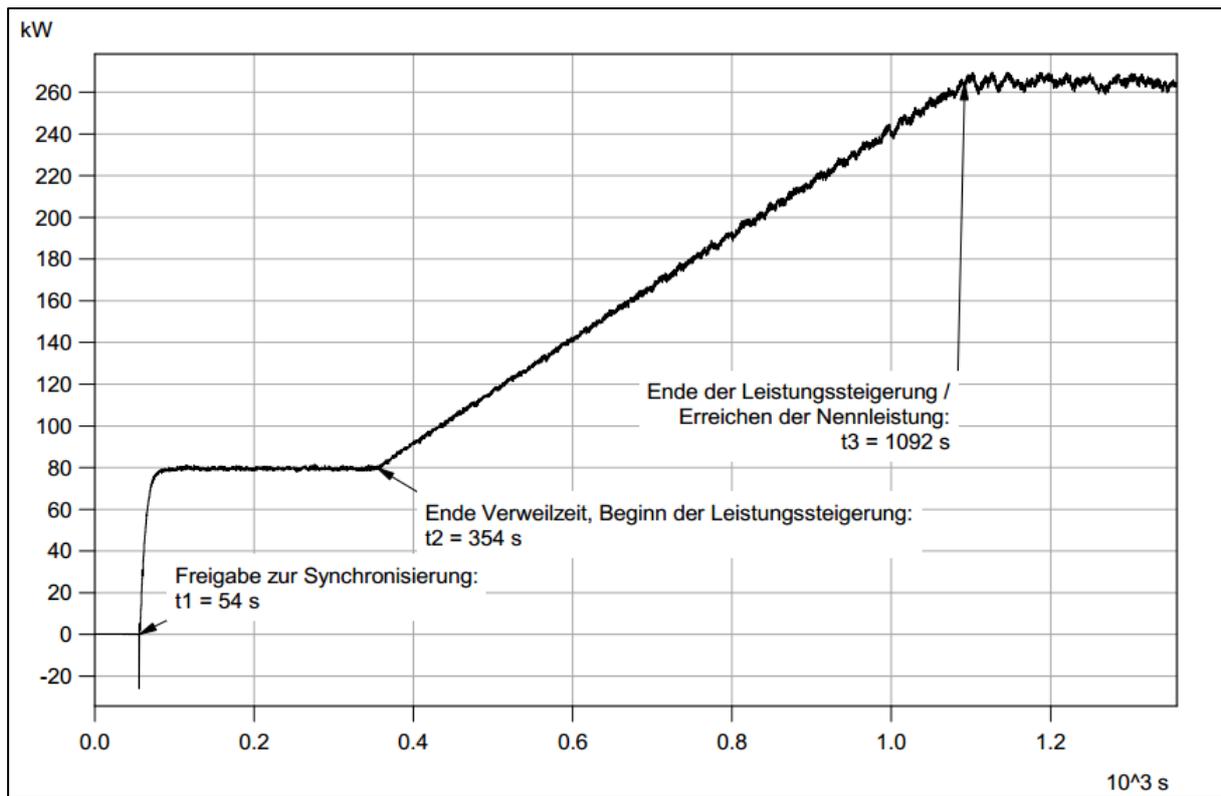


Abbildung 9: SH 265 265 kW: Wirkleistung nach Wiederschaltung, /10/

Das generelle Verhalten der Wirkleistungssteigerung ist konform mit der VKM spezifischen Auswertung gemäß der FGW TR 3. Durch die Wahl des Schrittes auf 80 kW anstatt auf max. 20% P_n kommt es zu Überschreitungen des Gradienten. Die Verstellung des Parameters wird durch eine Herstellerermessung nachgewiesen.

Da die gezeigten Wirkleistungsverläufe nicht den gewünschten Gradienten der Wirkleistungssteigerung $\leq 10 \% P_n / \text{min}$ aufzeigen, wurde im Ermessen der Zertifizierungsstelle eine Nachmessung durch den Hersteller an einem baugleichen SH 160 mit einer Nennleistung von 160 kW durchgeführt.

Während des Tests war der Parameter bei dem SH 160 für die Warmlaufphase auf 240 s bei 32 kW parametrisiert. Dies entspricht einen absoluten Gradienten von 0,13 kW/s. Abbildung 10: zeigt den zeitlichen Verlauf der Wirkleistung nach Wiedereinschaltung.

Die relevanten Parameter werden, bezogen auf die Nennleistung der Erzeugungseinheit, auf diese Standardwerte gesetzt. (vgl. Herstellererklärung /17/)



Abbildung 10: SH 160 160 kW: Wirkleistung nach Wiedereinschaltung

In der Abbildung 10 ist beispielhaft die Wirkleistung während der Messung an einem SH 160 mit 160 kW dargestellt. Da sich die Ergebnisse auf die Nennwirkleistung beziehen, können sie bei identischer Zeit auf die (projektspezifische) Nennwirkleistung der einzelnen Varianten übertragen werden.

Es ergibt sich für den gesamten Zeitraum der Wiedereinschaltung ein gemittelter Gradient von ca. 13 kW / min. Dies entspricht 8,13 % P_n / min. Direkt nach der Netzsynchronisation liegt der Gradient unter diesem Mittelwert, da die Mitte eines 60s Mittelungsintervalls auf den Zeitpunkt der Netzkopplung gelegt werden kann. Der maximale Gradient liegt bei ca. 15,5 kW / min bzw. 9,69 % P_n / min.

Tabelle 27: Vermessene Parametrierung, Wirkleistungsgradient

Vermessene Parametrierung, Wirkleistungsgradient	
Wirkleistungsgradient	8,13 % P_n /min (gemittelt über den Zeitraum der Wiedereinschaltung, der maximale Gradient liegt bei 9,69 % P_n / min)

Relevante Parameter für den Wirkleistungsgradient nach Wiedereinschaltung

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 /17/. Die relevanten Parameter werden, bezogen auf die Nennleistung der Erzeugungseinheit, auf die Standardwerte gesetzt. (vgl. Herstellererklärung /17/)



Übertragung

Nach der Wiedereinschaltung wird die Leistung (Rampe mit entsprechendem Gradient) als Sollwert von der Steuerung vorgegeben. Dieses geschieht in Relation zur Nennleistung der entsprechenden Variante (/17/). In Abschnitt 6.2 wurde die Übertragbarkeit von Sollwertvorgaben auf andere Varianten bereits bestätigt. Da die Sollwertvorgabe bei allen Varianten identischer Konstruktion und Funktion ist, lässt sich damit auch die Funktion der Leistungssteigerung nach Netzfehler/Wirkleistungsgradient auf die anderen Varianten direkt (bezogen auf die jeweilige Nennleistung) übertragen. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

8 Blindleistungsbereitstellung

8.1 Maximaler Blindleistungsstellbereich (a)

In Tabelle 28 wird der Referenzpunkt der Messung und der Herstellerangaben angegeben.

Tabelle 28: Referenzpunkt maximale PQ-Fähigkeit

Referenzpunkt	
Referenzpunkt der Messung	Klemmleiste der VKM für den Netzanschluss (Unterspannungsseite des Maschinentransformators)
Referenzpunkt der Herstellerangaben	

Die Tabelle 29 enthält die verschiedenen Schnittstellen, Arten der Blindleistungsvorgabe und die vermessene Schnittstelle.



Herstellerangaben zum möglichen Blindleistungsbereich

Tabelle 29: Blindleistungsvermögen EZE 1 - 38

Wirk- und Blindleistungsvermögen gemäß Standardparametrierung		
Q _{übererregt} [% P _n]	Q _{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 genau einem Verschiebungsfaktor von 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt.

Eine grafische Darstellung des Blindleistungsvermögens gemäß Herstellerangaben ist der Abbildung 11 zu entnehmen.

Informativ, Angaben gemäß des Herstellers

Der Blindleistungsbereich von 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt entspricht den Default-Einstellbereich. Die maximal in der Steuerung parametrierbaren Grenzen sind allerdings gemäß der Herstellerangaben zwischen 0,9 untererregt bis 0,8 übererregt einstellbar (vgl. Herstellererklärung /17/). Diese können gemäß der Herstellerangaben projektspezifisch im Bereich der PQ-Diagramme der Generatoren eingestellt werden. Bei einer von 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt abweichenden Parametrierung muss projektspezifisch die Auslegung des Eigenschutzes und die jeweiligen gültigen PQ-Diagramme des Generators geprüft werden.

Hinweise:

- Die Schutzeinstellungen am Leistungsschalter können das Blindleistungsvermögen einschränken.
- Die PQ-Diagramme der Generatoren begrenzen das Blindleistungsvermögen. Eine Prüfung des informativ ausgewiesenen Bereichs hat in der EZE Zertifizierung, auf Wunsch des Kunden, nicht stattgefunden. Das heißt, dass der Bereich entsprechend auf den kleinsten Wert der folgenden Maximalwerte begrenzt ist.
 - Q_{max} Leistungsschalterschutz
 - Q_{max} des möglichen Einstellbereichs gemäß Herstellererklärung
 - Q_{max} Generator PQ-Diagramm (gemäß /17/ bzw. Referenzen /23/ bis /45/)

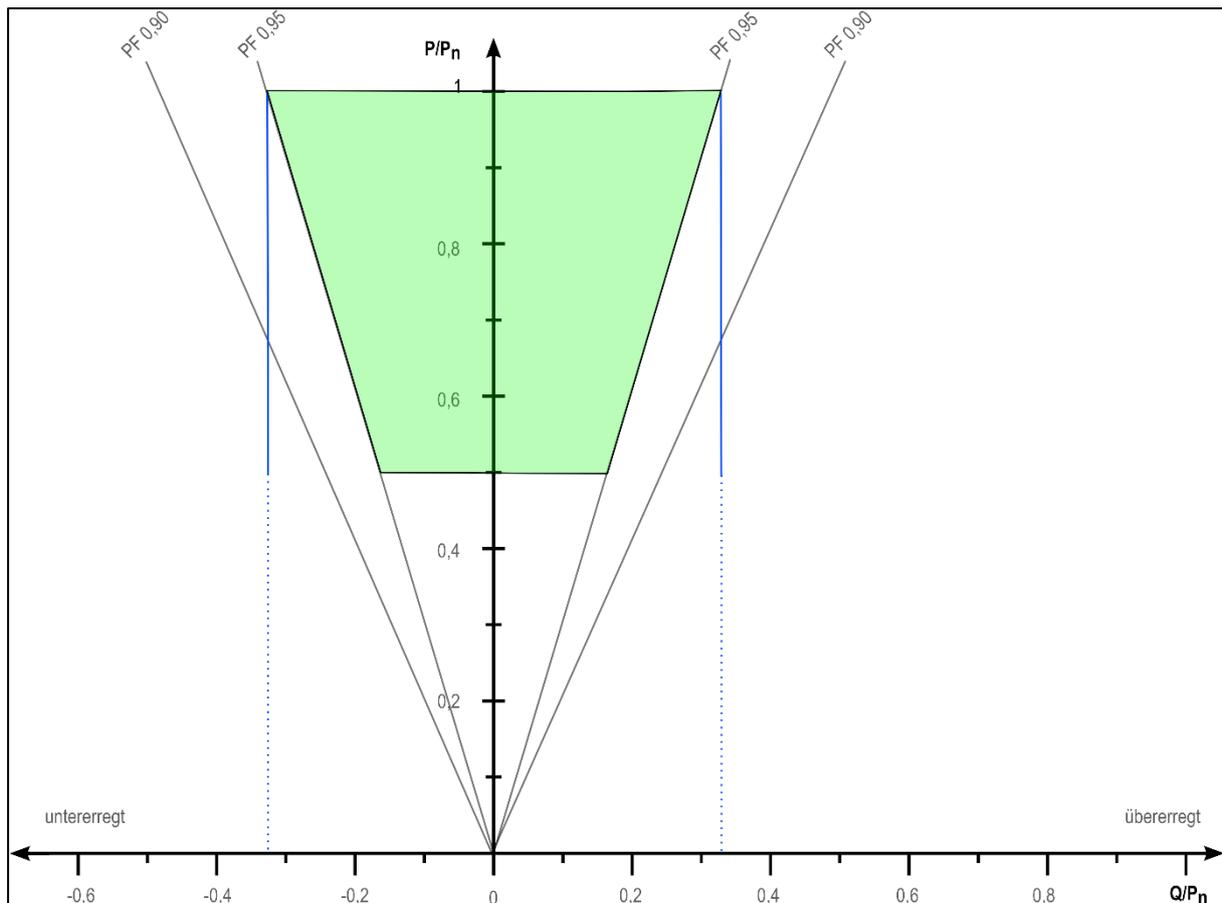


Abbildung 11: Blindleistungsbereich (grün eingefärbt dargestellt) der Baureihe „SH“, im Spannungsband von 90 – 110 % U_N , gemäß Standardparametrierung nach /17/

Messwerte

Die Ergebnisse der Vermessung können Tabelle 30 bzw. Tabelle 31 entnommen werden. Für die weiteren Varianten wurde eine gesonderte Betrachtung gem. Blindleistungsbereitstellung des Generators vorgenommen. Die Blindleistungsbereiche für die einzelnen Varianten werden nachfolgend ebenfalls zusammen mit den Ergebnissen der Messung dargestellt.

Ergebnisse Blindleistungsvermögen

Tabelle 30: SH 65 65 kW: Gemessenes Blindleistungsvermögen bei Sollwertvorgabe $\cos \varphi$ maximal unter-/übererregt

		Wirkleistung in % von P_n					
		50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
$\cos \varphi = 0,95$ (übererregt)	Wirkleistung in kW	32,28	38,74	45,17	51,65	58,06	64,27
	Blindleistung in kvar	10,51	12,06	14,05	16,37	18,55	20,38
	Verschiebungsfaktor	0,947	0,952	0,952	0,951	0,951	0,952



cos φ = 0,95 (untererregt)	Wirkleistung in kW	32,28	38,72	45,09	51,56	57,94	64,39
	Blindleistung in kvar	-9,71	-12,03	-14,30	-16,21	-18,38	-20,27
	Verschiebungsfaktor	0,952	0,949	0,949	0,950	0,950	0,950

cos φ = 1	Wirkleistung in kW	32,29	38,72	45,12	51,61	58,05	64,47
	Blindleistung in kvar	0,24	-0,16	0,03	-0,10	-0,74	-0,86
	Verschiebungsfaktor	0,994	0,995	0,996	0,996	0,997	0,997

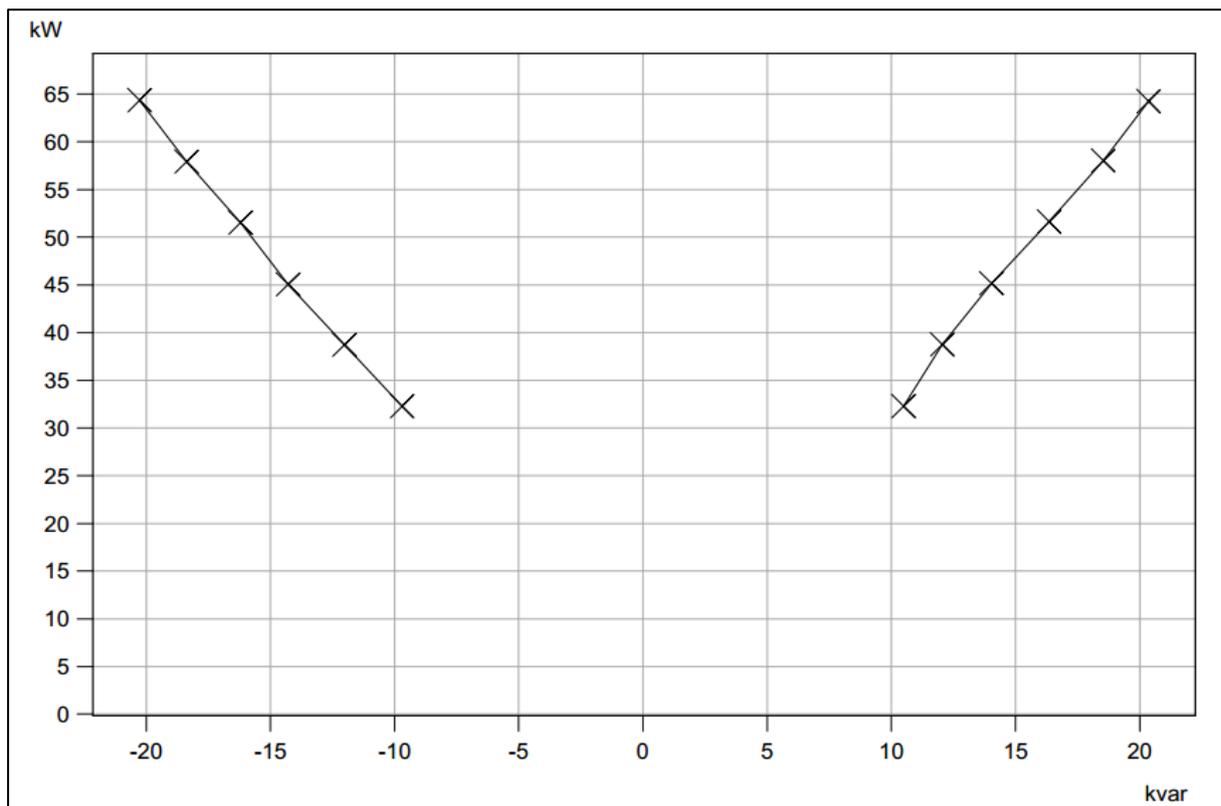


Abbildung 12: Blindleistungsbereich des SH 65 65 kW, entnommen aus /11/



Tabelle 31: SH 265 265 kW: Gemessenes Blindleistungsvermögen bei Sollwertvorgabe $\cos \varphi$ maximal unter-/übererregt

		Wirkleistung in % von P_n					
		50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
$\cos \varphi = 0,95$ (übererregt)	Wirkleistung in kW	133,03	159,52	185,99	212,52	239,01	265,41
	Blindleistung in kvar	35,22	46,01	56,54	66,62	76,14	85,48
	Verschiebungsfaktor	0,966	0,960	0,956	0,954	0,952	0,951

$\cos \varphi = 0,95$ (untererregt)	Wirkleistung in kW	132,13	158,50	184,70	210,97	237,33	263,24
	Blindleistung in kvar	-46,77	-60,31	-67,05	-74,88	-82,69	-90,87
	Verschiebungsfaktor	0,943	0,935	0,940	0,942	0,944	0,944 ¹⁾

$\cos \varphi = 1$	Wirkleistung in kW	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
	Blindleistung in kvar	-3,46	-1,32	-2,24	1,61	-3,48	-9,99
	Verschiebungsfaktor	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	0,999

Hinweis:

Bei einer Sollwertvorgabe von 100 % P_n liegt beim vermessenen SH 265 eine Abweichung des Verschiebungsfaktors von -0,006 zum Sollwert von 0,950 vor. Diese Abweichung liegt gemäß /2/ nicht im Toleranzbereich von $\pm 0,005$. Für weitere Details siehe Kapitel 8.2

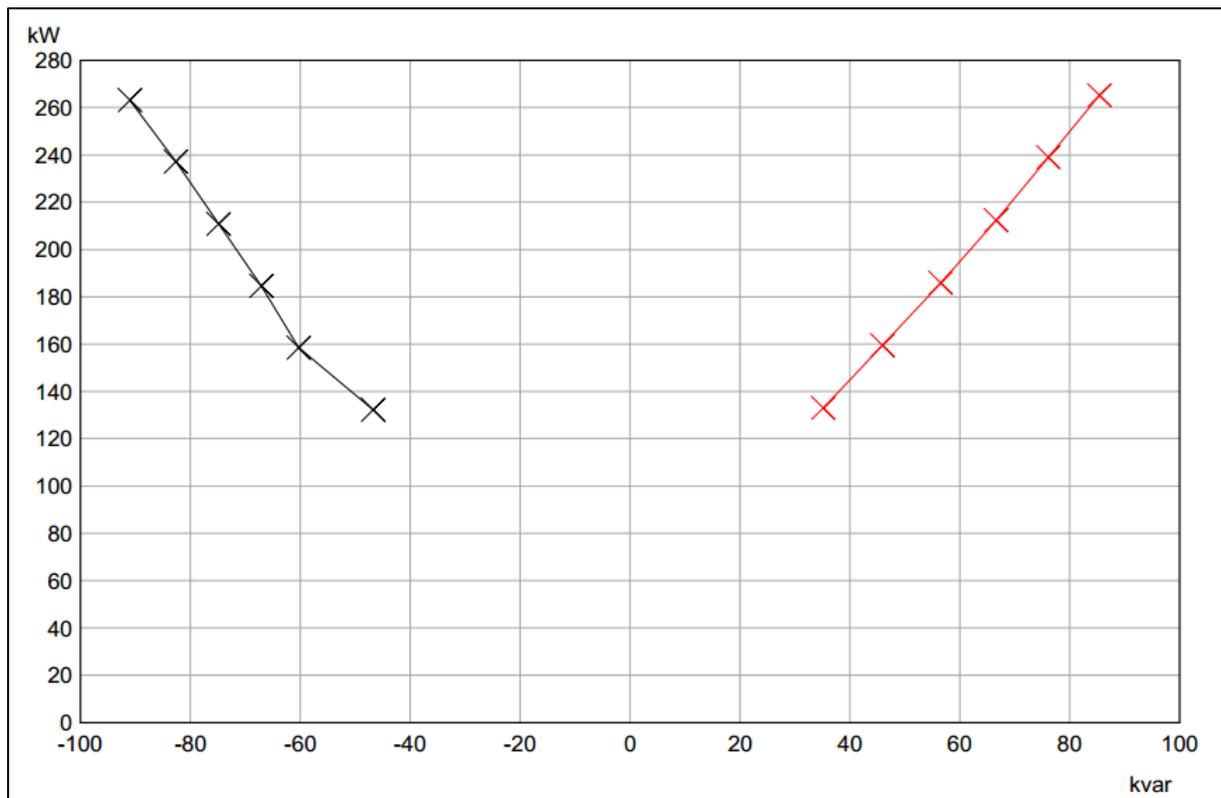


Abbildung 13: Blindleistungsbereich des SH 265 265 kW, entnommen aus /10/

In Abbildung 12 und Abbildung 13 werden die Messwerte für die maximale Blindleistungsbereitstellung bei Nennspannung dargestellt. Die Angaben des VKM-Herstellers werden durch die Messungen bestätigt. Da die Angaben der Generatorherstellers deutlich größer sind als die Angaben des VKM-Herstellers sind aus gutachterlicher Sicht diese Werte zusätzlich bestätigt.

Übertragung

Gemäß Herstellererklärung /17/ wird für alle Varianten eine Regelung identischer Realisierung eingesetzt, weshalb identische Einstellgenauigkeiten - bezogen auf die Nennleistung – zu erwarten sind. Daher sind die Ergebnisse der Blindleistungseinstellungen auf die Nennleistung des BHKW bezogen zu übertragen.

Lediglich die Variante 34 (SH 400-2 - Leroy Somer LSA 47.2 M8) und die Variante 38 (SH 530-3 – Leroy Somer LSA 49.3 S4) weisen ein eingeschränktes Generatorblindleistungsvermögen auf. Gemäß Herstellererklärung kann die Einheit das Vermögen nicht im gesamten Spannungsband zwischen 90 und 110% U_N einhalten. Im untererregten Betriebsfall bei Spannung kleiner $0,95 U_N$ wird das Vermögen, wie in Abbildung 14 dargestellt, eingehalten.

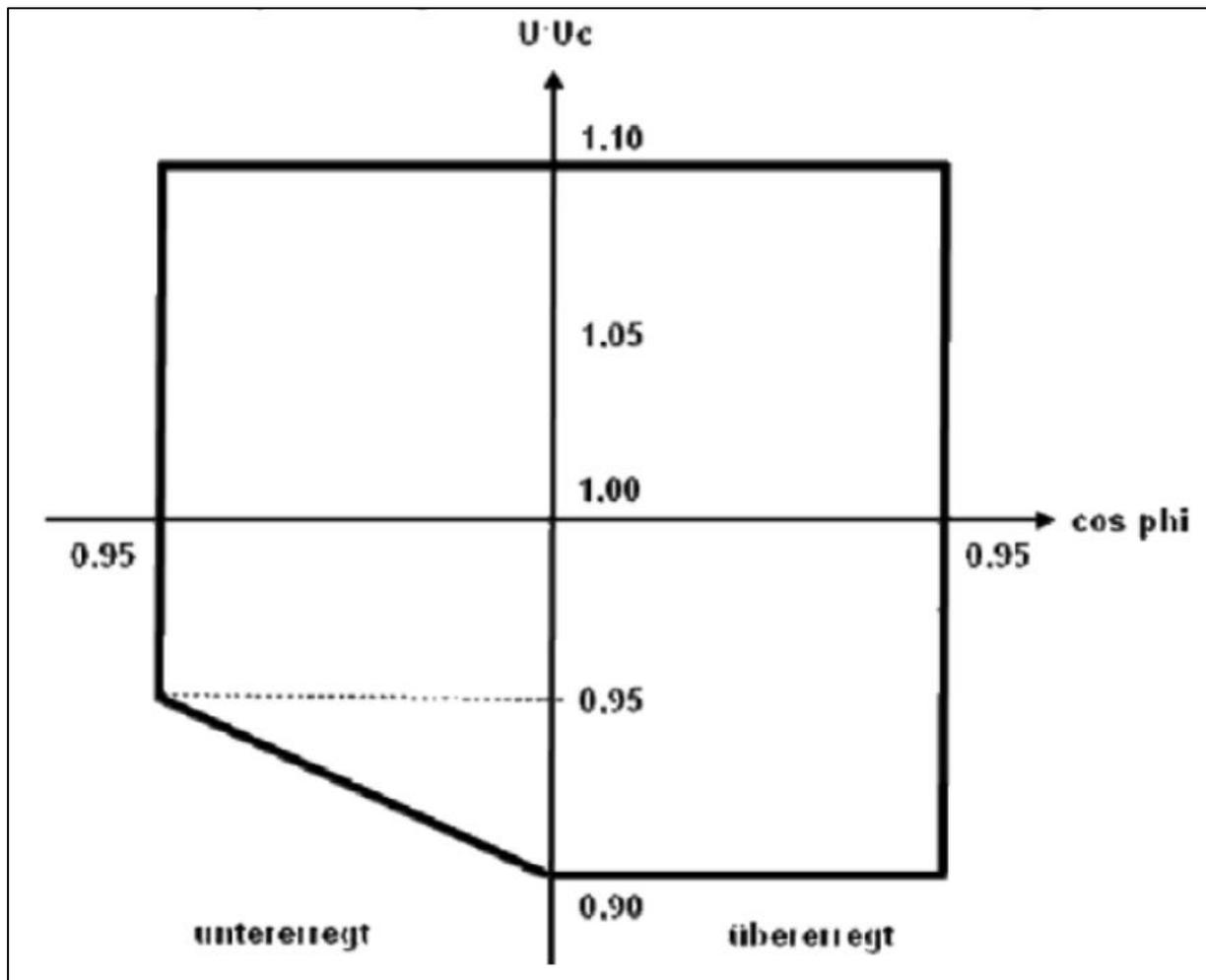


Abbildung 14: Blindleistungsbereich des SH 400-2 sowie SH 530-3 nach /17/

Die übrigen Generatorvarianten beider Familien zeigen in der Plausibilitätsüberprüfung ein Vermögen auf, das mindestens so groß ist wie das in Abbildung 11 dargestellte. Eine Übertragung der Ergebnisse ist daher möglich.

Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.



Relevante Parameter für die Blindleistungsbereitstellung

Die Parameter für die Blindleistungsbereitstellung werden gem. Herstellererklärung /17/ projektspezifisch bei der Inbetriebnahme hinterlegt.

Tabelle 32: Parameter für die Blindleistungsbereitstellung gem. /17/

Fester $\cos \varphi$, Einstellbar über das Display		
Einstellbereich ¹⁾		Schrittweite
Untere Grenze	0,9 untererregt bis 1	0,001
Obere Grenze	0,8 übererregt bis 1	0,001
Externe $\cos \varphi$ Sollwertvorgabe		
Einstellbereich ¹⁾		Schrittweite
Untere Grenze	0,9 untererregt bis 1	0,001
Obere Grenze	0,8 übererregt bis 1	0,001
$\cos \varphi (P)$ – Kennlinie ^{2) 3)}		
Einstellbereich ¹⁾		Schrittweite
Untere Grenze	0,9 untererregt bis 1	0,001
Obere Grenze	0,8 übererregt bis 1	0,001
Q-Sollwertvorgabe ⁴⁾		
Einstellbereich ¹⁾		Schrittweite
Untere Grenze	0,9 untererregt bis 1	0,001
Obere Grenze	0,8 übererregt bis 1	0,001

Hinweis:

- 1) Der Einstellbereich ist standardgemäß 0,95 übererregt bis 0,95 untererregt (default).
- 2) Leistungsbereich 50,00 – 100,00 % P_n , Schrittweite 0,01 %
- 3) 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.
- 4) Bei geforderter Q-Sollwertvorgabe muss der AVR von $\cos \phi$ – Regelung auf Blindleistungsregelung parametriert werden.



8.2 Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe (b)

Ergebnis der Vermessung und Übertragung

Die Blindleistungsbereitstellung nach Sollwertvorgabe erfolgte bereits in Kapitel 8.1. Eine $\cos \varphi$ - Sollwertvorgabe wurde vorgenommen.

Tabelle 33: Vermessene Schnittstelle zur Blindleistungsbereitstellung

Vermessene Schnittstelle zur Blindleistungsbereitstellung	
Schnittstelle	Händische Eingabe von Sollwertänderungen des $\cos \varphi$ über die Tastatur des Displays oder des Programmiergerätes durch den Hersteller ¹⁾
Art der Blindleistungsvorgabe	$\cos \varphi$

Hinweis:

Gemäß Einschätzung des Herstellers zur Genauigkeit der Schnittstellen liegen hier vernachlässigbare Abweichungen von 0,025 % vor.

Maximale Abweichung der Blindleistung vom Sollwert

In Tabelle 30 und Tabelle 31 sind die Messwerte dargestellt. Der Typ SH 65 erfüllt die Genauigkeitsanforderung von $\pm 0,005$, der Typ SH 265 erfüllt die Genauigkeitsanforderungen bei P_n im untererregten Betrieb nicht. Die Abweichung vom Sollwert beträgt $-0,006$ für den $\cos \varphi$ (Vgl. Tabelle 31). Dies entspricht $-3,69$ kvar.

Die Übertragung der Testergebnisse auf die anderen Varianten findet in Relation zur Nennwirkleistung der VKM statt.

Übertragung:

Die Übertragung findet innerhalb der beiden Familien vom vermessenen Typen statt, bei dem die Einstellgenauigkeit geprüft wurde (Vgl. Kapitel 8.1). Die Übertragung kann erfolgen, da die Varianten bezüglich der Blindleistung/ $\cos \varphi$ Regelung identisch aufgebaut sind. Das Nichterfüllen der Blindleistungseinstellgenauigkeit des SH 265 wird entsprechend auf die Familienmitglieder mit der im folgenden Absatz beschriebenen Auflage übertragen. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

Auflage

Bei Inbetriebnahme der Familienmitglieder des SH 265 (EZE 13 - 38) ist ein Test und Abgleich der $\cos \varphi$ – Sollwertvorgabe nötig. Die Anforderung an die $\cos \varphi$ Genauigkeit von $\pm 0,005$ ist messtechnisch nachzuweisen. (vgl. Tabelle 7)



Relevante Schnittstelle für die Blindleistungsbereitstellung durch Sollwertvorgabe

Tabelle 34: 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.

Relevante Parameter für die Blindleistungssollwertvorgabe

Die Parameter sind bereits im Kapitel 8.1 angegeben, s. hierzu auch Tabelle 32.

8.3 Q-Übergangsfunktion

Die Blindleistungsübergangsfunktion wurde für die EZE mit den Sollwerten gemäß FGW TR3 /1/ Kapitel 4.3.3 getestet. Diese Prüfung wurde sowohl für 100 % Nennleistung, als auch für 50 % Nennleistung durchgeführt.

Die Ergebnisse der Vermessung sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Hierbei wird jeweils der gesamte Zeitbereich dargestellt (Abbildung 15 bis Abbildung 18).

Die Ergebnisse lassen sich in Relation auf die Nennwirkleistung auf die anderen Varianten übertragen. Es ist zu erwarten, dass sich die Zeiten dabei nicht wesentlich ändern, so dass sich diese absolut auf die nicht vermessenen Varianten übertragen lassen.

