

**Richtlinien für den Konformitätsnachweis von bidi-
rektionalen Energiesystemen in Österreich: Doku-
mentationsteil**

RKB-AT:

Typ C

**(Maximalkapazität ≥ 35 MW und < 50 MW und Nennspan-
nung < 110 kV)**

Version 2.0
gültig ab 13.08.2026

Dokumenten-Historie

Version	Veröffentlichung	Inkrafttreten	verantwortlich	Anmerkungen
2.0	13.08.2026	13.08.2026	Oesterreichs Energie	Erstausgabe nach Dokumentenaufspaltung der bisherigen RKS-AT. Auf Basis der TOR Stromerzeugungsanlagen V1.4, TOR Verteilernetzanschluss V1.3.1, TOR Netze und Lasten mit Übertragungsnetzanschluss V1.1 und der derzeit vorliegenden Entwurfsversionen der geplanten Novellierungen der Verordnungen (EU) 2016/1388 und (EU) 2016/631

Die Richtlinien für den Konformitätsnachweis von bidirektionalen Systemen in Österreich (RKB-AT) stehen auf der Website von Oesterreichs Energie (oesterreichsenergie.at) zur allgemeinen Verfügung. Verweise auf die RKB-AT verstehen sich somit immer auf die jeweils aktuell geltende Version. Anwendung, Verwendung und jedes Zitieren der RKB-AT haben unter diesen Prämissen zu erfolgen. Die sich auf der Website von Oesterreichs Energie befindliche Version gilt als authentische Fassung der RKB-AT.

Für den Inhalt verantwortlich:

Österreichs E-Wirtschaft

Brahmsplatz 3

1040 Wien

E-Mail: RK@oesterreichsenergie.at

Inhaltsverzeichnis

Dokumenten-Historie	2
Inhaltsverzeichnis	3
A Anhang	4
A.1 Berechnung von Spannungen, Strömen, Wirkleistung und Blindleistung	4
A.2 Definition der Vorzeichen im Verbraucher- und Erzeugerzählpfeilsystem	8
A.3 Beispielvorlagen	9
A.3.1 Wirkleistungsanpassung bei Überfrequenz (LFSM-O)	9
A.3.2 Wirkleistungsanpassung bei Unterfrequenz (LFSM-U)	11
A.3.3 FRT-Fähigkeit	13
A.3.4 Wirkstrom- und Blindstromeinspeisung während und nach Netzfehlern	14
A.3.5 Blindleistungskapazität	14
A.3.6 Blindleistungskapazität (Konformitätssimulation)	16
A.3.7 Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung	23
A.3.8 Sollwertvorgabe und Umschaltung von $Q(U)$ -Kennlinien	24
A.3.9 Systemschutz	24

Folgende Punkte müssen bei der Durchführung der Prüfung dokumentiert werden:

- Beschreibung des verwendeten Prüfverfahrens inkl. Netzersatzdaten
- Referenzwirkleistung $P_{\text{ref},f\text{-Dämpfung}}$
- Referenzspannung $U_{\text{ref},f\text{-Dämpfung}}$
- Leistung zu Beginn des Tests $P_{\text{Beginn},f\text{-Dämpfung}}$
- Wirkleistung an den Klemmen
- Blindleistung an den Klemmen
- Alle Phasenströme an den Klemmen
- Alle Phasenspannungen an den Klemmen und am NAP
- Alle Außenleiterspannungen an den Klemmen und am NAP
- Frequenz der Frequenzschwingung

A Anhang

A.1 Berechnung von Spannungen, Strömen, Wirkleistung und Blindleistung

Dieses Kapitel soll als Erläuterung dienen, wie die Grundsicherungswerte im Mit-, Gegen- und Nullsystem der relevanten Größen aus den gemessenen Momentanwerten der Spannung und des Stroms bestimmt werden sollen.

Die in weiterer Folge beschriebenen Rechengesetze sind für Phase a ausgeführt und ist äquivalent für Phase b und c zu verwenden.

Ermittlung der Fourier-Koeffizienten der Grundsicherung:

$$u_{a,\cos} = \frac{2}{T} \cdot \int_{t-T}^t u_a(t) \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t) dt$$

$$u_{a,\sin} = \frac{2}{T} \cdot \int_{t-T}^t u_a(t) \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_1 \cdot t) dt$$

Ermittlung des Effektivwertes der Grundsicherung der Phasen-Neutralleiter Spannung:

$$U_{a1} = \sqrt{\frac{u_{a,\cos}^2 + u_{a,\sin}^2}{2}}$$

Ermittlung der Vektorkomponenten von Spannung und Strom im Mitsystem (+):

$$u_{1+,\cos} = \frac{1}{6} \cdot \left(2 \cdot u_{a,\cos} - u_{b,\cos} - u_{c,\cos} - \sqrt{3} \cdot (u_{c,\sin} - u_{b,\sin}) \right)$$

$$u_{1+,\sin} = \frac{1}{6} \cdot \left(2 \cdot u_{a,\sin} - u_{b,\sin} - u_{c,\sin} - \sqrt{3} \cdot (u_{b,\cos} - u_{c,\cos}) \right)$$

$$i_{1+,\cos} = \frac{1}{6} \cdot \left(2 \cdot i_{a,\cos} - i_{b,\cos} - i_{c,\cos} - \sqrt{3} \cdot (i_{c,\sin} - i_{b,\sin}) \right)$$

$$i_{1+,sin} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot i_{a,sin} - i_{b,sin} - i_{c,sin} - \sqrt{3} \cdot (i_{b,cos} - i_{c,cos}))$$

