

## Validierungsbericht nach FGW TR 4

Bericht Nr. 35312196-001 vom 17.02.2021

Auftraggeber:	Sommer energy GmbH Unterer Koppenhagen 52 37355 Niederorschel
Typ der EZE:	Typ 1 mit VKM
Bezeichnung der EZE:	HBG 70 HBG 430
Beurteilungsgrundlagen:	VDE-AR-N 4110: 2018-11 FGW TR 4 Anforderungen an Modellierung und Validierung
Auftragsnummer:	8119437127
Bearbeiter:	M. Gössel / Christian Unterschemmann
Version:	1.0

Dieser Bericht umfasst 30 Seiten

Die auszugsweise Vervielfältigung dieses technischen Berichts und die Verwendung zu Werbezwecken bedürfen der schriftlichen Genehmigung der TÜV NORD CERT GmbH. Dieser technische Bericht stellt das Ergebnis der Prüfung an den vorgelegten Planungsunterlagen dar. Eine Aussage über das Verhalten der tatsächlich gebauten EZA kann erst nach einer Konformitätsbewertung abgeleitet werden.

## Versionsindex

Version	Datum	Ersteller	Änderungen
1.0	17.02.2022	C. Unterschermann	Ersterstellung

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Allgemeines.....</b>	<b>3</b>
1.1	Gesetze, Verordnungen, Normen und techn. Richtlinien .....	3
1.2	Umfang der Validierung .....	3
<b>2</b>	<b>Referenzierte Dokumente.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Technische Daten .....</b>	<b>5</b>
3.1	Verwendetes Simulationsmodell.....	5
3.2	Technische Daten der Erzeugungseinheiten .....	6
<b>4</b>	<b>Nachweisführung.....</b>	<b>7</b>
4.1	Nachbildung des Teststands.....	7
4.2	Allgemeine Anforderungen an Modell und Modellbeschreibung.....	8
4.3	Validierung der dynamischen Netzstützung .....	9
4.3.1	HBG 70 .....	10
4.3.2	HBG 430 .....	17
4.3.3	Zusammenfassung der Validierungsergebnisse für das dynamische Verhalten 24	
4.4	Validierung des quasistationären Betriebs .....	24
4.4.1	HBG 70 .....	25
4.4.2	HBG 430 .....	26
4.4.3	Zusammenfassung der Validierungsergebnisse für das quasistationäre Verhalten.....	27
4.5	Validierung der Schutzeinrichtungen .....	27
4.6	Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells .....	28
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>30</b>

# 1 Allgemeines

Die Firma Sommer energy GmbH im folgenden Auftraggeber genannt, stellt unter anderem Erzeugungseinheiten für einen Anschluss an das Mittelspannungsnetz her.

Der Auftraggeber hat die TÜV NORD EnSys GmbH & Co. KG beauftragt, die Erzeugungseinheiten der SH-Produktfamilie auf Konformität mit den Anforderungen der VDE4110 zu prüfen. Hierzu waren u. a. Messungen gemäß der TR 3 erforderlich, die durch das akkreditierte Messinstitut UL International GmbH durchgeführt wurden. Es wurden sowohl Power Quality und Power Control Tests für das quasistationäre, als auch FRT-Tests für das dynamische Verhalten vermessen. Die ermittelten Messwerte sind in den zugehörigen Messberichten /U2/, /U3/, /U4/, /U5/ festgehalten.

Zusätzlich hat der Auftraggeber zwei Simulationsmodelle der Erzeugungseinheiten durch die Firma DlgSILENT GmbH entwickeln lassen, die die elektrischen Eigenschaften der Erzeugungseinheiten gemäß TR4 nachbildet. Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse der Modellvalidierung gemäß TR4 zusammen.

## 1.1 Gesetze, Verordnungen, Normen und techn. Richtlinien

VDE4110	VDE-AR-N 4110: 2018-11	Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)
TR8	FGW TR 8, Rev. 9 (01.02.2019)	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten, -anlagen und Speicher sowie für deren Komponenten: Teil 8 – Zertifizierung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten, -anlagen und Speicher sowie deren Komponenten am Stromnetz
TR3	FGW TR 3, Rev. 25 (01.09.2018)	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen: Teil 3 – Bestimmung der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz
TR4	FGW TR 4, Rev. 9 (01.02.2019)	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und –anlagen: Teil 4 – Anforderungen an die Modellierung und Validierung von Simulationsmodellen der elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen, Speicher sowie für deren Komponenten

## 1.2 Umfang der Validierung

Sommer energy GmbH hat zwei Simulationsmodelle ihrer bezüglich Fault Ride Through (FRT), Power Quality (PQ) und Power Control (PC) vermessenen Erzeugungseinheiten (HBG 70 und HBG 430) zur Prüfung nach den in Abschnitt 1.1 aufgeführten Richtlinien vorgelegt. Die Modelle sind bereits vorparametriert. Das Vorgehen zur Einbindung und Parametrierung der Modelle ist in der Modelldokumentation /U1/ beschrieben. Die Validierung der Modelle erfolgte für

das quasistationäre und dynamische Verhalten anhand der vermessenen EZE-Typen HBG 70 mit 70 kW und HBG 430 mit 430 kW gemäß VDE4110 und TR4.

Informationen zu den Modellen sind Abschnitt 3.1 zu entnehmen. Der Funktionsumfang und die Parametrierungsmöglichkeiten der Modelle sowie die Einbindung der Modelle in die Simulationsumgebung sind in der Modelldokumentation /U1/ aufgeführt.

## 2 Referenzierte Dokumente

Ref.	Inhalt / Titel	Datum
/U1/	DlgSILENT GmbH VKM Modellbeschreibung HBG430 / HBG70 und daraus abgeleitete Modelle der Fa. Sommer Energie GmbH, Version 01	08.10.2021
/U2/	UL International GmbH Messung der elektrischen Eigenschaften, Verhalten bei Störungen im Netz entsprechend FGW TR3 Rev.25 Blockheizkraftwerk SH70 (70 kW) Berichtsnummer: UL-GER-NR18-12447812.04.02	16.12.2020
/U3/	UL International GmbH Messung der elektrischen Eigenschaften, Netzverträglichkeit & Regelfähigkeit am Netz entsprechend FGW TR3 Blockheizkraftwerk SH70 (70 kW) Berichtsnummer: UL-GER-NR18-12447812.03.02	16.12.2020
/U4/	UL International GmbH Messung der elektrischen Eigenschaften, Verhalten bei Störungen im Netz entsprechend FGW TR3 Rev.25 Blockheizkraftwerk SH430 (430 kW) Berichtsnummer: UL-GER-NR18-12447812.02.02	16.12.2020
/U5/	UL International GmbH Messung der elektrischen Eigenschaften, Netzverträglichkeit & Regelfähigkeit am Netz entsprechend FGW TR3 Blockheizkraftwerk SH430 (430 kW) Berichtsnummer: UL-GER-NR18-12447812.01.02	16.12.2020
/U6/	DlgSILENT GmbH Plausibilisierung HBG430 und HBG70	26.02.2021

### 3 Technische Daten

#### 3.1 Verwendetes Simulationsmodell

Simulationsmodelle		
Dateiname	Größe	Checksumme (MD5)
P1968_69_70_HBG430_PFD1_V08_R08_encrypt.pfd	173 KB	858369fb6a4bfee53855b84f2be4e457
HBG430_32bit_R05.zip	59 KB	4c6a58a94976f035ca7dbd349ab64657
HBG430_64bit_R05.zip	59 KB	ddc9514ceeacd895dea6490883096974
P1968_69_70_HBG70_PFD2_V07_R07_encrypt.pfd	176 KB	ef57118530e25b4bd64a39554127e7e4
HBG70_32bit_R05.zip	59 KB	6cde1338dfec71fea78d59f098fe594a
HBG70_64bit_R05.zip	59 KB	ca5a59687e951fc9aec2c4d933c20376

Modelldokumentation	
Dateiname	Checksumme (MD5)
P2067_Sommer_Modellbeschreibung_V01_R01	30fc86ca43bf1b42eea7fb192bb0f904

Modellbeschreibung	
Simulationsumgebung	DlgSILENT PowerFactory
Version der Software	2019
Schrittweite	Dynamische Netzfehlerfälle 0,1 ms Quasistationär (Kraftwerkseigenschaften) 0,1 ms mit einer automatischen Schrittweitenanpassung von 2,5 ms
Simulationsmethode	EMT
Solver	Siehe /U1/
Netzfehlerfälle	Symmetrische / unsymmetrische Fehler
Kraftwerkseigenschaften	Validierte Funktionen: $P_{set}, P(f), Q_{set}, Q(P), Q(U), Q_{set}$ , mit U-Begrenzungsfunktion
Schutzfunktion	Entkupplungsschutz: $U_{<}, U_{<}, U_{>}, U_{>}, f_{<}, f_{<}, f_{>}, f_{>}$ Eigenschutz: $U_{<}, U_{<}, U_{>}, U_{>}, f_{<}, f_{<}, f_{>}, f_{>}, I_{>}, \cos \varphi$
Schnittstellen	Siehe /U1/

### 3.2 Technische Daten der Erzeugungseinheiten

Allgemeines		
Typ der EZE	Typ 1 mit VKM	
Bezeichnung	HBG 70	HBG 430
Ausgangsgrößen		
Bemessungsscheinleistung $S_{rE}$	78 kVA	478 kVA
Bemessungswirkleistung $P_{rE}$	70 kW	430 kW
Bemessungsstrom $I_r$	101 A	621 A
Bemessungsspannung $U_n$	400 V	
Nennfrequenz $f_n$	50 Hz	

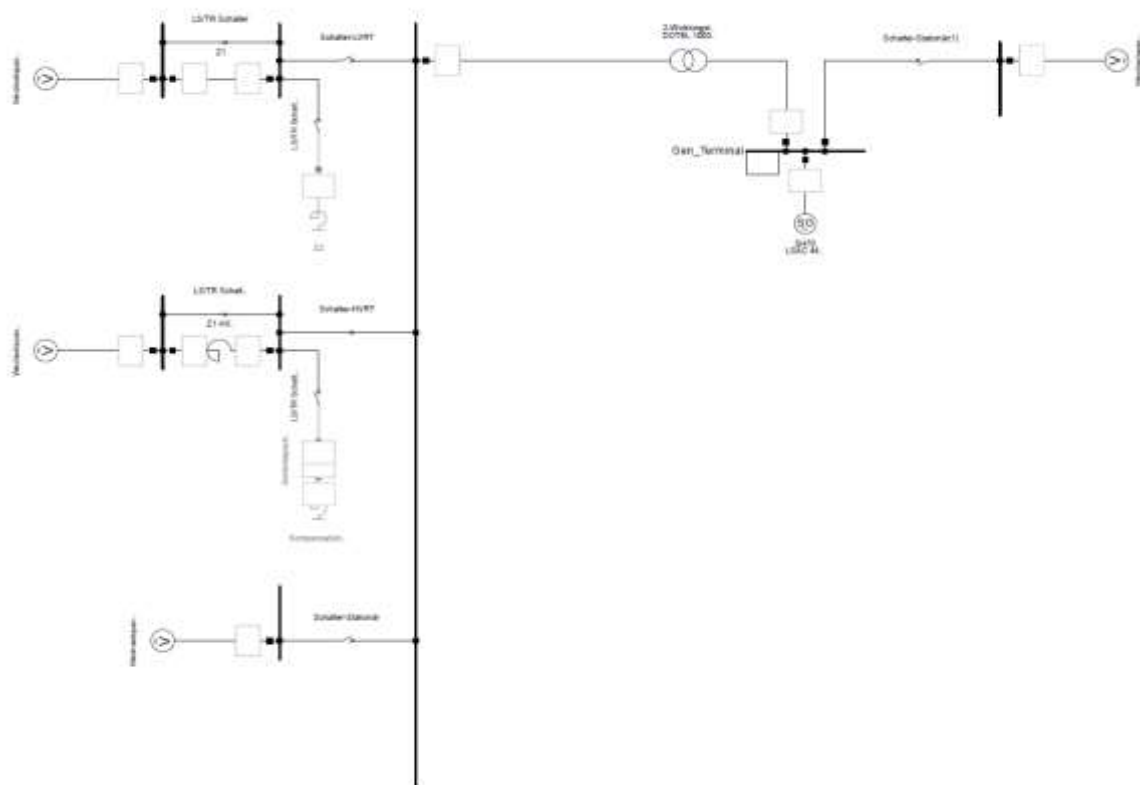
Weitere technische Daten der EZE können dem Bewertungsbericht Nummer 35312196 entnommen werden.

## 4 Nachweisführung

Die im Folgenden aufgeführten Abschnitte zeigen die Ergebnisse der Modellvalidierung der Simulationsmodelle für die BHKW HBG 70 und HBG 430 (quasistationäres und dynamisches Verhalten).

### 4.1 Nachbildung des Teststands

Mit den oben beschriebenen Simulationsmodellen wurde der nachfolgende Teststand für die dynamische Netzstützung und den quasistationären Betrieb nachgebildet. Der Teststand wies für beide Modelle einen identischen Aufbau auf.



Bewertung:

Der Teststand der Simulation bildet den Messaufbau aus den Prüfberichten nach TR3 /U2/, /U3/, /U4/, /U5/ ausreichend genau nach.

## 4.2 Allgemeine Anforderungen an Modell und Modellbeschreibung

Gemäß VDE4110 in Kapitel 11.2.6.2 sind mindestens die folgenden Funktionen der Erzeugungseinheit nachzubilden:

- quasistationärer Betrieb
- statische Spannungshaltung/Blindleistungsbereitstellung
- dynamische Netzstützung
- Verhalten bei Wirkleistungssollwertvorgabe
- Schutzeinrichtungen und -einstellungen

In der Modelldokumentation müssen variable Einstellgrößen des Einheitenmodells (z. B. k-Faktor, LVRT-Schwellen, Schutzeinstellungen) zusammen mit den zulässigen Einstellbereichen aufgeführt sein. Für diese Einstellgrößen des Modells sind zudem die zugehörigen Einstellgrößen in der Anlagensteuerung der Erzeugungseinheit zu dokumentieren. Weiterhin ist die Einbindung und Anwendung des Modells in der genutzten Simulationsumgebung eindeutig zu beschreiben.