100 % Nennleistung

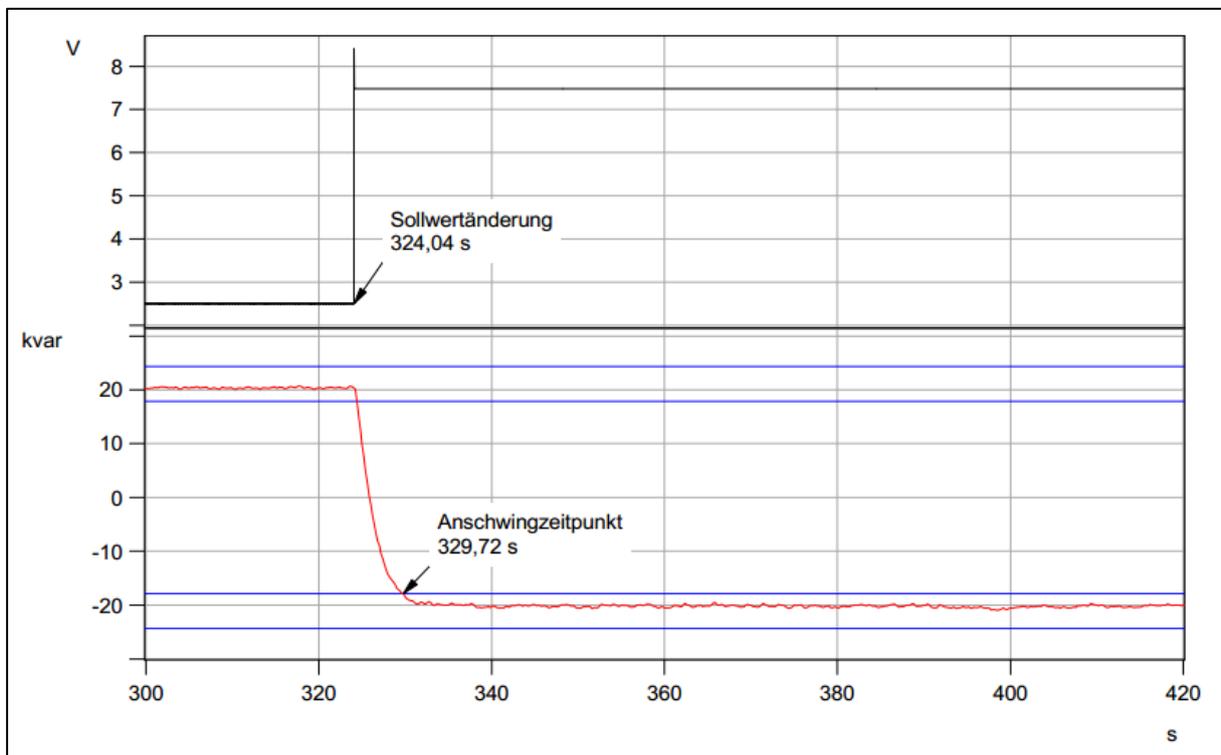


Abbildung 15: SH 65 65 kW: Q-Übergangsfunktion bei 100 % P_n, Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 5,68 s) gem. Testbericht /11/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Der gemessene Blindleistungswert erreicht das Toleranzband und verbleibt in diesem. Die gemessenen Einschwingzeiten sind in Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 35: SH 65 65 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 100% P_n

Stufe	Einschwingzeit
Q = 0 -> Q max. übererregt	5,49 s
Q max. übererregt -> Q max. untererregt	5,68 s
Q max. untererregt -> Q = 0	4,13 s

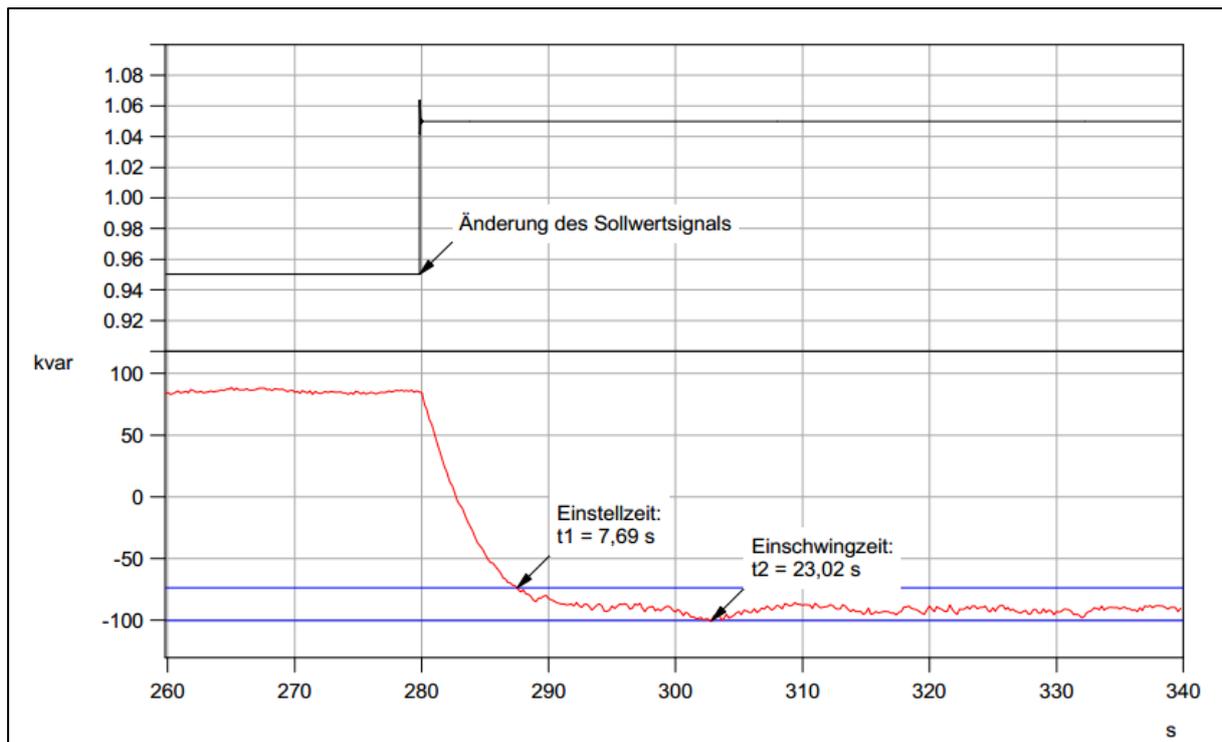


Abbildung 16: SH 265 265 kW: Q-Übergangsfunktion bei 100 % P_n, Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 23,02 s) gem. Testbericht /10/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Tabelle 36: SH 265 265 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 100% P_n

Stufe	Einschwingzeit
Q = 0 -> Q max. übererregt	9,51 s
Q max. übererregt -> Q max. untererregt	23,02 s
Q max. untererregt -> Q = 0	31,55 s

50 % Nennleistung

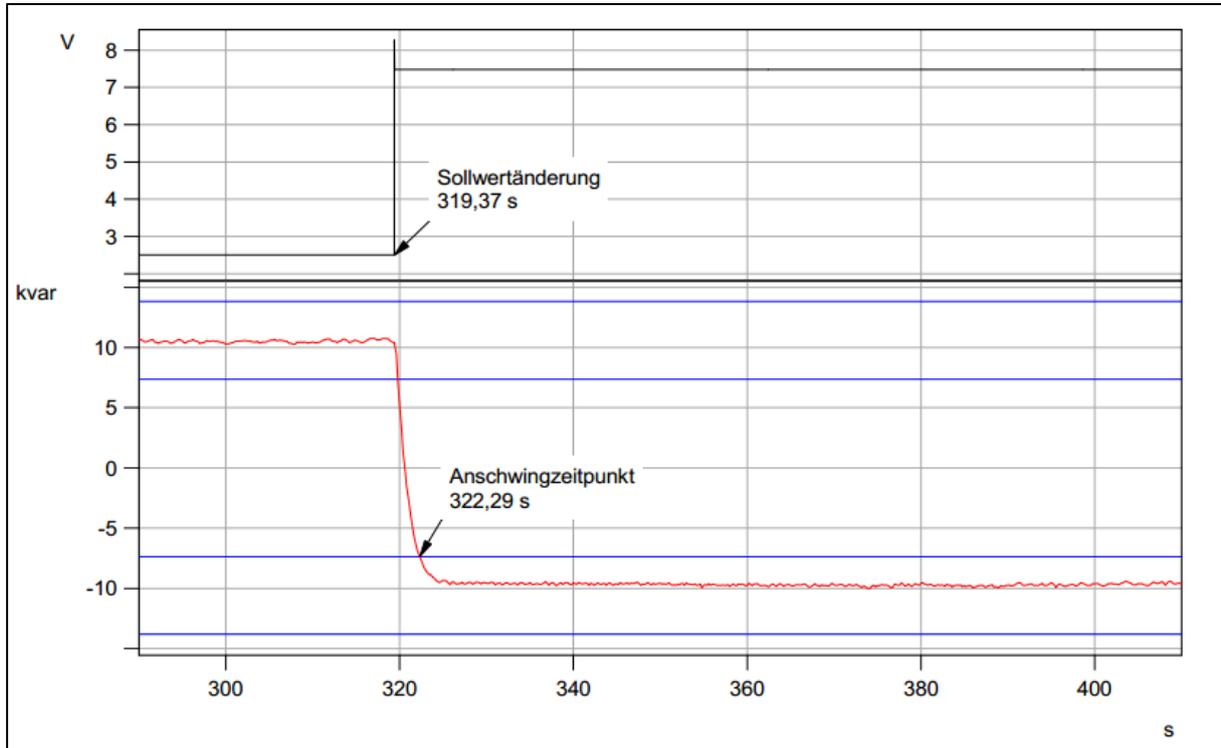


Abbildung 17: SH 65 65 kW: Q-Übergangsfunktion bei 50 % P_n, Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 2,92 s) gem. Testbericht /11/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Der gemessene Blindleistungswert erreicht das Toleranzband und verbleibt in diesem. Die gemessenen Einschwingzeiten sind in Tabelle 35 dargestellt.

Tabelle 37: SH 65 65 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 50% P_n

Stufe	Einschwingzeit
Q = 0 -> Q _{max.} übererregt	2,06 s
Q _{max.} übererregt -> Q _{max.} untererregt	2,92 s
Q _{max.} untererregt -> Q = 0	1,52 s

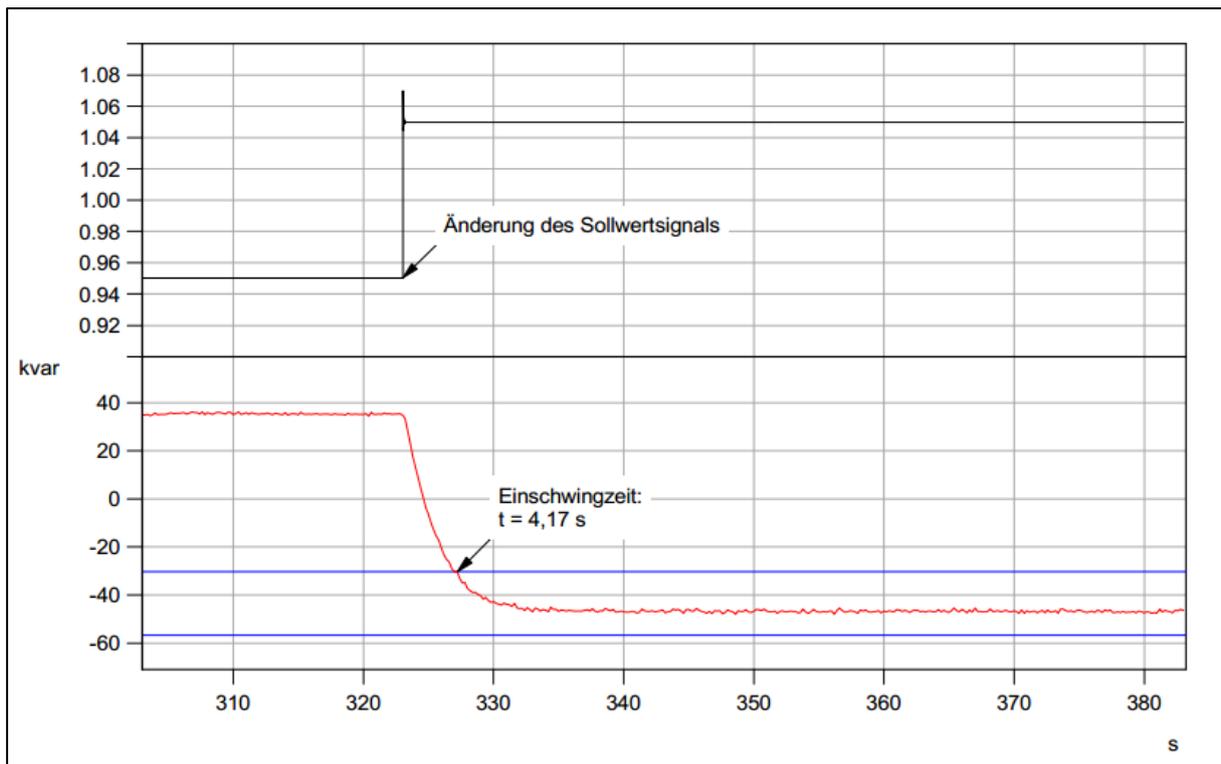


Abbildung 18: SH 265 265 kW: Q-Übergangsfunktion bei 50 % P_n, Sollwertsprung von max. kapazitiv auf max. induktiv (Einschwingzeit 4,17 s) gem. Testbericht /10/ (Q "rot", Toleranzband "blau", Sollwertsignal "schwarz")

Tabelle 38: SH 265 265 kW: Einschwingzeiten für Q-Sollwertsprünge bei 50% P_n

Stufe	Einschwingzeit
Q = 0 -> Q _{max.} übererregt	5,52 s
Q _{max.} übererregt -> Q _{max.} untererregt	4,17 s
Q _{max.} untererregt -> Q = 0	4,43 s

Übertragung

Der Hersteller hat per Erklärung /17/ bestätigt, dass Ausführung der Blindleistungs- bzw. Leistungsfaktorregelung bei allen Varianten identisch ausgeführt ist. Die seitens des Generators maßgeblichen Parameter für die Dynamik sind die Synchronreaktanzen X_d und X_q. Diese liegen bei alle Generatoren innerhalb derselben Größenordnung. Daher sind für alle Varianten Sprungantworten für die Blindleistung in identischer Form zu erwarten, weshalb die Ergebnisse direkt übertragen werden können. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.



8.4 Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung ($\cos \varphi$ (U)-Kennlinie)

Die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Klemmenspannung kann in der EZE über Parameter eingestellt werden.

Tabelle 39: $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie für die Typen SH 65 65 kW und SH 265 265 kW

Q (U)-Kennlinienvorschlag gemäß /1/			
U	0,96 U_n	U_n	1,04 U_n
Q	$Q_{\max.kap.}$	0	$Q_{\max.ind.}$
eingestellte $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie			
U	0,97 U_n	U_n	1,03 U_n
Q	$Q_{\max.kap.}$	0	$Q_{\max.ind.}$

Die Ergebnisse der Prüfung der $\cos \varphi$ (U)-Kennlinie können den folgenden Abbildungen entnommen werden. Die Tests wurden mit einer Einstellzeit von 10 Sekunden und 60 Sekunden durchgeführt.

SH 65 65 kW: Einstellzeit 10 Sekunden

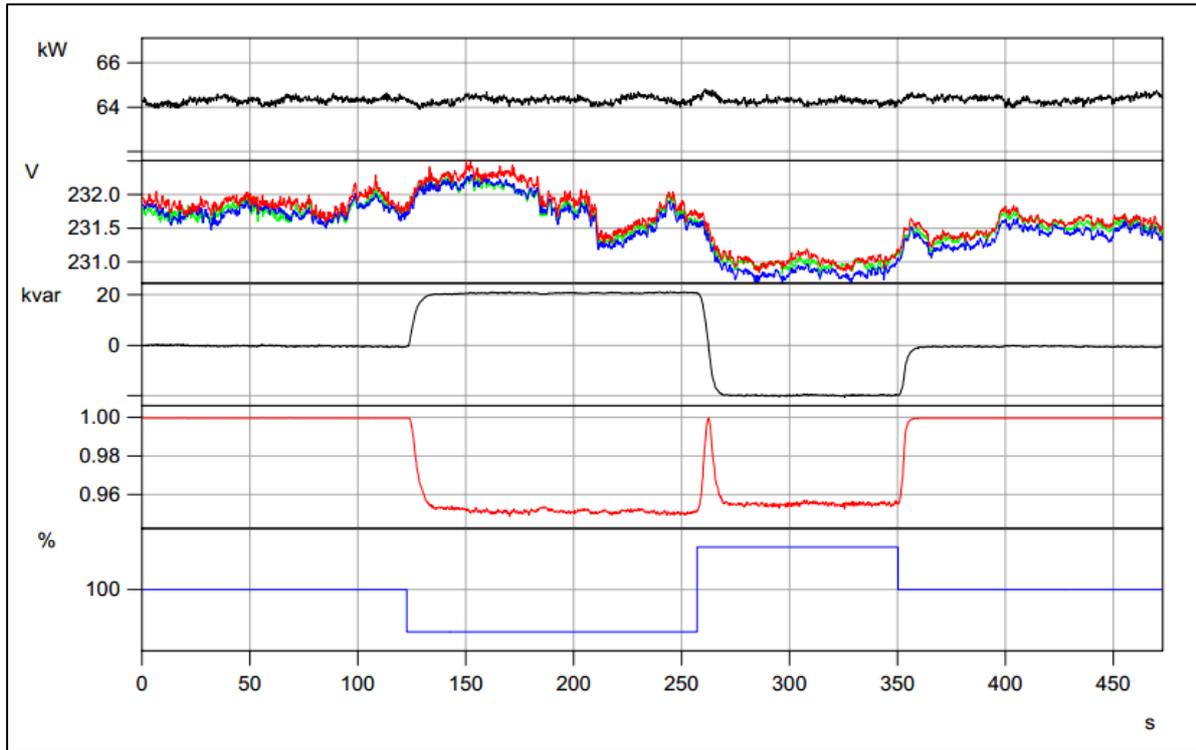


Abbildung 19: SH 65 65 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 10 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /11/

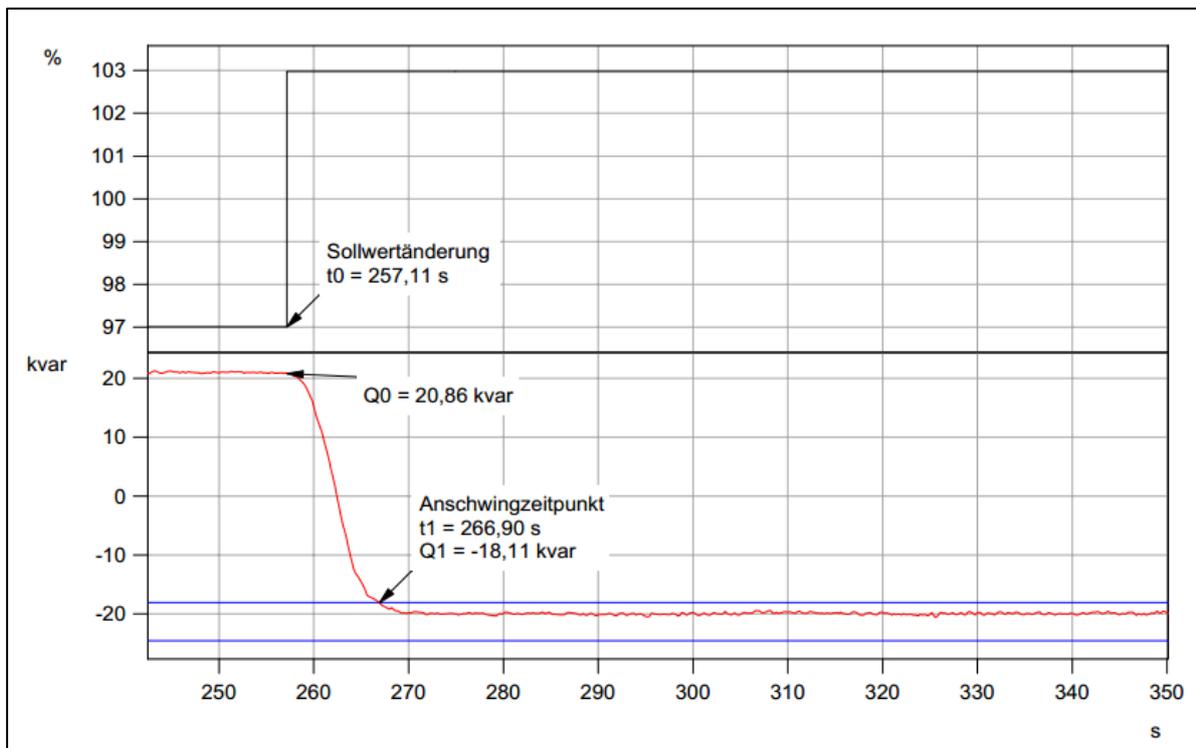


Abbildung 20: SH 65 65 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 10 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /11/

SH 65 65 kW: Einstellzeit 60 Sekunden

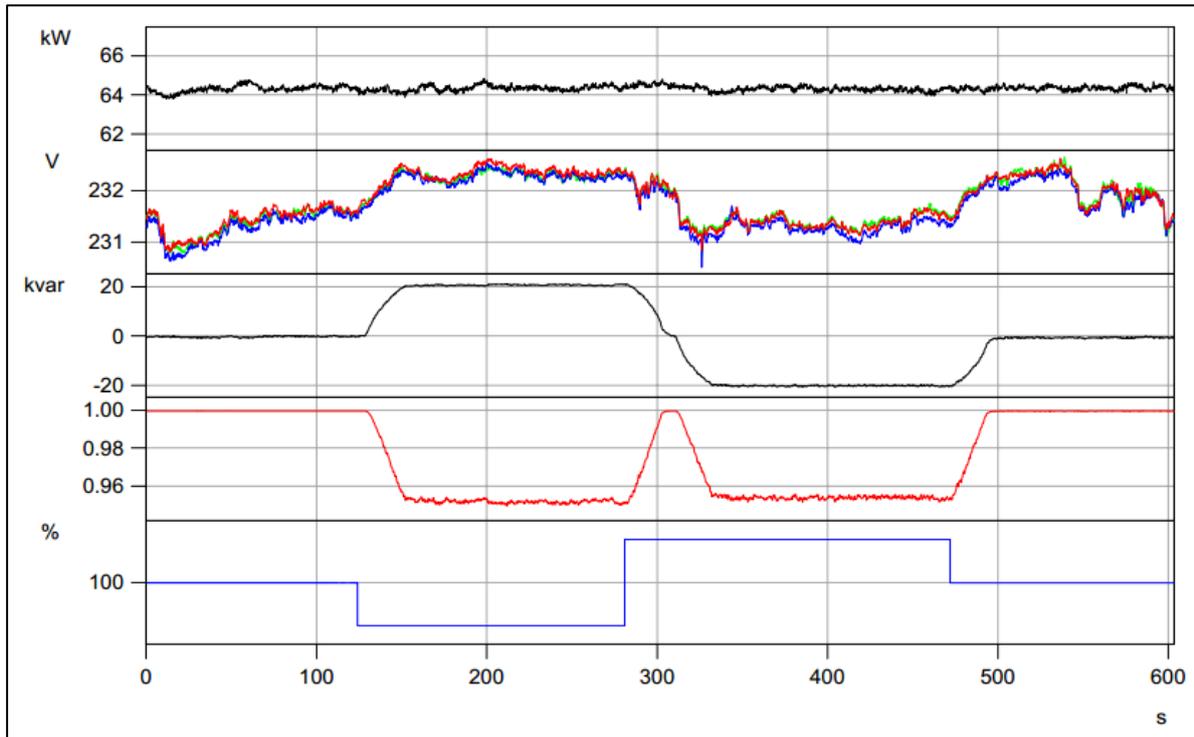


Abbildung 21: SH 65 65 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /11/

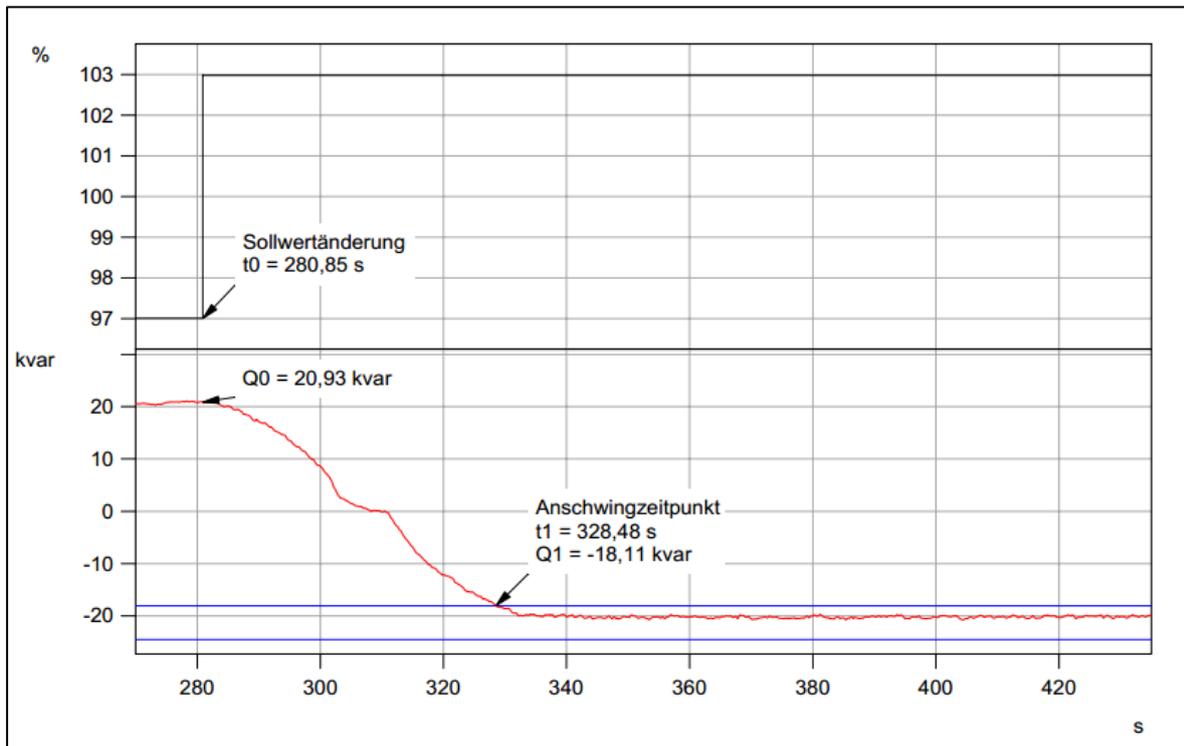


Abbildung 22: SH 65 65 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /11/

SH 265 265 kW: Einstellzeit 10 Sekunden

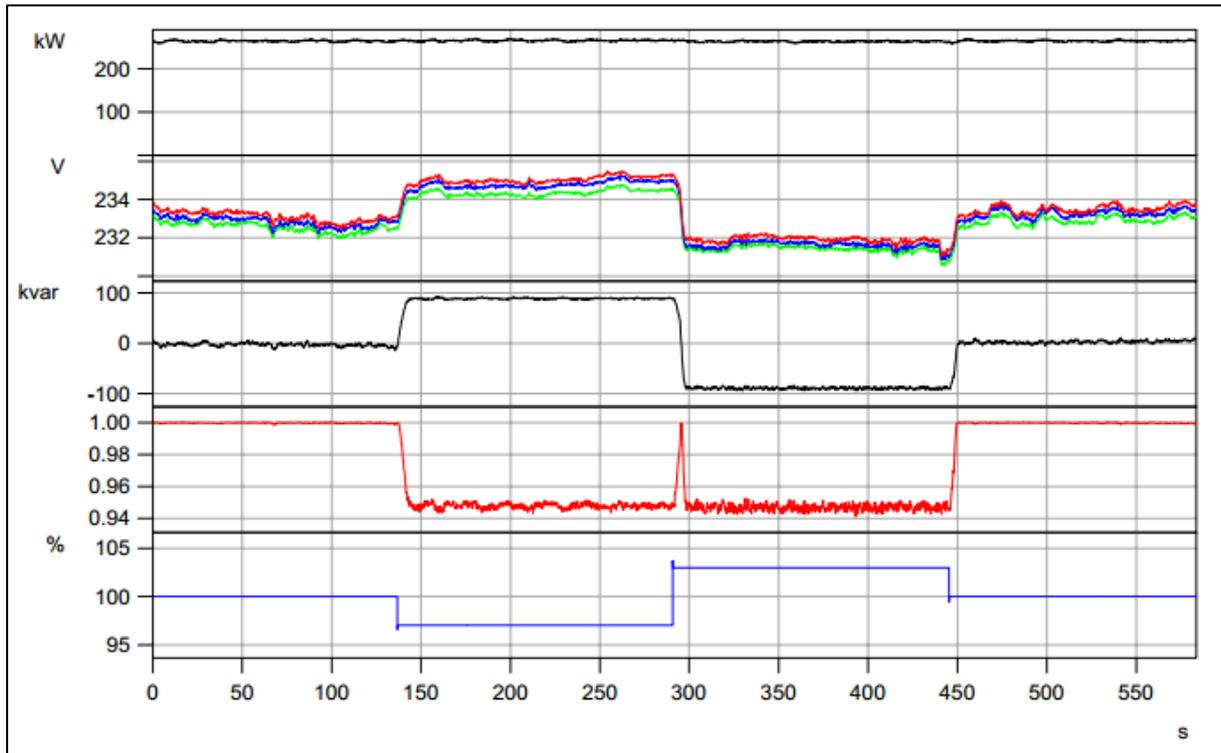


Abbildung 23: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 10 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /10/

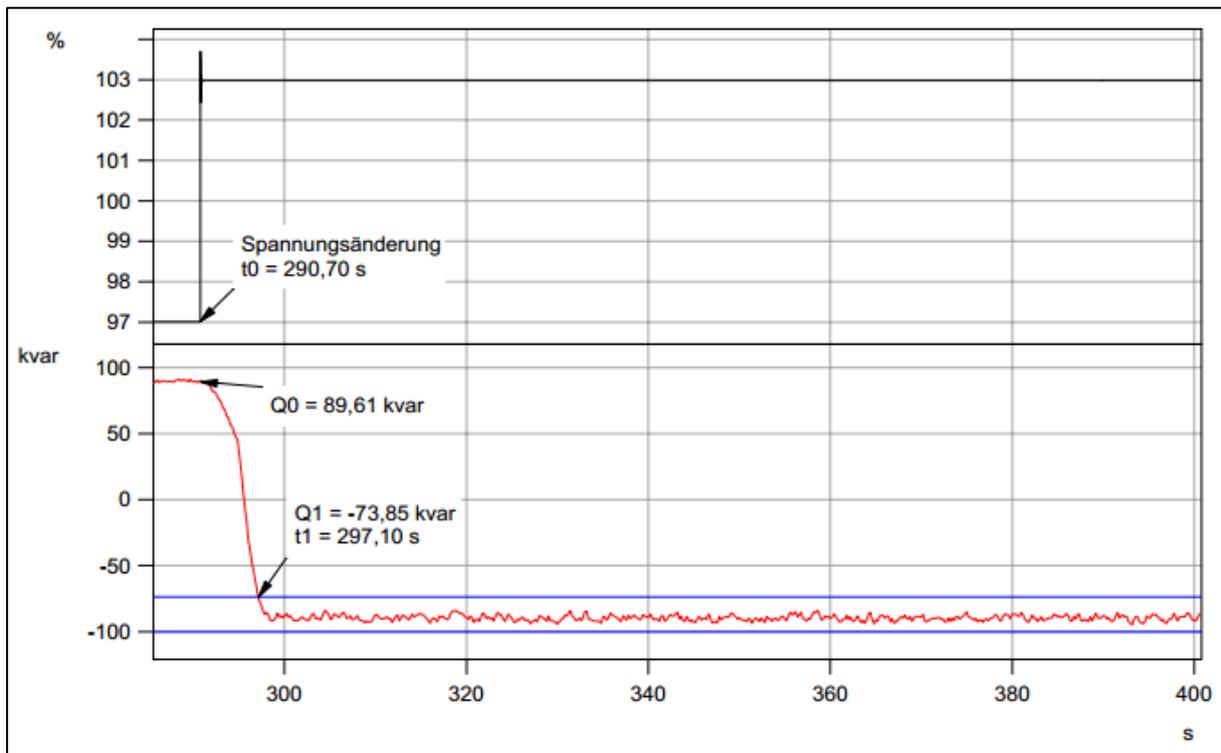


Abbildung 24: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 10 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /10/