Anforderung	Ist	Soll
Die Modelle bilden alle nach VDE4110 Kapitel 11.2.6.2 geforderten Funktionen ab.	Ja	Ja
Die zeitliche Schrittweite beträgt für dynamische und quasistationäre Vorgänge maximal 10 ms.	Ja	Ja
Es erfolgt keine Automatische Schrittweitenanpassung oder die automatische Schrittweitenanpassung beträgt maximal 0,2 s.	Ja	Ja
Einbindung und Anwendung der Modelle in der genutzten Simulationsumgebung ist eindeutig beschrieben.	Ja	Ja
Die Grenzen der Gültigkeit der Modelle sind vom Hersteller im Rahmen der Modelldokumentation angegeben (siehe TR4, Kapitel 3.6).	Ja	Ja
Für Einstellgrößen des EZE-Modells, die für den Anwender/ die Zertifizierungsstelle zugänglich und veränderbar sein müssen, sind die zulässigen Einstellbereiche im Rahmen der Modelldokumentation dokumentiert (siehe TR4, Kapitel 3.7).	Ja	Ja
Diese Einstellgrößen des Modells entsprechen direkt den Einstellgrößen der Anlagensteuerung. Sofern keine direkte Entsprechung einzelner Einstellgrößen vorhanden ist, ist die korrekte Umsetzung in einer Herstellererklärung bestätigt (siehe TR4, Kapitel 3.7).	Ja	Ja
Für die Prüfung der Modelldokumentation wurde Anhang D der TR4 beachtet.	Ja	Ja

Bewertung:	Die allgemeinen Anforderungen an Modell und Modelldokumentation werden erfüllt.
------------	---



### 4.3 Validierung der dynamischen Netzstützung

Die Mindestanforderungen für die Validierung der dynamischen Netzstützung sind für Mit- und Gegensystem in Kapitel 5 der TR4 festgelegt. Dieser Validierung liegt eine Vermessung der Erzeugungseinheiten nach TR3, Kapitel 4.6 zugrunde. Die nachstehenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Modellvalidierung der oben aufgeführten Erzeugungseinheiten. Hierzu wurden die Ergebnisse der Vermessung für den jeweiligen FRT-Test mit den Ergebnissen der Simulation bei gleichen Spannungseinbruchtiefen bzw. Spannungshöhen gegenübergestellt. Die Ergebnisse gemäß Anhang A.1.2 der TR4 sind in den nachfolgenden Tabellen gezeigt. Die Bewertung erfolgt mit Grenzwerten aus Kapitel 5.3.2 der TR4 für Wirk- und Blindleistung sowie Wirk- und Blindstrom jeweils im Mit- und Gegensystem. Als Schrittweite wurde in PowerFactory für alle dynamischen Simulationen 0,1 ms eingestellt.

Gemäß Kapitel 5.4 der TR4 erfolgt für EZE vom Typ 1 zusätzlich die Validierung des Polradwinkels. Für die Polradwinkel Validierung im stationären Bereich dürfen der simulierte und der messtechnisch ermittelte Polradwinkel (relativ zum Winkel der Klemmenspannung) vor Spannungseinbruch (Fehlereintritt) maximal um  $\pm 10^\circ$  abweichen.

Die Abweichung bei der Polradwinkeländerung während der LVRT-Versuche wurde 1 s vor Fehlereintritt bis 5 s nach Fehlerklärung aus den Messdaten und der Simulation ermittelt. Eine Abweichung der maximal positiven oder negativen Auslenkung zwischen Simulation und Messung darf gemäß Kapitel 5.4 der TR4 maximal  $\pm 20^\circ$  betragen.

### 4.3.1 HBG 70

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Mitsystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
30.1	gemäß IEC	Pre	0,019	-0,001	0,008	0,009	0,006	0,006	0,018	0,000	0,008	0,009	0,006	0,006
		Fault	-	0,054	-	-	-0,087	-	-	0,234	-	-	-0,136	-
		Post	0,265	-0,032	0,067	0,180	0,015	0,036	0,268	-0,036	0,068	0,172	0,015	0,037
	auf Messwert bezogen	Pre	0,018	-0,001	0,008	0,761	0,437	0,437	0,019	0,000	0,008	0,769	0,439	0,439
		Fault	-	-0,222	-	-	0,015	-	-	-0,232	-	-	0,020	-
		Post	0,297	-0,025	0,164	1,012	-0,019	0,352	0,282	-0,025	0,178	0,994	-0,023	0,351
	Bewertet	Pre	0,018	-0,001	0,008	0,009	0,006	0,006	0,018	0,000	0,008	0,009	0,006	0,006
		Fault	-	0,054	-	-	0,015	-	-	-0,232	-	-	0,020	-
		Post	0,265	-0,025	0,067	0,180	0,015	0,036	0,268	-0,025	0,068	0,172	0,015	0,037
30.2	gemäß IEC	Pre	0,012	0,001	0,005	0,006	0,001	0,001	0,013	0,003	0,005	0,006	0,001	0,001
		Fault	-	0,062	-	-	-0,081	-	-	0,298	-	-	-0,130	-
		Post	0,251	-0,036	0,052	0,505	0,002	0,100	0,254	-0,036	0,054	0,488	-0,002	0,101
	auf Messwert bezogen	Pre	0,023	0,003	0,010	0,575	0,066	0,138	0,025	0,005	0,010	0,572	0,067	0,137
		Fault	-	-0,189	-	-	0,034	-	-	-0,203	-	-	0,035	-
		Post	0,568	-0,057	0,157	1,907	-0,213	0,716	0,576	-0,059	0,157	1,892	-0,020	0,711
	Bewertet	Pre	0,012	0,001	0,005	0,006	0,001	0,001	0,013	0,003	0,005	0,006	0,001	0,001
		Fault	-	0,062	-	-	0,034	-	-	-0,203	-	-	0,035	-
		Post	0,251	-0,036	0,052	0,505	0,002	0,100	0,254	-0,036	0,054	0,488	-0,002	0,101
30.3	gemäß IEC	Pre	0,018	0,001	0,008	0,013	0,008	0,008	0,018	0,002	0,008	0,013	0,008	0,008
		Fault	-	0,021	-	-	0,003	-	-	0,036	-	-	0,014	-
		Post	0,092	-0,028	0,033	0,499	-0,038	0,088	0,086	-0,026	0,032	0,488	-0,038	0,087
	auf Messwert bezogen	Pre	0,018	0,001	0,008	1,311	0,794	0,794	0,019	0,002	0,008	1,289	0,786	0,786
		Fault	-	0,052	-	-	-0,004	-	-	0,051	-	-	-0,002	-
		Post	0,088	-0,028	0,032	3,662	-0,072	1,124	0,084	-0,026	0,032	3,624	-0,072	1,125
	Bewertet	Pre	0,018	0,001	0,008	0,013	0,008	0,008	0,018	0,002	0,008	0,013	0,008	0,008
		Fault	-	0,021	-	-	0,003	-	-	0,036	-	-	-0,002	-
		Post	0,088	-0,028	0,032	0,499	-0,038	0,088	0,084	-0,026	0,032	0,488	-0,038	0,087
30.4	gemäß IEC	Pre	0,015	-0,002	0,006	0,011	0,006	0,006	0,014	-0,001	0,005	0,011	0,006	0,006
		Fault	-	0,092	-	-	0,024	-	-	0,149	-	-	0,037	-
		Post	0,114	-0,030	0,031	0,206	-0,038	0,069	0,114	-0,029	0,031	0,204	-0,039	0,069
	auf Messwert bezogen	Pre	0,027	-0,004	0,010	1,137	0,516	0,526	0,027	-0,002	0,010	1,126	0,518	0,526
		Fault	-	-0,349	-	-	0,102	-	-	-0,344	-	-	0,111	-
		Post	0,185	-0,050	0,053	1,263	-0,096	0,835	0,187	-0,049	0,053	1,255	-0,094	0,834
	Bewertet	Pre	0,015	-0,002	0,006	0,011	0,006	0,006	0,014	-0,001	0,005	0,011	0,006	0,006
		Fault	-	0,092	-	-	0,024	-	-	0,149	-	-	0,037	-
		Post	0,114	-0,030	0,031	0,206	-0,038	0,069	0,114	-0,029	0,031	0,204	-0,039	0,069
50.1	gemäß IEC	Pre	0,019	0,000	0,008	0,008	0,004	0,004	0,018	0,000	0,008	0,008	0,004	0,004
		Fault	-	0,003	-	-	0,062	-	-	0,024	-	-	0,142	-
		Post	0,301	-0,008	0,057	0,163	0,017	0,068	0,300	-0,011	0,057	0,161	0,019	0,069
	auf Messwert bezogen	Pre	0,018	0,000	0,008	0,780	0,354	0,354	0,018	0,000	0,008	0,770	0,349	0,349
		Fault	-	0,475	-	-	0,130	-	-	0,235	-	-	0,138	-
		Post	0,290	-0,008	0,060	4,365	-0,549	0,961	0,294	-0,010	0,059	4,366	-0,552	0,960
	Bewertet	Pre	0,018	0,000	0,008	0,008	0,004	0,004	0,018	0,000	0,008	0,008	0,004	0,004
		Fault	-	0,003	-	-	0,062	-	-	0,024	-	-	0,138	-
		Post	0,290	-0,008	0,057	0,163	0,017	0,068	0,294	-0,010	0,057	0,161	0,019	0,069
50.2	gemäß IEC	Pre	0,012	0,001	0,005	0,007	-0,002	0,004	0,012	0,001	0,005	0,007	-0,002	0,004
		Fault	-	0,001	-	-	0,019	-	-	0,016	-	-	0,076	-
		Post	0,238	-0,009	0,044	0,161	0,003	0,058	0,237	-0,009	0,043	0,159	0,005	0,058
	auf Messwert bezogen	Pre	0,023	0,001	0,009	0,443	-0,095	0,243	0,024	0,002	0,009	0,440	-0,094	0,242
		Fault	-	-0,157	-	-	0,055	-	-	-0,155	-	-	0,066	-
		Post	0,496	-0,193	0,250	2,994	-0,516	0,702	0,499	-0,190	0,245	2,995	-0,516	0,701
	Bewertet	Pre	0,012	0,001	0,005	0,007	-0,002	0,004	0,012	0,001	0,005	0,007	-0,002	0,004
		Fault	-	0,001	-	-	0,019	-	-	0,016	-	-	0,066	-
		Post	0,238	-0,009	0,044	0,161	0,003	0,058	0,237	-0,009	0,043	0,159	0,005	0,058
50.3	gemäß IEC	Pre	0,018	0,001	0,008	0,009	-0,002	0,005	0,019	0,001	0,008	0,009	-0,002	0,005
		Fault	-	-0,013	-	-	0,180	-	-	-0,015	-	-	0,227	-
		Post	0,066	-0,010	0,017	0,122	-0,001	0,026	0,066	-0,010	0,017	0,121	0,000	0,027
	auf Messwert bezogen	Pre	0,019	0,001	0,008	0,724	-0,016	0,376	0,019	0,002	0,008	0,718	-0,017	0,374
		Fault	-	0,036	-	-	0,219	-	-	0,037	-	-	0,219	-
		Post	0,064	-0,009	0,017	1,210	-0,178	0,520	0,064	-0,009	0,017	1,210	-0,181	0,522
	Bewertet	Pre	0,018	0,001	0,008	0,009	-0,002	0,005	0,019	0,001	0,008	0,009	-0,002	0,005
		Fault	-	-0,013	-	-	0,180	-	-	-0,015	-	-	0,219	-
		Post	0,064	-0,009	0,017	0,122	-0,001	0,026	0,064	-0,009	0,017	0,121	0,000	0,027

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Mitsystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
50.4	gemäß IEC	Pre	0,013	-0,001	0,005	0,006	-0,001	0,003	0,013	0,000	0,005	0,006	-0,001	0,003
		Fault	-	0,005	-	-	0,091	-	-	0,010	-	-	0,118	-
		Post	0,037	-0,014	0,017	0,144	-0,027	0,028	0,038	-0,014	0,017	0,142	-0,027	0,028
	auf Messwert bezogen	Pre	0,024	-0,001	0,010	0,501	-0,011	0,246	0,024	0,001	0,010	0,492	-0,013	0,245
		Fault	-	-0,304	-	-	0,052	-	-	-0,302	-	-	0,053	-
		Post	0,066	-0,023	0,032	1,127	-0,373	0,535	0,068	-0,023	0,031	1,127	-0,373	0,535
	Bewertet	Pre	0,013	-0,001	0,005	0,006	-0,001	0,003	0,013	0,000	0,005	0,006	-0,001	0,003
		Fault	-	0,005	-	-	0,052	-	-	0,010	-	-	0,053	-
		Post	0,037	-0,014	0,017	0,144	-0,027	0,028	0,038	-0,014	0,017	0,142	-0,027	0,028
		Pre	0,024	-0,002	0,008	0,009	-0,005	0,005	0,023	-0,001	0,008	0,009	-0,005	0,005
75.1	gemäß IEC	Fault	0,196	-0,012	0,053	0,365	-0,170	0,200	0,262	-0,007	0,070	0,475	-0,221	0,260
		Post	0,128	-0,004	0,023	0,259	-0,057	0,062	0,126	-0,005	0,022	0,255	-0,056	0,062
		Pre	0,023	-0,001	0,008	0,346	-0,220	0,222	0,023	-0,001	0,008	0,344	-0,220	0,222
	auf Messwert bezogen	Fault	0,178	-0,008	0,052	0,372	-0,195	0,236	0,177	-0,001	0,051	0,365	-0,190	0,231
		Post	0,125	-0,005	0,023	2,391	-0,294	0,660	0,125	-0,005	0,023	2,390	-0,295	0,661
		Pre	0,023	-0,001	0,008	0,009	-0,005	0,005	0,023	-0,001	0,008	0,009	-0,005	0,005
	Bewertet	Fault	0,178	-0,008	0,052	0,365	-0,170	0,200	0,177	-0,001	0,051	0,365	-0,190	0,231
		Post	0,125	-0,004	0,023	0,259	-0,057	0,062	0,125	-0,005	0,022	0,255	-0,056	0,062
		Pre	0,018	0,001	0,006	0,012	0,003	0,003	0,018	0,001	0,006	0,012	0,003	0,003
		Fault	0,111	-0,012	0,029	0,179	0,003	0,077	0,152	-0,014	0,039	0,243	0,008	0,101
75.2	gemäß IEC	Post	0,105	-0,001	0,019	0,305	-0,079	0,079	0,105	-0,002	0,019	0,303	-0,079	0,079
		Pre	0,034	0,002	0,011	1,228	0,159	0,322	0,035	0,003	0,011	1,221	0,158	0,320
		Fault	0,198	-0,018	0,052	1,506	0,108	0,220	0,199	-0,015	0,052	1,497	0,110	0,217
	auf Messwert bezogen	Post	0,199	-0,004	0,036	1,465	-0,488	0,635	0,199	-0,004	0,036	1,465	-0,488	0,637
		Pre	0,018	0,001	0,006	0,012	0,003	0,003	0,018	0,001	0,006	0,012	0,003	0,003
		Fault	0,111	-0,012	0,029	0,179	0,003	0,077	0,152	-0,014	0,039	0,243	0,008	0,101
	Bewertet	Post	0,105	-0,001	0,019	0,305	-0,079	0,079	0,105	-0,002	0,019	0,303	-0,079	0,079
		Pre	0,015	-0,002	0,005	0,015	0,011	0,011	0,013	0,000	0,005	0,014	0,010	0,010
		Fault	0,119	-0,010	0,029	0,219	0,027	0,102	0,164	-0,009	0,039	0,302	0,042	0,137
		Post	0,107	-0,002	0,019	0,301	-0,049	0,078	0,109	0,000	0,019	0,306	-0,051	0,079
75.3	gemäß IEC	Pre	0,027	-0,003	0,010	0,031	-0,023	0,023	0,025	0,001	0,009	0,028	-0,020	0,020
		Fault	0,203	-0,014	0,052	21,279	-0,007	1,104	0,204	-0,009	0,052	29,325	-0,003	1,172
		Post	0,196	-0,007	0,036	23,546	0,184	0,567	0,198	-0,004	0,036	23,771	0,188	0,571
	auf Messwert bezogen	Pre	0,015	-0,002	0,005	0,015	0,011	0,011	0,013	0,000	0,005	0,014	0,010	0,010
		Fault	0,119	-0,010	0,029	0,219	-0,007	0,102	0,164	-0,009	0,039	0,302	-0,003	0,137
		Post	0,107	-0,002	0,019	0,301	-0,049	0,078	0,109	0,000	0,019	0,306	-0,051	0,079
	Bewertet	Pre	0,015	-0,002	0,005	0,015	0,011	0,011	0,013	0,000	0,005	0,014	0,010	0,010
		Fault	0,119	-0,010	0,029	0,219	-0,007	0,102	0,164	-0,009	0,039	0,302	-0,003	0,137
		Post	0,107	-0,002	0,019	0,301	-0,049	0,078	0,109	0,000	0,019	0,306	-0,051	0,079
		Pre	0,016	0,002	0,006	0,020	-0,016	0,016	0,015	0,001	0,006	0,020	-0,016	0,016
75.4	gemäß IEC	Fault	0,129	-0,008	0,037	0,265	-0,118	0,152	0,171	-0,009	0,049	0,349	-0,153	0,199
		Post	0,136	-0,001	0,021	0,374	-0,096	0,096	0,132	-0,002	0,020	0,369	-0,096	0,096
		Pre	0,030	0,003	0,012	0,040	-0,032	0,032	0,029	0,003	0,012	0,041	-0,033	0,033
	auf Messwert bezogen	Fault	0,189	0,012	0,066	0,283	-0,124	0,165	0,191	0,018	0,066	0,279	-0,122	0,162
		Post	0,267	-0,003	0,040	0,497	-0,114	0,233	0,264	-0,004	0,040	0,498	-0,116	0,237
		Pre	0,016	0,002	0,006	0,020	-0,016	0,016	0,015	0,001	0,006	0,020	-0,016	0,016
	Bewertet	Fault	0,129	-0,008	0,037	0,265	-0,118	0,152	0,171	-0,009	0,049	0,349	-0,122	0,162
		Post	0,136	-0,001	0,021	0,374	-0,096	0,096	0,132	-0,002	0,020	0,369	-0,096	0,096
		Pre	0,021	-0,001	0,009	0,004	0,001	0,001	0,021	-0,002	0,009	0,004	0,001	0,001
		Fault	0,114	-0,049	0,054	0,349	-0,076	0,122	0,135	-0,053	0,060	0,399	-0,087	0,139
75.5	gemäß IEC	Post	0,112	-0,037	0,040	0,357	-0,079	0,082	0,110	-0,036	0,040	0,353	-0,079	0,082
		Pre	0,020	-0,001	0,009	0,367	0,092	0,131	0,021	-0,002	0,009	0,372	0,092	0,131
		Fault	0,092	-0,047	0,053	4,991	-0,128	0,435	0,095	-0,045	0,051	4,967	-0,126	0,433
	auf Messwert bezogen	Post	0,104	-0,034	0,038	3,276	-0,705	0,915	0,103	-0,034	0,038	3,263	-0,705	0,915
		Pre	0,020	-0,001	0,009	0,004	0,001	0,001	0,021	-0,002	0,009	0,004	0,001	0,001
		Fault	0,092	-0,047	0,053	0,349	-0,076	0,122	0,095	-0,045	0,051	0,399	-0,087	0,139
	Bewertet	Post	0,104	-0,034	0,038	0,357	-0,079	0,082	0,103	-0,034	0,038	0,353	-0,079	0,082
		Pre	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002
		Fault	0,106	-0,066	0,069	0,270	-0,127	0,151	0,119	-0,073	0,077	0,309	-0,145	0,172
		Post	0,101	-0,018	0,024	0,237	-0,069	0,069	0,098	-0,017	0,023	0,234	-0,068	0,068
75.6	gemäß IEC	Pre	0,031	0,003	0,011	0,537	-0,207	0,220	0,031	0,003	0,011	0,538	-0,206	0,220
		Fault	0,173	-0,112	0,118	0,699	-0,340	0,397	0,169	-0,108	0,114	0,697	-0,337	0,395
		Post	0,164	-0,028	0,039	1,308	-0,505	0,672	0,161	-0,027	0,039	1,308	-0,505	0,673
	auf Messwert bezogen	Pre	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002
		Fault	0,106	-0,066	0,069	0,270	-0,127	0,151	0,119	-0,073	0,077	0,309	-0,145	0,172
		Post	0,101	-0,018	0,024	0,237	-0,069	0,069	0,098	-0,017	0,023	0,234	-0,068	0,068
	Bewertet	Pre	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002
		Fault	0,106	-0,066	0,069	0,270	-0,127	0,151	0,119	-0,073	0,077	0,309	-0,145	0,172
		Post	0,101	-0,018	0,024	0,237	-0,069	0,069	0,098	-0,017	0,023	0,234	-0,068	0,068
		Pre	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002	0,016	0,002	0,006	0,006	-0,002	0,002

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Mitsystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
85.1	gemäß IEC	Pre	0,016	-0,001	0,006	0,007	0,004	0,005	0,015	-0,001	0,006	0,007	0,004	0,005
		Fault	0,056	-0,003	0,005	0,163	-0,011	0,012	0,062	-0,004	0,006	0,185	-0,012	0,014
		Post	0,025	0,004	0,008	0,234	0,022	0,066	0,023	0,003	0,008	0,231	0,022	0,065
	auf Messwert bezogen	Pre	0,028	-0,001	0,010	0,738	0,370	0,399	0,028	-0,001	0,010	0,730	0,370	0,399
		Fault	0,103	-0,006	0,010	1,178	-0,808	0,815	0,103	-0,006	0,010	1,179	-0,847	0,853
		Post	0,048	0,007	0,016	2,811	-0,123	1,000	0,045	0,006	0,016	2,795	-0,127	0,995
	Bewertet	Pre	0,016	-0,001	0,006	0,007	0,004	0,005	0,015	-0,001	0,006	0,007	0,004	0,005
		Fault	0,056	-0,003	0,005	0,163	-0,011	0,012	0,062	-0,004	0,006	0,185	-0,012	0,014
		Post	0,025	0,004	0,008	0,234	0,022	0,066	0,023	0,003	0,008	0,231	0,022	0,065
			0,022	0,002	0,009	0,014	-0,005	0,005	0,027	0,007	0,011	0,014	-0,004	0,005
110.1	gemäß IEC	Pre	0,126	-0,010	0,019	0,496	0,178	0,177	0,145	0,023	0,024	0,435	0,149	0,148
		Fault	0,126	-0,010	0,019	0,496	0,178	0,177	0,145	0,023	0,024	0,435	0,149	0,148
		Post	0,064	-0,017	0,022	0,267	-0,044	0,055	0,056	-0,011	0,019	0,264	-0,043	0,055
	auf Messwert bezogen	Pre	0,022	0,002	0,010	0,786	-0,373	0,400	0,028	0,007	0,011	0,784	-0,368	0,395
		Fault	0,149	-0,009	0,020	0,747	-0,360	0,361	0,192	0,027	0,028	0,738	-0,336	0,337
		Post	0,060	-0,017	0,021	2,415	-0,685	0,767	0,053	-0,011	0,019	2,424	-0,683	0,766
	Bewertet	Pre	0,022	0,002	0,009	0,014	-0,005	0,005	0,027	0,007	0,011	0,014	-0,004	0,005
		Fault	0,126	-0,009	0,019	0,496	0,178	0,177	0,145	0,023	0,024	0,435	0,149	0,148
		Post	0,060	-0,017	0,021	0,267	-0,044	0,055	0,053	-0,011	0,019	0,264	-0,043	0,055
			0,012	0,000	0,006	0,009	-0,006	0,006	0,014	0,003	0,006	0,009	-0,005	0,005
110.2	gemäß IEC	Pre	0,076	-0,022	0,027	0,303	0,180	0,181	0,085	-0,002	0,013	0,257	0,149	0,151
		Fault	0,076	-0,022	0,027	0,303	0,180	0,181	0,085	-0,002	0,013	0,257	0,149	0,151
		Post	0,045	-0,008	0,013	0,246	-0,054	0,064	0,040	-0,004	0,012	0,241	-0,053	0,063
	auf Messwert bezogen	Pre	0,021	0,000	0,010	0,486	-0,350	0,350	0,026	0,005	0,011	0,482	-0,344	0,344
		Fault	0,179	-0,039	0,048	0,486	-0,362	0,365	0,225	-0,003	0,026	0,467	-0,338	0,342
		Post	0,075	-0,013	0,022	1,212	-0,561	0,598	0,068	-0,006	0,021	1,213	-0,559	0,596
	Bewertet	Pre	0,012	0,000	0,006	0,009	-0,006	0,006	0,014	0,003	0,006	0,009	-0,005	0,005
		Fault	0,076	-0,022	0,027	0,303	0,180	0,181	0,085	-0,002	0,013	0,257	0,149	0,151
		Post	0,045	-0,008	0,013	0,246	-0,054	0,064	0,040	-0,004	0,012	0,241	-0,053	0,063
			0,017	0,001	0,006	0,011	0,003	0,005	0,018	0,001	0,006	0,011	0,003	0,005
110.3	gemäß IEC	Pre	0,091	0,001	0,010	0,211	0,073	0,076	0,081	0,006	0,009	0,173	0,057	0,060
		Fault	0,091	0,001	0,010	0,211	0,073	0,076	0,081	0,006	0,009	0,173	0,057	0,060
		Post	0,062	-0,020	0,023	0,276	0,028	0,114	0,059	-0,018	0,021	0,271	0,028	0,112
	auf Messwert bezogen	Pre	0,033	0,001	0,010	1,101	0,310	0,367	0,035	-0,003	0,011	1,087	0,312	0,367
		Fault	0,216	0,002	0,018	0,344	-0,179	0,182	0,230	0,014	0,021	0,336	-0,169	0,172
		Post	0,110	-0,032	0,039	1,678	0,018	0,691	0,107	-0,030	0,038	1,681	0,018	0,691
	Bewertet	Pre	0,017	0,001	0,006	0,011	0,003	0,005	0,018	0,001	0,006	0,011	0,003	0,005
		Fault	0,091	0,001	0,010	0,211	0,073	0,076	0,081	0,006	0,009	0,173	0,057	0,060
		Post	0,062	-0,020	0,023	0,276	0,018	0,114	0,059	-0,018	0,021	0,271	0,018	0,112
			0,020	0,000	0,009	0,012	-0,007	0,007	0,020	0,002	0,009	0,012	-0,007	0,007
115.1	gemäß IEC	Pre	0,112	0,018	0,021	0,227	0,126	0,168	0,102	0,024	0,024	0,186	0,099	0,139
		Fault	0,112	0,018	0,021	0,227	0,126	0,168	0,102	0,024	0,024	0,186	0,099	0,139
		Post	0,092	-0,027	0,030	0,367	-0,004	0,127	0,086	-0,024	0,027	0,361	-0,004	0,124
	auf Messwert bezogen	Pre	0,020	0,000	0,009	0,729	-0,576	0,576	0,021	0,002	0,009	0,729	-0,573	0,573
		Fault	0,120	0,019	0,022	0,359	-0,213	0,255	0,131	0,030	0,030	0,353	-0,205	0,252
		Post	0,087	-0,026	0,029	2,988	-0,591	0,896	0,083	-0,023	0,027	2,994	-0,589	0,896
	Bewertet	Pre	0,020	0,000	0,009	0,012	-0,007	0,007	0,020	0,002	0,009	0,012	-0,007	0,007
		Fault	0,112	0,018	0,021	0,227	0,126	0,168	0,102	0,024	0,024	0,186	0,099	0,139
		Post	0,087	-0,026	0,029	0,367	-0,004	0,127	0,083	-0,023	0,027	0,361	-0,004	0,124
			0,014	-0,001	0,006	0,007	-0,004	0,004	0,015	-0,003	0,006	0,007	-0,004	0,004
			0,085	0,015	0,017	0,252	0,089	0,148	0,074	0,016	0,016	0,222	0,071	0,123
115.2	gemäß IEC	Pre	0,014	-0,001	0,006	0,007	-0,004	0,004	0,015	-0,003	0,006	0,007	-0,004	0,004
		Fault	0,085	0,015	0,017	0,252	0,089	0,148	0,074	0,016	0,016	0,222	0,071	0,123
		Post	0,069	-0,026	0,027	0,340	0,006	0,132	0,068	-0,027	0,027	0,334	0,005	0,129
	auf Messwert bezogen	Pre	0,027	-0,002	0,011	0,375	-0,223	0,225	0,027	-0,005	0,012	0,377	-0,226	0,228
		Fault	0,199	0,030	0,034	0,315	-0,171	0,226	0,206	0,037	0,039	0,311	-0,165	0,224
		Post	0,116	-0,044	0,047	1,556	-0,404	0,661	0,117	-0,046	0,049	1,555	-0,406	0,661
	Bewertet	Pre	0,014	-0,001	0,006	0,007	-0,004	0,004	0,015	-0,003	0,006	0,007	-0,004	0,004
		Fault	0,085	0,015	0,017	0,252	0,089	0,148	0,074	0,016	0,016	0,222	0,071	0,123
		Post	0,069	-0,026	0,027	0,340	0,006	0,132	0,068	-0,027	0,027	0,334	0,005	0,129