SH 265 265 kW: Einstellzeit 60 Sekunden

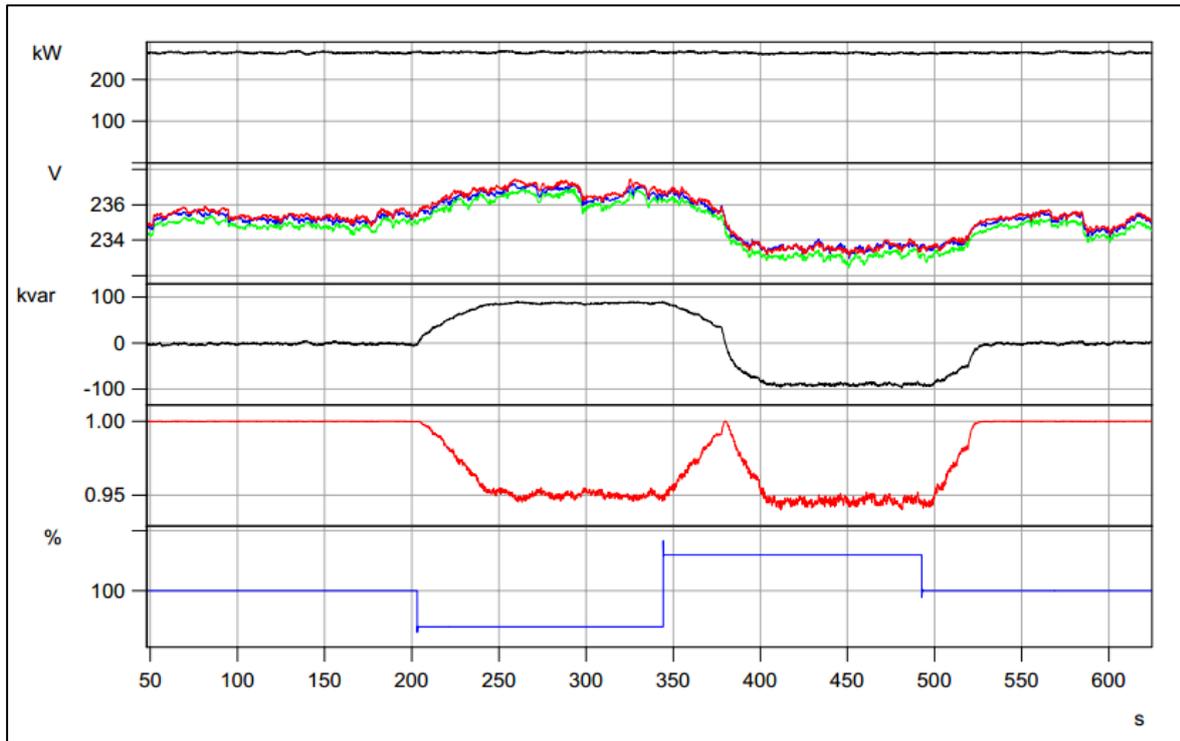


Abbildung 25: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s, (Wirkleistung "schwarz", Spannung an den EZE-Klemmen "rot, blau, grün", Blindleistung "schwarz", Verschiebungsfaktor "rot", Sollwertvorgabesignal Spannung "blau"), entnommen aus /10/

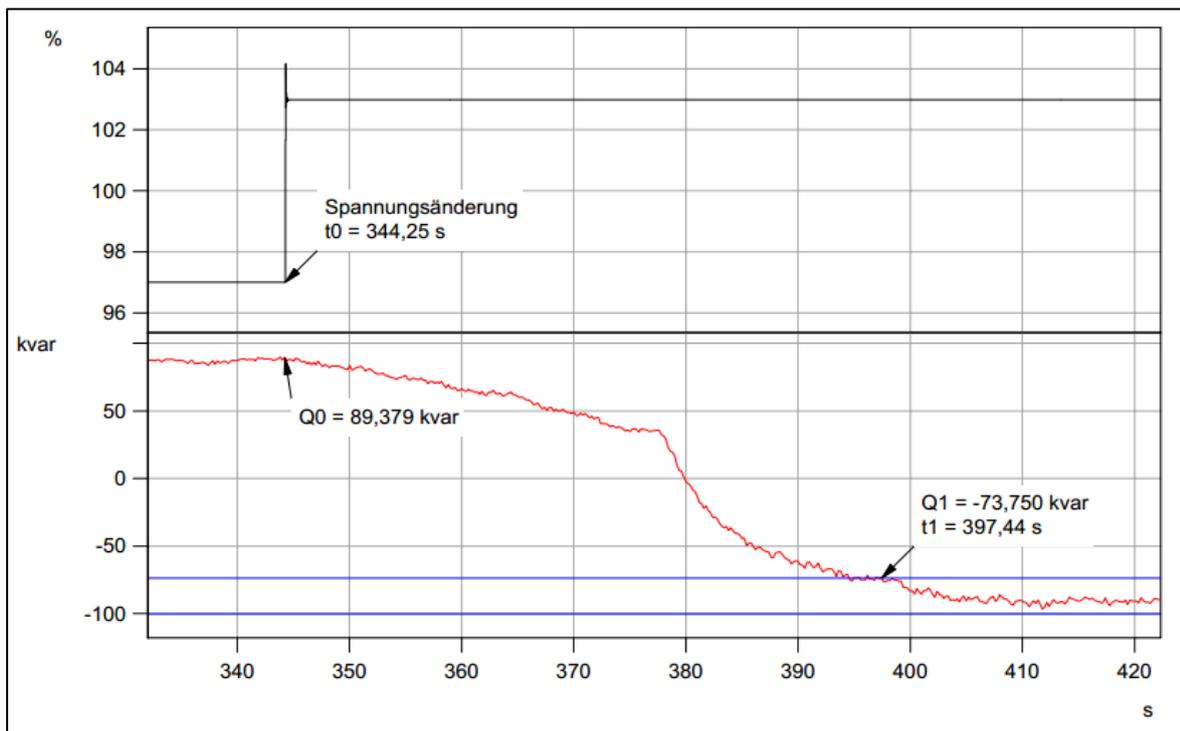


Abbildung 26: SH 265 265 kW: $\cos \varphi_{(U)}$ -Test mit der Einstellzeit 60 s (zoom), (Sollwertvorgabesignal Spannung "schwarz", Blindleistung "rot", Toleranzband "blau"), entnommen aus /10/



Die in den Tests ermittelten maximalen und minimalen Einschwingzeiten sind in Tabelle 40 aufgelistet. Diese Zeiten ergeben sich aus der Differenz zwischen dem Zeitpunkt der Sollwertvorgabe und dem Zeitpunkt der letztmaligen Überschreitung des Toleranzbandes. Die Zeitpunkte zur Berechnung der Einschwingzeit wurden den Grafiken aus dem Testbericht /10/ und /11/ entnommen.

Die Messergebnisse können bezogen auf die Nennwirkleistung der entsprechenden Variante übertragen werden. Dabei sind die Zeiten direkt zu übertragen.

Tabelle 40: Maximale Einschwingzeiten der Übergänge bei $\cos \varphi (U)$ Regelung

BHKW Typ	Einstellzeit der $\cos \varphi (U)$ -Kennlinie	maximale Einschwingzeit
SH 65 65 kW	10 Sekunden	9,79 s
	60 Sekunden	47,63 s
SH 265 265 kW	10 Sekunden	6,40 s
	60 Sekunden	53,19 s

Relevante Parameter für die $\cos \varphi (U)$ -Kennlinie

Tabelle 41: Parameter für die $\cos \varphi (U)$ -Kennlinie

Einstellbereich		Schrittweite	Spannungsbereich
Untere Grenze	0,9 untererregt bis 1	0,001	90,00 – 110,00 % U_n Schrittweite 0,01 %
Obere 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. /17/

Übertragung

Die Blindleistungsbereitstellung in Abhängigkeit der Spannung ($\cos \varphi (U)$ -Kennlinie) wird bei allen Aggregaten durch die BHKW-Steuerung umgesetzt. Die $\cos \varphi (U)$ -Kennlinie ist parametrierbar. Abhängig von den eingestellten Parametern ist das Verhalten an allen BHKWs der Tabelle 1 vergleichbar, so dass das gezeigte Verhalten direkt übertragen werden kann. Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.

8.5 Verschiebungsfaktor in Abhängigkeit der Wirkleistung ($\cos \varphi (P)$ -Kennlinie)

In der FGW TR 3 Rev. 23 /1/ ist keine Prüfvorschrift für die Blindleistungsbereitstellung nach einer $\cos \varphi (P)$ -Kennlinie definiert. Die entsprechenden Parameter für diese Funktionalität sind Tabelle 32 zu entnehmen.



9 Netzurückwirkungen

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus dem Auszug zum Testbericht /12/ und /13/ ausgewiesen. Die Auszüge sind zudem in Anhang D zu finden.

In Tabelle 10 sind die Nenndaten der einzelnen Einheiten angegeben. Diese Werte dienen als Basis für die Berechnung der Netzurückwirkungen, die Ermittlung der projektspezifisch benötigten Ergebnisse wird im Folgenden beschrieben. Dabei kann die Nennleistung projektspezifisch variieren. Es sind jeweils die projektspezifischen Nennwerte zu verwenden.

Übertragung Flicker im Dauerbetrieb

Der Flicker im Dauerbetrieb wird primär durch die Wirkleistungsregelung und die Blindleistungsregelung bestimmt. Gemäß der Herstellererklärung /17/ sind dieser Regelungen in den aufgeführten Blockheizkraftwerken identisch. Die AVR (Leroy Somer D510 C) wirkt als Stellglied der Regelung für die Blindleistung.

Der Flickerkoeffizient $c(\psi_K)$ kann direkt übertragen werden.

Im Rahmen der Anlagenzertifizierung muss die projektspezifische Nennleistung der Erzeugungseinheit zur Berechnung des Langzeitflickers P_{It} herangezogen werden.

Übertragung Schalthandlungen

Gemäß Herstellerangabe /17/ ist die Funktion der Synchronisierungseinheit bei allen Varianten identisch. Ebenso wird die Funktion des Ausschaltens bei allen Varianten identisch umgesetzt. Ausgleichsvorgänge sind somit in Bezug auf die Nennwerte des Generators zu erwarten. Im Rahmen der Anlagenzertifizierung muss zur Berechnung der Flickerstärke P_{It} und zur Berechnung der Spannungsänderung Δu_{ers} für S_{rE} die projektspezifische Nennscheinleistung der EZE eingesetzt werden.

Übertragung der Oberschwingungen

Die Oberschwingungsströme werden maßgeblich vom Aufbau und der Ausführung des Generators beeinflusst.

Gemäß Generatordatenblättern besitzen alle eingesetzten Generatoren von Leroy Somer ein identisches Wicklungsschema, weshalb ein ähnliches Oberschwingungsspektrum zu erwarten ist. Auch die auf die Nennleistung der Generatoren bezogenen Reaktanzen unterscheiden sich nicht in ihrer Größenordnung.

Für die Übertragung ist dabei der projektspezifische Nennstrom der EZE zu verwenden.

Eine Zuordnung der Blockheizkraftwerke für die Übertragung befindet sich in Tabelle 11.



9.1 Flicker im Dauerbetrieb

In Tabelle 42 sind die Messwerte der Flickerwerte bezogen auf die Nennleistung der Einheit (s. a. Tabelle 10) angegeben.

Im Rahmen der Anlagenzertifizierung muss zur Berechnung des Langzeitflickers P_{lt} für S_{re} die projektspezifische Nennscheinleistung der Einheit eingesetzt werden.

Tabelle 42: $C(\psi_k)$ Flicker im Dauerbetrieb

BHKW-Typ	Netzimpedanzwinkel $\Psi\psi_k$	30°	50°	70°	85°
SH 65 65 kW	$c(\psi_k)$	2,01	1,64	1,21	1,03
SH 265 265 kW	$c(\psi_k)$	1,87	1,78	1,66	1,57

9.2 Schalthandlungen

In Tabelle 43 bis Tabelle 47 sind die Messwerte der Flicker durch Schalthandlungen abgedruckt. Die Werte sind auf die Nennscheinleistung der Einheit bezogen (s. a. Tabelle 10).

Tabelle 43: SH 65 65 kW: Einschalten bei Nennleistung

	Einschalten bei Nennleistung			
N_{10}	2			
N_{120}	10			
Netzimpedanzwinkel	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$)	0,247	0,157	0,144	0,191
Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$)	0,845	0,634	0,348	0,103

Tabelle 44: SH 65 65 kW: Serviceabschaltung bei Nennleistung

	Serviceabschaltung bei Nennleistung			
N_{10}	2			
N_{120}	10			
Netzimpedanzwinkel	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$)	0,130	0,093	0,067	0,081
Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$)	0,833	0,621	0,335	0,091



Tabelle 45: SH 265 265 kW: Einschalten bei Nennleistung

	Einschalten bei Nennleistung			
N_{10}	2			
N_{120}	10			
Netzimpedanzwinkel	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$)	0,227	0,160	0,130	0,161
Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$)	0,889	0,693	0,415	0,171

Tabelle 46: SH 265 265 kW: Serviceabschaltung bei Nennleistung

	Serviceabschaltung bei Nennleistung			
N_{10}	2			
N_{120}	10			
Netzimpedanzwinkel	30°	50°	70°	85°
Flickerformfaktor ($k_f(\psi_k)$)	0,148	0,110	0,072	0,066
Spannungsänderungsfaktor ($k_u(\psi_k)$)	0,887	0,691	0,414	0,170

Tabelle 47: k_{imax}

BHKW Typ	Schlechtester Wert aller Schaltvorgänge k_{imax}
SH 65 65 kW	1,067
SH 265 265 kW	1,130

Neben dem Wirkleistungsgradient (welcher identisch eingestellt ist und nicht verändert werden kann) kann die Synchronisierung Einfluss auf die schaltbedingten Flicker nehmen.



9.3 Oberschwingungen, Zwischenharmonische und Hochfrequente

Die Messergebnisse sind in Tabelle 48 bis Tabelle 53 zu finden. Sie sind jeweils auf den Nennstrom der verwendeten Einheit bezogen (siehe Tabelle 9). Um die Werte für die entsprechenden Varianten zu bekommen sind diese Werte mit dem projektspezifischen Nennstrom der verwendeten Einheit zu ermitteln.

Tabelle 48: SH 65 65 kW: Harmonische Oberschwingungen

$P_{bin}(\%)$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	$I_{H,max}$
Ordnung	I_H in % von I_n											in % I_n
2	--	--	--	--	--	1,47	1,93	2,21	2,51	2,85	3,27	3,27
3	--	--	--	--	--	2,00	2,09	2,14	2,23	2,29	2,54	2,54
4	--	--	--	--	--	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,11	0,11
5	--	--	--	--	--	4,90	5,05	4,79	5,34	5,89	6,66	6,66
6	--	--	--	--	--	0,04	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13	0,13
7	--	--	--	--	--	1,17	1,11	0,88	0,92	1,18	1,21	1,21
8	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,08	0,08
9	--	--	--	--	--	0,10	0,12	0,13	0,17	0,21	0,25	0,25
10	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
11	--	--	--	--	--	0,51	0,51	0,52	0,50	0,46	0,43	0,52
12	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05
13	--	--	--	--	--	0,32	0,45	0,59	0,68	0,78	0,88	0,88
14	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
15	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,03	0,04	0,13	0,05	0,13
16	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
17	--	--	--	--	--	0,13	0,14	0,19	0,23	0,24	0,26	0,26
18	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
19	--	--	--	--	--	0,14	0,15	0,15	0,18	0,22	0,25	0,25
20	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
21	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
22	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
23	--	--	--	--	--	0,19	0,21	0,24	0,28	0,29	0,29	0,29
24	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
25	--	--	--	--	--	0,27	0,28	0,30	0,31	0,31	0,32	0,32



P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I _{H,max}
Ordnung	I _H in % von I _n											in % I _n
26	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
27	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
28	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
29	--	--	--	--	--	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11
30	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
31	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07
32	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
33	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
34	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
35	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
36	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
37	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
38	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
39	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
40	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
41	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
42	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
43	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
44	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
45	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
46	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
47	--	--	--	--	--	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06
48	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
49	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
50	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
THC in %	--	--	--	--	--	5,66	5,96	5,83	6,46	7,12	8,02	--



Tabelle 49: SH65 65 kW: Zwischenharmonische Oberschwingungsströme

$P_{bin}(\%)$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	$I_{H,max}$
f(Hz)	I_H in % von I_n											in % I_n
75	--	--	--	--	--	0,19	0,19	0,23	0,23	0,26	0,30	0,30
125	--	--	--	--	--	0,08	0,07	0,07	0,06	0,09	0,09	0,09
175	--	--	--	--	--	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,10	0,10
225	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06	0,07
275	--	--	--	--	--	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06
325	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
375	--	--	--	--	--	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
425	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04	0,04
475	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
525	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
575	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
625	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03
675	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
725	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
775	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02
825	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
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	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1075	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1125	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1175	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1225	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1275	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
1325	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1375	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1425	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01



P_{bin}(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I_{H,max}
f(Hz)	I_H in % von I_n											in % I_n
1475	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1525	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1575	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1625	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1675	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1725	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1775	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1825	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1875	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1925	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1975	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01



Tabelle 50: SH 65 65 kW: Hochfrequente Oberschwingungsströme

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I _{H,max}
f(Hz)	I _H in % von I _n											in % I _n
2100	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03	0,03
2300	--	--	--	--	--	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06	0,06	0,06
2500	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2700	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
2900	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
3100	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
3300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
3500	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
3900	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
4300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
4500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
4700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
4900	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
5100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
5300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
5500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
5700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
5900	--	--	--	--	--	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,02
6100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
6300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6900	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02
7100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



P_{bin}(%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I_{H,max}
f(Hz)	I_H in % von I_n											in % I_n
7700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7900	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
8100	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8900	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01



Tabelle 51: SH 265 265 kW: Harmonische Oberschwingungen

$P_{bin}(\%)$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	$I_{H,max}$
Ordnung	I_H in % von I_n											in % I_n
2	--	--	--	--	--	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,10	0,10
3	--	--	--	--	--	0,81	0,91	0,97	1,00	1,06	1,22	1,22
4	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
5	--	--	--	--	--	2,16	2,21	2,53	2,52	2,78	3,05	3,05
6	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7	--	--	--	--	--	0,29	0,40	0,67	0,85	1,09	1,37	1,37
8	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
9	--	--	--	--	--	0,07	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17	0,17
10	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
11	--	--	--	--	--	0,27	0,29	0,36	0,37	0,34	0,33	0,37
12	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
13	--	--	--	--	--	0,33	0,36	0,36	0,36	0,32	0,26	0,36
14	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
15	--	--	--	--	--	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
16	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
17	--	--	--	--	--	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11
18	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
19	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,06	0,06	0,06	0,04	0,06
20	--	--	--	--	--	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15
21	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
22	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
23	--	--	--	--	--	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32	0,32
24	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
25	--	--	--	--	--	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,11
26	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
27	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
28	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
29	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04



P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I _{H,max}
Ordnung	I _H in % von I _n											in % I _n
30	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
31	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
32	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
33	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
34	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
35	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
36	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
37	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
38	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
39	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
40	--	--	--	--	--	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19	0,19
41	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
42	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
43	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
44	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
45	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
46	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
47	--	--	--	--	--	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02	0,04
48	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
49	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
50	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
THC in %	--	--	--	--	--	2,39	2,49	2,87	2,92	3,23	3,61	--

Tabelle 52: SH 265 265 kW: Zwischenharmonische Oberschwingungsströme

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I _{H,max}
f(Hz)	I _H in % von I _n											in % I _n
75	--	--	--	--	--	0,19	0,20	0,23	0,28	0,29	0,31	0,31
125	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07
175	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05



P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I _{H,max}
f(Hz)	I _H in % von I _n											in % I _n
225	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
275	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
325	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
375	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
425	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
475	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
525	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
575	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
625	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	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	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
825	--	--	--	--	--	0,01	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	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1075	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1125	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1175	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02
1225	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1275	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1325	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1375	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1425	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1475	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1525	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1575	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1625	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01



P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I _{H,max}
f(Hz)	I _H in % von I _n											in % I _n
1675	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1725	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1775	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1825	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1875	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1925	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1975	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02

Tabelle 53: SH 265 265 kW: Hochfrequente Oberschwingungsströme

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	I _{H,max}
f(Hz)	I _H in % von I _n											in % I _n
2100	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2300	--	--	--	--	--	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02	0,04
2500	--	--	--	--	--	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
2700	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2900	--	--	--	--	--	0,19	0,18	0,17	0,16	0,13	0,11	0,19
3100	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
3300	--	--	--	--	--	0,00	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	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
3900	--	--	--	--	--	0,16	0,13	0,09	0,05	0,01	0,05	0,16
4100	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01
4300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
4900	--	--	--	--	--	0,08	0,03	0,03	0,09	0,14	0,17	0,17
5100	--	--	--	--	--	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
5300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
5500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



$P_{bin}(\%)$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	$I_{H,max}$
f(Hz)	I_H in % von I_n											in % I_n
5700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
5900	--	--	--	--	--	0,01	0,07	0,13	0,18	0,19	0,18	0,19
6100	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
6500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
6900	--	--	--	--	--	0,10	0,16	0,19	0,18	0,13	0,07	0,19
7100	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
7300	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
7500	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7700	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
7900	--	--	--	--	--	0,17	0,19	0,16	0,09	0,01	0,10	0,19
8100	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
8300	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	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	0,00	0,00
8900	--	--	--	--	--	0,04	0,03	0,01	0,01	0,03	0,04	0,04



10 Verhalten bei Störungen im Netz

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

10.1 Low Voltage Ride Through (LVRT) Typ 1

Gemäß Herstellerklärung /17/ wird das LVRT-Verhalten durch folgende Punkte beschrieben:

- Die EZE trennt sich bei Spannungseinbrüchen im Mittelspannungsnetz auf Werte unterhalb von 30 % U_c (am Netzanschlusspunkt) unverzüglich vom Netz.
- Bei Spannungseinbrüchen auf Werte oberhalb des Spannungsprofils gemäß Kennlinie nach BDEW MSR 2008 /5/, erfüllt die EZE die technischen Funktionen der vollständigen dynamischen Netzstützung.
- Während eines Fehlers im Netz wird die Netzspannung durch Einspeisung eines Blindstroms in das Netz gestützt. Die Wirkleistung geht in einen schwingenden Zustand über.
- Durch die aktivierte Grid- Code- Funktion wird im AVR bei Spannungen außerhalb von + - 10% der Nennspannung von Modus $\cos \phi$ / Blindleistungsregelung auf Spannungsregelung umgeschaltet, um dem Spannungseinbruch entgegen zu wirken.
- Der k-Faktor ist nicht einstellbar.

Durchgeführte Tests

Die durchgeführten LVRT-Tests sind in Tabelle 54 und Tabelle 55 aufgelistet. Neben den gemäß FGW TR3 /1/ geforderten Tests wurden weitere Prüfungen der LVRT-Fähigkeit durchgeführt.

Bei der Vermessung des SH 65 und SH 265 betrug die Kurzschlussleistung S_k am Netzanschlusspunkt 270,86 MVA, die Kurzschlussimpedanz $\psi_k = 88,5^\circ$ und die Serienimpedanz 17,99 Ω (Vgl. /10/ und /11/).

Die Aufnahme der Messung beginnt für alle Tests mindestens 1 Sekunden vor Fehlereintritt und endet 30 Sekunden nach Fehlerklärung (Vgl. Abbildung 32). Die Serienimpedanz der Prüfeinrichtung weist für den Spannungseinbruch jeweils eine Nachlaufzeit von 10 Sekunden auf.

Bei keiner der durchgeführten Tests hat sich die VKM vom Netz getrennt.

In Abbildung 27 bis Abbildung 32 sind exemplarisch die Verläufe von Strom und Spannung für den Test 45 dargestellt.

Hilfsaggregate

Die FRT-Fähigkeit der Hilfsaggregate wurde gem. Herstellerangaben innerhalb der LVRT-Tests geprüft (siehe /17/). Demnach erfolgten die LVRT-Tests mit angeschlossenen Hilfsaggregaten (Hilfsaggregat hat den Spannungseinbruch „miterlebt“).

Allgemein werden die Hilfsaggregate unterschieden in Komponenten ohne Elektronik (z.B. Asynchronmaschine) und Komponenten mit Elektronik (digitale AVR).



Jedes in der VKM verwendete Hilfsaggregat mit Elektronik muss einmal getestet werden. Wird projektspezifisch ein ungetestetes Hilfsaggregat mit Elektronik (z.B. ein anderer Typ) verbaut, so ist ein Test dieses Gerätes nachzuholen.

Für reine Asynchronmaschinen (keine Elektronik vorhanden) reicht es aus, wenn einmalig gezeigt wird, dass die VKM keine Fehlfunktion bei Ausfall der Asynchronmaschine (bzw. deren übernommenen Aufgabe) aufweist. Projektspezifisch können auch vergleichbare Asynchronmaschinen unterschiedlicher Leistung ohne einen erneuten Test der FRT-Festigkeit verwendet werden. Die aktuelle Auflistung aller zusätzlich geprüften, technisch relevanten Hilfsaggregate ist unter „<http://moe-service.net/de/downloads/erstellte-zertifikate>“ -> „Liste der erstellen EZE-Zertifikate“ zu finden.

Tabelle 54: SH 65 65 kW: Liste der durchgeführten LVRT-Versuche

Test Nr. gemäß /1/	Test Nr.	Fehler-type	Rest-spannung in p.u. ²⁾	Fehler-dauer ³⁾	Wirk-leistung	cos φ (vor dem Zuschalten der Serienimpedanz)	Bemerkung
	30	3 phasig	0,33	165 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
1.1.1	37		0,33	158 ms	0,55 P _n	1,00	-
1.1.2	33		0,33	157 ms	1,00 P _n	0,99 _{untererregt}	-
	31	2 phasig	0,67	165 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
1.2.1	39		0,67	165 ms	0,55 P _n	1,00	-
1.2.2	34		0,67	156 ms	1,00 P _n	0,99 _{untererregt}	-
	43	3 phasig	0,49	165 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
2.1.1	49		0,49	161 ms	0,55 P _n	1,00	-
2.1.2	45		0,49	158 ms	1,00 P _n	1,00	-
	44	2 phasig	0,75	165 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
2.2.1	51		0,75	164 ms	0,55 P _n	1,00	
2.2.2	47		0,75	166 ms	0,99 P _n	1,00	
	4	3 phasig	0,74	900 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
3.1.1	26		0,74	890 ms	0,55 P _n	1,00	
3.1.2 a	22		0,74	891 ms	1,00 P _n	1,00	
3.1.2 b	18		0,74	889 ms	0,99 P _n	0,95 _{untererregt}	
3.1.2 c	20		0,74	889 ms	1,00 P _n	0,96 _{übererregt} ⁴⁾	
	5	2 phasig	0,87	900 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
3.2.1	28		0,87	895 ms	0,55 P _n	1,00	
3.2.2	24		0,87	894 ms	0,99 P _n	1,00	

Hinweis:

- 1) Beim Leerlaufversuch ist das BHKW ausgeschaltet.
- 2) Angegeben ist jeweils das Ergebnis des Leertests, bei zweiphasigen Fehlern die Mitsystemspannung auf der Mittelspannungsseite.
- 3) Bei den Leerversuchen ist jeweils die Kurzschlussdauer gemäß (vgl. /11/) angegeben.
- 4) Bei dem im Versuch ermittelten Leistungsfaktor gibt es eine leichte Abweichung zur TR 3 (/1/). Diese Abweichung stellt gemäß fachlichem Ermessen des Experten der Zertifizierungsstelle kein Problem dar, da der übererregte Betrieb hinsichtlich Stabilität den unkritischeren Fall darstellt.

Tabelle 55: SH 265 265 kW: Liste der durchgeführten LVRT-Versuche

Test Nr. gemäß /1/	Test Nr.	Fehler-type	Rest-spannung in p.u. ²⁾	Fehler-dauer ³⁾	Wirk-leistung	cos φ (vor dem Zuschalten der Serienimpedanz)	Bemerkung
	49	3 phasig	0,33	155 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
1.1.1	59		0,33	173 ms	0,55 P _n	1,00	-
1.1.2	55		0,33	161 ms	1,02 P _n	1,00	-
	51	2 phasig	0,67	155 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
1.2.1	61		0,67	176 ms	0,56 P _n	1,00	-
1.2.2	57		0,67	163 ms	0,99 P _n	1,00	-
	63	3 phasig	0,49	155 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
2.1.1	69		0,49	174 ms	0,56 P _n	1,00	-
2.1.2	65		0,49	169 ms	1,01 P _n	1,00	-
	64	2 phasig	0,75	155 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
2.2.1	71		0,75	176 ms	0,55 P _n	1,00	-
2.2.2	67		0,75	175 ms	1,01 P _n	1,00	-
	2	3 phasig	0,74	900 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
3.1.1	22		0,74	921 ms	0,56 P _n	1,00	-
3.1.2 a	14		0,74	908 ms	1,00 P _n	1,00	-
3.1.2 b	18		0,74	913 ms	1,00 P _n	0,95 _{untererregt}	-
3.1.2 c	20		0,74	914 ms	1,02 P _n	0,95 _{übererregt}	-
	3	2 phasig	0,87	900 ms	-	-	Leerlauftest ¹⁾
3.2.1	24		0,87	915 ms	0,55 P _n	1,00	-
3.2.2	16		0,87	915 ms	1,01 P _n	1,00	-

Hinweis:

- 1) Beim Leerlaufversuch ist das BHKW ausgeschaltet.