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Gegensystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
30.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,005	0,005	0,003	0,001	0,001
		Fault	-	0,001	-	-	0,001	-	-	-0,011	-	-	-0,027	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,046	0,012	0,013	0,129	0,031	0,034
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,506	-0,452	0,452	0,316	-0,149	0,149
		Fault	-	-0,042	-	-	0,045	-	-	-0,557	-	-	-0,091	-
		Post	0,035	-0,008	0,009	0,114	-0,030	0,030	1,110	-0,682	0,685	1,001	-0,749	0,749
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,005	0,005	0,003	0,001	0,001
		Fault	-	0,001	-	-	0,001	-	-	-0,011	-	-	-0,027	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,046	0,012	0,013	0,129	0,031	0,034
30.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,006	0,006	0,008	0,007	0,007
		Fault	-	0,001	-	-	0,002	-	-	0,024	-	-	0,015	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,036	0,009	0,011	0,107	0,025	0,029
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,627	-0,583	0,583	0,819	-0,724	0,724
		Fault	-	-0,082	-	-	0,023	-	-	-0,381	-	-	0,293	-
		Post	0,029	-0,003	0,011	0,092	-0,023	0,031	1,080	-0,498	0,534	0,997	-0,694	0,794
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,006	0,006	0,008	0,007	0,007
		Fault	-	0,001	-	-	0,002	-	-	0,024	-	-	0,015	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,036	0,009	0,011	0,107	0,025	0,029
30.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,002	0,001	0,001
		Fault	-	0,065	-	-	0,082	-	-	0,317	-	-	0,517	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,002	0,007	-0,001	0,005	0,015	0,000	0,009
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,611	-0,544	0,544	0,171	-0,059	0,059
		Fault	-	-0,165	-	-	-0,087	-	-	-0,242	-	-	-0,149	-
		Post	0,001	0,003	0,005	0,002	0,011	0,012	0,660	-0,309	0,311	0,983	-0,287	0,305
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,002	0,001	0,001
		Fault	-	0,065	-	-	0,082	-	-	-0,242	-	-	-0,149	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,002	0,007	-0,001	0,005	0,015	0,000	0,009
30.4	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,007	0,006	0,006
		Fault	-	0,038	-	-	0,072	-	-	0,218	-	-	0,482	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,014	0,001	0,008	0,062	0,018	0,019
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,002	0,611	-0,527	0,527	0,696	-0,617	0,617
		Fault	-	-0,038	-	-	0,002	-	-	-0,082	-	-	-0,129	-
		Post	0,005	-0,002	0,002	0,023	-0,003	0,007	1,021	-0,591	0,591	1,002	-0,498	0,498
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,007	0,006	0,006
		Fault	-	0,038	-	-	0,002	-	-	-0,082	-	-	-0,129	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,014	0,001	0,008	0,062	0,018	0,019
50.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,002	0,002	0,002
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	-0,002	-	-	-0,019	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,006	0,049	0,016	0,017
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,579	-0,529	0,529	0,237	-0,153	0,153
		Fault	-	-0,007	-	-	0,015	-	-	0,001	-	-	0,105	-
		Post	0,003	-0,006	0,006	0,016	-0,012	0,012	1,180	-0,512	0,512	1,000	-0,671	0,671
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,002	0,002	0,002
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	0,001	-	-	-0,019	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,000	0,006	0,049	0,016	0,017
50.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,006	0,006	0,007	0,006	0,006
		Fault	-	0,000	-	-	0,001	-	-	0,001	-	-	0,015	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,001	0,005	0,037	0,015	0,016
	auf Messwert bezogen	Pre	0,001	-0,001	0,001	0,001	-0,001	0,001	0,646	-0,610	0,610	0,734	-0,602	0,602
		Fault	-	-0,037	-	-	0,006	-	-	-0,236	-	-	0,066	-
		Post	0,004	-0,001	0,002	0,016	-0,006	0,006	1,292	-0,406	0,424	1,000	-0,848	0,854
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,006	0,006	0,007	0,006	0,006
		Fault	-	0,000	-	-	0,001	-	-	0,001	-	-	0,015	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,001	0,005	0,037	0,015	0,016
50.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,003	0,001	0,001
		Fault	-	0,027	-	-	0,018	-	-	0,206	-	-	0,260	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,006	0,001	0,004	0,029	0,007	0,013
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,583	-0,525	0,525	0,322	-0,150	0,150
		Fault	-	-0,160	-	-	-0,048	-	-	-0,225	-	-	-0,131	-
		Post	0,001	0,003	0,004	0,005	0,009	0,011	0,634	-0,304	0,305	1,000	-0,511	0,521
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,005	0,005	0,003	0,001	0,001
		Fault	-	0,027	-	-	0,018	-	-	0,206	-	-	-0,131	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	-0,001	0,001	0,006	0,001	0,004	0,029	0,007	0,013

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Gegensystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
50.4	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,006	0,006	0,004	0,003	0,003
		Fault	-	0,015	-	-	0,023	-	-	0,147	-	-	0,280	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,004	0,009	0,072	0,021	0,022
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,618	-0,585	0,585	0,354	-0,261	0,261
		Fault	-	-0,118	-	-	-0,072	-	-	-0,196	-	-	-0,120	-
		Post	0,008	-0,003	0,003	0,028	-0,005	0,008	1,013	-0,641	0,641	0,999	-0,597	0,597
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,006	0,006	0,004	0,003	0,003
		Fault	-	0,015	-	-	0,023	-	-	0,147	-	-	-0,120	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,004	0,009	0,072	0,021	0,022
75.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,011	0,009	0,009
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,010	0,009	0,017	0,007	0,012
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,008	0,008	0,035	0,015	0,015
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,001	0,001	0,239	-0,174	0,174	1,000	-0,881	0,881
		Fault	0,002	-0,002	0,002	0,004	-0,002	0,003	1,264	-0,840	0,852	0,989	-0,593	0,777
		Post	0,006	-0,001	0,002	0,012	-0,004	0,005	1,050	-0,600	0,602	1,000	-0,893	0,895
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,011	0,009	0,009
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,010	0,009	0,017	0,007	0,012
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	0,008	0,008	0,035	0,015	0,015
75.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,013	0,011	0,011
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,005	0,005	0,017	0,012	0,012
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	-0,002	0,004	0,060	0,025	0,025
	auf Messwert bezogen	Pre	0,001	0,000	0,000	0,002	-0,002	0,002	0,528	-0,099	0,099	1,000	-0,958	0,958
		Fault	0,001	-0,002	0,001	0,004	-0,004	0,003	0,869	-0,522	0,513	0,982	-0,670	0,758
		Post	0,001	-0,001	0,002	0,026	-0,008	0,009	0,703	-0,417	0,420	1,000	-0,953	0,953
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,000	0,001	0,013	0,011	0,011
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	0,005	0,005	0,017	0,012	0,012
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	-0,002	0,004	0,060	0,025	0,025
75.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,004	0,004	0,006	0,006	0,006
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,004	0,004	0,014	0,008	0,009
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,003	0,005	0,031	0,015	0,015
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,451	-0,405	0,405	0,641	-0,555	0,555
		Fault	0,001	-0,002	0,001	0,002	-0,002	0,002	0,703	-0,364	0,394	0,992	-0,597	0,696
		Post	0,001	0,000	0,001	0,010	-0,004	0,004	0,501	-0,440	0,443	1,002	-0,924	0,925
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,004	0,004	0,006	0,006	0,006
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,004	0,004	0,014	0,008	0,009
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,003	0,005	0,031	0,015	0,015
75.4	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,007	0,006	0,006
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,009	0,008	0,014	0,011	0,011
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,002	0,002	0,048	0,019	0,020
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,145	-0,096	0,096	0,663	-0,611	0,611
		Fault	0,002	-0,003	0,001	0,003	-0,003	0,003	1,202	-0,780	0,789	1,042	-0,621	0,751
		Post	0,003	0,000	0,001	0,019	-0,005	0,006	0,972	-0,197	0,199	1,000	-0,956	0,960
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001	0,007	0,006	0,006
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,009	0,008	0,014	0,011	0,011
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,002	0,002	0,048	0,019	0,020
75.5	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,008	0,008	0,008
		Fault	0,008	0,007	0,007	0,003	0,002	0,002	0,107	0,098	0,099	0,127	0,115	0,117
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,007	0,008	0,009	0,004	0,007
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,244	-0,190	0,190	0,827	-0,753	0,753
		Fault	0,119	-0,108	0,111	0,014	-0,007	0,010	0,182	-0,165	0,171	0,082	-0,074	0,077
		Post	0,002	0,001	0,003	0,001	0,005	0,006	1,019	-0,603	0,604	0,916	-0,451	0,456
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,002	0,002	0,008	0,008	0,008
		Fault	0,008	0,007	0,007	0,003	0,002	0,002	0,107	0,098	0,099	0,082	-0,074	0,077
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,007	0,008	0,009	0,004	0,007
75.6	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,012	0,008	0,008
		Fault	0,003	0,002	0,002	0,003	-0,001	0,001	0,059	0,049	0,050	0,089	0,085	0,086
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,012	0,009	0,009
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,002	-0,001	0,001	0,133	-0,066	0,066	1,000	-0,791	0,791
		Fault	0,046	-0,030	0,033	0,019	0,006	0,005	0,107	-0,089	0,093	0,059	-0,059	0,057
		Post	0,000	-0,001	0,001	0,002	-0,001	0,001	0,238	-0,071	0,072	1,000	-0,831	0,833
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,012	0,008	0,008
		Fault	0,003	0,002	0,002	0,003	-0,001	0,001	0,059	0,049	0,050	0,059	-0,059	0,057
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,012	0,009	0,009

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Gegensystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
85.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	-0,003	0,003	0,006	0,005	0,005
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	-0,002	0,002	0,010	0,009	0,009
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,004	0,004	0,007	0,006	0,006
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,367	-0,329	0,329	0,586	-0,532	0,532
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,440	-0,163	0,163	1,000	-0,901	0,903
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,472	-0,382	0,387	0,732	-0,605	0,612
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	-0,003	0,003	0,006	0,005	0,005
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	-0,002	0,002	0,010	0,009	0,009
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,004	0,004	0,007	0,006	0,006
110.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	-0,017	0,017	0,035	-0,034	0,034
		Fault	0,010	-0,010	0,010	0,035	-0,034	0,034	0,010	-0,004	0,004	0,165	-0,152	0,153
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	-0,015	0,016	0,037	-0,034	0,034
	auf Messwert bezogen	Pre	0,004	-0,004	0,004	0,011	0,011	0,011	1,778	-1,717	1,717	3,482	3,383	3,383
		Fault	0,649	0,597	0,601	0,947	0,894	0,896	0,033	0,011	0,014	0,219	0,207	0,201
		Post	0,004	-0,001	0,007	0,011	0,017	0,018	1,857	-1,546	1,556	3,652	2,857	3,334
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	-0,017	0,017	0,035	-0,034	0,034
		Fault	0,010	-0,010	0,010	0,035	-0,034	0,034	0,010	-0,004	0,004	0,165	-0,152	0,153
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	-0,015	0,016	0,037	-0,034	0,034
110.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	-0,019	0,019	0,032	-0,030	0,030
		Fault	0,013	-0,012	0,012	0,037	-0,036	0,036	0,043	-0,036	0,037	0,191	-0,180	0,182
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	-0,019	0,019	0,037	-0,033	0,033
	auf Messwert bezogen	Pre	0,004	-0,004	0,004	0,011	0,011	0,011	1,912	-1,854	1,854	3,209	3,029	3,029
		Fault	0,826	0,766	0,772	1,018	0,968	0,973	0,139	0,112	0,116	0,259	0,249	0,243
		Post	0,004	0,001	0,009	0,011	0,021	0,021	1,989	-1,870	1,894	3,723	3,110	3,144
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,019	-0,019	0,019	0,032	-0,030	0,030
		Fault	0,013	-0,012	0,012	0,037	-0,036	0,036	0,043	-0,036	0,037	0,191	-0,180	0,182
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	-0,019	0,019	0,037	-0,033	0,033
110.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	-0,020	0,020	0,013	0,006	0,006
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,001	0,002	0,009	0,004	0,004
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,311	-0,221	0,221	0,271	-0,189	0,189
		Fault	0,002	-0,002	0,002	0,001	-0,001	0,001	1,000	-0,998	0,999	1,000	-0,603	0,604
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,328	-0,196	0,201	0,888	-0,403	0,431
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,002	0,003	0,002	0,002
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	-0,020	0,020	0,013	0,006	0,006
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,001	0,002	0,009	0,004	0,004
115.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027	-0,025	0,025	0,016	-0,001	0,005
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,007	0,002	0,002
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,235	-0,145	0,145	0,126	-0,051	0,051
		Fault	0,002	-0,001	0,001	0,001	0,000	0,000	1,001	-0,984	0,996	1,049	-0,421	0,453
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,240	-0,068	0,073	0,681	-0,139	0,209
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,027	-0,025	0,025	0,016	-0,001	0,005
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,001	0,001	0,007	0,002	0,002
115.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,002	0,008	0,007	0,007
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	-0,020	0,020	0,019	0,009	0,009
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,001	0,003	0,013	0,006	0,006
	auf Messwert bezogen	Pre	0,000	0,000	0,000	0,001	-0,001	0,001	0,335	-0,219	0,219	0,813	-0,693	0,693
		Fault	0,003	-0,002	0,002	0,003	-0,001	0,001	1,000	-0,982	0,996	0,974	-0,819	0,834
		Post	0,001	-0,001	0,001	0,002	-0,001	0,001	0,506	-0,260	0,261	0,993	-0,592	0,602
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,002	0,002	0,008	0,007	0,007
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	-0,020	0,020	0,019	0,009	0,009
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	-0,001	0,003	0,013	0,006	0,006

Die Validierung der FRT-Tests wurde ohne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte gemäß Kapitel 5.3.2 der TR4 abgeschlossen. Es wurden auch die im Gegensystem optionalen Tests validiert.

Die Ergebnisse der Polradwinkel Validierung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25	Maximale Abweichung vor Fehlereintritt (nach TR4 Kap. 5.4.1 i) [°]	Abweichung bei der Polradwinkeländerung (nach TR4 Kap. 5.4.1 ii) [°]
30.1	5,85	7,00
30.2	3,23	7,60
30.3	5,92	3,37
30.4	3,18	6,21
50.1	5,92	3,76
50.2	3,15	2,09
50.3	6,01	3,15
50.4	3,16	2,19
75.1	5,92	1,09
75.2	3,15	3,92
75.3	2,60	3,50
75.4	3,18	3,38
75.5	5,83	0,23
75.6	3,18	0,44
85.1	3,18	1,11

Die Validierung des Polradwinkels wurde ohne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte gemäß Kapitel 5.4.1 der TR4 erfolgreich abgeschlossen.

Die Fehlerberechnung zur Ermittlung der Messunsicherheit wurde in dem Messbericht /U2/ durchgeführt. Es wurde eine Gaußverteilung angewendet. Die ermittelte Unsicherheit (2-Sigma-Umgebung) beträgt 4,18°. Hierdurch ist kein negativer Einfluss auf das Ergebnis der Validierung zu erwarten. Im Sinne einer Worst-Case-Abschätzung wird als Summe der Messunsicherheit und der Abweichung vor dem Fehlereintritt gem. obenstehender Tabelle ein maximaler Wert von 10,19° erreicht. Diese geringfügige Überschreitung des Grenzwertes von 10° erachten wir als unkritisch.



### 4.3.2 HBG 430

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Mitsystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
30.1	gemäß IEC	Pre	0,011	0,001	0,003	0,005	0,002	0,002	0,009	-0,001	0,003	0,005	0,002	0,002
		Fault	-	0,052	-	-	0,003	-	-	0,168	-	-	0,070	-
		Post	0,072	-0,006	0,020	0,108	0,005	0,058	0,093	-0,011	0,027	0,106	0,006	0,057
	auf Messwert bezogen	Pre	0,011	0,001	0,003	1,633	0,460	0,464	0,009	-0,001	0,003	1,629	0,459	0,463
		Fault	-	0,186	-	-	0,014	-	-	0,207	-	-	0,038	-
		Post	0,071	-0,002	0,022	>100	18,929	36,321	0,094	-0,009	0,026	>100	6,856	25,692
	Bewertet	Pre	0,011	0,001	0,003	0,005	0,002	0,002	0,009	-0,001	0,003	0,005	0,002	0,002
		Fault	-	0,052	-	-	0,003	-	-	0,168	-	-	0,038	-
		Post	0,071	-0,002	0,020	0,108	0,005	0,058	0,093	-0,009	0,026	0,106	0,006	0,057
30.2	gemäß IEC	Pre	0,007	0,000	0,003	0,003	-0,001	0,001	0,007	-0,001	0,003	0,003	-0,001	0,001
		Fault	-	0,042	-	-	-0,034	-	-	0,140	-	-	-0,012	-
		Post	0,042	-0,004	0,019	0,139	-0,010	0,034	0,052	-0,003	0,021	0,125	-0,011	0,035
	auf Messwert bezogen	Pre	0,013	0,000	0,005	3,357	-0,029	0,442	0,012	-0,001	0,005	3,285	-0,032	0,439
		Fault	-	-0,028	-	-	0,015	-	-	-0,121	-	-	0,037	-
		Post	0,079	0,002	0,041	0,649	-0,286	0,474	0,093	0,000	0,043	0,631	-0,270	0,488
	Bewertet	Pre	0,007	0,000	0,003	0,003	-0,001	0,001	0,007	-0,001	0,003	0,003	-0,001	0,001
		Fault	-	-0,028	-	-	0,015	-	-	-0,121	-	-	-0,012	-
		Post	0,042	0,002	0,019	0,139	-0,010	0,034	0,052	0,000	0,021	0,125	-0,011	0,035
30.3	gemäß IEC	Pre	0,017	-0,003	0,004	0,006	0,003	0,003	0,019	-0,006	0,006	0,006	0,003	0,003
		Fault	-	0,009	-	-	0,036	-	-	0,014	-	-	0,054	-
		Post	0,028	-0,012	0,013	0,412	0,005	0,074	0,053	-0,014	0,022	0,409	0,003	0,074
	auf Messwert bezogen	Pre	0,016	-0,003	0,004	2,158	0,767	0,768	0,019	-0,006	0,006	2,125	0,749	0,750
		Fault	-	0,008	-	-	0,015	-	-	0,006	-	-	0,017	-
		Post	0,028	-0,012	0,013	>100	9,895	41,607	0,055	-0,014	0,022	>100	19,232	64,691
	Bewertet	Pre	0,016	-0,003	0,004	0,006	0,003	0,003	0,019	-0,006	0,006	0,006	0,003	0,003
		Fault	-	0,008	-	-	0,015	-	-	0,006	-	-	0,017	-
		Post	0,028	-0,012	0,013	0,412	0,005	0,074	0,053	-0,014	0,022	0,409	0,003	0,074
30.4	gemäß IEC	Pre	0,008	0,000	0,002	0,003	0,002	0,002	0,008	0,000	0,002	0,003	0,002	0,002
		Fault	-	0,030	-	-	-0,009	-	-	0,052	-	-	-0,006	-
		Post	0,019	-0,009	0,012	0,114	0,004	0,057	0,021	-0,010	0,015	0,114	0,002	0,058
	auf Messwert bezogen	Pre	0,015	0,001	0,004	2,236	0,887	0,902	0,015	0,001	0,004	2,220	0,884	0,899
		Fault	-	0,120	-	-	-0,022	-	-	0,127	-	-	-0,013	-
		Post	0,034	-0,016	0,021	>100	-17,368	30,275	0,038	-0,017	0,026	>100	-15,876	28,053
	Bewertet	Pre	0,008	0,000	0,002	0,003	0,002	0,002	0,008	0,000	0,002	0,003	0,002	0,002
		Fault	-	0,030	-	-	-0,009	-	-	0,052	-	-	-0,006	-
		Post	0,019	-0,009	0,012	0,114	0,004	0,057	0,021	-0,010	0,015	0,114	0,002	0,058
50.1	gemäß IEC	Pre	0,010	0,002	0,004	0,006	0,004	0,004	0,017	-0,005	0,006	0,006	0,003	0,003
		Fault	-	0,051	-	-	0,141	-	-	0,061	-	-	0,201	-
		Post	0,041	-0,002	0,014	0,289	0,036	0,059	0,056	-0,015	0,023	0,274	0,038	0,060
	auf Messwert bezogen	Pre	0,010	0,002	0,004	2,439	0,745	0,745	0,017	-0,005	0,006	2,391	0,720	0,720
		Fault	-	0,076	-	-	0,225	-	-	0,057	-	-	0,204	-
		Post	0,043	0,000	0,014	10,052	0,682	0,951	0,062	-0,013	0,022	9,949	0,632	0,953
	Bewertet	Pre	0,010	0,002	0,004	0,006	0,004	0,004	0,017	-0,005	0,006	0,006	0,003	0,003
		Fault	-	0,051	-	-	0,141	-	-	0,057	-	-	0,201	-
		Post	0,041	0,000	0,014	0,289	0,036	0,059	0,056	-0,013	0,022	0,274	0,038	0,060
50.2	gemäß IEC	Pre	0,006	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,006	-0,001	0,002	0,005	0,002	0,002
		Fault	-	0,033	-	-	0,074	-	-	0,052	-	-	0,110	-
		Post	0,023	-0,002	0,009	0,156	-0,034	0,037	0,023	-0,003	0,011	0,152	-0,033	0,037
	auf Messwert bezogen	Pre	0,010	0,002	0,004	>100	-2,693	6,037	0,011	-0,002	0,004	>100	-1,509	4,599
		Fault	-	0,145	-	-	-0,122	-	-	0,137	-	-	0,071	-
		Post	0,040	-0,001	0,017	0,875	-0,413	0,590	0,041	-0,002	0,019	0,874	-0,228	0,740
	Bewertet	Pre	0,006	0,001	0,002	0,005	0,002	0,002	0,006	-0,001	0,002	0,005	0,002	0,002
		Fault	-	0,033	-	-	0,074	-	-	0,052	-	-	0,071	-
		Post	0,023	-0,001	0,009	0,156	-0,034	0,037	0,023	-0,002	0,011	0,152	-0,033	0,037
50.3	gemäß IEC	Pre	0,010	-0,001	0,003	0,007	0,005	0,005	0,018	-0,009	0,009	0,007	0,005	0,005
		Fault	-	0,007	-	-	0,147	-	-	-0,021	-	-	0,168	-
		Post	0,018	-0,005	0,009	0,269	-0,031	0,045	0,025	-0,010	0,016	0,255	-0,029	0,044
	auf Messwert bezogen	Pre	0,010	-0,001	0,003	>100	9,713	21,660	0,018	-0,009	0,009	>100	7,190	19,648
		Fault	-	0,008	-	-	0,425	-	-	-0,017	-	-	0,389	-
		Post	0,017	-0,005	0,009	2,571	-0,078	0,622	0,027	-0,009	0,016	2,537	-0,280	0,805
	Bewertet	Pre	0,010	-0,001	0,003	0,007	0,005	0,005	0,018	-0,009	0,009	0,007	0,005	0,005
		Fault	-	0,007	-	-	0,147	-	-	-0,017	-	-	0,168	-
		Post	0,017	-0,005	0,009	0,269	-0,031	0,045	0,025	-0,009	0,016	0,255	-0,029	0,044

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Mitsystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
50.4	gemäß IEC	Pre	0,005	-0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,007	-0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
		Fault	-	0,010	-	-	0,079	-	-	0,007	-	-	0,091	-
		Post	0,020	-0,002	0,005	0,066	0,006	0,028	0,021	-0,004	0,007	0,065	0,006	0,028
	auf Messwert bezogen	Pre	0,009	-0,001	0,003	5,530	1,236	1,256	0,012	-0,004	0,004	5,503	1,229	1,250
		Fault	-	0,027	-	-	0,154	-	-	0,015	-	-	0,142	-
		Post	0,035	-0,003	0,009	8,550	1,116	1,492	0,037	-0,007	0,013	8,521	1,140	1,533
	Bewertet	Pre	0,005	-0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,007	-0,002	0,002	0,002	0,001	0,001
		Fault	-	0,010	-	-	0,079	-	-	0,007	-	-	0,091	-
		Post	0,020	-0,002	0,005	0,066	0,006	0,028	0,021	-0,004	0,007	0,065	0,006	0,028
75.1	gemäß IEC	Pre	0,012	0,001	0,004	0,006	0,003	0,003	0,014	-0,004	0,005	0,006	0,003	0,003
		Fault	0,095	0,002	0,017	0,315	0,047	0,186	0,181	-0,029	0,050	0,374	0,049	0,230
		Post	0,021	-0,007	0,011	0,467	0,045	0,084	0,040	-0,014	0,018	0,431	0,042	0,080
	auf Messwert bezogen	Pre	0,012	0,001	0,004	>100	-14,597	26,210	0,014	-0,004	0,005	>100	2,615	15,468
		Fault	0,083	0,004	0,017	4,577	0,610	0,971	0,122	-0,020	0,038	4,315	0,554	0,916
		Post	0,021	-0,006	0,011	1,117	-0,268	0,696	0,041	-0,013	0,018	1,060	-0,272	0,686
	Bewertet	Pre	0,012	0,001	0,004	0,006	0,003	0,003	0,014	-0,004	0,005	0,006	0,003	0,003
		Fault	0,083	0,002	0,017	0,315	0,047	0,186	0,122	-0,020	0,038	0,374	0,049	0,230
		Post	0,021	-0,006	0,011	0,467	0,045	0,084	0,040	-0,013	0,018	0,431	0,042	0,080
75.2	gemäß IEC	Pre	0,010	0,002	0,004	0,004	0,001	0,002	0,009	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001
		Fault	0,088	0,001	0,012	0,198	0,041	0,104	0,135	-0,013	0,023	0,227	0,039	0,123
		Post	0,011	0,001	0,007	0,287	0,026	0,055	0,014	-0,001	0,007	0,267	0,024	0,053
	auf Messwert bezogen	Pre	0,018	0,004	0,006	1,511	0,391	0,402	0,016	0,002	0,006	1,506	0,388	0,400
		Fault	0,130	0,007	0,020	0,531	0,114	0,259	0,156	-0,014	0,031	0,484	0,089	0,242
		Post	0,020	0,004	0,014	>100	-0,494	4,007	0,026	0,000	0,015	>100	-0,930	3,886
	Bewertet	Pre	0,010	0,002	0,004	0,004	0,001	0,002	0,009	0,001	0,003	0,003	0,001	0,001
		Fault	0,088	0,001	0,012	0,198	0,041	0,104	0,135	-0,013	0,023	0,227	0,039	0,123
		Post	0,011	0,001	0,007	0,287	0,026	0,055	0,014	0,000	0,007	0,267	0,024	0,053
75.3	gemäß IEC	Pre	0,009	0,002	0,003	0,005	0,001	0,002	0,010	-0,003	0,003	0,008	0,005	0,005
		Fault	0,068	-0,002	0,014	0,289	-0,020	0,120	0,115	-0,016	0,029	0,366	-0,030	0,150
		Post	0,014	0,001	0,008	0,197	0,131	0,142	0,018	-0,008	0,013	0,209	0,140	0,151
	auf Messwert bezogen	Pre	0,017	0,003	0,005	0,010	-0,001	0,004	0,018	-0,005	0,006	0,016	-0,009	0,009
		Fault	0,103	0,000	0,024	>100	0,201	2,813	0,132	-0,018	0,038	>100	0,553	3,076
		Post	0,025	0,004	0,015	0,390	-0,314	0,463	0,032	-0,012	0,024	0,403	-0,316	0,429
	Bewertet	Pre	0,009	0,002	0,003	0,005	0,001	0,002	0,010	-0,003	0,003	0,008	0,005	0,005
		Fault	0,068	0,000	0,014	0,289	-0,020	0,120	0,115	-0,016	0,029	0,366	-0,030	0,150
		Post	0,014	0,001	0,008	0,197	0,131	0,142	0,018	-0,008	0,013	0,209	0,140	0,151
75.4	gemäß IEC	Pre	0,010	0,002	0,003	0,003	-0,002	0,002	0,011	0,003	0,004	0,002	-0,001	0,001
		Fault	0,129	-0,001	0,019	0,326	0,029	0,119	0,187	-0,013	0,033	0,364	0,022	0,140
		Post	0,011	0,001	0,008	0,361	0,067	0,083	0,019	-0,001	0,009	0,336	0,063	0,078
	auf Messwert bezogen	Pre	0,018	0,004	0,006	0,006	-0,004	0,004	0,020	0,006	0,007	0,005	-0,002	0,002
		Fault	0,179	0,006	0,032	0,550	0,066	0,206	0,207	-0,011	0,045	0,494	0,045	0,191
		Post	0,020	0,004	0,015	1,085	0,198	0,290	0,035	0,001	0,018	1,041	0,428	0,511
	Bewertet	Pre	0,010	0,002	0,003	0,003	-0,002	0,002	0,011	0,003	0,004	0,002	-0,001	0,001
		Fault	0,129	-0,001	0,019	0,326	0,029	0,119	0,187	-0,011	0,033	0,364	0,022	0,140
		Post	0,011	0,001	0,008	0,361	0,067	0,083	0,019	-0,001	0,009	0,336	0,063	0,078
75.5	gemäß IEC	Pre	0,014	0,000	0,004	0,006	-0,001	0,002	0,018	-0,006	0,007	0,006	-0,001	0,002
		Fault	0,053	-0,002	0,008	0,350	0,211	0,221	0,081	-0,034	0,037	0,381	0,228	0,239
		Post	0,035	-0,018	0,018	0,344	0,068	0,073	0,059	-0,028	0,028	0,334	0,067	0,072
	auf Messwert bezogen	Pre	0,014	0,000	0,004	0,560	-0,061	0,285	0,018	-0,006	0,007	0,562	-0,067	0,284
		Fault	0,050	-0,002	0,008	8,930	2,438	2,552	0,067	-0,030	0,032	8,712	2,334	2,445
		Post	0,034	-0,018	0,018	>100	-0,480	19,507	0,058	-0,028	0,028	>100	-0,224	18,859
	Bewertet	Pre	0,014	0,000	0,004	0,006	-0,001	0,002	0,018	-0,006	0,007	0,006	-0,001	0,002
		Fault	0,050	-0,002	0,008	0,350	0,211	0,221	0,067	-0,030	0,032	0,381	0,228	0,239
		Post	0,034	-0,018	0,018	0,344	0,068	0,073	0,058	-0,028	0,028	0,334	0,067	0,072
75.6	gemäß IEC	Pre	0,009	-0,002	0,003	0,003	0,001	0,001	0,011	-0,003	0,003	0,003	0,001	0,001
		Fault	0,050	-0,001	0,005	0,237	0,174	0,180	0,064	-0,015	0,017	0,256	0,187	0,194
		Post	0,020	-0,010	0,011	0,293	0,065	0,066	0,027	-0,015	0,015	0,285	0,064	0,064
	auf Messwert bezogen	Pre	0,016	-0,003	0,005	1,932	0,403	0,416	0,019	-0,006	0,006	1,924	0,399	0,412
		Fault	0,082	0,000	0,009	1,981	1,439	1,466	0,095	-0,023	0,027	1,900	1,382	1,406
		Post	0,034	-0,018	0,020	>100	6,479	20,798	0,048	-0,026	0,027	>100	3,351	17,355
	Bewertet	Pre	0,009	-0,002	0,003	0,003	0,001	0,001	0,011	-0,003	0,003	0,003	0,001	0,001
		Fault	0,050	0,000	0,005	0,237	0,174	0,180	0,064	-0,015	0,017	0,256	0,187	0,194
		Post	0,020	-0,010	0,011	0,293	0,065	0,066	0,027	-0,015	0,015	0,285	0,064	0,064