- 2) *Angegeben ist jeweils das Ergebnis des Leertests, bei zweiphasigen Fehlern die Mitsystemspannung auf der Mittelspannungsseite.*
- 3) *Bei den Leerversuchen ist jeweils die Kurzschlussdauer gemäß (vgl. /10/) angegeben.*

Ergebnisse des Versuchs 45 beim SH 65 65 kW

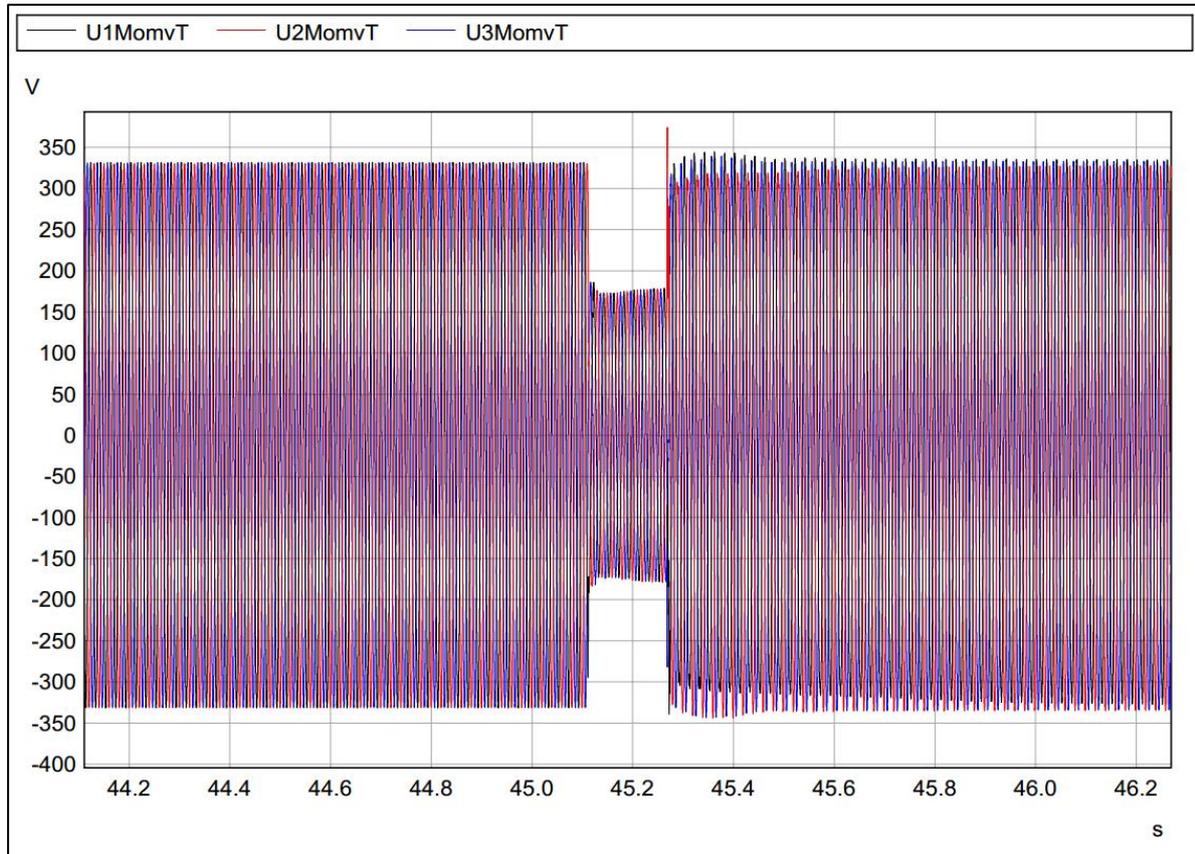


Abbildung 27: SH 65 65 kW: Zeitverläufe der Spannungen, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

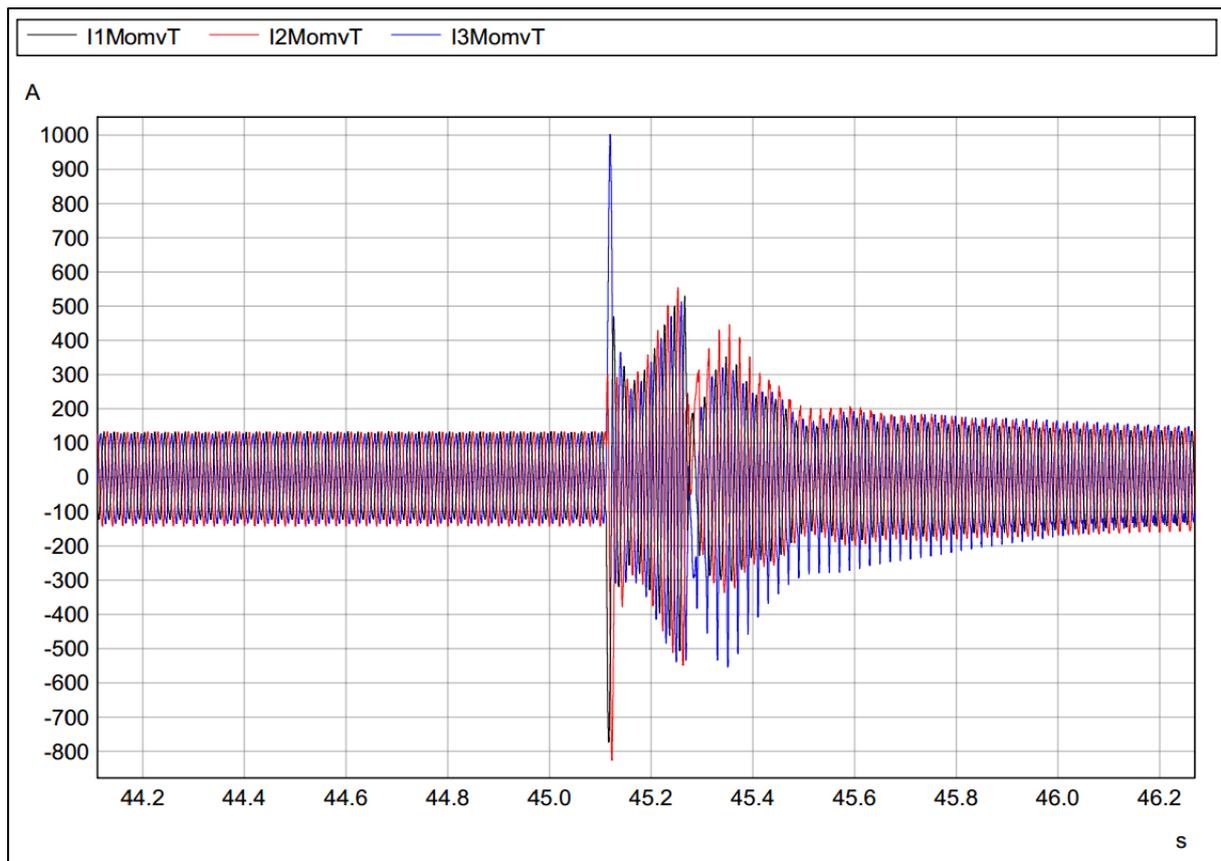


Abbildung 28: SH 65 65 kW: Zeitverläufe der Ströme, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

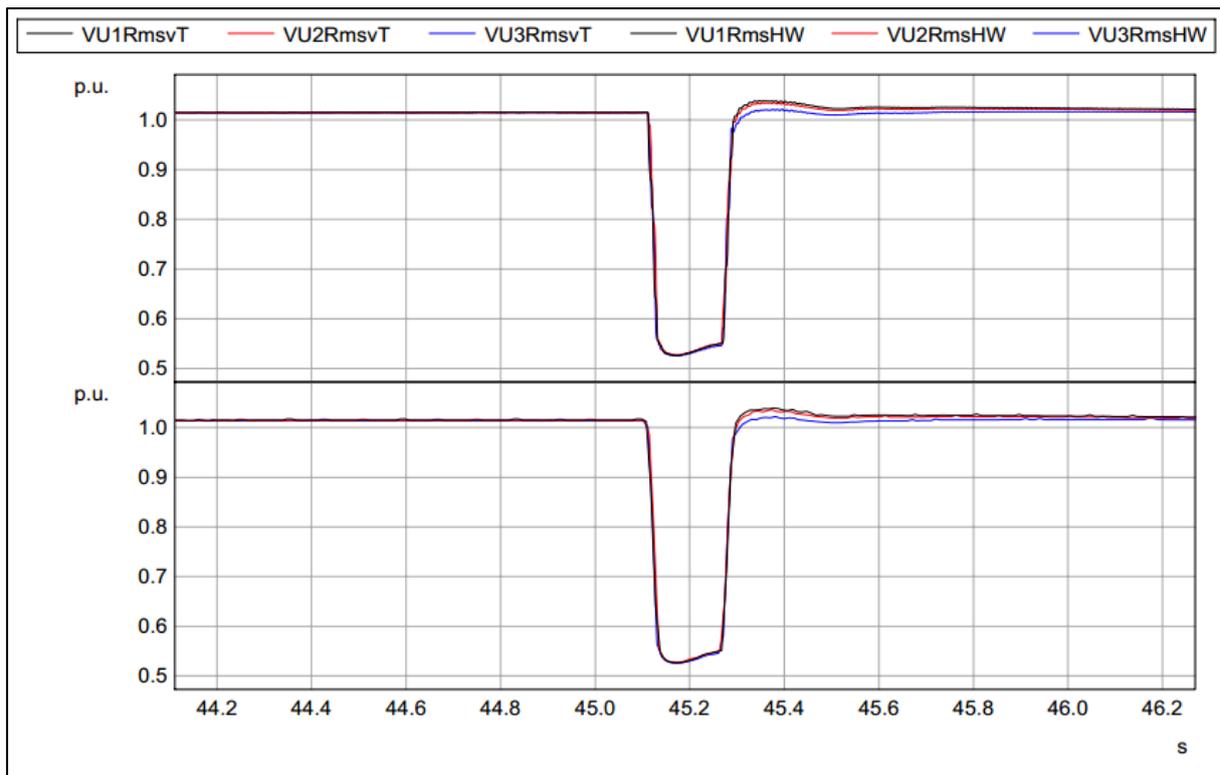


Abbildung 29: SH 65 kW: Effektivwerte der Leiter-Erde-Spannungen (oben 20ms, unten 10ms berechnet), LVRT
Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

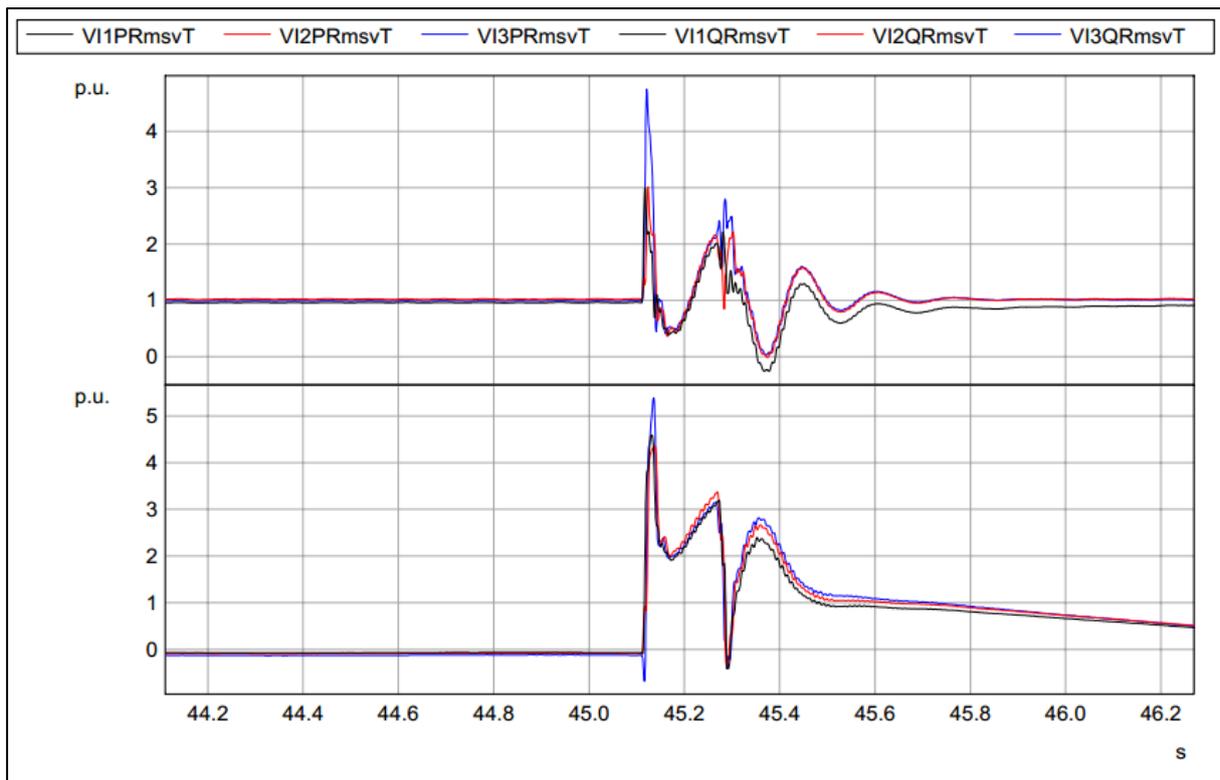


Abbildung 30: SH 65 kW: 20-ms Effektivwerte der Wirkströme (oben), der Blindströme (unten), Zeitverläufe der Spannungen, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

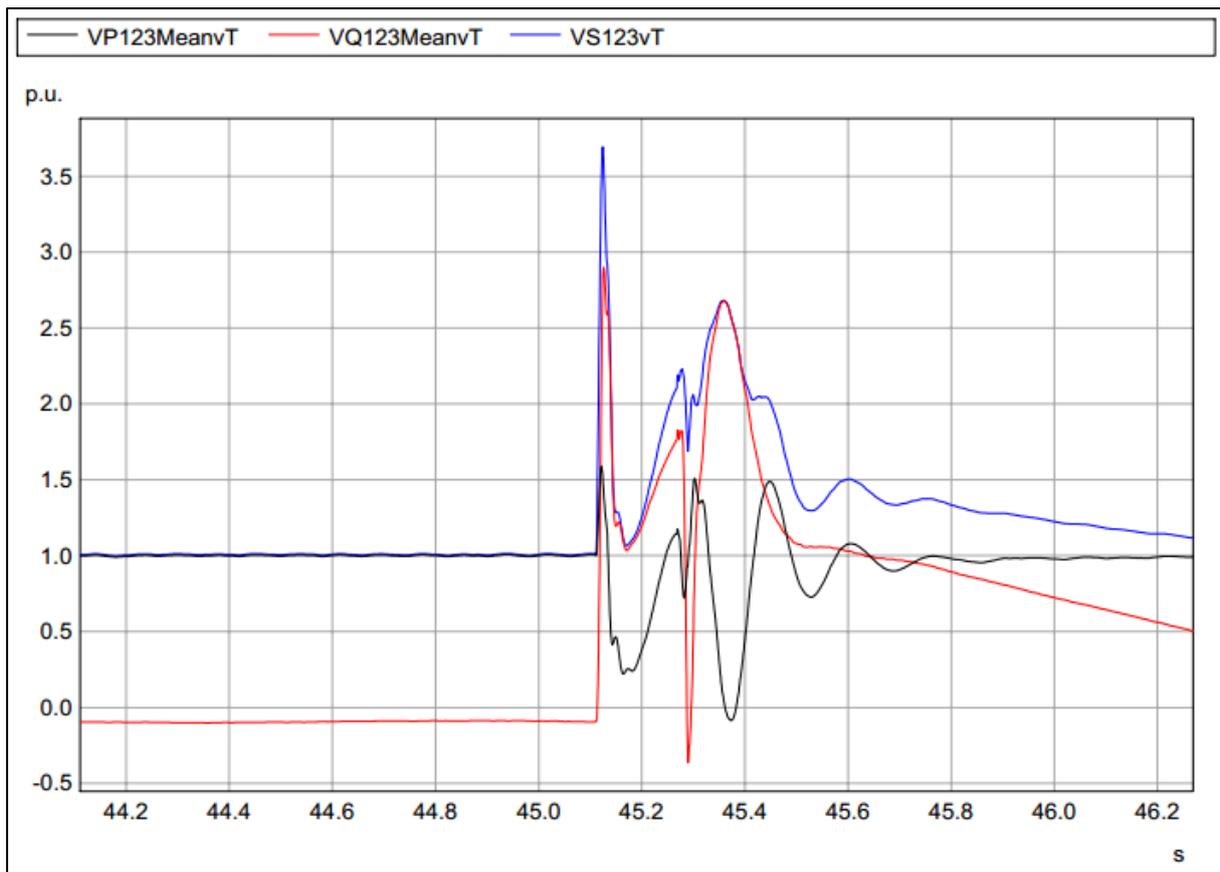


Abbildung 31: SH 65 kW: 20-ms Effektivwerte der Wirk-, Blind- und Scheinleistung, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/

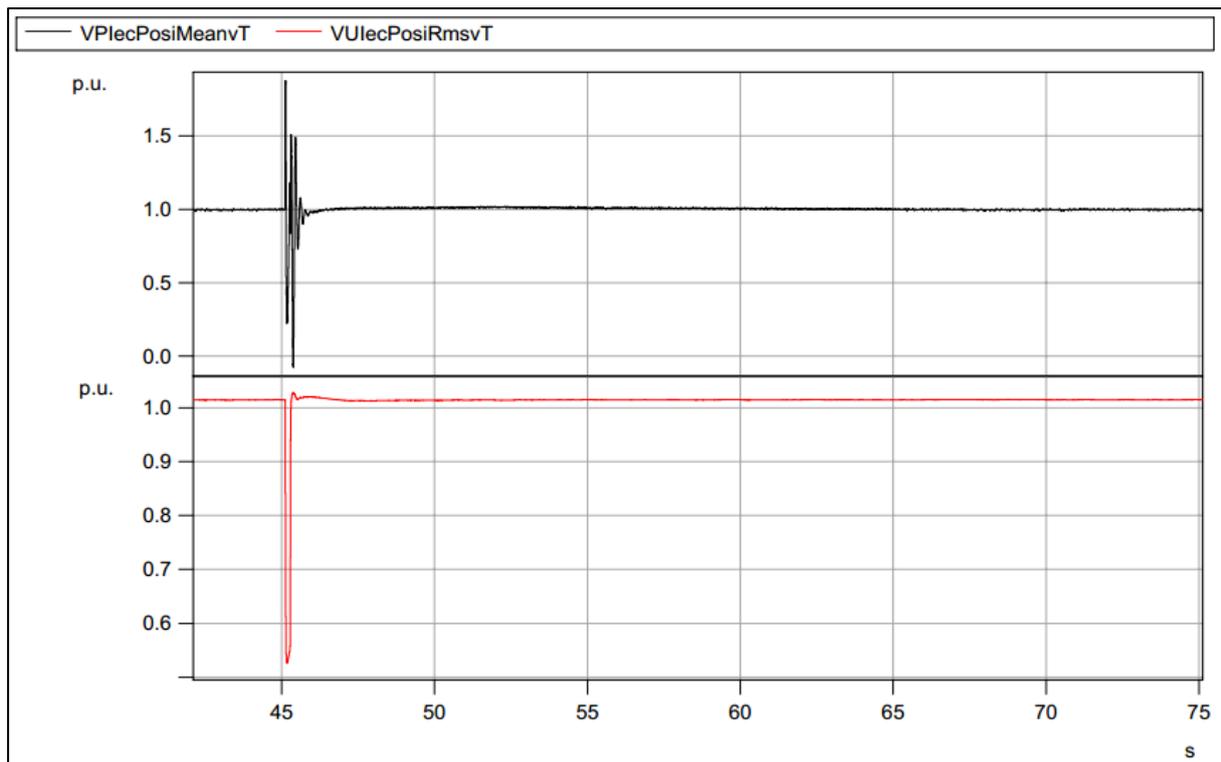


Abbildung 32: SH 65 65 kW: Wirkleistung und Spannung im Mitsystem, LVRT Versuch Nr. 45 (3-phasiger Spannungseinbruch bei P_n auf 50 % U_n), /11/



Tabelle 56: SH 65 65 kW: Ausgewählte Ergebnisse der LVRT-Tests

Test Nr. gemäß /1/	Test Nr.	Spannungseinbruch durchfahren? 1)	cos φ vor dem Zuschalten der Kurzschlussimpedanz	Wirkleistung vor dem Kurzschluss	Wirkleistung 5 s nach Fehlerklärung 2)	Wirkleistung > 5 s nach Fehlerklärung
-	30	Leerlauftest	-	-	-	-
1.1.1	37	ja	1,00	35,8 kW	36,7 kW	36,7 kW
1.1.2	33	ja	0,99 _{untererregt}	64,5 kW	65,5 kW	65,5 kW
-	31	Leerlauftest	-	-	-	-
1.2.1	39	ja	1,00	35,7 kW	36,4 kW	36,2 kW
1.2.2	34	ja	0,99 _{untererregt}	65,0 kW	66,1 kW	66,1 kW
-	43	Leerlauftest	-	-	-	-
2.1.1	49	ja	1,00	35,9 kW	36,4 kW	36,4 kW
2.1.2	45	ja	1,00	64,9 kW	65,8 kW	65,9 kW
-	44	Leerlauftest	-	-	-	-
2.2.1	51	ja	1,00	35,7 kW	36,5 kW	36,5 kW
2.2.2	47	ja	1,00	64,8 kW	65,8 kW	65,7 kW
-	4	Leerlauftest	-	-	-	-
3.1.1	26	ja	1,00	35,7 kW	40,1 kW	40,0 kW
3.1.2 a	22	ja	1,00	64,6 kW	68,8 kW	68,9 kW
3.1.2 b	18	ja	0,95 _{untererregt}	65,0 kW	68,8 kW	68,8 kW
3.1.2 c	20	ja	0,96 _{übererregt} ³⁾	64,7 kW	69,4 kW	70,6 kW
-	5	Leerlauftest	-	-	-	-
3.2.1	28	ja	1,00	35,6 kW	37,0 kW	36,8 kW
3.2.2	24	ja	1,00	64,8 kW	66,4 kW	66,6 kW

Hinweis:

- 1) Das BHKW bleibt während und nach dem Fehler stabil am Netz.
- 2) 1-s-Mittelwert ab dem Zeitpunkt 5 s nach Fehlerklärung
- 3) Bei dem im Versuch ermittelten Leistungsfaktor gibt es eine leichte Abweichung zur TR 3 (/1/). Diese Abweichung stellt gemäß fachlichem Ermessen des Experten der Zertifizierungsstelle kein Problem dar, da der übererregte Betrieb hinsichtlich Stabilität den unkritischeren Fall darstellt.



Tabelle 57: SH 265 265 kW: Ausgewählte Ergebnisse der LVRT-Tests

Test Nr. gemäß /1/	Test Nr.	Spannungseinbruch durchfahren? 1)	cos φ vor dem Zuschalten der Kurzschlussimpedanz	Wirkleistung vor dem Kurzschluss	Wirkleistung 5 s nach Fehlerklärung 2)	Wirkleistung > 5 s nach Fehlerklärung
-	49	Leerlauftest	-	-	-	-
1.1.1	59	ja	1,00	147,5 kW	155,5 kW	155,0 kW
1.1.2	55	ja	1,00	265,8 kW	276,6 kW	275,1 kW
-	51	Leerlauftest	-	-	-	-
1.2.1	61	ja	1,00	147,1 kW	152,9 kW	152,6 kW
1.2.2	57	ja	1,00	267,7 kW	275,7 kW	276,2 kW
-	63	Leerlauftest	-	-	-	-
2.1.1	69	ja	1,00	147,2 kW	154,0 kW	153,1 kW
2.1.2	65	ja	1,00	268,2 kW	276,1 kW	275,0 kW
-	64	Leerlauftest	-	-	-	-
2.2.1	71	ja	1,00	146,9 kW	151,5 kW	151,1 kW
2.2.2	67	ja	1,00	267,6 kW	271,0 kW	272,1 kW
-	2	Leerlauftest	-	-	-	-
3.1.1	22	ja	1,00	147,7 kW	152,7 kW	151,5 kW
3.1.2 a	14	ja	1,00	266,1 kW	277,0 kW	275,9 kW
3.1.2 b	18	ja	0,95 _{untererregt}	266,0 kW	272,8 kW	272,1 kW
3.1.2 c	20	ja	0,95 _{übererregt}	269,4 kW	273,4 kW	270,6 kW
-	3	Leerlauftest	-	-	-	-
3.2.1	24	ja	1,00	147,0 kW	147,5 kW	150,0 kW
3.2.2	16	ja	1,00	266,5 kW	270,7 kW	272,9 kW

Hinweis:

- 1) Das BHKW bleibt während und nach dem Fehler stabil am Netz.
- 2) 1-s-Mittelwert ab dem Zeitpunkt 5 s nach Fehlerklärung



Tabelle 58: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate mit Elektronik, siehe /17/

Hilfsaggregat	Typ	Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM?
-	-	-

Tabelle 59: Liste der FRT getesteten Hilfsaggregate ohne Elektronik, siehe /17/

Hilfsaggregat	Typ	Spannungsunterbrechung führte zu keiner Fehlfunktion der VKM?
Interne-/ Externe Pumpe	Asynchronmaschine	Ja
Gem.- kühlerpumpe		Ja
Gemischk.- ventilator (nur beim Typ SH 250 bzw. SH 265)		Ja
Ablüfter		Ja

Übertragung

Tabelle 60 zeigt zusammengefasst die Bewertung im Rahmen der Familienbildung mit Hilfe der beiden Modelle. Es tritt bei keiner der Varianten ein Polschlupf auf und es werden alle Versuche durchfahren. Die Hinweise sind in der Anlagenzertifizierung zu berücksichtigen.

Tabelle 60: Bewertung der LVRT-Versuche im Rahmen der Familienbildung

Typ	Minimale Kurzschlussleistung [MVA]	Alle Versuche durchfahren?	Polschlupf aufgetreten?	Bestanden
1 – 38	15,0	Ja	Nein	Ja ^{1) 2)}

Hinweis:

- 1) Bei einigen Typen vergehen nach Fehlerklärung bis zu 23 Sekunden, bis sich der Vorfehlerzustand nach Fehlerklärung einstellt. Hierbei treten teilweise überhöhte Spannungen auf (< 110 %), mit entsprechendem Blindstrom und Polradwinkel.
- 2) Bei den EZE-Typen 12 - 38 traten bei den untererregten Versuchen nach dem Fehler große Pendelungen des Polradwinkels bzw. der Blindleistung auf. Die Blindleistungsänderung hat entsprechenden Einfluss auf die Spannung und kann im ungünstigsten Fall zu Schutzauslösung führen. Es kommt zu Spannungserhöhungen von bis zu 118,3 %.

10.2 Ermittlung der Kurzschlussstrombeiträge (Typ 1)

In den Datenblättern der einzelnen Generatoren sind die Verläufe der Kurzschlussströme in Ampere angegeben. Die Verläufe sind in Anhang E des Zertifikats abgebildet. In Tabelle 61 sind die Werte für



den Anfangskurzschlussstrom $I_{k''}$ (0,001s), den Stoßkurzschlussstrom I_s und den Dauerkurzschlussstrom I_k (1 s) angegeben. Dabei entsprechen $I_{k''}$ und I_k den Angaben der Datenblätter des jeweiligen Generators. I_s wurde mit Hilfe der Formel bestimmt:

$$I_s = \sqrt{2} \cdot I_{k''} \cdot \kappa$$

Um eine Betrachtung des ungünstigsten Fall vorzunehmen, wurde $\kappa = 2$ gesetzt. In diesem Faktor werden der Zeitpunkt des Kurzschlusses und das X/R Verhältnis der Impedanz, die im Fehlerfall zum Tragen kommt, berücksichtigt. Denn die höchste Stromspitze entsteht, wenn der Kurzschluss im Spannungsnulldurchgang auftritt. Die Kurzschlussstrombeiträge der Generatoren wurden den Datenblättern des Herstellers entnommen und sind in Anhang E dargestellt.

Tabelle 61: Generatorkurzschlussströme (entnommen aus den Datenblättern des Generatorherstellers /23/ bis /45/)

Generator (Leroy Somer)	Kurzschlussstrombeiträge		
	Anfangskurzschluss- wechselstrom $I_{k''}$	Stoßkurzschlussstrom ¹⁾ I_s	Dauerkurzschluss- strom ²⁾ I_k
LSA 44.3 S3	932 A	2636 A	315 A
LSA 44.3 S4	1062 A	3004 A	354 A
LSA 44.2 VS45	1022 A	2891 A	411 A
LSA 44.2 M95	1878 A	5312 A	564 A
LSA 44.2 VS 3	1019 A	2882 A	345 A
LSA 44.3 S5	1062 A	3004 A	393 A
LSA 44.3 L10	1414 A	3999 A	594 A
LSA 46.2 M5	1878 A	5312 A	798 A
LSA 46.2 L9	2864 A	8101 A	1083 A
LSA 46.1 L6	2225 A	6293 A	939 A
LSA 46.2 M5	1878 A	5312 A	798 A
LSA 46.2 VL12	3590 A	10154 A	1194 A
LSA 46.3 S3	3075 A	8697 A	789 A
LSA 46.3 M7	4980 A	14086 A	1083 A
LSA 46.3 L10	6158 A	17417 A	1281 A
LSA 47.2 VS 2 / 4p	2631 A	7442 A	1428 A
LSA 47.2 M7	4388 A	12411 A	2013 A
LSA 47.2 M8	4174 A	11806 A	2166 A
LSA 47.2 L9	5052 A	14289 A	2316 A
LSA 49.1 M6	6943 A	19638 A	2829 A



LSA 49.1 S4	5300 A	14991 A	2571 A
LSA 49.3 S4	6647 A	18801 A	2577 A

Hinweis:

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

10.3 Leistungssteigerung nach Fehlerklärung

Für alle durchgeführten LVRT-Tests ist die Wirkleistung der VKM, bereits fünf Sekunden nach Fehlerklärung auf den Vorfehlerwert stabilisiert (siehe beispielhaft Abbildung 32).

Relevante Parameter für den Wirkleistungsgradient nach Fehlerklärung

Gemäß Herstellerangaben ist der Wirkleistungsgradient nach Fehlerklärung nicht explizit einstellbar. In dem LVRT-Fall wird lediglich durch die parametrisierte FRT-Kennlinie aktiv eingegriffen.



11 Schutzeinrichtungen

Die Angaben und Ergebnisse gelten für alle Typen gemäß Tabelle 1. Informationen zur Ausführung von Strom- und Spannungswandlern sind in Tabelle 6 angegeben. Die Informationen zum Leistungsschalter zeigt Tabelle 3.

Auflage

Auf Anlagenebene muss das Schutzkonzept hinsichtlich der projektspezifischen Anforderungen (z. B. notwendige Kurzschlussfestigkeit, notwendiges Schaltvermögen, etc.) überprüft werden.

Bei der Verwendung eines vom Ziehl UFR1001E abweichenden NA-Schutzes ist eine gesonderte Prüfung aller Schutzfunktionen nötig.

11.1 Allgemeines

Die nachfolgende Unterteilung (a, b, c, ...) ist analog zur FGW TR8 /2/ Kap. 5.1.7.1 benannt.

Tabelle 62: Allgemeine Überprüfung der Schutzeinrichtung

1) Unabhängigkeit der Schutzfunktion
<p>Sowohl bei den getesteten Blockheizkraftwerken vom Typ SH 65 kW und SH 265 als auch bei den anderen Varianten, werden die Schutzfunktionen durch ein externes NA-Schutzrelais realisiert. Das NA-Schutzrelais muss alle nötigen Funktionen implementiert haben. Es wirkt auf den Kuppelschalter der EZE. Zusätzlich werden Zündung und Gas-, Magnet-, Schnellschlussventile abgeschaltet.</p> <p>Bedingt durch das separate Schutzrelais sind alle Schutzfunktionen unabhängig von den Steuerungsfunktionen implementiert. Insbesondere kann dadurch bestätigt werden, dass die Entkopplungsschutzfunktionen unabhängig von den dynamischen Netzstützungseinstellungen umgesetzt sind.</p> <p>Die Messung der Leiterspannungen erfolgt direkt durch einen Abgriff des NA-Schutzes.</p>
2) Minimaler Einstellbereich für $U_{<}$ mit $t_{<}$
Die Schutzeinrichtung ist mit den in /19/ aufgeführten Parametern parametrierbar.
3) Geforderte Entkopplungsschutzfunktionen (BDEW MSR 2008, /5/) ohne externe Schutzeinrichtungen möglich?
<p>Nein, es ist ein externes Schutzrelais notwendig. Bei der Vermessung wurde das ZIEHL UFR 1001E verwendet. Die Schutzfunktionen $U_{>>}$, $U_{>}$, $U_{<<}$, $f_{<}$ und $f_{>}$ können am vermessenen Schutzrelais eingestellt werden.</p> <p>Auflage: Abweichende Schutzrelais müssen entsprechend überprüft werden.</p>
4) Prüfbericht der externen Schutzeinrichtung (Wenn serienmäßig verbaut)
<p>Es wird serienmäßig eine externe Schutzeinrichtung verbaut. Hierbei wird allerdings ein projektspezifischer Hersteller gewählt. Das in den folgenden Kapiteln 11.2 und 11.3 aufgeführte NA-Schutzrelais wird nur beispielhaft aufgeführt.</p> <p>Auflage: Abweichende Schutzrelais zum ZIEHL UFR 1001E müssen entsprechend überprüft werden.</p>



5) Konzept zur Prüfung des Entkupplungsschutzes
Die Prüfung kann bei dem beispielhaft aufgeführten Schutzrelais ohne ausklemmen von Drähten mit Hilfe der Prüfklemmleiste erfolgen (Vgl. /17/). Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden.
6) Bestandsmessungen des Entkupplungsschutzes
Nicht relevant, da keine Bestandsmessung vorliegt.
7) Eigenschutzwerte bzgl. Spannung und Frequenz
Siehe Kapitel 11.4
8) Prüfklemmleisten für alle Entkupplungsschutzfunktionen (Spannungs- und Frequenzschutz)
Die Entkupplungsschutzfunktionen können über die Prüfklemmleiste überprüft werden, ohne Abklemmen von Drähten (Vgl. /17/). Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden.
9) Einstellwerte der Entkupplungsschutzfunktionen (Parametrierbarkeit, Ab- bzw. Auslesbarkeit ohne Hilfsmittel)
Die Werte können beim ZIEL UFR 1001E über das Display abgelesen werden und sind über das NA-Schutzrelais parametrierbar. Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden.
10) Hilfsenergieversorgung der Schutzeinrichtung Ausfall der Hilfsenergie muss zum unverzügerten Auslösen des Hauptschalters führen, Überbrückung von mindestens 3 Sek. Netzausfall
Die Anforderungen bzgl. Überbrückungszeit und dem unverzügerten Auslösen des Hauptschalters werden erfüllt. Die Versorgungsspannung des NA-Schutzrelais (24 VDC) wird über eine Batterie ≥ 35 Ah gestützt. Auflage: Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt gewährleistet und überprüft werden.
11) Messgenauigkeiten der Schutzeinrichtung
Es sind keine Wandler verbaut. Die Spannung wird direkt von dem NA-Schutz gemessen.



11.2 Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz

Die Ergebnisse des Tests können Tabelle 64 entnommen werden.

Tabelle 63: Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz

Spannungssteigerungs- und Spannungsrückgangsschutz (ZIEL UFR 1001E)	
Rückfallverhältnis gemäß FGW TR 8 /2/	Gemäß Testbericht /20/ eingehalten
Einstellbereich des EZE-Entkupplungsschutzes gemäß Tabelle 3.2.3.3-2 der BDEW MSR 2008 /5/	Gemäß der Herstellererklärung /17/ können die empfohlenen Schutzrelais-Einstellwerte in der Schutzfunktion eingestellt werden. ¹⁾
Überwachte Spannungen (Leiter-Erde o. Leiter-Leiter)	Leiter-Erde oder Leiter-Leiter über Parametrierung möglich
Logische Auslöseverknüpfung der Spannungen	ODER
Auflage:	Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt überprüft und vermessen werden.

Die Ergebnisse können auf alle Varianten übertragen werden, da die Prüfung der Schutzfunktion auch unabhängig von der VKM durchgeführt werden kann.

Der Spannungsschutz erfüllt die Anforderungen der FGW TR 8 /2/.

Messergebnisse

Tabelle 64: Trennung der EZE vom Netz

Funktion	Sollwert in V	Messwert in V	Abweichung in % U_N	Einstellwert in ms	Abschaltzeit in ms
Spannungssteigerungsschutz (1. Stufe)	299,0	299,5	0,22	100	103,8 ... 110,3
Spannungssteigerungsschutz (2. Stufe)	276,0	275,7	-0,13	100	97,9 ... 101,1
Spannungsrückgangsschutz (1. Stufe)	184,0	184,1	0,04	2400	2379,9 ... 2399,0
Spannungsrückgangsschutz (schnellstmöglich)	184,0	184,1	0,04	0,05	49,1 ... 49,5
Spannungsrückgangsschutz (2. Stufe)	104,0	105,1	0,48	300	297,6 ... 309,0
Rückfallverhältnis wird eingehalten Entsprechend der Erfassung im Gerät sind die Spannungen als Phase-Neutral-Werte ausgewiesen.					



11.3 Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz

Die Ergebnisse des Tests können Tabelle 66 entnommen werden.

Tabelle 65: Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz

Frequenzsteigerungs- und Rückgangsschutz (ZIEL UFR 1001E)	
Einstellbereich des EZE-Entkopplungsschutzes gemäß Tabelle 3.2.3.3-2 der BDEW MSR 2008 /5/	Gemäß der Herstellererklärung /17/ können die Minimal- und Maximalwerte in der Schutzfunktion eingestellt werden.
Auflage:	Bei der Verwendung eines anderen Relais muss dieser Punkt überprüft und vermessen werden.

Die Ergebnisse können übernommen werden, da alle EZEn bei einer Nennfrequenz von 50 Hz betrieben werden.

Der Frequenzschutz erfüllt die Anforderungen der FGW TR 8 /2/.

Messergebnisse

Tabelle 66: Ergebnisse des Tests des Frequenzschutzes

Funktion	Sollwert in Hz	Messwert in Hz	Abweichung in Hz	Einstellwert in ms	Abschaltzeit in ms
Frequenzrückgangsschutz	47,5	47,51	0,01	100	101,3 ... 104,3
Frequenzrückgangsschutz (schnellstmöglich)	47,5	47,51	0,01	0,05	51,1 ... 53,1
Frequenzsteigerungsschutz	51,5	51,50	0,00	100	101,4 ... 101,9
Rückfallverhältnis wird eingehalten.					



11.4 Eigenschutz

Der Eigenschutz wird durch einen Leistungsschalter realisiert /17/. Die Auslöseschwelle des Eigenschutzes ist wie folgt:

Tabelle 67: Eigenschutz

Typ	Leistungsschalter	Auslöseschwelle ¹⁾ >> Eigenschutz	Zeit ²⁾
SH 50	COMPACT NSX 160	2400 A	Unverzögert
SH 50-2	COMPACT NSX 160	2400 A	Unverzögert
SH 65	COMPACT NSX 160	2400 A	Unverzögert
SH 65-2	COMPACT NSX 160	2400 A	Unverzögert
SH 70	COMPACT NSX 160	2400 A	Unverzögert
SH 75	COMPACT NSX 160	2400 A	Unverzögert
SH 75-1	COMPACT NSX 160	2400 A	Unverzögert
SH 100	COMPACT NSX 250	3000 A	Unverzögert
SH 100-2	COMPACT NSX 250	3000 A	Unverzögert
SH 120	COMPACT NSX 250	3000 A	Unverzögert
SH 125	COMPACT NSX 250	3000 A	Unverzögert
SH 125-1	COMPACT NSX 250	3000 A	Unverzögert
SH 135	COMPACT NSX 250	3000 A	Unverzögert
SH 135-1	COMPACT NSX 250	3000 A	Unverzögert
SH 140	COMPACT NSX 400	4800 A	unverzögert
SH 160	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 160-1	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 170	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 190	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 190-1	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 190-2	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 210	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert



SH 210-1	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 210-2	COMPACT NSX 400	4800 A	Unverzögert
SH 240	COMPACT NSX 630	6900 A	Unverzögert
SH 250	COMPACT NSX 630	6900 A	Unverzögert
SH 265	COMPACT NSX 630	6900 A	Unverzögert
SH 300	COMPACT NS 800	8000 A	Unverzögert
SH 350	COMPACT NS 800	8000 A	Unverzögert
SH 350-2	COMPACT NS 800	8000 A	Unverzögert
SH 350-3	COMPACT NS 800	8000 A	Unverzögert
SH 380	COMPACT NS 800	8000 A	Unverzögert
SH 400	COMPACT NS 800	8000 A	Unverzögert
SH 400-2	COMPACT NS 800	8000 A	Unverzögert
SH 430	COMPACT NS 1000	10000 A	Unverzögert
SH 530	COMPACT NS 1000	10000 A	Unverzögert
SH 530-2	COMPACT NS 1000	10000 A	Unverzögert
SH 530-3	COMPACT NS 1000	10000 A	Unverzögert

Hinweis:

- 1) Die in Tabelle 61 ausgewiesenen max. Kurzschlussstrombeiträge I_k'' der Generatoren überschreiten die Auslöseschwelle des Eigenschutzes des SH 125-1, SH 160-1, SH 190-1 und SH 190-2. Auf Grundlage der vorgenommenen Familiensimulation mit einer Überstrombetrachtung im Bewertungsbericht MOE 15-0135-34 ist mit keinerlei Auslösung des Eigenschutzes im LVRT-Fall zu rechnen.
- 2) Die Leistungsschalter sind unverzögert parametrisiert. Hierbei liegt jeweils eine Microverzögerungszeit von 10 ms und eine Gesamtausschaltzeit von 50 ms der NSX-Baureihe und 90 ms der NS-Baureihe vor.



12 Validiertes Modell der Einheit

Der Hersteller hat jeweils ein Modell für die beiden vermessenen Erzeugungseinheiten geliefert. Das Modell ist in Power Factory Version 15.2 validiert worden. Die Modellbezeichnungen, die MD5 Prüfsummen und die Bezeichnung der Dokumentation ist Tabelle Anhang A - 1 zu entnehmen.

Tabelle Anhang A - 1: Modellidentifizierung

Modell des SH 65	
Dateibezeichnung:	Sommer_FRT_SH-65_20151103_rel3_enc.pfd
MD5-Checksumme:	22fed74d60ce883cf469433115691612
Modelldokumentation des SH 65	
Dateibezeichnung:	Dokumentation_SommerEnergy_SH65_20151110_v2.pdf
MD5-Checksumme:	4b38cb628fc8e3e52a8c6ea648ca107c
Modell des SH 265	
Name	Sommer_Familie_SH-265_20180720_rel5enc_pf2015.pfd
MD5-Checksumme	1acdb636793a161e5187f2e93f3b6f3e
Modelldokumentation des SH 265	
Name	Dokumentation_SommerEnergy_SH265_20180720_v4.pdf
MD5 Checksumme	c95dd7be2f9bb7e2ea9c6cb6b4819926

Hinweis:

Das Modell weist eine Standardparametrierung auf. Es muss entsprechend der verwendeten Variante parametrierung werden. Die Parameter für die einzelnen Varianten befinden sich in Anhang C. Eine Beschreibung, die erläutert wo die entsprechenden Parameter im Einheitenmodell einzustellen sind, ist in der Modelldokumentation zu finden (Siehe Tabelle Anhang A - 1).

Die folgende Tabelle zeigt die im Modell implementierten Eigenschaften der VKM.

Tabelle Anhang A - 2: Übersicht über die Modelleigenschaften beider Modelle

Eigenschaft	Im Modell umgesetzt	In der Validierung eingeschlossen
Wirkleistungsabgabe als Funktion der Primärenergie	Nicht relevant	nein
Variable Wirkleistungsabgabe (statisch)	ja	ja
Wirkleistungsreduktion bei Überfrequenz	nein	nein
Variable Blindleistungsabgabe (statisch)	ja	ja
Blindleistungssprungantwort	nein	nein
LVRT: symmetrische Fehler	ja	ja
LVRT: unsymmetrische Fehler	ja	ja
Netzschutz	ja	Nein ¹⁾



Anmerkung:

- 1) Die Schutzeinrichtung ist nicht Teil des Zertifizierungsumfangs, jedoch enthält das Modell eine Komponente zur Modellierung einer in der realen EZE vorhandenen Schutzeinrichtung.

Weitere Details sind den Validierungsberichten MOE 15-0135-07 und MOE 15-0135-08 sowie den LVRT-Übertragungsberichten MOE 15-0135-15, MOE 15-0135-16, MOE 15-0135-23 sowie MOE 15-0135-34 zu entnehmen. Das Modell gibt qualitativ die Vermessungen wieder (stetig abklingendes Verhalten, Schwingungen, Plateaus etc.).

Tabelle Anhang A - 3: Ergebnis der Modellvalidierung

Validierungsergebnis SH 65	
Gesamte Anzahl an Grenzwertüberschreitungen in % (10 % sind zulässig)	9,3 %
Maximale Überschreitung (positiv) ²⁾	+ 90 % (Blindstrom), 93 % Blindleistung
Maximale Überschreitung (negativ)	_ ¹⁾
Polradwinkel, maximale Überschreitung (positiv)	+ 4,2
Polradwinkel, maximale Überschreitung (negativ)	- 12,2
Validierungsergebnis SH 265	
Gesamte Anzahl an Grenzwertüberschreitungen in % (10 % sind zulässig)	8,5 %
Maximale Überschreitung (positiv) ³⁾	+ 179 % (Blindstrom), 280 % Blindleistung
Maximale Überschreitung (negativ)	_ ¹⁾
Polradwinkel, maximale Überschreitung (positiv)	+ 10,2
Polradwinkel, maximale Überschreitung (negativ)	- 6,6

Hinweis:

- 1) Die Abweichungen wurden grundsätzlich ohne Vorzeichen bestimmt. Als Worst-Case können hier die Werte von der maximalen Überschreitung (positiv) betrachtet werden.
- 2) Die maximale Überschreitung tritt im Intervall C1_b des Versuchs 13 auf. Dies entspricht den transienten Bereich nach Fehlerklärung. Der Versuch 13 ist in Abbildung 35 beispielhaft dargestellt. Für Details siehe Modellvalidierungsbericht 15-0135-07.
- 3) Die maximale Überschreitung tritt im Intervall B2_b des Versuchs 14 auf. Dies entspricht den stationären Bereich während des Fehlers. Der Versuch 14 ist in Abbildung 33 beispielhaft dargestellt. Für Details siehe Modellvalidierungsbericht 15-0135-08.



Als beispielhafte Darstellung einer besseren Nachbildung der Erzeugungseinheiten durch die Modelle sind in Abbildung 36 die Signalverläufe des 65er-Modells und Abbildung 34 die Signalverläufe des 265er-Modells jeweils der Versuch 11 dargestellt.

Die Unsicherheitsbetrachtung ist im Modellvalidierungsbericht 15-0135-07 bzw. 15-0135-08 durchgeführt worden.

Damit in der Anlagenzertifizierung die korrekte Modellvariante verwendet wird, ist in Tabelle Anhang A – 4 eine Zuordnung der Typen gemäß Tabelle 1 zu den korrekten Templates des 265er-Modells bzw. der korrekten Parameterliste des 65er-Modells aufgelistet.

Tabelle Anhang A - 4: Zuordnung der Typen zu den Templates bzw. Parameterlisten der beiden Simulationsmodelle

Typ	Nennleistung	Bezeichnung Template in Simulationsmodell (SH 265) bzw. Bezeichnung in Parameterliste der Modelldokumentation (SH 65)	Enthalten in Simulationsmodell bzw. Modelldokumentation des	
			SH 65 ¹⁾	SH 265 ²⁾
SH 50	50 kW	SH-50	✓	-
SH 50-2		SH-50-2	✓	-
SH 65	65 kW	SH-65	✓	-
SH 65-2		SH-65	✓	-
SH 70	70 kW	SH-70	✓	-
SH 75	75 kW	SH-75	✓	-
SH 75-1		SH-71-1	✓	-
SH 100	100 kW	SH-100	✓	-
SH 100-2		SH-100-2	✓	-
SH 120	120 kW	SH-120	✓	-
SH 125	125 kW	SH-125	✓	-
SH 125-1		SH-125	-	✓
SH 135	135 kW	SH-135	✓	-
SH 135-1		SH-135	-	✓
SH 140	140 kW	SH-140	✓	-
SH 160	160 kW	SH-160	✓	-
SH 160-1		SH-160	-	✓
SH 170	170 kW	SH170	✓	-
SH 190	190 kW	SH-190	✓	-



Typ	Nennleistung	Bezeichnung Template in Simulationsmodell (SH 265) bzw. Bezeichnung in Parameterliste der Modelldokumentation (SH 65)	Enthalten in Simulationsmodell bzw. Modelldokumentation des	
			SH 65 ¹⁾	SH 265 ²⁾
SH 190-1		SH-190-1	-	✓
SH 190-2		SH-190-2	-	✓
SH 210	210 kW	SH-210	-	✓
SH 210-1		SH-210-1	-	✓
SH 210-2		SH-210-2	-	✓
SH 240	240 kW	SH-240	-	✓
SH 250	250 kW	SH-250	-	✓
SH 265	265 kW	SH-265	-	✓
SH 300	300 kW	SH-300	-	✓
SH 350	350 kW	SH-350	-	✓
SH 350-2		SH-350-2	-	✓
SH 350-3		SH-350-3	-	✓
SH 380	380 kW	SH-380	-	✓
SH 400	400 kW	SH-400	-	✓
SH 400-2		SH-400-2	-	✓
SH 430	430 kW	SH-430	-	✓
SH 530	530 kW	SH-530	-	✓
SH 530-2		SH-530-2	-	✓
SH 530-3		SH-530-3	-	✓

Hinweis:

- 1) Das Modell der 65er-Familie beinhaltet keine Templates der einzelnen Varianten. Es müssen die einzelnen Varianten gemäß Parameterliste und dem Vorgehen beschrieben in der Modelldokumentation (angegeben in Tabelle Anhang A - 4) parametrisiert werden.
- 2) Das Modell der 265er-Familie beinhaltet Templates die für die Simulation der einzelnen Typen gemäß Modelldokumentation (angegeben in Tabelle Anhang A - 4) ausgewählt werden können.

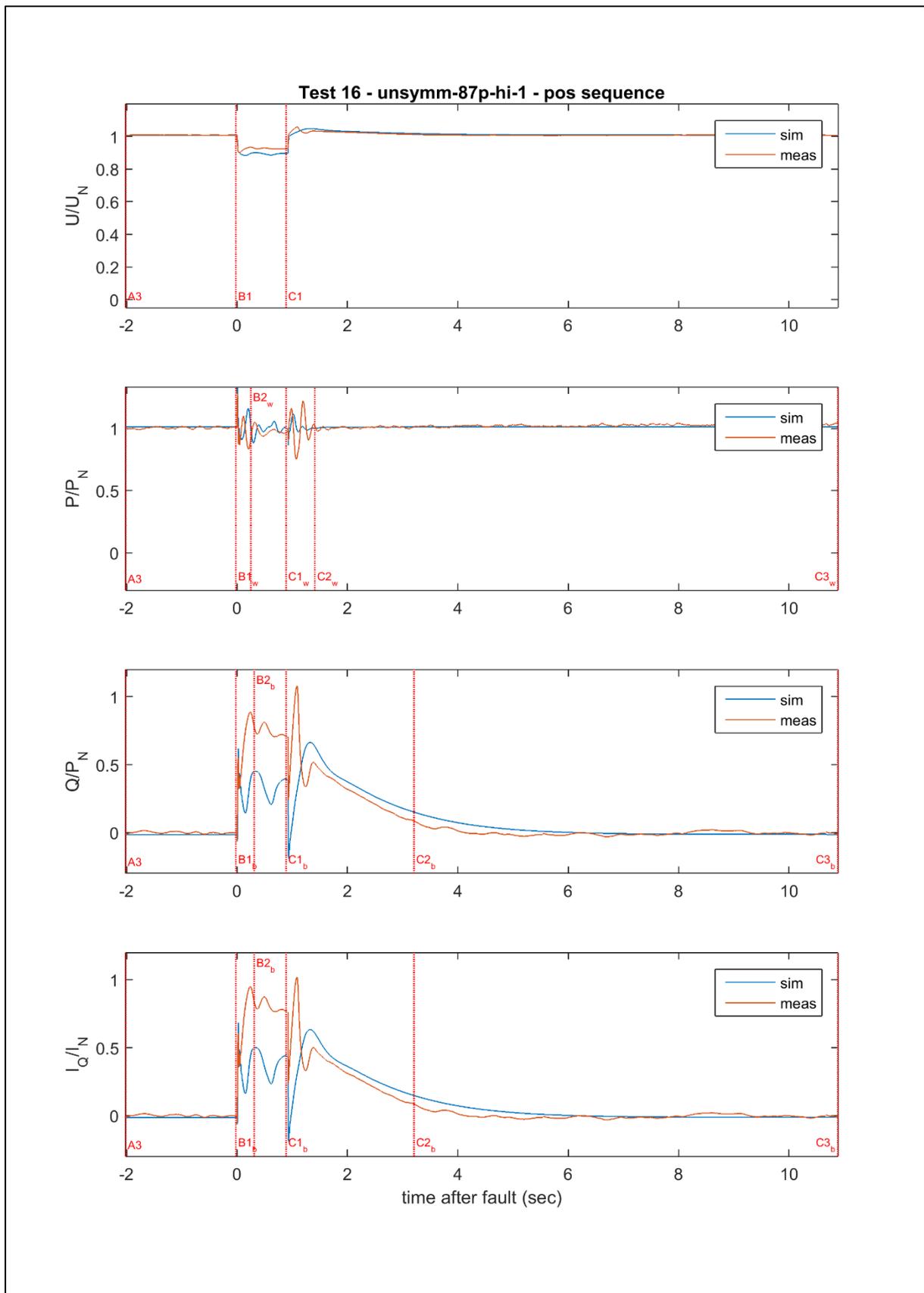


Abbildung 33: SH 265: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 14 (bzw. 16 gemäß Testberichtsnummerierung)

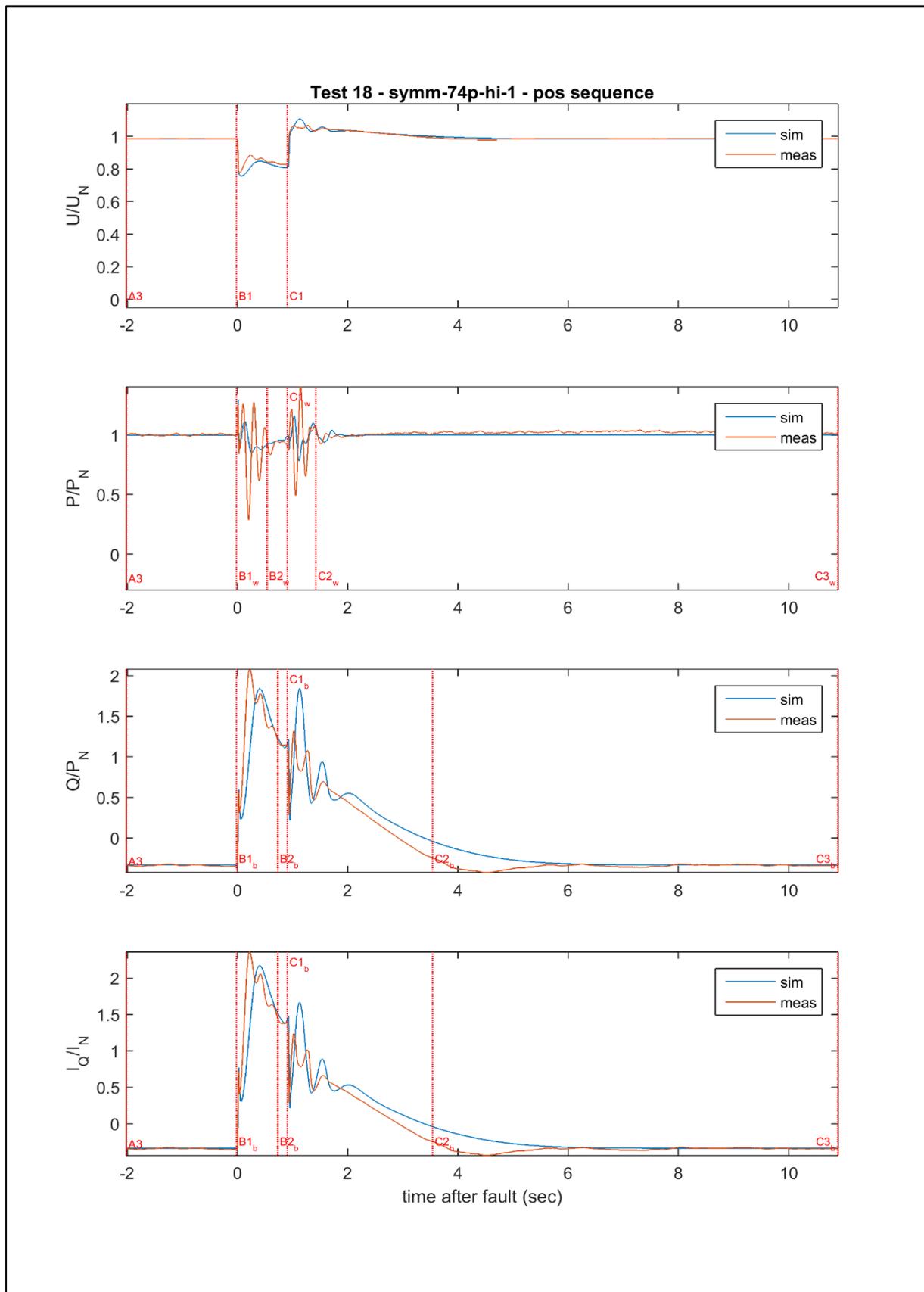


Abbildung 34: SH 265: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 11 (bzw. 18 gemäß Testberichtsnummerierung)

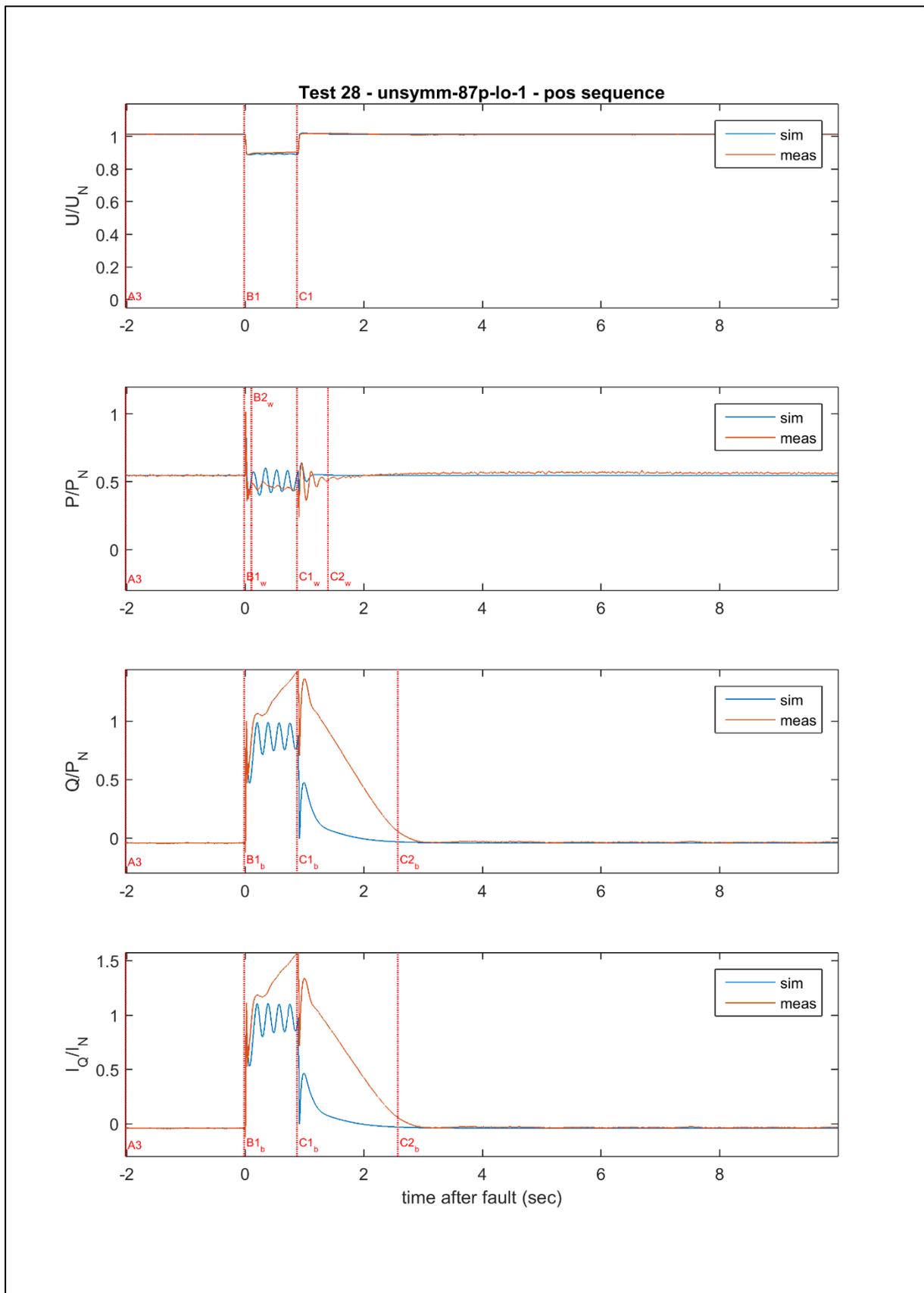


Abbildung 35: SH 65: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 13 (bzw. 28 gemäß Testberichtsnummerierung)

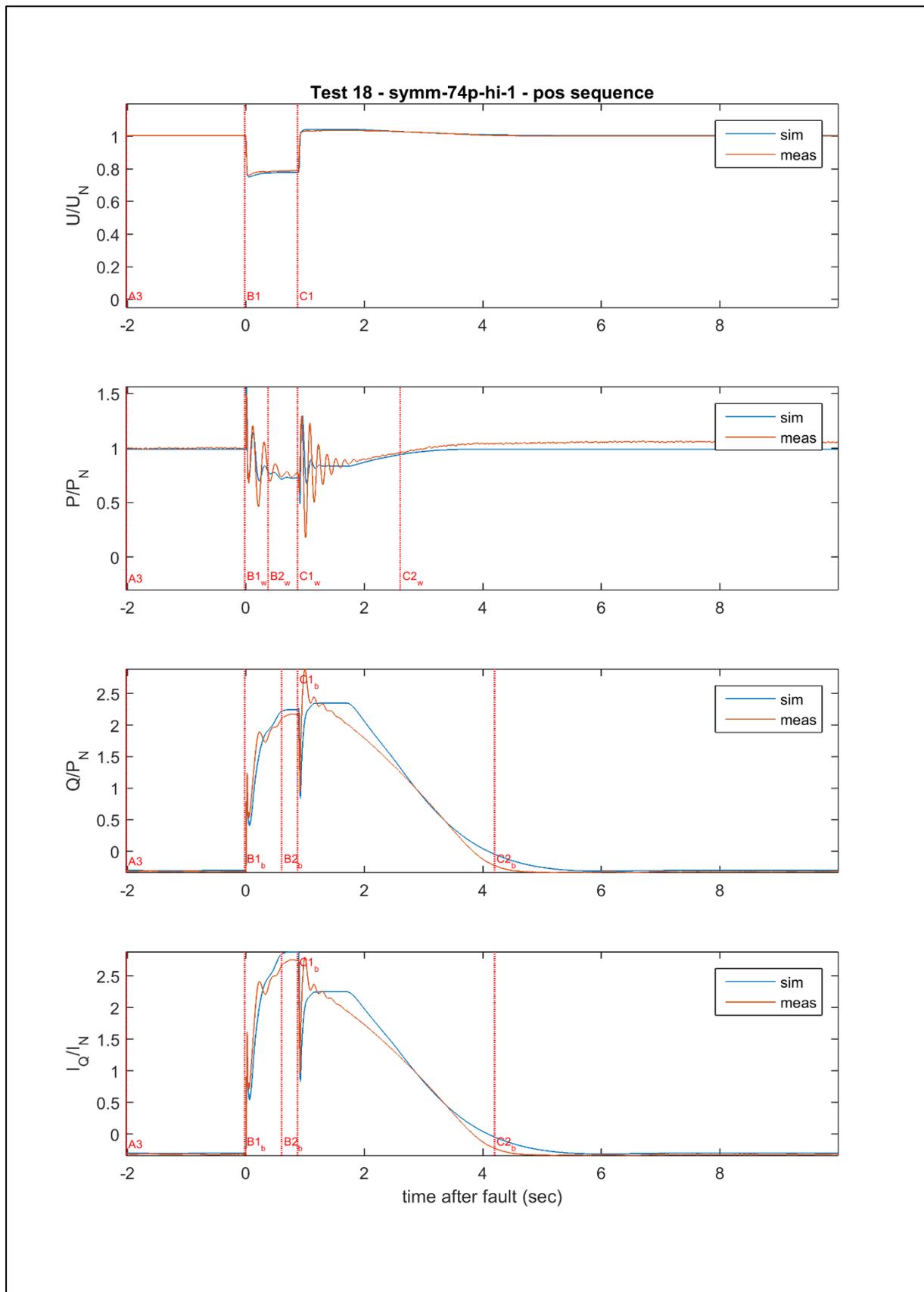


Abbildung 36: SH 65: Signalverläufe der Spannung, der Wirk- und Blindleistung sowie des Blindstroms im Versuch 11 (bzw. 18 gemäß Testberichtsnummerierung)



13 Veröffentlichung

Hersteller	Typ	Nennleistung	Nummer des EZE-Zertifikats	Einschränkungen des Zertifikats	Nummer des validierten EZE-Modells / MD5 Prüfsumme	Softwareumgebung des validierten EZE-Modells
Manufacturer	Type	Rated Power	Unit Certificate Number	Restriction of certificate	Number of validated Model / MD5 checksum	Software of validated Model
SOMMER energy GmbH	SH 50	50 kW	MOE 15-0135-35	Bei der Verwendung eines abweichenden NA-Schutzes: Prüfung Schutzeinrichtung, Wiederschaltungsgrenzwerte und der Spannungsüberwachung. Projektspezifische Dimensionierung und Überprüfung der Leistungsschütze Familie des SH 265: Test und Abgleich der $\cos \varphi$ – Sollwertvorgabe bei der Inbetriebnahme (messtechnischer Nachweis $\cos \varphi$ Genauigkeit von $\pm 0,005$). Zusätzlich bei der Verwendung der Steuerung EasYgen 3500 Option K36: Regelungsfunktion Q(U) ungeprüft; Wirkleistungsgradient nach Spannungslosigkeit: lediglich gemittelter Gradient liegt unter 10 % Pn / min, maximaler Gradient < 10 % Pn / min	Sommer_FRT_SH - 65_20151103_rel3_enc.pfd/ 22fed74d60ce883cf469433115691612 Sommer_Familie_SH-265_20180720_re15enc_pf2015.pfd/ 1acd636793a161e5187f2e93f3b6f3e	DigSILENT PowerFactory 15.2.3
	SH 50-2	50 kW				
	SH 65	65 kW				
	SH 65-2	65 kW				
	SH 70	70 kW				
	SH 75	75 kW				
	SH 75-1	75 kW				
	SH 100	100 kW				
	SH 100-2	100 kW				
	SH 120	120 kW				
	SH 125	125 kW				
	SH 125-1	125 kW				
	SH 135	135 kW				
	SH 135-1	135 kW				
	SH 140	140 kW				
	SH 160	160 kW				
	SH 160-1	160 kW				
	SH 170	170 kW				
	SH 190	190 kW				
	SH 190-1	190 kW				
	SH 190-2	190 kW				
	SH 210	210 kW				
	SH 210-1	210 kW				
	SH 210-2	210 kW				
	SH 240	240 kW				
	SH 250	250 kW				
	SH 265	265 kW				
	SH-300	300 kW				
	SH 350	350 kW				
	SH 350-2	350 kW				
	SH 350-3	350 kW				
	SH 380	380 kW				
	SH 400	400 kW				
SH 430	400 kW					
SH 400-2	430 kW					
SH 530	530 kW					
SH 530-2	530 kW					
SH-530-3	530 kW					

Validierte Softwareversion	Datum der Erteilung	Gültigkeitsende	Ausstellende Zertifizierungsstelle	Spezifikationen	Richtlinien	Status
Valid Software Version	Date of Issue	End of Validity	Creator of the Certificate	Specification	Guidelines	State
BHKW-Steuerung auf Siemens Simatic S7: SH 1.7; Alternativ: Woodward easYgen 3500 Option K36: Softwareversion 3.0017 AVR/ $\cos \phi$ – Regler von Leroy Somer D510C: Firmware 2.20	06.08.2015	05.08.2020	Moeller Operating Engineering GmbH (M.O.E.)	-	BDEW-Mittelspannungsrichtlinie inkl. 4. Ergänzung FGW TR3 Rev. 23 FGW TR 4 Rev. 07	ersetzt MOE 15-0135-26 und GuE 15-0135-33