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Mitsystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
85.1	gemäß IEC	Pre	0,017	-0,001	0,005	0,005	0,001	0,002	0,018	-0,003	0,005	0,005	0,001	0,002
		Fault	0,056	-0,004	0,005	0,157	0,143	0,144	0,071	-0,015	0,015	0,170	0,158	0,159
		Post	0,018	-0,002	0,006	0,017	-0,001	0,016	0,020	-0,004	0,007	0,017	0,000	0,016
	auf Messwert bezogen	Pre	0,030	-0,002	0,009	7,957	0,926	1,034	0,032	-0,005	0,009	7,934	0,921	1,031
		Fault	0,090	-0,006	0,009	3,909	3,015	3,026	0,102	-0,024	0,024	3,824	2,943	2,953
		Post	0,032	-0,004	0,011	>100	-0,585	5,987	0,036	-0,008	0,013	>100	-0,803	6,127
	Bewertet	Pre	0,017	-0,001	0,005	0,005	0,001	0,002	0,018	-0,003	0,005	0,005	0,001	0,002
		Fault	0,056	-0,004	0,005	0,157	0,143	0,144	0,071	-0,015	0,015	0,170	0,158	0,159
		Post	0,018	-0,002	0,006	0,017	-0,001	0,016	0,020	-0,004	0,007	0,017	0,000	0,016
			0,015	-0,004	0,005	0,006	0,001	0,002	0,015	0,000	0,004	0,006	0,001	0,002
110.1	gemäß IEC	Pre	0,068	-0,004	0,007	0,161	-0,066	0,096	0,092	0,030	0,030	0,150	-0,064	0,090
		Fault	0,026	-0,009	0,012	0,354	-0,057	0,060	0,021	-0,003	0,008	0,345	-0,056	0,058
		Post	0,015	-0,004	0,005	1,918	0,325	0,417	0,015	0,000	0,004	1,916	0,329	0,419
	auf Messwert bezogen	Pre	0,072	-0,004	0,007	17,071	1,247	1,429	0,109	0,034	0,035	20,385	1,332	1,516
		Fault	0,026	-0,009	0,012	3,602	-0,532	1,013	0,021	-0,003	0,008	3,616	-0,533	1,018
		Post	0,015	-0,004	0,005	0,006	0,001	0,002	0,015	0,000	0,004	0,006	0,001	0,002
	Bewertet	Pre	0,068	-0,004	0,007	0,161	-0,066	0,096	0,092	0,030	0,030	0,150	-0,064	0,090
		Fault	0,026	-0,009	0,012	0,354	-0,057	0,060	0,021	-0,003	0,008	0,345	-0,056	0,058
		Post	0,014	-0,002	0,005	0,006	0,002	0,002	0,011	0,000	0,005	0,006	0,002	0,002
			0,049	0,002	0,007	0,147	-0,045	0,079	0,064	0,021	0,021	0,129	-0,045	0,074
110.2	gemäß IEC	Pre	0,028	-0,007	0,010	0,329	-0,066	0,067	0,023	-0,002	0,008	0,323	-0,064	0,066
		Fault	0,025	-0,004	0,009	7,506	0,736	0,782	0,020	0,001	0,008	7,535	0,745	0,789
		Post	0,097	0,005	0,013	2,791	0,967	1,146	0,139	0,044	0,044	2,951	1,046	1,219
	auf Messwert bezogen	Pre	0,048	-0,012	0,018	>100	-0,581	2,630	0,041	-0,003	0,016	>100	-0,121	2,491
		Fault	0,014	-0,002	0,005	0,006	0,002	0,002	0,011	0,000	0,005	0,006	0,002	0,002
		Post	0,049	0,002	0,007	0,147	-0,045	0,079	0,064	0,021	0,021	0,129	-0,045	0,074
	Bewertet	Pre	0,028	-0,007	0,010	0,329	-0,066	0,067	0,023	-0,002	0,008	0,323	-0,064	0,066
		Fault	0,009	-0,001	0,003	0,002	-0,001	0,001	0,009	0,002	0,003	0,002	-0,001	0,001
		Post	0,092	0,000	0,004	0,326	-0,166	0,166	0,092	0,011	0,011	0,291	-0,144	0,144
			0,019	-0,011	0,013	0,199	-0,038	0,042	0,015	-0,006	0,009	0,192	-0,036	0,041
110.3	gemäß IEC	Pre	0,016	-0,001	0,006	0,221	-0,097	0,112	0,018	0,004	0,006	0,217	-0,092	0,109
		Fault	0,206	0,000	0,007	>100	2,236	2,244	0,241	0,023	0,023	>100	2,312	2,319
		Post	0,034	-0,019	0,023	0,944	-0,116	0,355	0,026	-0,011	0,016	0,955	-0,110	0,355
	auf Messwert bezogen	Pre	0,009	-0,001	0,003	0,002	-0,001	0,001	0,009	0,002	0,003	0,002	-0,001	0,001
		Fault	0,092	0,000	0,004	0,326	-0,166	0,166	0,092	0,011	0,011	0,291	-0,144	0,144
		Post	0,019	-0,011	0,013	0,199	-0,038	0,042	0,015	-0,006	0,009	0,192	-0,036	0,041
	Bewertet	Pre	0,016	-0,006	0,006	0,006	0,003	0,003	0,012	-0,002	0,004	0,006	0,003	0,003
		Fault	0,112	0,001	0,006	0,366	-0,138	0,141	0,098	0,016	0,017	0,320	-0,121	0,123
		Post	0,030	-0,013	0,016	0,279	-0,039	0,046	0,022	-0,007	0,011	0,269	-0,037	0,044
			0,015	-0,006	0,006	1,791	0,663	0,676	0,012	-0,002	0,004	1,799	0,668	0,680
115.1	gemäß IEC	Pre	0,101	0,001	0,007	>100	1,196	1,274	0,122	0,020	0,021	>100	1,249	1,311
		Fault	0,029	-0,012	0,016	1,613	-0,192	0,616	0,022	-0,007	0,012	1,625	-0,188	0,617
		Post	0,015	-0,006	0,006	0,006	0,003	0,003	0,012	-0,002	0,004	0,006	0,003	0,003
	auf Messwert bezogen	Pre	0,101	0,001	0,006	0,366	-0,138	0,141	0,098	0,016	0,017	0,320	-0,121	0,123
		Fault	0,029	-0,012	0,016	0,279	-0,039	0,046	0,022	-0,007	0,011	0,269	-0,037	0,044
		Post	0,020	0,001	0,007	0,006	0,000	0,003	0,022	0,003	0,007	0,006	0,000	0,003
	Bewertet	Pre	0,091	0,011	0,013	0,328	-0,145	0,148	0,091	0,019	0,020	0,290	-0,128	0,130
		Fault	0,025	-0,004	0,010	0,257	-0,052	0,056	0,022	0,000	0,009	0,248	-0,050	0,054
		Post	0,038	0,002	0,013	3,065	0,248	0,550	0,042	0,006	0,013	3,084	0,254	0,551
			0,202	0,022	0,025	>100	1,085	1,140	0,235	0,043	0,044	>100	1,139	1,189
			0,043	-0,007	0,018	0,720	-0,386	0,414	0,041	0,000	0,016	0,717	-0,382	0,411
115.2	gemäß IEC	Pre	0,020	0,001	0,007	0,006	0,000	0,003	0,022	0,003	0,007	0,006	0,000	0,003
		Fault	0,091	0,011	0,013	0,328	-0,145	0,148	0,091	0,019	0,020	0,290	-0,128	0,130
		Post	0,025	-0,004	0,010	0,257	-0,052	0,056	0,022	0,000	0,009	0,248	-0,050	0,054
	auf Messwert bezogen	Pre	0,038	0,002	0,013	3,065	0,248	0,550	0,042	0,006	0,013	3,084	0,254	0,551
		Fault	0,202	0,022	0,025	>100	1,085	1,140	0,235	0,043	0,044	>100	1,139	1,189
		Post	0,043	-0,007	0,018	0,720	-0,386	0,414	0,041	0,000	0,016	0,717	-0,382	0,411
	Bewertet	Pre	0,020	0,001	0,007	0,006	0,000	0,003	0,022	0,003	0,007	0,006	0,000	0,003
		Fault	0,091	0,011	0,013	0,328	-0,145	0,148	0,091	0,019	0,020	0,290	-0,128	0,130
		Post	0,025	-0,004	0,010	0,257	-0,052	0,056	0,022	0,000	0,009	0,248	-0,050	0,054

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Gegensystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
30.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,007	0,007	0,011	-0,010	0,010
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	0,014	-	-	-0,007	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,020	0,017	0,017	0,078	0,012	0,018
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,004	-1,003	1,003	1,000	-1,000	1,000
		Fault	-	-0,439	-	-	-6,548	-	-	-1,303	-	-	-0,322	-
		Post	1,000	-1,000	1,000	1,000	-0,988	0,988	1,013	-1,002	1,011	>100	-0,991	1,001
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,007	0,007	0,011	-0,010	0,010
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	0,014	-	-	-0,007	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,020	0,017	0,017	0,078	0,012	0,018
30.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,002	0,004	-0,003	0,003
		Fault	-	0,000	-	-	0,001	-	-	0,011	-	-	0,020	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,010	0,010	0,055	0,015	0,015
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,004	-1,004	1,004	0,999	-0,999	0,999
		Fault	-	-11,706	-	-	-0,523	-	-	-4,254	-	-	-0,437	-
		Post	1,000	-1,000	1,000	1,000	-0,996	0,996	1,026	-1,004	1,004	>100	-1,004	1,022
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,002	0,002	0,004	-0,003	0,003
		Fault	-	0,000	-	-	0,001	-	-	0,011	-	-	0,020	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,010	0,010	0,055	0,015	0,015
30.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,005	0,013	-0,012	0,012
		Fault	-	0,036	-	-	-0,033	-	-	0,212	-	-	0,041	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,009	0,009	0,013	-0,012	0,013
	auf Messwert bezogen	Pre	0,335	-0,208	0,208	0,627	-0,583	0,583	1,000	-1,000	1,000	1,001	-1,001	1,001
		Fault	-	-0,332	-	-	-0,068	-	-	-0,422	-	-	-0,068	-
		Post	0,548	-0,367	0,398	0,642	-0,527	0,607	1,020	-1,009	1,009	1,214	-1,025	1,067
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,005	0,013	-0,012	0,012
		Fault	-	0,036	-	-	-0,033	-	-	0,212	-	-	0,041	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,009	0,009	0,013	-0,012	0,013
30.4	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,004	-0,004	0,004
		Fault	-	0,032	-	-	-0,027	-	-	0,191	-	-	0,048	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,006	0,006	0,006	-0,004	0,005
	auf Messwert bezogen	Pre	0,229	-0,197	0,197	1,665	-1,665	1,665	1,004	-1,002	1,002	0,997	-0,997	0,997
		Fault	-	-0,294	-	-	-0,080	-	-	-0,393	-	-	-0,043	-
		Post	0,491	-0,062	0,221	1,920	-1,744	2,054	1,019	-1,018	1,018	1,381	-1,039	1,639
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,004	-0,004	0,004
		Fault	-	0,032	-	-	-0,027	-	-	0,191	-	-	0,043	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005	0,006	0,006	0,006	-0,004	0,005
50.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,008	0,010	-0,010	0,010
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	0,010	-	-	-0,006	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,014	0,014	0,038	-0,002	0,010
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000
		Fault	-	-1,080	-	-	-0,512	-	-	-1,196	-	-	-0,899	-
		Post	1,000	-0,994	0,994	1,000	-0,969	0,975	1,016	-1,004	1,004	39,376	-0,942	0,955
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,008	0,010	-0,010	0,010
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	0,010	-	-	-0,006	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,014	0,014	0,038	-0,002	0,010
50.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,003	-0,002	0,002
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	0,011	-	-	-0,005	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,008	0,008	0,020	0,002	0,006
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,007	-1,006	1,006	0,999	-0,999	0,999
		Fault	-	-0,001	-	-	-0,399	-	-	-1,017	-	-	0,777	-
		Post	1,000	-0,996	0,997	1,000	-0,978	0,980	1,011	-1,005	1,005	>100	-0,958	0,988
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,003	-0,002	0,002
		Fault	-	0,000	-	-	0,000	-	-	0,011	-	-	-0,005	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,008	0,008	0,020	0,002	0,006
50.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,008	0,010	-0,010	0,010
		Fault	-	0,016	-	-	-0,018	-	-	0,147	-	-	-0,021	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,009	0,009	0,011	-0,011	0,011
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,005	-1,003	1,003	1,000	-1,000	1,000
		Fault	-	-0,372	-	-	-0,103	-	-	-0,448	-	-	-0,032	-
		Post	1,000	-0,990	0,990	1,002	-0,966	1,084	1,008	-1,007	1,007	1,083	-1,006	1,071
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,008	0,008	0,010	-0,010	0,010
		Fault	-	0,016	-	-	-0,018	-	-	0,147	-	-	-0,021	-
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,009	0,009	0,011	-0,011	0,011