14 Referenzen

- /1/ FGW Technische Richtlinie TR3 Rev. 23
- /2/ FGW Technische Richtlinie TR8 Rev. 06
- /3/ FGW Technische Richtlinie TR4 Rev. 07
- /4/ M.O.E., C-Pro 09 Einheitszertifizierung_VKM
- /5/ BDEW Technische Richtlinie: Eigenerzeugung 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/ DIN VDE V 0124-100
- /9/ FGW Ergänzung zur Technische Richtlinie TR8 Rev. 06, Anhang H, 22.09.2014
- /10/ NV13028B3, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, 16.03.2015
- /11/ NV14009B2, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 65 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, 16.03.2015
- /12/ NV13028B3A1, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, Auszug aus dem Prüfbericht, 16.03.2015
- /13/ NV14009B2A1, Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH 65 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in Aachen/Deutschland, nach FGW TR 3, Rev. 23, Auszug aus dem Prüfbericht, 16.03.2015
- /14/ DAkKs - Deutsche Akkreditierungsstelle, Nummer der Urkunde D-PL-11233-01, Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005; windtest grevenbroich gmbh, Berlin, Dezember 2010.
- /15/ DAkKs - Deutsche Akkreditierungsstelle, Nummer der Urkunde D-PL-11233-01, Kompetenz nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005; windtest grevenbroich gmbh, Berlin, November 2014.
- /16/ TÜV Thüringen e.V., ISO 9001:2008 Zertifikat Nr. TIC 15 100 159123 SOMMER energy GmbH, Jena, Deutschland, Jan. 2015
- /17/ SOMMER energy GmbH: Herstellererklärung VKM für die Zertifizierung gemäß BDEW MSR 2008 inkl. 4. Ergänzung, Elektrische Eigenschaften der Erzeugungseinheiten, Revision 4.0, 01.08.2018
- /18/ SOMMER energy GmbH, ZE_02_VL3 Antragsformular Einheitszertifizierung, 25.02.2015
- /19/ 11TH0501_TR3, Prüfbescheinigung Zentraler NA-Schutz Ziehl UFR1001E, Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH, 02.05.2012
- /20/ 10TH0501_TR3_0, Testbericht Zentraler NA-Schutz Ziehl UFR1001E, Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH, 02.05.2012
- /21/ 10TH0501_TR3, Konformitätsnachweis Zentraler NA-Schutz Ziehl UFR1001E nach TR8 Rev.6, Bureau Veritas Consumer Products Services Germany GmbH, 23.07.2014
- /22/ SOMMER energy GmbH: Herstellererklärung DIN EN ISO 9001, Zertifizierungsverfahren zum Zeitpunkt der Vermessung des SH-65 und SH -265, Jan. 2015
- /23/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.3 S4, V4.02c - 15.12.2014
- /24/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 VS 3, V4.02c - 16.12.2014
- /25/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.3 S5, V4.02c - 15.12.2014
- /26/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 L10, V4.02c - 15.12.2014
- /27/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 M5, V4.02c - 16.12.2014
- /28/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 L9, V4.02c - 16.12.2014
- /29/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 VL12, V4.02c - 16.12.2014
- /30/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 46.3 S3, V4.03d – 29.05.2015
- /31/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 46.3 M7 – V4.03d 29.05.2015
- /32/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 46.3 L10 – V4.03d 29.05.2015
- /33/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 47.2 VS 2, V4.02c - 16.12.2014
- /34/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 47.2 L9, V4.02c - 16.12.2014
- /35/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 46.2 L6, V4.03i – 28.08.2015
- /36/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 49.1 M6, V4.02c - 16.12.2014
- /37/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 44.3 S3, V4.03i - 28.08.2015
- /38/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 VS45, V4.02c - 16.12.2014
- /39/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Alternator main curves – LSA 44.2 M95, V4.02c – 16.12.2014
- /40/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 46.2 M5, V4.03i - 28.08.2015



- /41/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 46.2 VL12, V4.03i - 28.08.2015
- /42/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 47.2 M7, V4.03i - 28.08.2015
- /43/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 47.2 M8, V4.03i - 28.08.2015
- /44/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 49.1 S4, V4.03i - 28.08.2015
- /45/ Emerson Industrial Automation, Leroy Somer, Generator Datenblatt – LSA 49.3 S4, V4.05G – 30.09.2016
- /46/ Sommer & Hagl: Mail von Herrn Marko, 27.07.2015: „15-0135_Re Einheitenzertifizierung Sommer & Hagl_Leistungsregelung im Fehlerfall.msg“
- /47/ Sommer & Hagl: Mail von Herrn Marko, 04.08.2015: „15-0135_Re Einheitenzertifizierung Sommer&Hagl_65er_Vermessung.msg“

Anhang B zum Zertifikat

Anhang B zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35



Anhang B zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35

Herstellereklärung nach TR3

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“



Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines BHKW vom Typ SH 65			
Manufacturer's certificate on specific data of a CPH of the type of installation SH65			
Datum / Date: 15.12.2014			Seite/Page 1/2
1	EZE		General
1	Hersteller	SOMMER/ Hagl	manufacturer
2	Anlagenbezeichnung	SH 65	type name
3	Betriebsweise (Stromgeführt / Wärmegeführt)	kombiniert	operating method
4	Nennleistung	65 kW	rated power
5	Nennspannung	400 V	rated voltage
6	Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom	ca. 8x In	contribution to short circuit current
2	Verbrennungsmotor		Combustion engine
1	Hersteller	MAN	manufacturer
2	Typenbezeichnung	MAN E0834 LE302	type name
3	Art	Gasmotor	generic type
4	Anzahl	1	numbers
5	Brennstoff(e)	Erdgas	fuel
6	Nennleistung	68 kW	rated power
7	Nenn Drehzahlen oder Drehzahlbereich	1500 /rpm	rated speed(s) / speed range
3	Wärmetauscher		Heat exchanger
1	Hersteller	SOMMER/ Hagl	manufacturer
2	Typenbezeichnung		type
3	Anzahl	2	numbers
4	Art	Rohrbündel- WT Plattenwärmetauscher	design
4	Generator		Generator
1	Hersteller	Leroy Somer	manufacturer
2	Typenbezeichnung	LSA 44.2 VS3	type
3	Anzahl	1	numbers
4	Art	Synchron	generic type of design
5	Nennscheinleistung	80 kVA	rated apparent power
6	Bereich Verschiebungsfaktor	0,95übererr-0,95untere	displacement factor (range)
7	Nenn Drehzahlen oder Drehzahlbereich	1500 /rpm	rated speed(s) / speed range
8	Nennspannung	400 V	voltage
9	Frequenz	50 Hz	frequency
10	Nennschlupf	-	rated slip
5	Betriebsführung / Regelung		Control system / control
1	Art der Leistungsregelung	PID	generic type of power control
2	Antrieb der Leistungsregelung	Schrittmotor	actuation of power control
3	Hersteller der Betriebsführung / Regelung	SIEMENS	manufacturer of control system
4	- Typenbezeichnung	SIMATIC S7	- type
5	- Verwendete Steuerungskurve	SH1.7	- applied control characteristic



6 Sonstige elektrische Komponenten		Other electric installations		
1	Netzkurzschlussleistung	_____	MVA	short-circuit apparent power
2	Netzimpedanzwinkel	_____	°	network impedance phase angle
3	N ₁₀ , Einschalten	_____		N ₁₀ , start up
4	N ₁₂₀ , Einschalten	_____		N ₁₂₀ , start up
5	N ₁₀ , Ausschalten	_____		N ₁₀ , cut off
6	N ₁₂₀ , Ausschalten	_____		N ₁₂₀ , 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	_____	direkt	generic type of interconnection
15	- Hersteller	_____		- manufacturer
16	- Typenbezeichnung	_____		- type
17	Netzschutzhersteller	_____	Ziehl	grid protection manufacturer
18	- Typenbezeichnung	_____	UFR 1001 E	- type
19	- Einstellbereiche:	_____		- adjustment ranges:
20	Spannungssteigerungsschutz	_____	V	overvoltage protection
21	Spannungsrückgangsschutz	_____	V	undervoltage protection
22	Frequenzsteigerungsschutz	_____	Hz	overfrequency protection
23	Frequenzrückgangsschutz	_____	Hz	underfrequency protection
24	Typenbezeichnung der Abschalteinheit	_____	Leistungsschalter	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	Oberschwingungsfilter (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	_____	Aachen	location of measured CHP
2	Koordinaten des Standortes	_____		geographical coordinates of the location
3	Seriennummer des BHKW	_____	2014 10 01	serial number of CHP

Anschrift des Herstellers

A. Dahl

Stempel, Unterschrift
stamp, signature

Address of manufacturer

SOMMER energy
 Hauptstr. 52
 37355 Deuna

 Elektro Hagl
 Im Gewerbegebiet 18
 85290 Geisenfeld

sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.
 depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data.



Herstellerbescheinigung zu spezifischen Daten eines BHKW vom Typ SH 265			
Manufacturer's certificate on specific data of a CPH of the type of installation SH65			
Datum / Date: 15.12.2014			Seite/Page 1/2
1	EZE		General
1	Hersteller	SOMMER/ Hagl	manufacturer
2	Anlagenbezeichnung	SH 265	type name
3	Betriebsweise (Stromgeführt / Wärmegeführt)	kombiniert	operating method
4	Nennleistung	265 kW	rated power
5	Nennspannung	400 V	rated voltage
6	Beitrag zum Stoßkurzschlussstrom	ca. 8x In	contribution to short circuit current
2	Verbrennungsmotor		Combustion engine
1	Hersteller	MAN	manufacturer
2	Typenbezeichnung	MAN E 2848 LE 322	type name
3	Art	Gasmotor	generic type
4	Anzahl	1	numbers
5	Brennstoff(e)	Gas	fuel
6	Nennleistung	265 kW	rated power
7	Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich	1500 /rpm	rated speed(s) / speed range
3	Wärmetauscher		Heat exchanger
1	Hersteller	SOMMER/ Hagl	manufacturer
2	Typenbezeichnung		type
3	Anzahl	2	numbers
4	Art	Rohrbündel- WT Plattenwärmetauscher	design
4	Generator		Generator
1	Hersteller	Leroy Somer	manufacturer
2	Typenbezeichnung	LSA 47.2 VS2	type
3	Anzahl	1	numbers
4	Art	Synchron	generic type of design
5	Nennscheinleistung	330 kVA	rated apparent power
6	Bereich Verschiebungsfaktor	0,95übererr-0,95untere	displacement factor (range)
7	Nenndrehzahlen oder Drehzahlbereich	1500 /rpm	rated speed(s) / speed range
8	Nennspannung	400 V	voltage
9	Frequenz	50 Hz	frequency
10	Nennschlupf	-	rated slip
5	Betriebsführung / Regelung		Control system / control
1	Art der Leistungsregelung	PID	generic type of power control
2	Antrieb der Leistungsregelung	Schrittmotor	actuation of power control
3	Hersteller der Betriebsführung / Regelung	SIEMENS	manufacturer of control system
4	- Typenbezeichnung	SIMATIC S7	- type
5	- Verwendete Steuerungskurve	SH1.7	- applied control characteristic



6 Sonstige elektrische Komponenten		Other electric installations	
1	Netzkurzschlussleistung	_____ MVA	short-circuit apparent power
2	Netzimpedanzwinkel	_____ °	network impedance phase angle
3	N ₁₀ , Einschalten	_____	N ₁₀ , start up
4	N ₁₂₀ , Einschalten	_____	N ₁₂₀ , start up
5	N ₁₀ , Ausschalten	_____	N ₁₀ , cut off
6	N ₁₂₀ , Ausschalten	_____	N ₁₂₀ , 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	_____ direkt	generic type of interconnection
15	- Hersteller	_____	- manufacturer
16	- Typenbezeichnung	_____	- type
17	Netzschutzhersteller	_____ Ziehl	grid protection manufacturer
18	- Typenbezeichnung	_____ UFR 1001 E	- type
19	- Einstellbereiche:	_____	- adjustment ranges:
20	Spannungssteigerungsschutz	_____ V	overvoltage protection
21	Spannungsrückgangsschutz	_____ V	undervoltage protection
22	Frequenzsteigerungsschutz	_____ Hz	overfrequency protection
23	Frequenzrückgangsschutz	_____ Hz	underfrequency protection
24	Typenbezeichnung der Abschalteinheit	_____ Leistungsschalter	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	Oberschwingungsfilter (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	_____ Aachen	location of measured CHP
2	Koordinaten des Standortes	_____	geographical coordinates of the location
3	Seriennummer des BHKW	_____ 2014 04 01	serial number of CHP

Anschrift des Herstellers

A. Dahl

Stempel, Unterschrift
stamp, signature

Address of manufacturer

SOMMER energy
 Hauptstr. 52
 37355 Deuna

 Elektro Hagl
 Im Gewerbegebiet 18
 85290 Geisenfeld

sind, hinsichtlich ihrer technischen Daten mit den o.g. Positionen identisch ist.
 depicted in the test reports, is identical with the above entries with regard to its technical data.

Anhang C zum Zertifikat

Anhang C zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35



Anhang C zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35

Modelldokumentation sowie
Modellparameter

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“



Parameter für die einzelnen Varianten

Die Modellparameter für die einzelnen Varianten sind in folgenden Dokumenten zu finden.

Datei	EZE -Familie	MD5-Checksumme
Dokumentation_SommerEnergy_SH65_20151110_v2.pdf	SH 65	4b38cb628fc8e3e52a8c6ea648ca107c
Dokumentation_SommerEnergy_SH265_20180720_v4.pdf	SH 265	c95dd7be2f9bb7e2ea9c6cb6b4819926

Anhang D zum Zertifikat

Anhang D zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35



Anhang D zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35

Auszüge aus den Prüfberichten

SOMMER energy GmbH
SH 65 und SH 265

Auszug aus dem Prüfbericht: SH 265, vgl. /12/



**Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften
der Verbrennungskraftmaschine
SH 265 vom Hersteller SOMMER/ Hagl in
Aachen/Deutschland,
nach FGW TR 3, Rev. 23/
*Determination of the electrical properties of
the combustion engine SH 265 by
manufacturer vom SOMMER/ Hagl in
Aachen/Germany, according to FGW TR 3,
Rev. 23***

**Auszug aus dem Prüfbericht /
Extract from the test report**

2015-03-16

NV13028B3A1

Frimmersdorfer Str. 73a · D-41517 Grevenbroich · Phone +49 (0)2181 2278-0 · Fax +49 (0)2181 2278-11 · info@windtest-nrw.de · www.windtest-nrw.de

Geschäftsführerin / Managing Director: Dipl.-Geol. Monika Krämer · Handelsregister/Commercial Register: Amtsgericht Mönchengladbach HRB 7758
USt.-IdNr./VAT No.: DE 163895079 · Steuer-Nr./Tax-ID: 114/5777/0301
Bankverbindungen/Bankaccount: Sparkasse Neuss: BLZ 305 500 00, Kto.-Nr. 800 272 04 · IBAN DE: 74 3055 0000 0080 0272 04 · BIC: WELA DE 33





NV13028B3A1

Seite 2 von 8 / page 2 of 8

Auszug aus dem Prüfbericht/Extract from the test report	
Netzverträglichkeit und Regelverhalten/Power Quality and Grid Control Capability	
Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der SH 265/ Determination of the electrical properties of the SH 265	
Auszug Nr./Extract No: NV13028B3A1	
FGW: Technische Richtlinie Teil 3, Rev. 23/FGW: Technical Guideline Part 3, Rev. 23	
Anlagentyp/Installation type:	SH 265
Herstellerangaben/Manufacturer's specifications:	
Anlagenhersteller/Manufacturer: SOMMER/ Hagl	Anlagenart/ Synchrongenerator / Generic type synchronous generator of installation:
Nennleistung Pn/Rated power Pn: 265 kW	
Prüfbericht/test report: NV13028B3	Messzeitraum/Period of measurement: 2014-04-23 bis 2014-05-02 2014-04-23 to 2014-05-02

Nennwerten / Rated data:

Nennscheinleistung S_n Rated apparent power S_n	265,00 kVA	Nennstrom I_n Rated current I_n	382,5 A
Nennfrequenz f_n rated frequency f_n	50 Hz	Nennspannung U_n rated Voltage U_n	400 V

Flicker:

Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle, γ_k	30°	50°	70°	85°
Flickerkoeffizient/Flicker coefficient, $c(\psi_k)$	1,87	1,78	1,66	1,57

Schalthandlungen/Switching operations:

Schaltvorgang/Case of switching operation	Einschalten bei Nennleistung/Start-up at rated power			
Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_{U}(\psi_k)$	0,889	0,693	0,415	0,171
Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\psi_k)$	0,227	0,160	0,130	0,161
Schaltvorgang/Case of switching operation	Serviceabschaltung bei Nennleistung/Cut off at rated power			
Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_{U}(\psi_k)$	0,887	0,691	0,414	0,170
Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\psi_k)$	0,148	0,110	0,072	0,066
Schlechtester Wert aller Schaltvorgänge, k_{fmax} / Worst case all switching operation, k_{fmax}	1,130			



NV13028B3A1

Seite 3 von 8 / page 3 of 8

Oberschwingungsmessungen/Harmonics

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Nr./ Order	I _h /I _n (%)										
2	--	--	--	--	--	0,06	0,05	0,06	0,07	0,07	0,10
3	--	--	--	--	--	0,81	0,91	0,97	1,00	1,06	1,22
4	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03
5	--	--	--	--	--	2,16	2,21	2,53	2,52	2,78	3,05
6	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
7	--	--	--	--	--	0,29	0,40	0,67	0,85	1,09	1,37
8	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
9	--	--	--	--	--	0,07	0,08	0,11	0,13	0,15	0,17
10	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04
11	--	--	--	--	--	0,27	0,29	0,36	0,37	0,34	0,33
12	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
13	--	--	--	--	--	0,33	0,36	0,36	0,36	0,32	0,26
14	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
15	--	--	--	--	--	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	0,05
16	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
17	--	--	--	--	--	0,06	0,07	0,09	0,10	0,11	0,10
18	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
19	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,06	0,06	0,06	0,04
20	--	--	--	--	--	0,09	0,10	0,12	0,13	0,14	0,15
21	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
22	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
23	--	--	--	--	--	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,32
24	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
25	--	--	--	--	--	0,07	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11
26	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
27	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
28	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
29	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,04
30	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
31	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
32	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
33	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
34	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
35	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
36	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
37	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
38	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
39	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
40	--	--	--	--	--	0,16	0,17	0,18	0,19	0,19	0,19
41	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
42	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
43	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
44	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
45	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
46	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
47	--	--	--	--	--	0,03	0,02	0,03	0,04	0,03	0,02
48	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
49	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
50	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
THC (%)	--	--	--	--	--	2,39	2,49	2,87	2,92	3,23	3,61

www.windtest-nrw.de



NV13028B3A1

Seite 4 von 8 / page 4 of 8

Zwischenharmonische, Normalbetrieb/Interharmonics at continuous operation

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f 50/60Hz z (Hz)	I _h /I _n (%)										
75	--	--	--	--	--	0,19	0,20	0,23	0,28	0,29	0,31
125	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
175	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,05
225	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05
275	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
325	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
375	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
425	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
475	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
525	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
575	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
625	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
675	--	--	--	--	--	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
775	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
825	--	--	--	--	--	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
925	--	--	--	--	--	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
1025	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1075	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1125	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1175	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01
1225	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1275	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1325	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1375	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1425	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1475	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1525	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1575	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1625	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1675	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1725	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1775	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1825	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1875	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
1925	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1975	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02

www.windtest-nrw.de



NV13028B3A1

Seite 5 von 8 / page 5 of 8

Höhere Frequenzen im Normalbetrieb/Higher Frequencies components

Pbin (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f (kHz)	I _f /I _n (%)										
2,1	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2,3	--	--	--	--	--	0,03	0,02	0,04	0,04	0,03	0,02
2,5	--	--	--	--	--	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
2,7	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2,9	--	--	--	--	--	0,19	0,18	0,17	0,16	0,13	0,11
3,1	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
3,3	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,5	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
3,9	--	--	--	--	--	0,16	0,13	0,09	0,05	0,01	0,05
4,1	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
4,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
4,9	--	--	--	--	--	0,08	0,03	0,03	0,09	0,14	0,17
5,1	--	--	--	--	--	0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
5,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
5,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
5,9	--	--	--	--	--	0,01	0,07	0,13	0,18	0,19	0,18
6,1	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
6,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
6,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00
6,9	--	--	--	--	--	0,10	0,16	0,19	0,18	0,13	0,07
7,1	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
7,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00
7,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
7,9	--	--	--	--	--	0,17	0,19	0,16	0,09	0,01	0,10
8,1	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
8,3	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
8,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
8,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8,9	--	--	--	--	--	0,04	0,03	0,01	0,01	0,03	0,04

www.windtest-mw.de



NV13028B3A1

Seite 6 von 8 / page 6 of 8

Trennung der EZE vom Netz/Cut-off from grid

Die Überprüfung der Gesamtwirkungskette führte zu einer erfolgreichen Abschaltung. <i>The test of the whole trip circuit led to a successful shut down.</i>	
Eigenzeit der Abschalteinheit/ <i>Operating time of circuit breaker:</i>	aus Messung/by measurement: 0,092 s aus Prüfzertifikat/by test certificate: --

Leistung/Performance

$P_{600} = P_{10min}$ [kW]	264,84	$P_{60} =$ [kW]	265,68	$P_{0,2} = P_{momentan}$ [kW]	270,85
$p_{600} = P_{600}/P_{nG}$	1,00	$p_{60} = P_{60}/P_{nG}$	1,00	$p_{0,2} = P_{0,2}/P_{nG}$	1,02

Leistungsbegrenzung/power set point control

Arithmetischer Mittelwert aller Gradienten der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzüberhöhung <i>Arithmetic average value of power gradients at overfrequency</i>	Gradient = 40,05 % von P_{nom}/Hz <i>gradient = 40.05 % of P_{nom}/Hz</i>	
Die EZE kann mit reduzierter Leistung betrieben werden <i>The unit is able to run at reduced power</i>	Ja/Yes	
Maximale Sollwertabweichung der Wirkleistung <i>Max. deviation of power setting</i>	Überschreitung/exceeding 6,32 kW at 100 % P_r	Unterschreitung/undercut 0,99 kW at 90 % P_r
Einstellzeit der Leistung für ein Sollwertsprung <i>response time of the power output after a setting</i>	100 auf 50% P_n 100 to 50% P_n	38,16 s
Wiederzuschaltzeit/reconnection time	--	
Maximaler Gradient der Wirkleistung nach Spannungslosigkeit <i>Maximum power gradient after disconnection</i>	5,74 % von $P_r/Min.$ 5,74 % of $P_r/min.$	

Blindleistungsbereitstellung/Provision of reactive power

	P/P_n	Q_{ind}	Q_o	Q_{kap}	P/P_n	Q_{ind}	Q_o	Q_{kap}
Blindleistungsregelung [kvar] im Normalbetrieb und (P(Q)-Kennlinie) / <i>Control of reactive power [kvar] in normal operation mode and (P(Q)-Diagram)</i>	0%	--	--	--	60%	-60,31	-0,53	46,01
	10%	--	--	--	70%	-67,05	0,46	56,54
	20%	--	--	--	80%	-74,88	2,57	66,62
	30%	--	--	--	90%	-82,69	4,42	76,14
	40%	--	--	--	100%	-90,87	-3,95	85,48
	50%	-46,77	-3,26	35,22	110%	--	--	--
Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe / <i>Control of reactive power through set point signal</i>	Blindleistungsregelung durch/ <i>Control of reactive power through</i>				Verschiebungsfaktors/ <i>power factor</i>			
	100 % P_n							
	Sollwert / setpoint		Istwert / measured value					
	Stufe / step	Q [kvar]	cos(φ)	Q [kvar]				
	1	0	0,999	-9,99				
	2	87,24	0,951 kap.	85,48				
3	-86,51	0,944 ind.	-91,04					
4	0	1,000	-0,40					

www.windtest-mw.de



NV13028B3A1

Seite 7 von 8 / page 7 of 8

90 % P _n			
Sollwert / setpoint		Istwert / measured value	
Stufe / step	Q [kvar]	cos(φ)	Q [kvar]
1	0	1,000	-3,48
2	78,58	0,952 kap.	76,14
3	-78,00	0,944 ind.	-82,69
4	0	0,999	-1,99

80 % P _n			
Sollwert / setpoint		Istwert / measured value	
Stufe / step	Q [kvar]	cos(φ)	Q [kvar]
1	0	1,000	1,61
2	69,84	0,954 kap.	66,65
3	-69,34	0,942 ind.	-74,88
4	0	0,999	-0,35

70 % P _n			
Sollwert / setpoint		Istwert / measured value	
Stufe / step	Q [kvar]	cos(φ)	Q [kvar]
1	0	1,000	-2,24
2	60,12	0,956 kap.	56,53
3	-60,71	0,940 ind.	-67,06
4	0	0,999	0,27

60 % P _n			
Sollwert / setpoint		Istwert / measured value	
Stufe / step	Q [kvar]	cos(φ)	Q [kvar]
1	0	1,000	-0,47
2	52,43	0,960 kap.	46,01
3	-52,10	0,935 ind.	-60,31
4	0	0,999	-1,32

50 % P _n			
Sollwert / setpoint		Istwert / measured value	
Stufe / step	Q [kvar]	cos(φ)	Q [kvar]

www.windtest-nrw.de



NV13028B3A1

Seite 8 von 8 / page 8 of 8

	1	0	0,999	-3,46
	2	43,73	0,966 kap.	35,22
	3	-43,43	0,943 ind.	-46,78
	4	0	0,999	-3,32
Einstellgenauigkeit der Blindleistung/ Positioning accuracy of reactive power	± 5 % P _n			
Minimale Stufung der Blindleistung/ Steps of reactive power	--			
Längste Einstellzeit / Longest response time	31,55 s			
Anmerkung/remark:	Q(U)-Betrieb ist möglich Operation in Q(U) mode is possible			

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit dem Prüfbericht Nr. NV13028B3.

This extract from the test report is only valid in conjunction with the test report no. NV13028B3.

Gemessen durch: windtest grevenbroich gmbh

measured by: windtest grevenbroich gmbh

Bearbeiter/Engineer: B. Eng. Pascal Krey

Datum/ Date: 2015-03-16



Prüfer: Dipl.-Ing. Andy Jakobs

Bearbeiter: B. Eng. Pascal Krey

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht enthält 8 Seiten.

Vordruck urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Vervielfältigung nur mit Zustimmung der Herausgeber.

This test report comprises 8 pages total. Copyright by the publisher.

No part of this form may be reproduced in any form or by any means without permission of the publisher

Auszug aus dem Prüfbericht: SH 65, vgl. /13/



Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH65 nach FGW TR 3, Rev. 23

Determination of the electrical properties of the combustion engine SH65 according to FGW TR 3, Rev. 23

**Auszug aus dem Prüfbericht /
Extract from the test report**

2015-03-16

NV14009B2A1

Frimmersdorfer Str. 73a D-41517 Grevenbroich · Phone +49 (0) 2181 2278-0 · Fax +49 (0) 2181 2278-11 · info@windtest-nrw.de · www.windtest-nrw.de

Geschäftsführerin / Managing Director: Dipl.-Geol. Monika Krämer · Handelsregister/Commercial Register: Amtsgericht Mönchengladbach HRB 7758
USt-IdNr./VAT No.: DE 183895079 · Steuer-Nr./Tax-ID: 114/5777/0301
Bankverbindungen/Bankaccount: Sparkasse Neuss: BLZ 305 500 00, Kto.-Nr. 800 272 04 · IBAN DE: 7430550000080027204 · BIC: WELA DE 33





NV14009B2A1

Seite 2 von 8 / page 2 of 8

Auszug aus dem Prüfbericht/Extract from the test report	
Netzverträglichkeit und Regelverhalten/Power Quality and Grid Control Capability	
Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften der Verbrennungskraftmaschine SH65 Determination of the electrical properties of the combustion engine SH65	
Auszug Nr./Extract No: NV14009B2A1	
Technische Richtlinie Teil 3, Rev. 23, FGW/FGW: Technical Guideline Part 3, Rev. 23	
Anlagentyp/Installation type:	Verbrennungskraftmaschine/ combustion engine
Anlagenhersteller/Manufacturer:	Herstellerangaben/Manufacturer's specifications:
Sommer Energy GmbH / Elektro Hagl Hauptstr. 52 37355 Deuna	Anlagenart/ Generic type of installation:
	3~ Synchrongenerator/ 3~ synchronous generator
Nennleistung P_n /Rated power P_r : 65 kW	
Prüfbericht/test report: NV14009B2	
Messzeitraum/Period of measurement: 2014-11-04 bis 2014-11-13	

Neendaten / Rated data:

Nennleistung P_n Rated power P_r	65 kW	Nennstrom I_n Rated current I_r	93,8 A
Nennfrequenz f_n rated frequency f_r	50 Hz	Nennspannung $U_{n,MS}$ rated Voltage $U_{r,LV}$	400 V

Flicker:

Netzimpedanzwinkel/ Network impedance phase angle, γ_k	30°	50°	70°	85°
Flickerkoeffizient/Flicker coefficient, $c(\psi_k)$	2,01	1,64	1,21	1,03

Schalthandlungen/Switching operations:

Schaltvorgang/Case of switching operation	Einschaltvorgang bei Nennleistung /Start-up at rated power			
Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{10} Max. number of switching operations, N_{10}	--			
Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{120} Max. number of switching operations, N_{120}	--			
Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_U(\psi_k)$	0,845	0,634	0,348	0,103
Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\psi_k)$	0,247	0,157	0,144	0,191
Maximaler Schaltstromfaktor, $k_{I,max}$ Maximum current factor, $k_{I,max}$	1,067			
Schaltvorgang/Case of switching operation	Seviceabschaltung bei Nennleistung/Cut-off at rated power			
Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{10} Max. number of switching operations, N_{10}	--			
Max. Anzahl an Schalthandlungen, N_{120} Max. number of switching operations, N_{120}	--			
Netzimpedanzwinkel/Grid impedance angle	30°	50°	70°	85°
Spannungsänderungsfaktor/ Voltage change factor, $k_U(\psi_k)$	0,833	0,621	0,335	0,091
Flickerformfaktor/ Flicker step factor, $k_f(\psi_k)$	0,130	0,093	0,067	0,081
Maximaler Schaltstromfaktor, $k_{I,max}$ Maximum current factor, $k_{I,max}$	1,027			



NV14009B2A1

Seite 3 von 8 / page 3 of 8

Oberschwingungsmessungen/Harmonics

Harmonische im Normalbetrieb/Harmonics at continuous operation

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Nr./ Order	I _h /I _n (%)										
2	--	--	--	--	--	1,47	1,93	2,21	2,51	2,85	3,27
3	--	--	--	--	--	2,00	2,09	2,14	2,23	2,29	2,54
4	--	--	--	--	--	0,06	0,07	0,08	0,09	0,09	0,11
5	--	--	--	--	--	4,90	5,05	4,79	5,34	5,89	6,66
6	--	--	--	--	--	0,04	0,08	0,09	0,10	0,11	0,13
7	--	--	--	--	--	1,17	1,11	0,88	0,92	1,18	1,21
8	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,08
9	--	--	--	--	--	0,10	0,12	0,13	0,17	0,21	0,25
10	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
11	--	--	--	--	--	0,51	0,51	0,52	0,50	0,46	0,43
12	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05
13	--	--	--	--	--	0,32	0,45	0,59	0,68	0,78	0,88
14	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03
15	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,03	0,04	0,13	0,05
16	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
17	--	--	--	--	--	0,13	0,14	0,19	0,23	0,24	0,26
18	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
19	--	--	--	--	--	0,14	0,15	0,15	0,18	0,22	0,25
20	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
21	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
22	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
23	--	--	--	--	--	0,19	0,21	0,24	0,28	0,29	0,29
24	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
25	--	--	--	--	--	0,27	0,28	0,30	0,31	0,31	0,32
26	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
27	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04
28	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
29	--	--	--	--	--	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11
30	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
31	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07
32	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
33	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
34	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
35	--	--	--	--	--	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
36	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
37	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
38	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
39	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
40	--	--	--	--	--	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
41	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
42	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
43	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
44	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
45	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
46	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
47	--	--	--	--	--	0,03	0,04	0,03	0,03	0,05	0,06

www.windtest-nrw.de



NV14009B2A1

Seite 4 von 8 / page 4 of 8

48	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
49	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
50	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
THC [%]	--	--	--	--	--	5,66	5,96	5,83	6,46	7,12	8,02

Zwischenharmonische im Normalbetrieb/Interharmonics at continuous operation

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f (Hz)	I _h /I _n (%)										
75	--	--	--	--	--	0,19	0,19	0,23	0,23	0,26	0,30
125	--	--	--	--	--	0,08	0,07	0,07	0,06	0,09	0,09
175	--	--	--	--	--	0,08	0,08	0,08	0,07	0,09	0,10
225	--	--	--	--	--	0,05	0,05	0,05	0,05	0,07	0,06
275	--	--	--	--	--	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06
325	--	--	--	--	--	0,04	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04
375	--	--	--	--	--	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,04
425	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,02	0,02	0,04	0,04
475	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
525	--	--	--	--	--	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
575	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
625	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
675	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
725	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
775	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
825	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
875	--	--	--	--	--	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
975	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1025	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1075	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1125	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1175	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1225	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1275	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
1325	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
1375	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1425	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1475	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1525	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1575	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1625	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1675	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1725	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1775	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1825	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1875	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1925	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
1975	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

www.windtest-nrw.de



NV14009B2A1

Seite 5 von 8 / page 5 of 8

Höhere Frequenzen im Normalbetrieb/Higher Frequencies components

P _{bin} (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
f (kHz)	I _h /I _n (%)										
2,1	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,03	0,03
2,3	--	--	--	--	--	0,03	0,04	0,03	0,03	0,06	0,06
2,5	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
2,7	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
2,9	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
3,1	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
3,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01
3,5	--	--	--	--	--	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
3,9	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
4,1	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
4,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
4,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
4,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
4,9	--	--	--	--	--	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
5,1	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
5,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
5,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
5,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
5,9	--	--	--	--	--	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01
6,1	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
6,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6,9	--	--	--	--	--	0,01	0,01	0,00	0,01	0,01	0,02
7,1	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7,9	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,02
8,1	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8,3	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8,5	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8,7	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8,9	--	--	--	--	--	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01

Trennung der EZE vom Netz/Cut-off from grid

<input checked="" type="checkbox"/>	Die Überprüfung der Gesamtwirkungskette wurde nicht durchgeführt. The test of the whole trip circuit was not performed.			
	Einstellwert Setting value	Auslösewert(e) Release value(s)	Einstellwert Setting value	Abschaltzeit Release time
Spannungsrückgangsschutz U</	--	--	--	--
Spannungsrückgangsschutz U<</	--	--	--	--

www.windtest-mw.de



NV14009B2A1

Seite 6 von 8 / page 6 of 8

Spannungssteigerungsschutz U>/ Over-voltage protection U>:	--	--	--	--
Spannungssteigerungsschutz U>/ Over-voltage protection U>:	--	--	--	--
Frequenzrückgangsschutz f</ Under-frequency protection f<:	--	--	--	--
Frequenzsteigerungsschutz f>/ Over-frequency protection f>:	--	--	--	--

Zuschaltbedingungen/Cut-in conditions

	Einstellwert/Setting value [pu] oder/or [Hz]	Zuschaltung erfolgt bei/ Cut-in at
Unterspannung/Under-voltage:	--	--
Unterfrequenz/Under-frequency:	--	--
Überfrequenz/Over-frequency:	--	--

Leistung/Performance

$P_{600} = P_{10min}$ [kW]	64,29	$P_{60} = P_{1min}$ [kW]	64,37	$P_{0,2} = P_{momentan}$ [kW]	65,03
$p_{600} = P_{600}/P_{nG}$	0,99	$p_{60} = P_{60}/P_{nG}$	0,99	$p_{0,2} = P_{0,2}/P_{nG}$	1,00

Leistungsbegrenzung/Power set point control

Mittlerer Gradient der Wirkleistung zum Zeitpunkt der Frequenzüberhöhung Mean power gradient at overfrequency	Mittlerer Gradient = 39,93 % von P_{nom}/Hz Average gradient = 39,93% of P_{nom}/Hz	
Die EZE kann mit reduzierter Leistung betrieben werden The unit is able to run at reduced power	Ja/Yes	
Maximale Sollwertabweichung der Wirkleistung Max. deviation of power setting	Überschreitung/ exceeding -- / --	Unterschreitung/ undercut 0,68 kW bei 100 % P_n / 0,68 kW at 100 % P_n
Einschwingzeit der Leistung für ein Sollwertsprung Response time of the power output after a setting	<input checked="" type="checkbox"/> 100 % → 50% P_n	34,29 s
Wiederzuschaltzeit/Reconnection time	--	
Gradient der Wirkleistung nach Spannungslosigkeit Power gradient after disconnection	Maximaler Prozentualer Gradient = 7,85 % P_n/Min Maximum percentage gradient = 7,85 % P_n/Min	



NV14009B2A1

Seite 7 von 8 / page 7 of 8

Blindleistungsbereitstellung/Provision of reactive power

	P_{bin} %/P _n	Q = 0					
		P [kW]	Q [kvar]	cos(φ)			
Blindleistung bei Sollwertvorgabe Q = 0 / Reactive power at setpoint Q = 0	100	64,29	-0,02	1			
	90	57,91	-0,05	1			
	80	51,47	-0,32	1			
	70	45,08	-0,35	1			
	60	38,64	-0,44	1			
	50	32,21	-0,08	1			
	Blindleistungsregelung [kvar] (P(Q)-Diagramm) / Control of reactive power [kvar] (P(Q)-diagram)	P_{bin} %/P _n	Blindleistungsbezug (max. induktiv, untererregt)			Blindleistungsbereitstellung (max. kapazitiv, übererregt)	
P [kW]			Q [kvar]	cos(φ)	P [kW]	Q [kvar]	cos(φ)
100		64,39	-20,27	0,950	64,27	20,38	0,952
90		57,94	-18,38	0,950	58,06	18,55	0,951
80		51,65	-16,21	0,950	51,65	16,37	0,951
70		45,09	-14,30	0,949	45,17	14,05	0,952
60		38,72	-12,03	0,949	38,74	12,06	0,952
50	32,28	-9,71	0,952	32,28	10,51	0,947	
Blindleistungsregelung durch Sollwertvorgabe Control of reactive power through set point signal		<input checked="" type="checkbox"/> cos(φ) <input type="checkbox"/> Q					
Einstellgenauigkeit der Blindleistung/ Positioning accuracy of reactive power		± 5 % P _n					
Minimale Stufung der Blindleistung in [kvar]/ Minimum steps of reactive power in [kvar]		--					
Längste Einstellzeit / Longest response time		5,68 s					
Anmerkung/remark:		--					



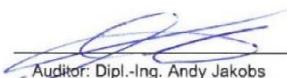
NV14009B2A1

Seite 8 von 8 / page 8 of 8

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht gilt nur in Verbindung mit dem Prüfbericht Nr. NV14009B2.
This extract from the test report is only valid in conjunction with the test report no. NV14009B2.

Gemessen durch: windtest grevenbroich gmbh
measured by: windtest grevenbroich gmbh
Bearbeiter/Engineer: B. Eng. Pascal Krey
Datum/Date: 2015-03-16




Auditor: Dipl.-Ing. Andy Jakobs


Editor: B. Eng. Pascal Krey

Dieser Auszug aus dem Prüfbericht enthält 8 Seiten.
Vordruck urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Vervielfältigung nur mit Zustimmung der Herausgeber.
This test report comprises 8 pages total. Copyright by the publisher.
No part of this form may be reproduced in any form or by any means without permission of the publisher



Anhang E zum Zertifikat

Anhang E zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35



Anhang E zum
Einheitszertifikat
MOE 15-0135-35

Kurzschlussstromverläufe der
Generatoren

SOMMER energy GmbH
Baureihe „SH“

Kurzschlussstromverläufe der Generatoren (vgl. /23/ bis /45/)

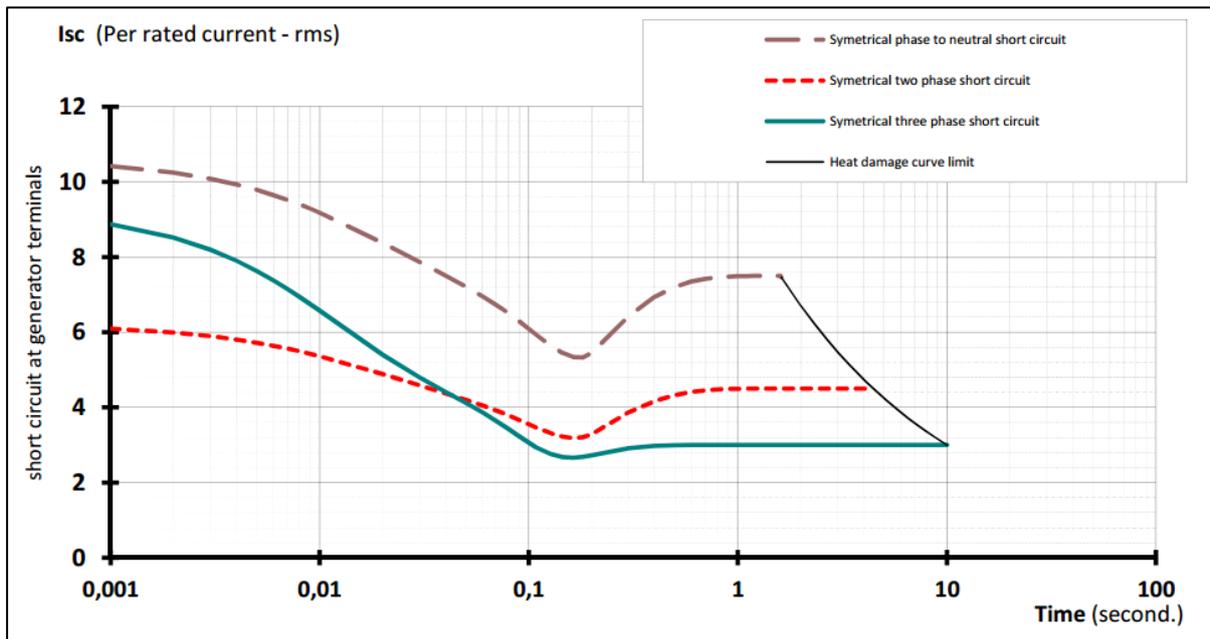


Abbildung 37: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 S3, I_{nG} = 105 A

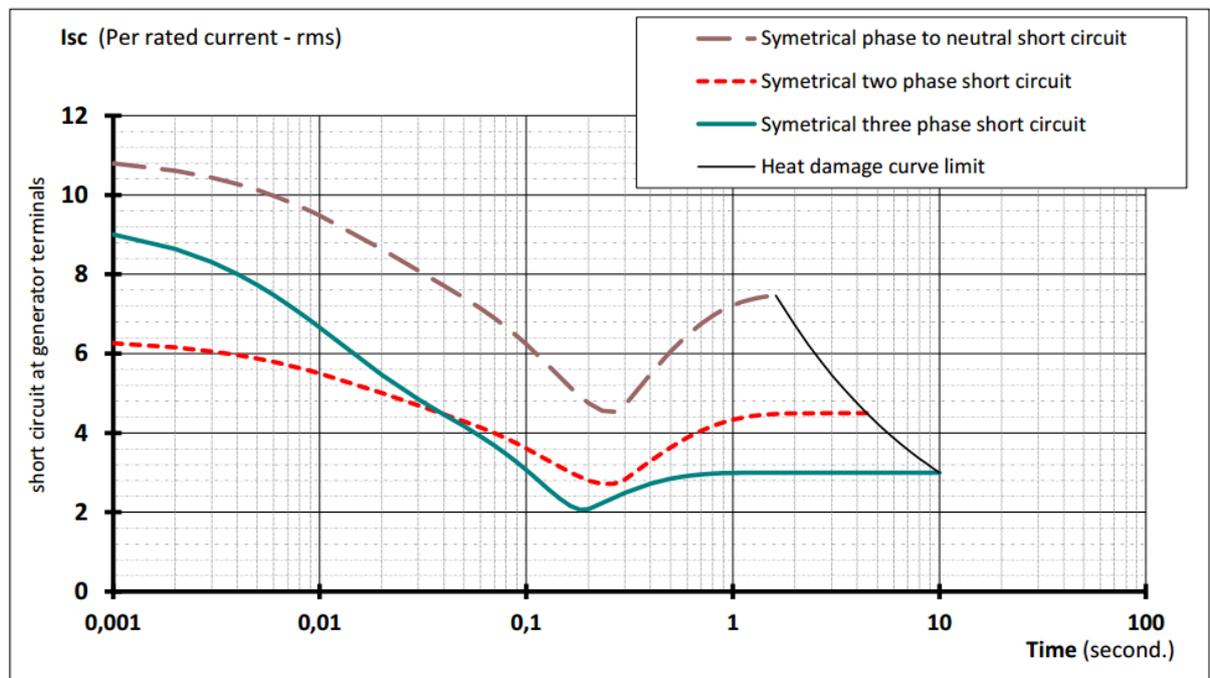


Abbildung 38: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 S4, I_{nG} = 118 A

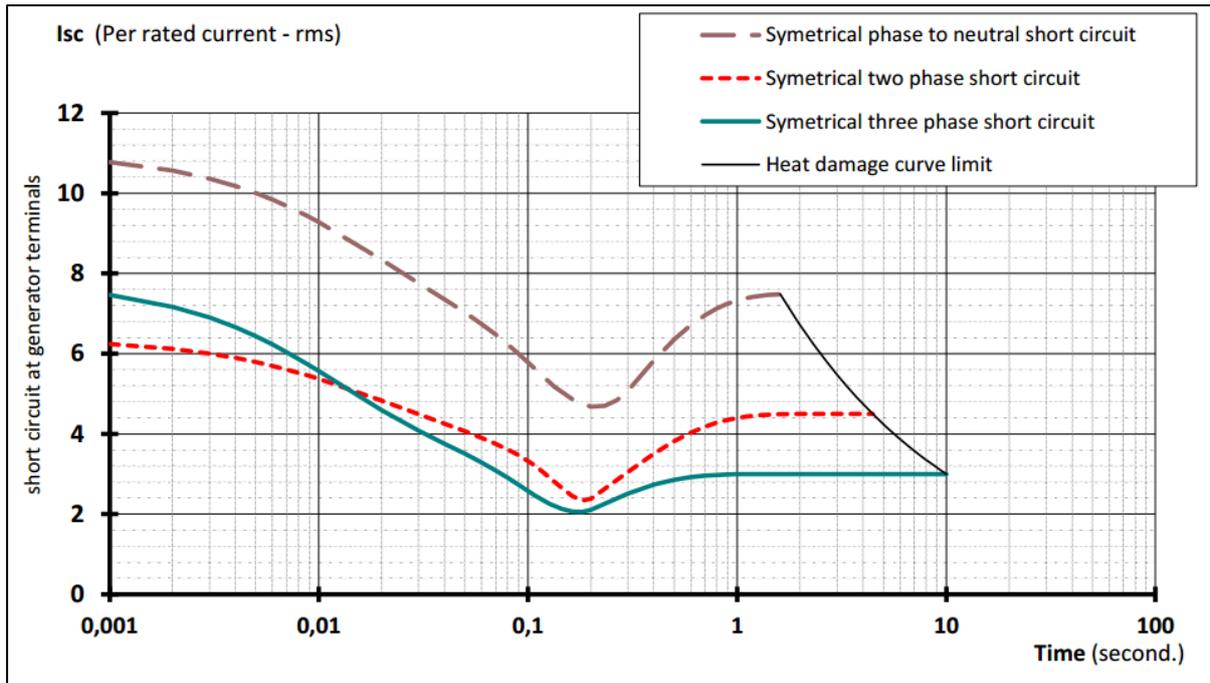


Abbildung 39: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.2 VS45, $I_{nG} = 137 \text{ A}$

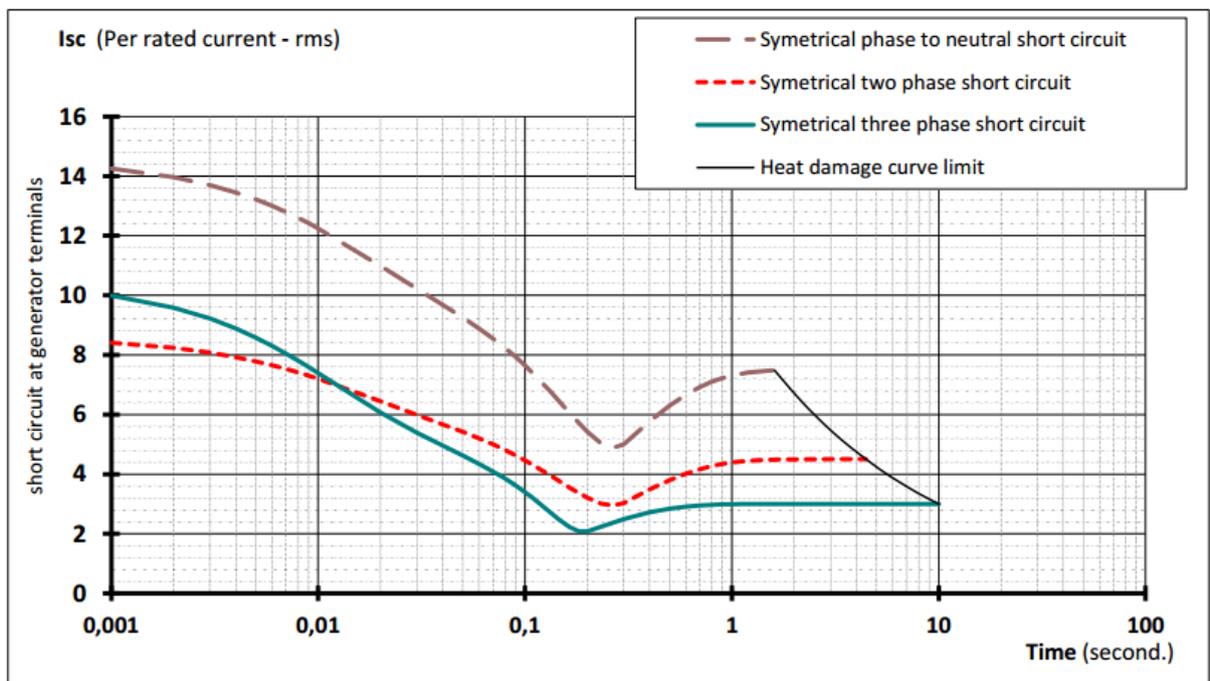


Abbildung 40: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.2 M95, $I_{nG} = 188 \text{ A}$

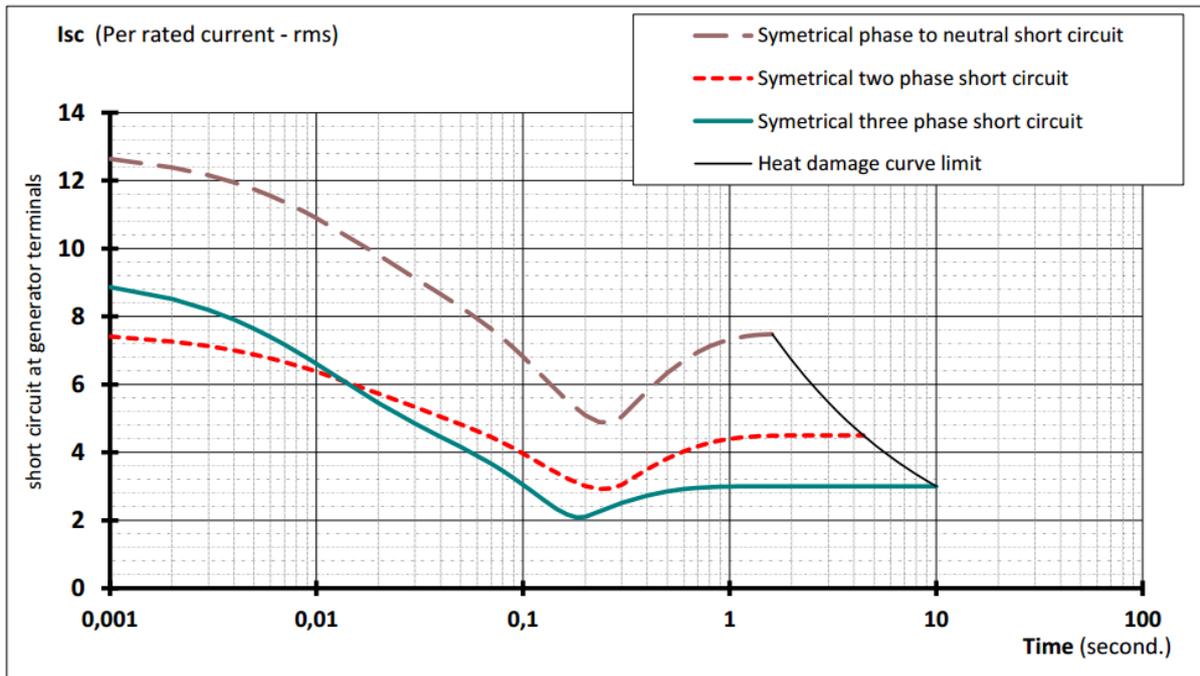


Abbildung 41: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.2 VS 3, $I_{nG} = 115 \text{ A}$

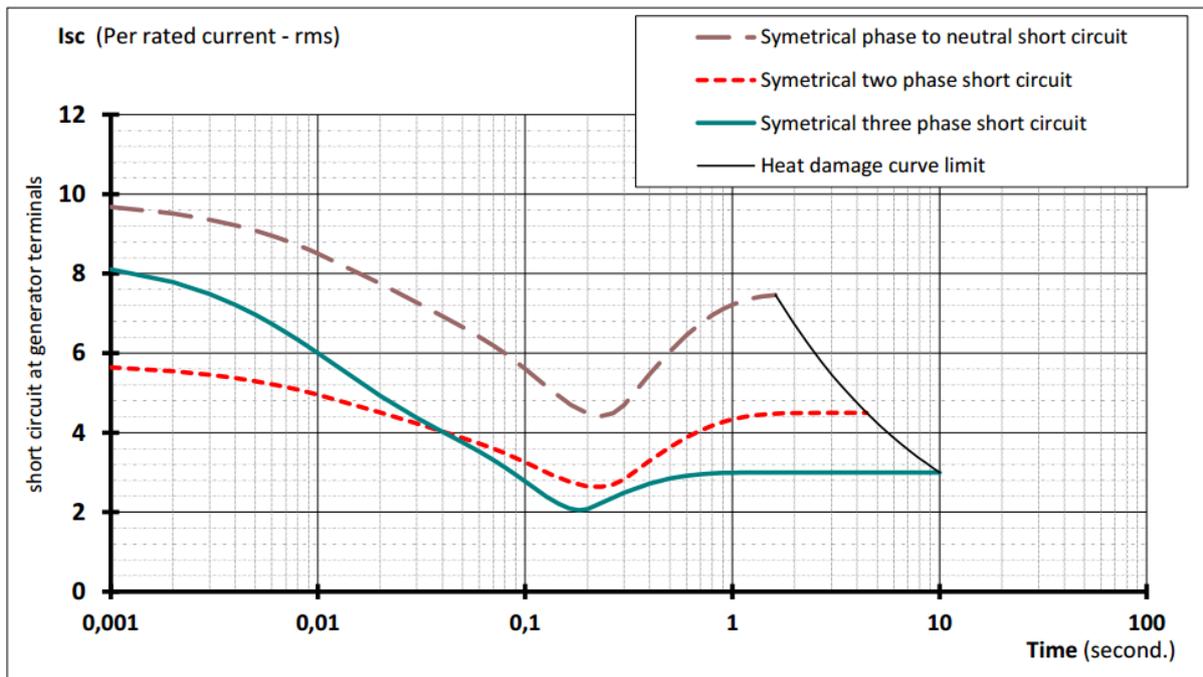


Abbildung 42: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 S5, $I_{nG} = 131 \text{ A}$

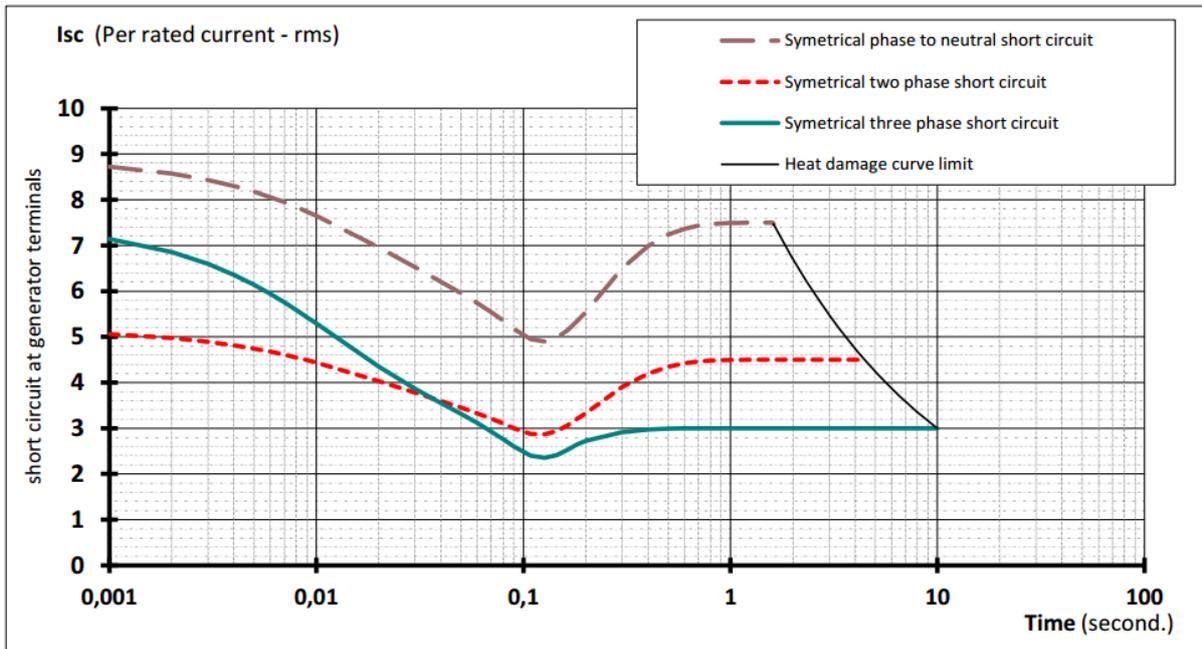


Abbildung 43: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 44.3 L10, $I_{nG} = 198 \text{ A}$

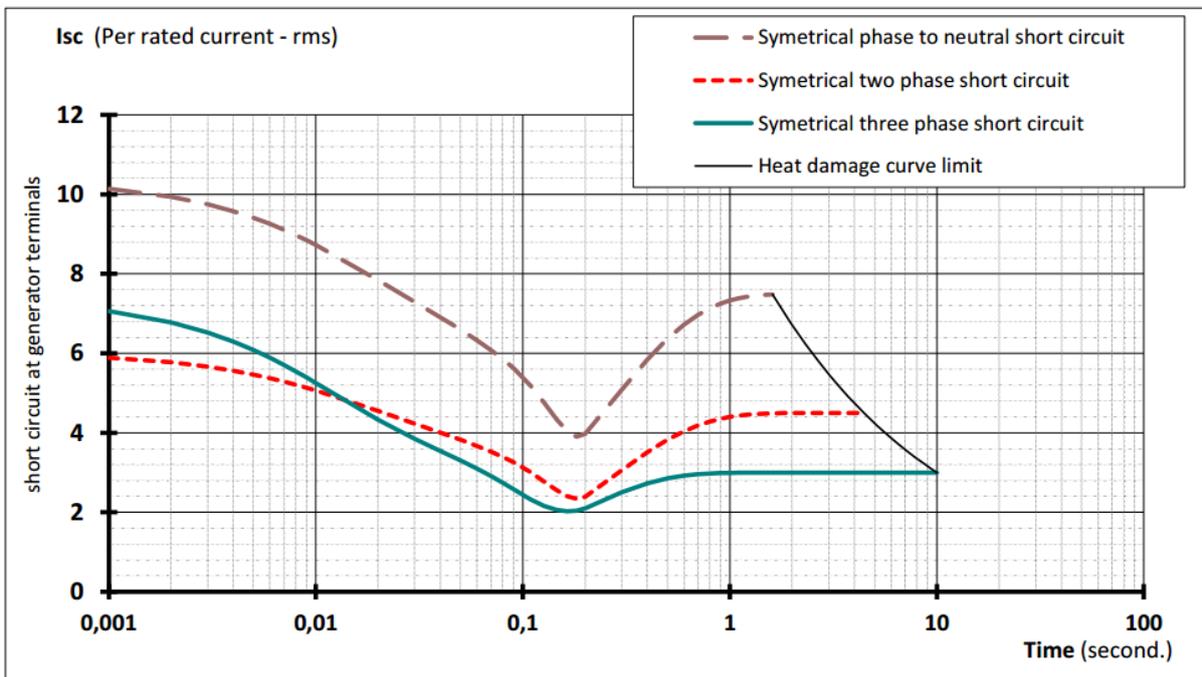


Abbildung 44: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 M5, $I_{nG} = 266 \text{ A}$

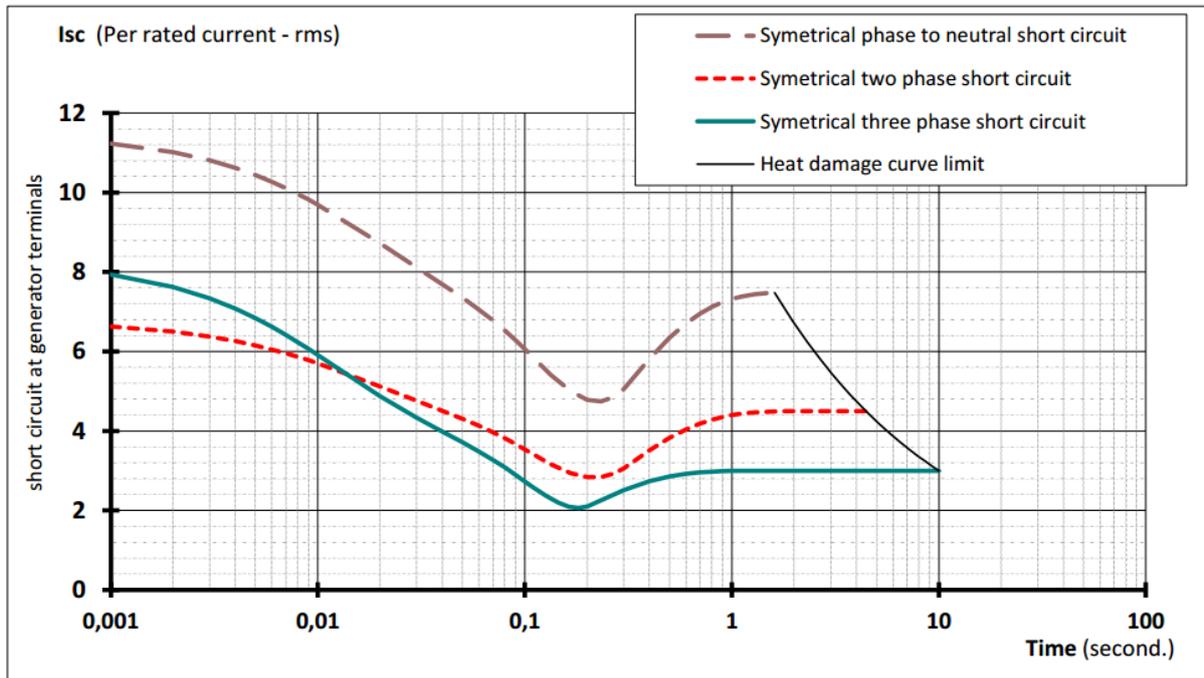


Abbildung 45: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 L9, $I_{nG} = 361 \text{ A}$

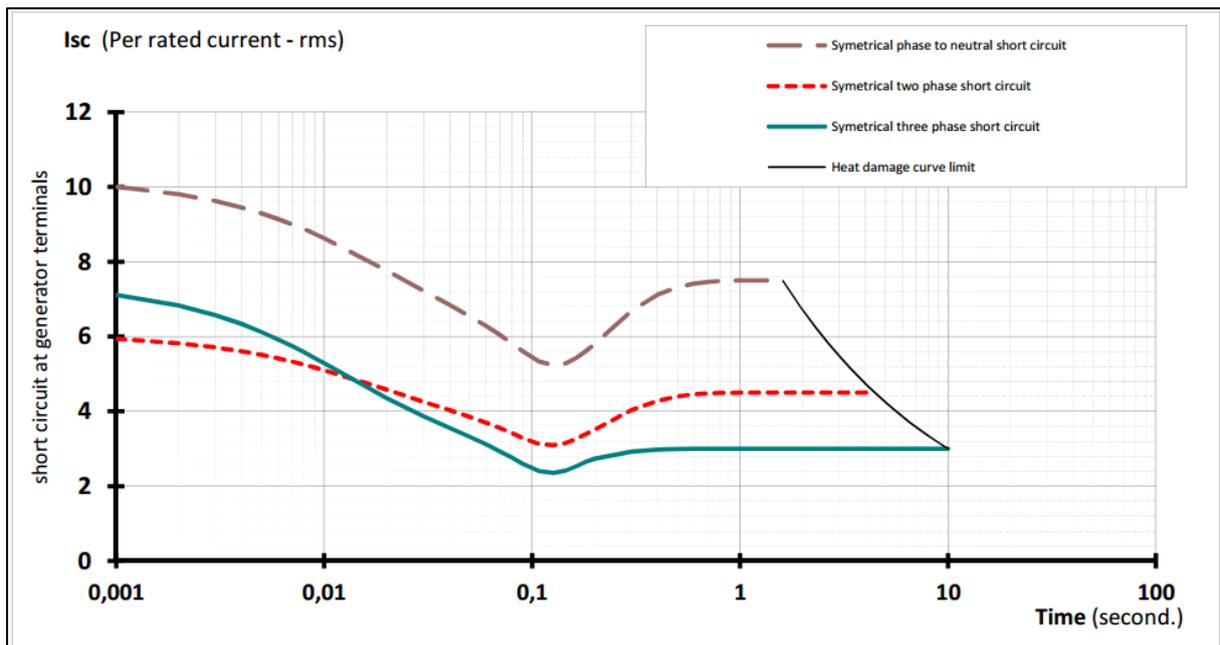


Abbildung 46: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 L6, $I_{nG} = 313 \text{ A}$