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Gegensystem												
			P			Q			lw			lb			
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	
50.4	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003	0,004	-0,004	0,004	
		Fault	-	0,011	-	-	-0,013	-	-	0,110	-	-	0,013	-	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,005	-0,005	0,005	
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,010	-1,009	1,009	0,999	-0,999	0,999	
		Fault	-	-0,322	-	-	0,045	-	-	-0,397	-	-	-0,072	-	
		Post	1,000	-0,987	0,987	1,006	-0,979	1,091	1,013	-1,025	1,025	1,123	-1,031	1,129	
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,003	0,003	0,004	-0,004	0,004	
		Fault	-	0,011	-	-	-0,013	-	-	0,110	-	-	0,013	-	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,004	0,004	0,005	-0,005	0,005	
	75.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,021	0,021	0,007	0,005	0,005
			Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,026	0,028	0,016	0,011	0,013
			Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,016	0,016	0,034	0,018	0,018
auf Messwert bezogen		Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,001	-1,001	1,001	
		Fault	1,021	-0,970	1,000	1,000	-0,839	0,994	1,056	-1,086	1,007	0,983	-0,822	0,896	
		Post	1,000	-0,975	1,004	1,000	-0,982	0,988	1,025	-0,997	1,005	1,003	-0,972	0,973	
Bewertet		Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,021	0,021	0,007	0,005	0,005	
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,030	0,026	0,028	0,016	0,011	0,013	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,016	0,016	0,034	0,018	0,018	
75.2		gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,002	0,005	-0,002	0,002
			Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,015	0,016	0,004	0,001	0,001
			Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	-0,004	0,005	0,007	0,000	0,003
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	
		Fault	1,067	-1,020	1,001	1,000	-0,948	0,981	1,167	-1,003	1,012	0,908	-0,528	0,568	
		Post	1,000	-0,992	0,994	1,000	-0,962	1,017	0,997	-0,994	1,002	>100	-0,951	1,407	
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,002	0,002	0,005	-0,002	0,002	
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,015	0,016	0,004	0,001	0,001	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	-0,004	0,005	0,007	0,000	0,003	
	75.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,012	0,012	0,004	-0,002	0,002
			Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,015	0,015	0,005	0,003	0,004
			Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,007	0,008	0,015	0,009	0,010
auf Messwert bezogen		Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,001	-1,000	1,000	0,999	-0,993	0,993	
		Fault	1,104	-1,038	1,002	1,000	-1,050	0,992	1,188	-1,063	1,014	2,932	-0,636	0,755	
		Post	1,000	-0,942	1,129	1,000	-0,913	1,090	>100	-1,112	1,148	1,001	-0,709	1,289	
Bewertet		Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,012	0,012	0,004	-0,002	0,002	
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,029	0,015	0,015	0,005	0,003	0,004	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,013	0,007	0,008	0,015	0,009	0,010	
75.4		gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,015	0,015	0,001	0,000	0,000
			Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,020	0,020	0,006	0,004	0,004
			Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,008	0,008	0,007	-0,003	0,004
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	46,116	-0,997	1,016	
		Fault	1,028	-1,011	1,001	1,000	-0,962	0,982	1,070	-1,004	1,008	1,012	-0,911	0,788	
		Post	1,000	-0,997	1,009	1,000	-0,564	1,690	1,038	-1,012	1,017	>100	-1,034	1,149	
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,015	0,015	0,001	0,000	0,000	
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,024	0,020	0,020	0,006	0,004	0,004	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012	0,008	0,008	0,007	-0,003	0,004	
	75.5	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,019	0,019	0,007	-0,002	0,002
			Fault	0,008	0,008	0,008	0,002	0,001	0,001	0,103	0,101	0,101	0,061	0,052	0,052
			Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,018	0,018	0,026	0,017	0,017
auf Messwert bezogen		Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	
		Fault	0,466	-0,450	0,459	0,041	-0,020	0,024	0,489	-0,485	0,486	0,084	-0,070	0,073	
		Post	1,000	-0,996	0,996	1,000	-0,982	0,982	1,007	-1,002	1,002	1,002	-0,981	0,981	
Bewertet		Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,019	0,019	0,007	-0,002	0,002	
		Fault	0,008	0,008	0,008	0,002	0,001	0,001	0,103	0,101	0,101	0,061	0,052	0,052	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,021	0,018	0,018	0,026	0,017	0,017	
75.6		gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,007	0,007	0,007	-0,006	0,006
			Fault	0,008	0,007	0,007	0,002	0,001	0,001	0,096	0,094	0,095	0,047	0,040	0,040
			Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,008	0,008	0,021	0,011	0,012
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,003	-1,002	1,002	1,000	-1,000	1,000	
		Fault	0,451	-0,437	0,447	0,032	-0,015	0,019	0,471	-0,467	0,468	0,066	-0,049	0,056	
		Post	1,000	-0,993	0,993	1,000	-0,973	0,981	1,011	-1,006	1,006	3,715	-0,977	0,979	
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008	0,007	0,007	0,007	-0,006	0,006	
		Fault	0,008	0,007	0,007	0,002	0,001	0,001	0,096	0,094	0,095	0,047	0,040	0,040	
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,008	0,008	0,021	0,011	0,012	

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25			Gegensystem											
			P			Q			lw			lb		
			MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE	MXE	ME	MAE
85.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,001	0,002	0,009	-0,008	0,008
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,002	0,002	0,012	-0,008	0,008
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,009	-0,007	0,007
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	8,823	-0,989	0,991	1,000	-1,000	1,000
		Fault	1,047	-0,999	1,000	1,231	-1,001	1,000	78,924	-1,077	1,000	1,625	-1,003	1,002
		Post	1,000	-0,998	1,004	1,000	-0,978	0,985	>100	-0,983	1,146	1,033	-0,948	1,054
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	-0,001	0,002	0,009	-0,008	0,008
		Fault	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	-0,002	0,002	0,012	-0,008	0,008
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,009	-0,007	0,007
110.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,015	0,015	0,014	0,011	0,011
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,013	-0,012	0,012	0,056	0,041	0,041	0,111	-0,091	0,091
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,016	0,016	0,018	0,014	0,016
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000
		Fault	0,120	-0,020	0,032	1,168	0,967	0,970	0,444	-0,372	0,371	0,338	0,260	0,263
		Post	1,000	-0,988	0,989	1,000	-0,916	1,031	1,003	-1,004	1,004	1,002	-0,950	0,982
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,017	0,015	0,015	0,014	0,011	0,011
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,013	-0,012	0,012	0,056	0,041	0,041	0,111	-0,091	0,091
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,016	0,016	0,018	0,014	0,016
110.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	-0,006	0,006	0,011	0,009	0,009
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,013	-0,012	0,012	0,039	0,030	0,030	0,121	-0,102	0,103
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	-0,007	0,008	0,011	0,006	0,009
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,000	-0,999	0,999	1,001	-1,000	1,000
		Fault	0,182	0,083	0,086	1,228	1,032	1,040	0,360	-0,305	0,303	0,381	0,302	0,309
		Post	1,000	-0,978	0,988	1,000	-0,890	1,048	1,000	-0,920	1,126	23,339	-0,948	1,002
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,009	-0,006	0,006	0,011	0,009	0,009
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,013	-0,012	0,012	0,039	0,030	0,030	0,121	-0,102	0,103
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	-0,007	0,008	0,011	0,006	0,009
110.3	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,003	0,001	0,001
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	-0,001	0,001	0,020	-0,004	0,004
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,010	0,010	0,006	0,004	0,004
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,002	-1,002	1,002	2,725	-0,997	0,998
		Fault	1,000	-0,999	1,000	4,314	-0,999	1,000	>100	-0,997	1,018	>100	-1,001	1,005
		Post	1,000	-1,095	1,322	1,000	-1,004	1,023	1,021	-1,019	1,101	6,200	-0,981	0,984
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,003	0,001	0,001
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,033	-0,001	0,001	0,020	-0,004	0,004
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,010	0,010	0,006	0,004	0,004
115.1	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,019	0,019	0,015	0,014	0,014
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000	0,001	0,020	-0,012	0,012
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,020	0,020	0,016	0,014	0,014
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,002	-1,001	1,001	1,000	-1,000	1,000
		Fault	1,000	-0,998	1,000	>100	-0,981	1,025	54,340	-0,996	1,007	>100	-0,954	1,071
		Post	1,000	-1,007	1,010	1,000	-1,006	1,006	1,005	-1,028	1,045	1,001	-0,982	0,982
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,020	0,019	0,019	0,015	0,014	0,014
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,043	0,000	0,001	0,020	-0,012	0,012
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023	0,020	0,020	0,016	0,014	0,014
115.2	gemäß IEC	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,006	0,006	0,009	0,005	0,005
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	-0,003	0,003	0,018	-0,003	0,003
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,010	0,010	0,005	0,002	0,002
	auf Messwert bezogen	Pre	1,000	-1,000	1,000	1,000	-1,000	1,000	1,003	-1,001	1,001	1,002	-1,001	1,001
		Fault	1,000	-0,995	1,000	4,845	-0,980	0,999	5,783	-0,998	1,001	>100	-1,010	1,070
		Post	1,000	-1,012	1,026	1,000	-1,015	1,025	1,006	-0,640	1,502	>100	-0,976	0,997
	Bewertet	Pre	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,006	0,006	0,009	0,005	0,005
		Fault	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,036	-0,003	0,003	0,018	-0,003	0,003
		Post	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,015	0,010	0,010	0,005	0,002	0,002

Die Validierung der FRT-Tests wurde ohne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte gemäß Kapitel 5.3.2 der TR4 abgeschlossen. Es wurden auch die im Gegensystem optionalen Tests validiert.

Die Ergebnisse der Polradwinkel-Validierung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst.

Testbezeichnung nach TR3 Revision 25	Maximale Abweichung vor Fehlereintritt (nach TR4 Kap. 5.4.1 i) [°]	Abweichung bei der Polradwinkeländerung (nach TR4 Kap. 5.4.1 ii) [°]
30.1	1,13	3,78
30.2	0,70	10,10
30.3	0,74	1,95
30.4	0,96	1,91
50.1	0,60	13,15
50.2	1,27	5,18
50.3	0,41	10,04
50.4	1,09	4,13
75.1	1,11	8,38
75.2	0,35	5,33
75.3	6,54	11,60
75.4	2,62	5,32
75.5	1,19	4,40
75.6	0,16	2,85
85.1	0,96	4,41

Die Validierung des Polradwinkels wurde ohne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte gemäß Kapitel 5.4.1 der TR4 erfolgreich abgeschlossen.

Die Fehlerberechnung zur Ermittlung der Messunsicherheit wurde in dem Messbericht /U4/ durchgeführt. Es wurde eine Gaußverteilung angewendet. Die ermittelte Unsicherheit (2-Sigma-Umgebung) beträgt 4,18°. Hierdurch ist kein negativer Einfluss auf das Ergebnis der Validierung zu erwarten. Im Sinne einer Worst-Case-Abschätzung wird als Summe der Messunsicherheit und der Abweichung vor dem Fehlereintritt gem. obenstehender Tabelle ein maximaler Wert von 10,72° erreicht. Diese geringfügige Überschreitung des Grenzwertes von 10° erachten wir als unkritisch.

### 4.3.3 Zusammenfassung der Validierungsergebnisse für das dynamische Verhalten

Die Validierung des Simulationsmodells für die BHKW HBG 70 und HBG 430 bezüglich des dynamischen Verhaltens ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Anforderung	Ist	Soll
Die im Modell eingestellten Parameter wurden überprüft und stimmen mit den Parametern aus der Modellbeschreibung und dem Messbericht (sofern angegeben) überein /U1/, /U2/, /U4/.	Ja	Ja
Es wurden alle Testszenarien gemäß TR3, Kapitel 4.6.2 durchgeführt.	Ja	Ja
Die bei der Validierung zulässigen Grenzwerte für Typ 1 EZE werden eingehalten.	Ja	Ja
Polradwinkel im stationären Bereich vor Spannungseinbruch weicht zwischen Simulation und Messung maximal 10° voneinander ab.	Ja	Ja
Die Abweichung der maximal positiven oder negativen Auslenkung zwischen Simulation und Messung beträgt maximal 20°.	Ja	Ja
Fehlerberechnung zur Ermittlung der Messunsicherheit wurden betrachtet.	Ja	Ja

Bewertung:	Die Validierung der Tests zur dynamischen Netzstützung wurde mit einer Schrittweite von 0,1 ms erfolgreich und ohne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte abgeschlossen.
------------	---

### 4.4 Validierung des quasistationären Betriebs

Entsprechend VDE4110, Kapitel 11.2.6.3 müssen Modelle, die im Normalbetrieb auftretenden Wirk- und Blindleistungen der Erzeugungseinheit in ihrem zeitlichen Verhalten so nachbilden, dass die Anforderungen an alle Einstellzeiten und Einstellgenauigkeiten in der rechnerischen Nachbildung dargestellt werden können. Als Schrittweite wurde in PowerFactory für alle Simulationen zum quasistationären Betrieb 0,1 ms mit einer automatischen Schrittweitenanpassung von 2,5 ms eingestellt. Der Validierung des quasistationären Betriebes liegt eine Vermessung der Erzeugungseinheit nach TR3, Kapitel 4.1 und 4.2 zugrunde.

Die simulierten und gemessenen Daten wurden jeweils gemäß VDE4110, Kapitel 11.2.6.3 mit einem gleitenden 5-Sekunden-Mittelwertfilter aufbereitet und die Differenz zwischen gefilterten Simulations- und Messdaten für jeden Zeitschritt bestimmt. Der Maximalwert des so generierten Differenzvektors ist nachfolgend für verschiedene Regelungsmodi im stationären und transienten Bereich gezeigt.

Die Validierung des Regelverhaltens bei Sollwertänderungen erfolgt gemäß TR4, Kapitel 5.1 nach den Anforderungen der IEC 61400-27-1, Kapitel 6.3.2.

Neben der Sollwertvorgabe der Wirk- und Blindleistung ist gemäß TR4 die Validierung zur Wirkleistungseinspeisung bei Über- und Unterfrequenz in Kapitel 3.1.3 und 3.1.4 beschrieben.



Die Wirkleistungseinspeisung bei Über- und Unterfrequenz ist gemäß VDE4110 und optional, jedoch empfohlen.

Die nachstehenden Tabellen zeigen die Ergebnisse der Modellvalidierung der oben aufgeführten Erzeugungseinheit.