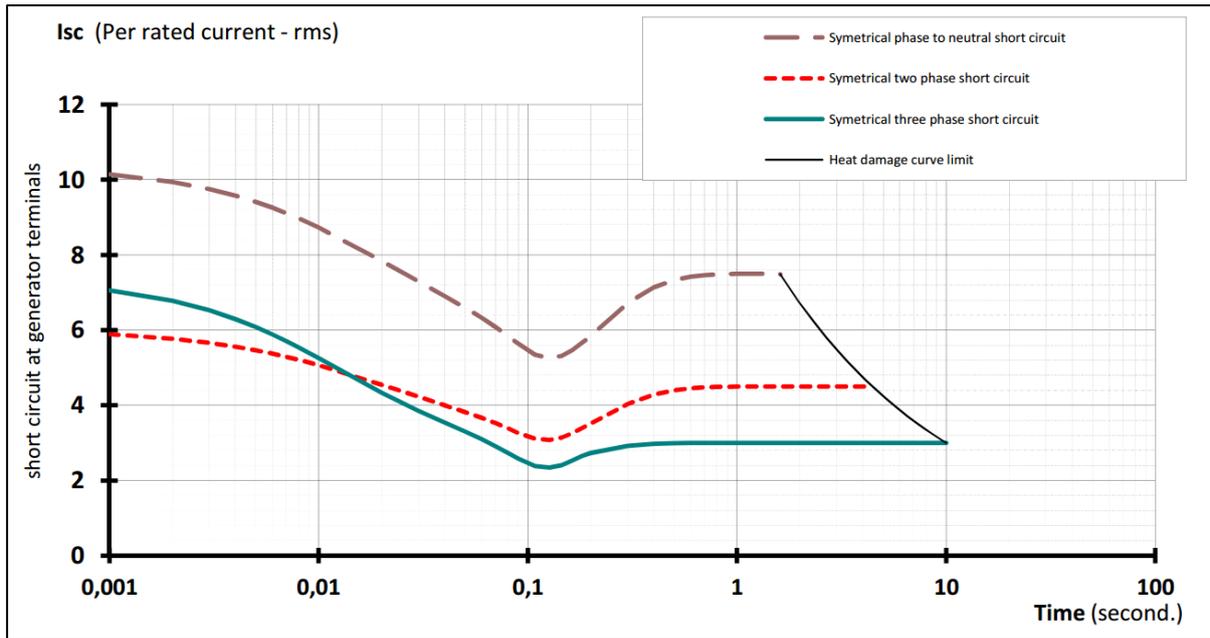


Abbildung 47: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 M5, $I_{nG} = 266 \text{ A}$

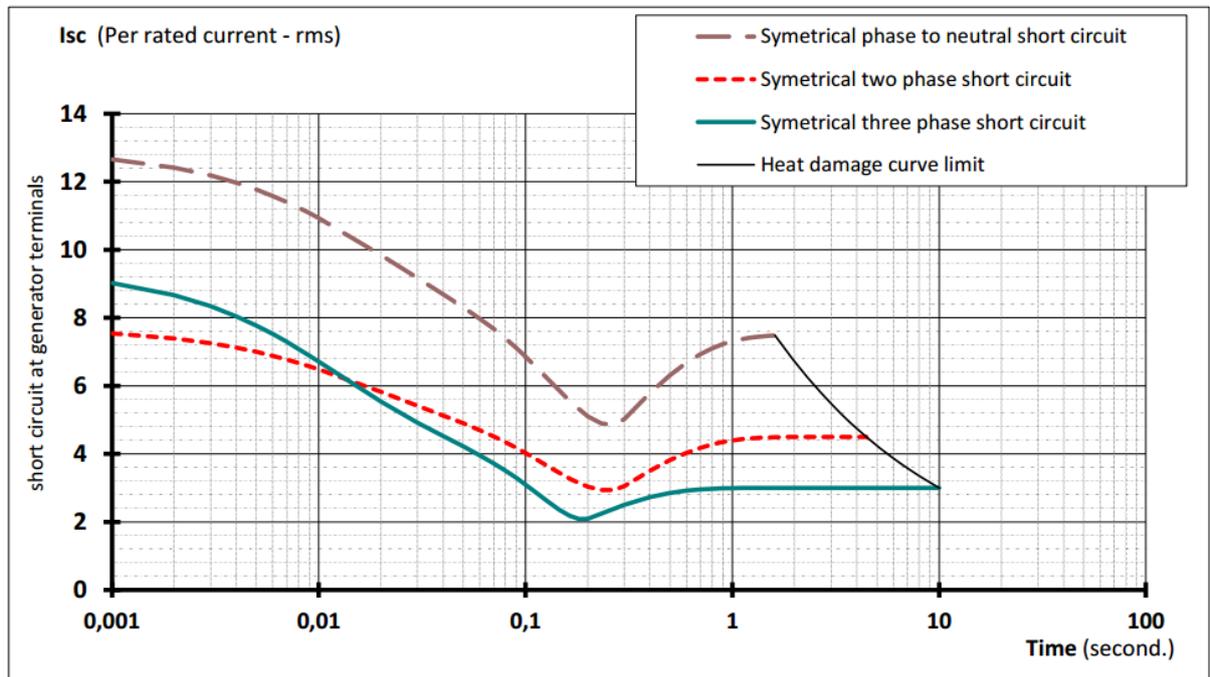


Abbildung 48: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.2 VL12, $I_{nG} = 398 \text{ A}$

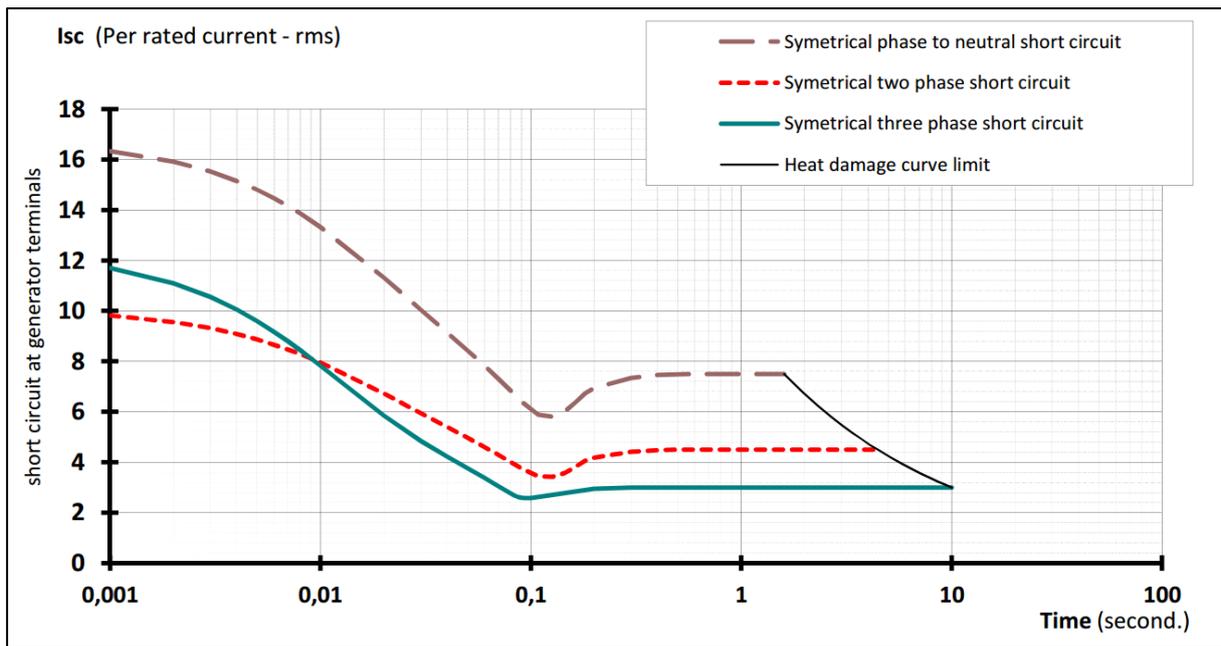


Abbildung 49: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.3 S3, $I_{nG} = 263 \text{ A}$

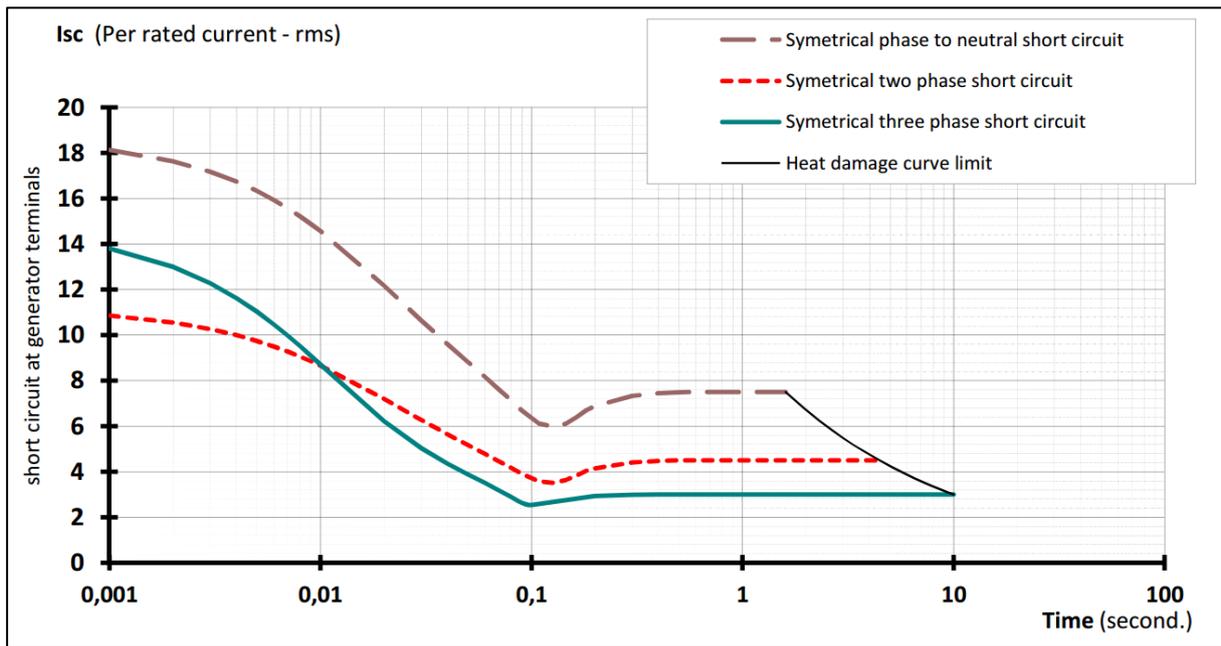


Abbildung 50: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.3 M7, $I_{nG} = 361 \text{ A}$

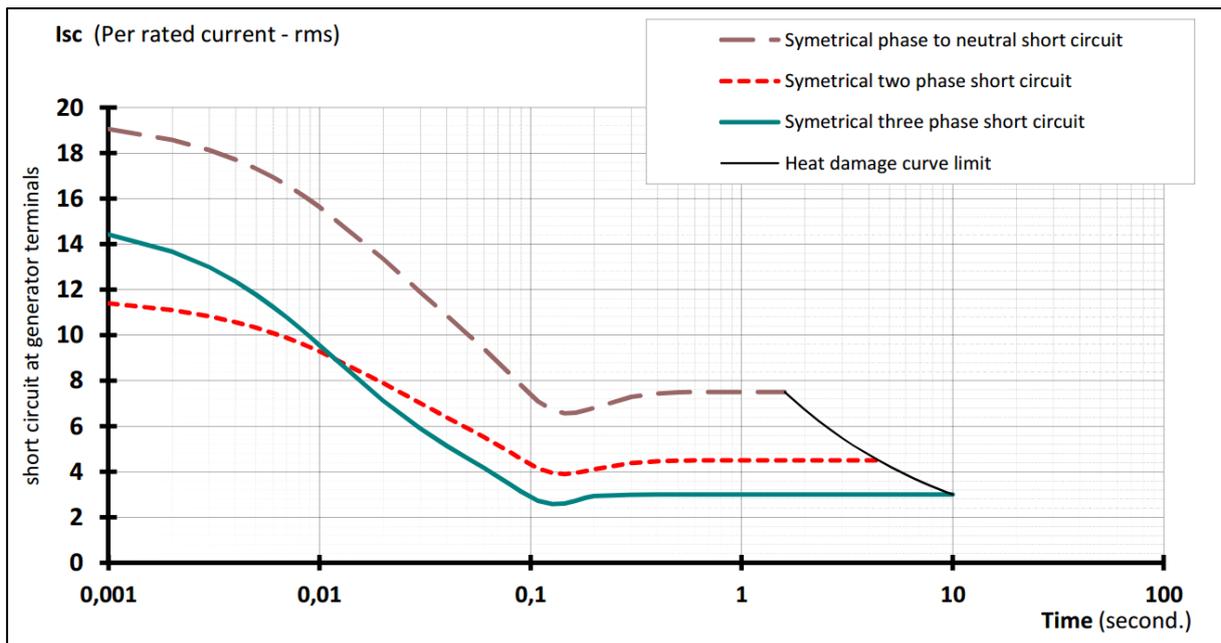


Abbildung 51: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 46.3 L10, $I_{nG} = 427 \text{ A}$

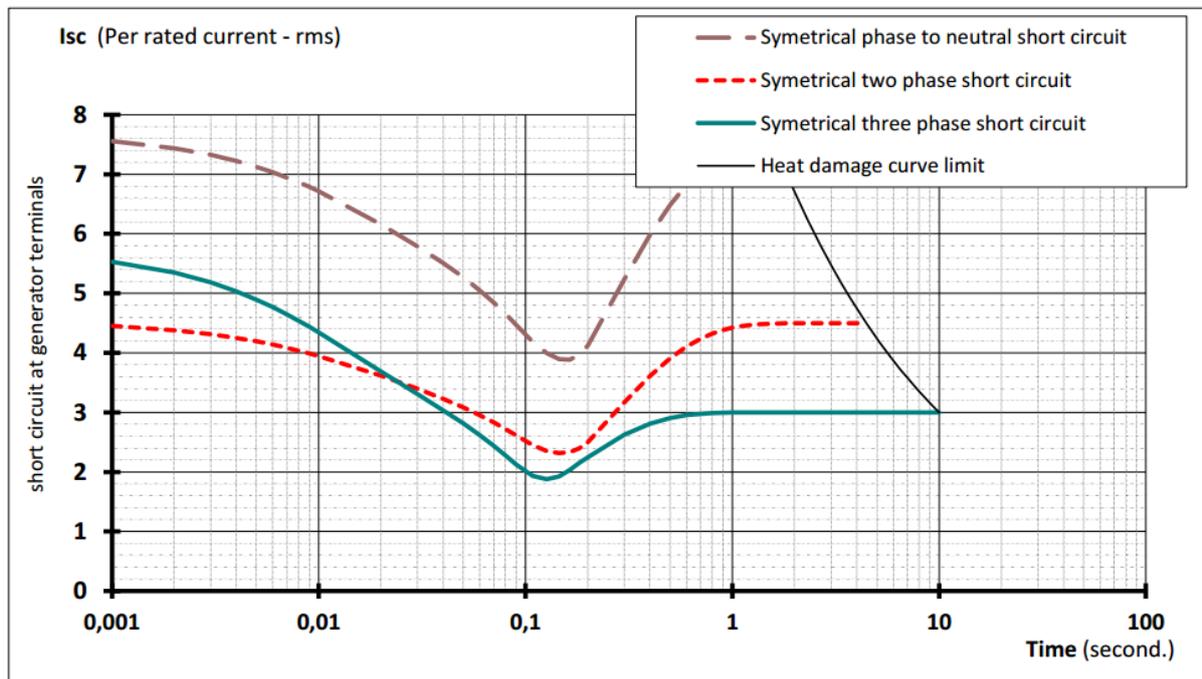


Abbildung 52: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 VS 2, $I_{nG} = 476 \text{ A}$

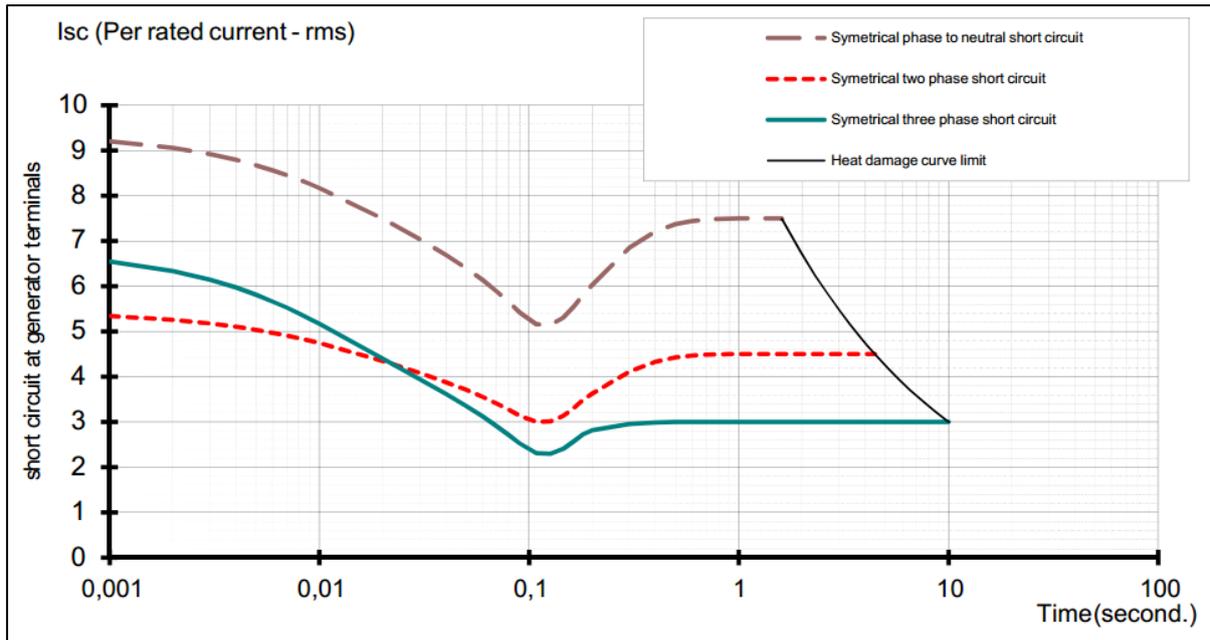


Abbildung 53: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 L9, $I_{nG} = 772 \text{ A}$

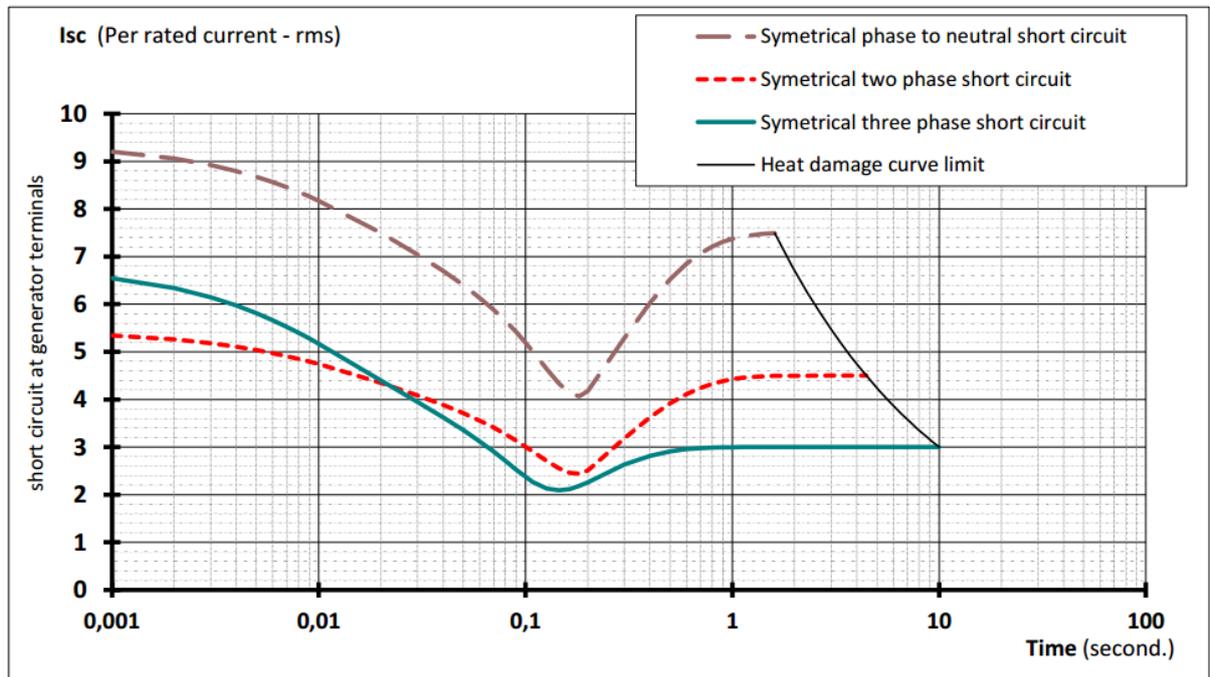


Abbildung 54: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 M7, $I_{nG} = 671 \text{ A}$

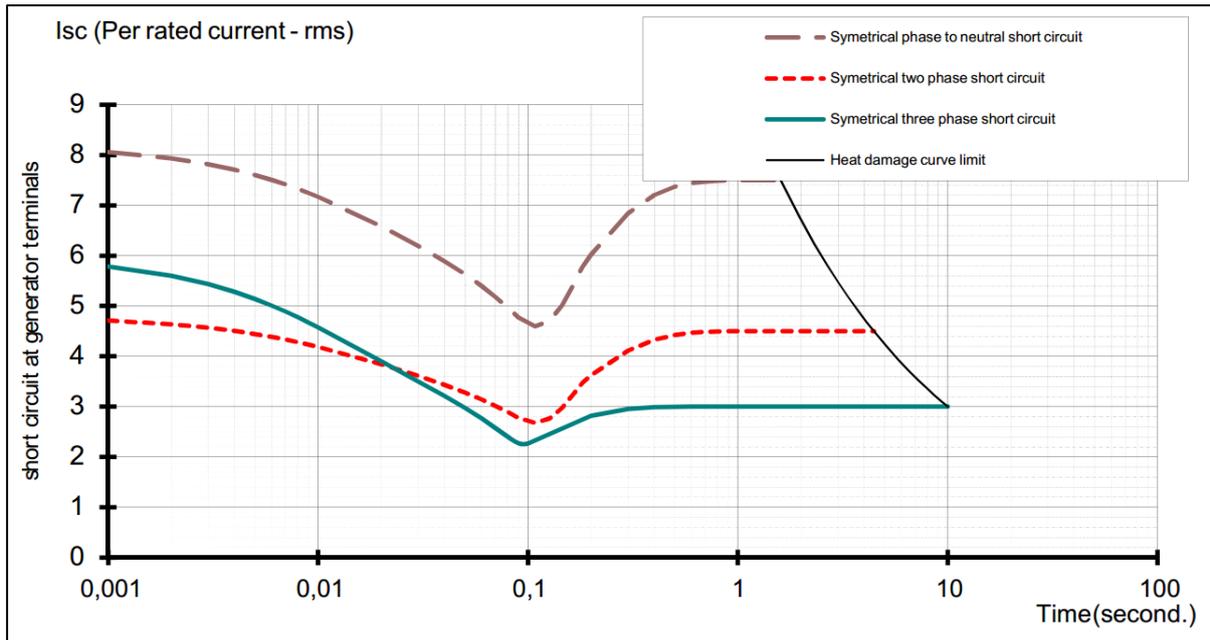


Abbildung 55: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 47.2 M8, $I_{nG} = 722 \text{ A}$

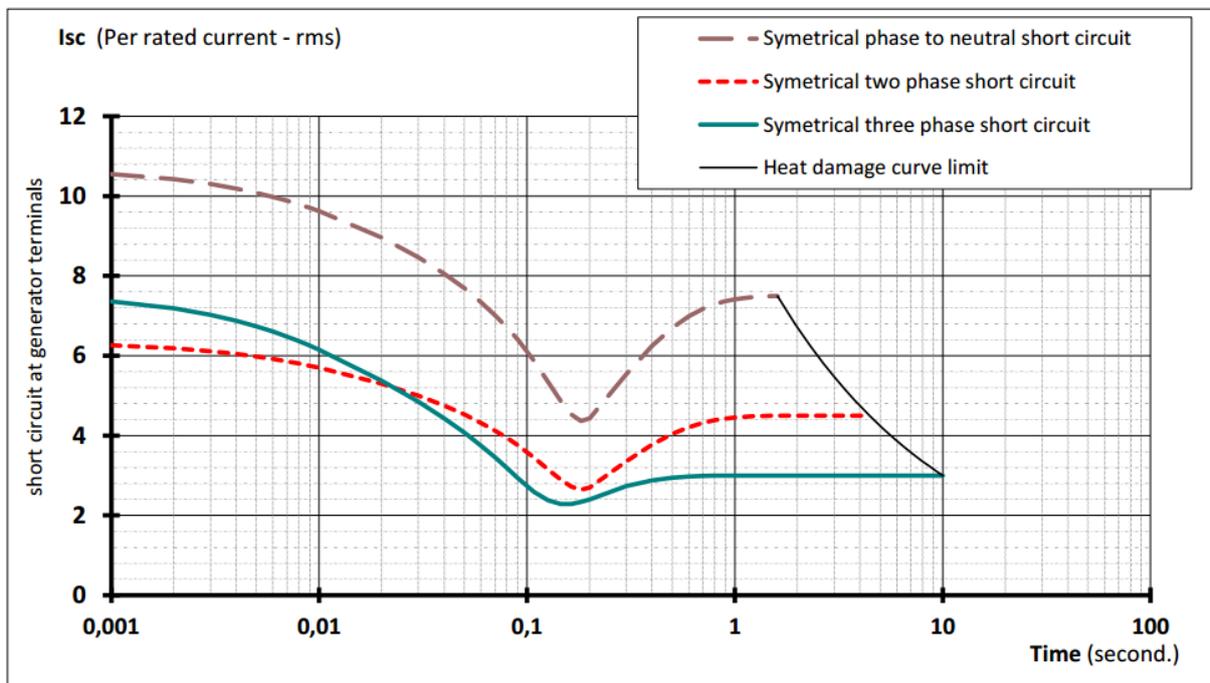


Abbildung 56: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 49.1 M6, $I_{nG} = 943 \text{ A}$

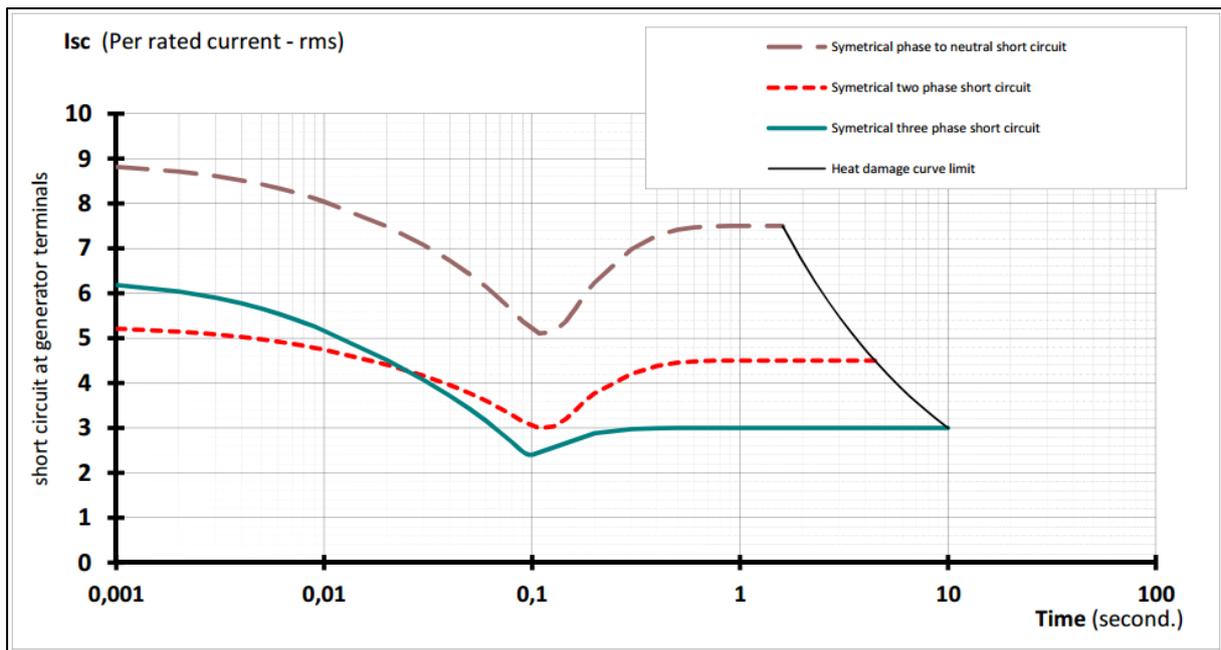


Abbildung 57: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 49.1 S4, I_{nG} = 857 A

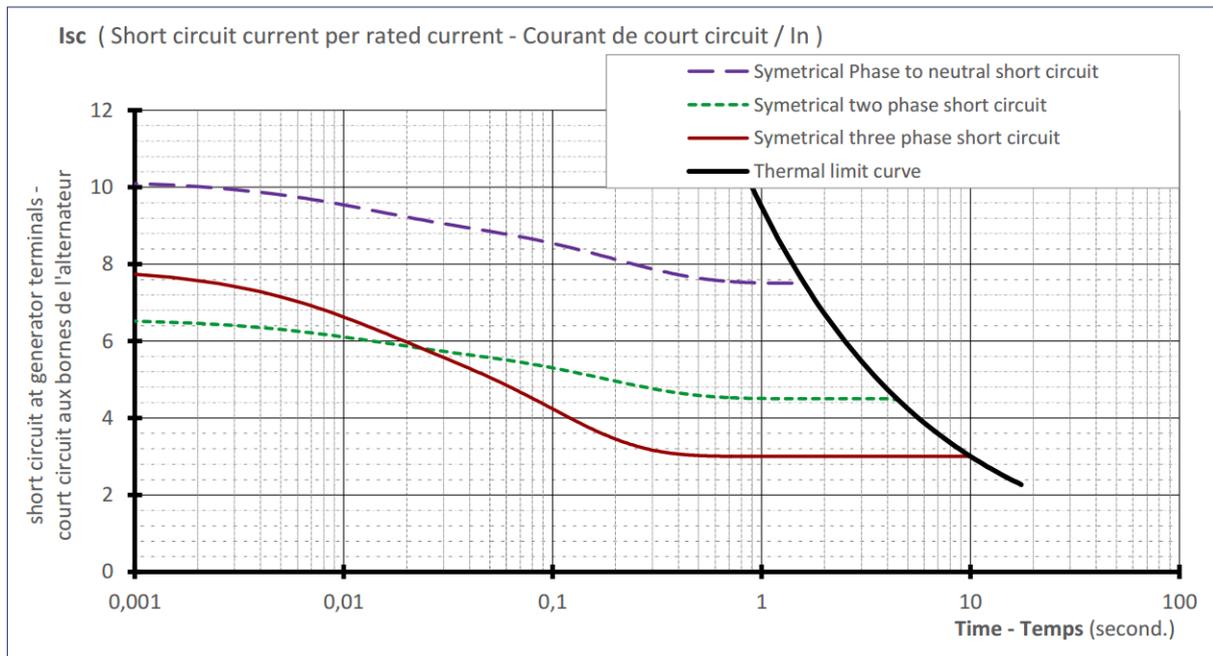


Abbildung 58: Kurzschlussstrombeitrag des Leroy Somer LSA 49.3 S4, I_{nG} = 859 A