#### 4.4.1 HBG 70

Für die Einstellgenauigkeit wurden folgende Werte ermittelt:

Beschreibung		Max. Abweichung im dynamischen Bereich [% S <sub>re</sub> ]	Max. Abweichung im stationären Bereich [% S <sub>re</sub> ]
P <sub>set</sub> Einstellgenauigkeit		0,97	1,52
P <sub>set</sub> Einschwingzeit	Max. Gradient	1,03	1,35
	Min. Gradient	0,63	0,61
P(f)	Überfrequenz	2,76	2,41
	Unterfrequenz	1,01	1,34
Q <sub>set</sub> Einstellgenauigkeit		2,16	1,27
Q <sub>set</sub> Einschwingzeit	Min. Einstellzeit	3,63	1,11
	Max. Einstellzeit	1,47	0,88
Q(P)		1,02	1,14
Q(U)	Min. Einstellzeit	9,08	3,10
	Max. Einstellzeit	2,68	1,87
Q <sub>U</sub> lim Einstellgenauigkeit	Var. A	11,50	2,24
	Var. B	10,77	2,57
	Var. C	2,62	2,43
Q <sub>U</sub> lim Einschwingzeit	Min. Einstellzeit	1,73	0,98
	Max. Einstellzeit	4,58	1,43

Für die Einstellzeiten wurden folgende Werte ermittelt:

Beschreibung			Anstiegszeit [s]		Reaktionszeit [s]		Einschwingzeit [s]	
			Mess.	Sim.	Mess.	Sim.	Mess.	Sim.
P <sub>set</sub> Einschwingzeit	Max.	90 % auf 10 %	97,3	97,0	13,7	15,2	115,7	116,8
	Gradient	10 % auf 90 %	96,6	97,3	14,2	14,8	115,9	116,7
	Min.	70 % auf 50 %	48,5	48,4	6,8	8,7	47,1	48,0
	Gradient	50 % auf 70 %	47,5	48,7	7,5	9,1	47,1	48,7
Q <sub>set</sub> Einschwingzeit	Min. Einstellzeit	Q <sub>0</sub> -> Q <sub>max,ue</sub>	4,3	4,3	0,9	0,2	5,1	4,5
		Q <sub>max,ue</sub> -> Q <sub>max,ue</sub>	3,6	4,0	0,9	0,7	5,7	6,0
		Q <sub>max,ue</sub> -> Q <sub>0</sub>	3,6	4,1	0,9	0,6	4,5	4,7
	Max. Einstellzeit	Q <sub>0</sub> -> Q <sub>max,ue</sub>	36,6	37,6	2,5	2,4	41,1	36,9
		Q <sub>max,ue</sub> -> Q <sub>max,ue</sub>	37,3	38,7	2,6	2,6	50,4	51,8
		Q <sub>max,ue</sub> -> Q <sub>0</sub>	38,1	42,2	2,9	2,3	42,0	44,3

#### 4.4.2 HBG 430

Für die Einstellgenauigkeit wurden folgende Werte ermittelt:

Beschreibung		Max. Abweichung im dynamischen Bereich [% S <sub>rE</sub> ]	Max. Abweichung im stationären Bereich [% S <sub>rE</sub> ]
<b>P<sub>set</sub> Einstellgenauigkeit</b>		1,77	2,17
<b>P<sub>set</sub> Einschwingzeit</b>	<b>Max. Gradient</b>	5,95	1,43
	<b>Min. Gradient</b>	1,13	0,70
<b>P(f)</b>	<b>Überfrequenz</b>	3,49	3,48
	<b>Unterfrequenz</b>	6,39	3,26
<b>Q<sub>set</sub> Einstellgenauigkeit</b>		1,59	1,32
<b>Q<sub>set</sub> Einschwingzeit</b>	<b>Min. Einstellzeit</b>	1,86	1,74
	<b>Max. Einstellzeit</b>	2,59	1,64
<b>Q(P)</b>		4,18	4,27
<b>Q(U)</b>	<b>Min. Einstellzeit</b>	5,60	1,91
	<b>Max. Einstellzeit</b>	8,19	3,42
<b>Q<sub>U</sub> lim Einstellgenauigkeit</b>	<b>Var. A</b>	2,75	2,24
	<b>Var. B</b>	4,68	4,63
	<b>Var. C</b>	3,88	3,12
<b>Q<sub>U</sub> lim Einschwingzeit</b>	<b>Min. Einstellzeit</b>	3,70	1,96
	<b>Max. Einstellzeit</b>	5,66	1,17

Für die Einstellzeiten wurden folgende Werte ermittelt:

Beschreibung			Anstiegszeit [s]		Reaktionszeit [s]		Einschwingzeit [s]		
			Mess.	Sim.	Mess.	Sim.	Mess.	Sim.	
P_set Einschwingzeit	Max. Gradient	90 % auf 10 %	104,2	96,8	14,2	15,0	123,9	118,8	
		10 % auf 90 %	87,9	96,2	22,9	13,8	115,2	114,5	
	Min. Gradient	70 % auf 50 %	48,5	47,9	9,4	9,8	49,3	48,6	
		50 % auf 70 %	46,8	48,2	10,3	7,0	49,0	46,0	
Q_set Einschwingzeit	VDE-AR-N 4110	Min. Einstellzeit	$Q_0 \rightarrow Q_{\max,ue}$	4,4	4,5	0,8	0,7	5,2	5,2
			$Q_{\max,ue} \rightarrow Q_{\max,ue}$	3,7	3,5	1,0	0,9	5,7	6,1
		Max. Einstellzeit	$Q_{\max,ue} \rightarrow Q_0$	4,0	4,4	0,8	0,6	4,8	5,1
			$Q_0 \rightarrow Q_{\max,ue}$	38,0	36,9	2,7	3,1	40,5	39,1
			$Q_{\max,ue} \rightarrow Q_{\max,ue}$	38,8	42,4	3,0	3,1	54,4	62,0
			$Q_{\max,ue} \rightarrow Q_0$	40,8	43,0	2,7	1,5	45,0	45,0

#### 4.4.3 Zusammenfassung der Validierungsergebnisse für das quasistationäre Verhalten

Die Validierung des Simulationsmodells für die BHKW HBG 70 und HBG 430 bezüglich des quasistationären Verhaltens ist in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Anforderung	Ist	Soll
Der Maximalwert des Differenzvektors im dynamischen Übergangsbereich ist kleiner als 15 % $S_{FE}$ (VDE4110, Kapitel 11.2.6.3).	Ja	Ja
Der Maximalwert des Differenzvektors im stationären Bereich überschreitet einen Wert von 5 % $S_{FE}$ nicht (VDE4110, Kapitel 11.2.6.3).	Ja	Ja

Bewertung:	Die Validierung der Tests zum quasistationären Betrieb wurde mit einer Schrittweite von 0,1 ms (automatische Schrittweitenanpassung 2,5 ms) erfolgreich und ohne Überschreitungen der zulässigen Grenzwerte abgeschlossen. Validierte Funktionen sind: $P_{set}$ , $P(f)$ , $Q_{set}$ , $Q(P)$ , $Q(U)$ , $Q_{set}$ , mit U-Begrenzungsfunktion
------------	--

#### 4.5 Validierung der Schutzeinrichtungen

Sofern Schutzeinrichtungen Teil der Erzeugungseinheit sind, müssen diese gemäß VDE4110, Kapitel 11.2.6.3 auch im Modell nachgebildet werden.

Die Validierung der Schutzeinrichtungen und -einstellungen erfolgte gemäß TR4 nach IEC 61400-27-1, Kapitel 6.3.3.

Für die Validierung muss mindestens eine Prüfung des Über- und Unterspannungsschutzes sowie des Über- und Unterfrequenzschutzes durchgeführt werden. Es wird jeweils ein Sollwertsprung der Bezugsgröße vom Nennwert auf einen Wert von 1 % bzw. 0,1 Hz vor der Auslöseschwelle und 1 % bzw. 0,1 Hz hinter der Auslöseschwelle simuliert. Die Schutzauslösung erfolgte in allen Simulationen erst bei dem zweiten Sprung auf den Wert hinter der Auslöseschwelle.

Die Auslösewerte und -zeiten sind laut IEC 61400-27-1, Kapitel 6.3.3.3 nur auszuweisen. Die Abschaltzeit der Simulation wurde zwischen dem Sollwertsprung und der Schutzauslösung ermittelt. Die Messwerte stammen aus den Messberichten /U3/, /U5/. Für die Simulation der Schutzeinstellungen wurde in PowerFactory eine Schrittweite von 0,1 ms verwendet.

Über- und Unterspannungsschutz des BHKW HBG 70:

Fallbeschreibung	Schutzpegel [p.u.]			Abschaltzeit für den Netzschutz [s]		
	Sollwert	Gemessen	Simuliert	Sollwert	Gemessen	Simuliert
Überspannung $U >$	1	1	1	180	180,033	180,020
	$U >>$	1,3	1,3	0	0,035	0,018
Unterspannung $U <$	1	0,9914	1	2,4	2,423	2,414
	$U <<$	0,1	0,0994	0	0,481	0,019

Über- und Unterfrequenzschutz des BHKW HBG 70:

Fallbeschreibung		Schutzpegel [Hz]			Abschaltzeit für den Netzschutz [s]		
		Sollwert	Gemessen	Simuliert	Sollwert	Gemessen	Simuliert
Überfrequenz	f>	50	50	50	5	5,011	5,618
	f>>	55	55	55	0,1	0,121	0,351
Unterfrequenz	f<	50	49,95	50	0,1	0,122	0,157
	f<<	45	44,95		0	0,428	0,035

Über- und Unterspannungsschutz des BHKW HBG 430:

Fallbeschreibung		Schutzpegel [p.u.]			Abschaltzeit für den Netzschutz [s]		
		Sollwert	Gemessen	Simuliert	Sollwert	Gemessen	Simuliert
Überspannung	U>	1	1	1	180	180,033	180,020
	U>>	1,3	1,3	1,3	0	0,035	0,018
Unterspannung	U<	1	0,9914	1	2,4	2,423	2,414
	U<<	0,1	0,0994	0,1	0	0,481	0,019

Über- und Unterfrequenzschutz des BHKW HBG 430:

Fallbeschreibung		Schutzpegel [Hz]			Abschaltzeit für den Netzschutz [s]		
		Sollwert	Gemessen	Simuliert	Sollwert	Gemessen	Simuliert
Überfrequenz	f>	50	50	50	5	5,011	5,036
	f>>	55	55	55	0,1	0,121	0,154
Unterfrequenz	f<	50	49,95	50	0,1	0,122	0,141
	f<<	45	44,95	45	0	0,428	0,035

Die in Abschnitt 3.1 aufgeführten Schutzfunktionen des Eigenschutzes wurden mit Ausnahme des Überstromschutzes und des  $\cos \varphi$ -Schutzes für beide Modelle plausibilisiert.

Bewertung:	Die Validierung der Schutzeinrichtungen wurde erfolgreich abgeschlossen. Hinweis: Im Modell des HBG 70 entspricht der Block „Protection“ dem Block „Grid Protection“ aus der Modelldokumentation.
------------	--

#### 4.6 Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells

Um sicherzustellen, dass die Modelle plausible Werte auch bei nicht vermessenen Arbeitspunkten ausgeben, müssen Plausibilisierungstests mit den Modellen durchgeführt werden.

Die Eignung des validierten EZE-Modells für EZA-Simulationen soll anhand der Testszenarien gemäß TR4, Kapitel 5.6 nachgewiesen werden. Der Hersteller muss hierfür mindestens erklären, dass er alle Testszenarien erfolgreich durchgeführt hat.

Gemäß TR4, Kapitel 5.6 können für Typ 1 EZE die Plausibilisierungstests auch anhand eines Ergebnisberichts des Herstellers bewertet werden. Dieser Ergebnisbericht wurde der TÜV NORD CERT GmbH von DIgSILENT GmbH übermittelt, siehe /U6/. Die Bewertung des Ergebnisberichts erfolgt nachfolgend.

Anforderung	Ist	Soll
Es wurden alle Testszenarien zum Einzelmodell gemäß TR4, Kapitel 5.6.2 betrachtet.	Ja	Ja
Es wurden alle Testszenarien für typische EZA-Konfigurationen gemäß TR4, Kapitel 5.6.3 betrachtet.	Ja	Ja
Der Hersteller hat mindestens erklärt, dass er alle Testszenarien erfolgreich durchgeführt hat.	Ja	Ja
Der Ergebnisbericht dokumentiert Simulationsergebnisse in Form von Tabellen, grafischen Verläufen bzw. Diagrammen und die dafür benötigten Berechnungsgrundlagen sowie verwendeten Parametern zur Reproduzierung der Ergebnisse.	Ja	Ja
Der Bericht ist dafür geeignet eine Bewertung ohne weitere Berechnungen vornehmen zu können.	Ja	Ja
Die Simulation wird ohne Fehlermeldungen (Abbruch der Simulation) durchlaufen und zeigt keine Instabilitäten.	Ja	Ja
Es kommt nicht zum Auftritt eines Polschlupfes.	Ja	Ja
Wirk- und Blindleistungsverläufe aller EZE kehren nach dem Kurzschluss wieder auf ihre stationären Ausgangswerte zurück.	Ja	Ja
Zwischen P1.04 und P1.04.a tritt kein signifikanter Unterschied in Mit- und Gegensystem auf.	Ja	Ja
Zwischen P1.07 und P1.07.a tritt kein signifikanter Unterschied in Mit- und Gegensystem auf.	Ja	Ja
Es treten keine Oszillationen in den elektrischen Größen sowie dem Polradwinkel auf, oder die auftretenden Oszillationen verlaufen gedämpft.	Ja	Ja

Bewertung:	Die Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells wurde erfolgreich abgeschlossen. Die Netzkurzschlussleistung wurde auf 230 MVA eingestellt.
------------	---

## 5 Zusammenfassung

In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Nachweisführung aus Abschnitt 4, bestehend aus Validierung und Plausibilität, zusammengefasst:

Abschnitt	Anforderung	Bewertung
4.1	Nachbildung des Teststands	Erfüllt
4.2	Allgemeine Anforderungen an Modell und Modellbeschreibung	Erfüllt
4.3	Validierung der dynamischen Netzstützung	Erfüllt
4.4	Validierung des quasistationären Betriebs	Erfüllt
4.5	Validierung der Schutzeinrichtungen	Erfüllt
4.6	Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells	Erfüllt

Die in Abschnitt 3 beschriebenen Simulationsmodelle erfüllen die Anforderungen der VDE4110 und TR4.

Dabei sind die folgenden Hinweise, Auflagen und Einschränkungen zu beachten:

Hinweise für die Anwendung des Validierungsberichtes	<p>Das Modell wurde mit PowerFactory Version 2019 validiert.</p> <p>Die Plausibilitätsprüfung des Simulationsmodells erfolgte mit einer Netzkurzschlussleistung von 230 MVA.</p> <p>Der Überstromschutz und der <math>\cos \varphi</math>-Schutz (Eigenschutz) wurden nicht plausibilisiert.</p> <p>Im Modell des HBG 70 entspricht der Block „Protection“ dem Block „Grid Protection“ aus der Modelldokumentation.</p>
Einschränkungen des Validierungsberichtes	<p>Die Simulationsmodelle aus Abschnitt 3.1 sind mit den Vermessungen der BHKW HBG 70 und HBG 430 validiert (Beschreibung der BHKW siehe Abschnitt 3.1). Eine Übertragung der Ergebnisse auf weitere BHKW der SH-Produktfamilie wird in diesem Bericht nicht behandelt und muss separat erfolgen.</p>

---

M. Berghaus  
*Bewerter*

---

C. Unterschemmann  
*Evaluierer*