Ermittlung der Vektorkomponenten von Spannung und Strom im Gegensystem (-):

$$u_{1-,cos} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot u_{a,cos} - u_{b,cos} - u_{c,cos} - \sqrt{3} \cdot (u_{b,sin} - u_{c,sin}))$$

$$u_{1-,sin} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot u_{a,sin} - u_{b,sin} - u_{c,sin} - \sqrt{3} \cdot (u_{c,cos} - u_{b,cos}))$$

$$i_{1-,cos} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot i_{a,cos} - i_{b,cos} - i_{c,cos} - \sqrt{3} \cdot (i_{b,sin} - i_{c,sin}))$$

$$i_{1-,sin} = \frac{1}{6} \cdot (2 \cdot i_{a,sin} - i_{b,sin} - i_{c,sin} - \sqrt{3} \cdot (i_{c,cos} - i_{b,cos}))$$

Ermittlung der Vektorkomponenten von Spannung und Strom im Nullsystem (0):

$$u_{1,0,cos} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{2}} \cdot (u_{a,cos} + u_{b,cos} + u_{c,cos})$$

$$u_{1,0,sin} = \frac{-1}{3 \cdot \sqrt{2}} \cdot (u_{a,sin} + u_{b,sin} + u_{c,sin})$$

$$i_{1,0,cos} = \frac{1}{3 \cdot \sqrt{2}} \cdot (i_{a,cos} + i_{b,cos} + i_{c,cos})$$

$$i_{1,0,sin} = \frac{-1}{3 \cdot \sqrt{2}} \cdot (i_{a,sin} + i_{b,sin} + i_{c,sin})$$

Ermittlung der Wirk- und Blindleistung im Mitsystem (+):

$$P_{1+} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1+,cos} \cdot i_{1+,cos} + u_{1+,sin} \cdot i_{1+,sin})$$

$$Q_{1+} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1+, \cos} \cdot i_{1+, \sin} - u_{1+, \sin} \cdot i_{1+, \cos})$$

Ermittlung der Wirk- und Blindleistung im Gegensystem (-):

$$P_{1-} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1-, \cos} \cdot i_{1-, \cos} + u_{1-, \sin} \cdot i_{1-, \sin})$$

$$Q_{1-} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1-, \cos} \cdot i_{1-, \sin} - u_{1-, \sin} \cdot i_{1-, \cos})$$

Ermittlung der Wirk- und Blindleistung im Gegensystem (-):

$$P_{1-} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1-, \cos} \cdot i_{1-, \cos} + u_{1-, \sin} \cdot i_{1-, \sin})$$

$$Q_{1-} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1-, \cos} \cdot i_{1-, \sin} - u_{1-, \sin} \cdot i_{1-, \cos})$$

Ermittlung der Wirk- und Blindleistung im Nullsystem (0):

$$P_{1,0} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1,0, \cos} \cdot i_{1,0, \cos} + u_{1,0, \sin} \cdot i_{1,0, \sin})$$

$$Q_{1,0} = \frac{3}{2} \cdot (u_{1,0, \sin} \cdot i_{1,0, \cos} - u_{1,0, \cos} \cdot i_{1,0, \sin})$$

Ermittlung der Effektivwerte der Außenleiterspannungen im Mit-, Gegen- und Nullsystem:

$$U_{1+} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot (u_{1+, \cos}^2 + u_{1+, \sin}^2)}$$

$$U_{1-} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot (u_{1-, \cos}^2 + u_{1-, \sin}^2)}$$

$$U_{1,0} = \sqrt{3 \cdot (u_{1,0, \cos}^2 + u_{1,0, \sin}^2)}$$

Ermittlung der Wirk- und Blindströme im Mit-, Gegen- und Nullsystem:

$$I_{P1+} = \frac{P_{1+}}{\sqrt{3} \cdot U_{1+}}$$

$$I_{Q1+} = \frac{Q_{1+}}{\sqrt{3} \cdot U_{1+}}$$

$$I_{P1-} = \frac{P_{1-}}{\sqrt{3} \cdot U_{1-}}$$

$$I_{Q1-} = \frac{Q_{1-}}{\sqrt{3} \cdot U_{1-}}$$

$$I_{P1,0} = \frac{P_{1,0}}{\sqrt{3} \cdot U_{1,0}}$$

$$I_{Q1,0} = \frac{Q_{1,0}}{\sqrt{3} \cdot U_{1,0}}$$

Ermittlung der Leistungsfaktoren im Mit-, Gegen- und Nullsystem:

$$\cos(\varphi_{1+}) = \frac{P_{1+}}{\sqrt{P_{1+}^2 + Q_{1+}^2}}$$

$$\cos(\varphi_{1-}) = \frac{P_{1-}}{\sqrt{P_{1-}^2 + Q_{1-}^2}}$$

$$\cos(\varphi_{1,0}) = \frac{P_{1,0}}{\sqrt{P_{1,0}^2 + Q_{1,0}^2}}$$

A.2 Definition der Vorzeichen im Verbraucher- und Erzeugerzählpeilsystem

Folgend in Abbildung 1 ist die Definition der Vorzeichen für das Verbraucherzählpeilsystem zu sehen:

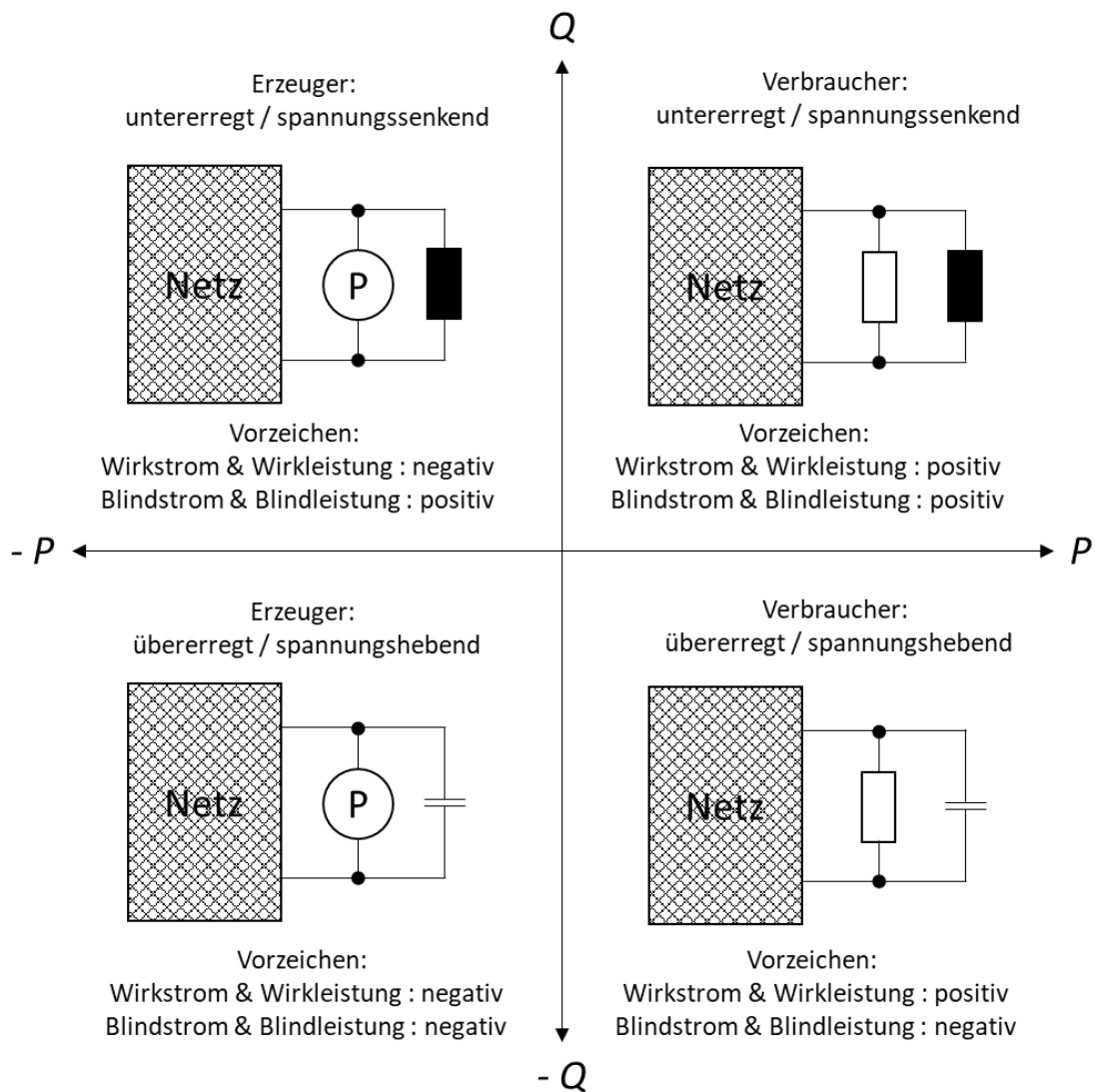


Abbildung 1: Definitionen für das Verbraucherzählpeilsystem (VZS)

Folgend in Abbildung 2 ist die Definition der Vorzeichen für das Erzeugerzählpfeilsystem zu sehen:

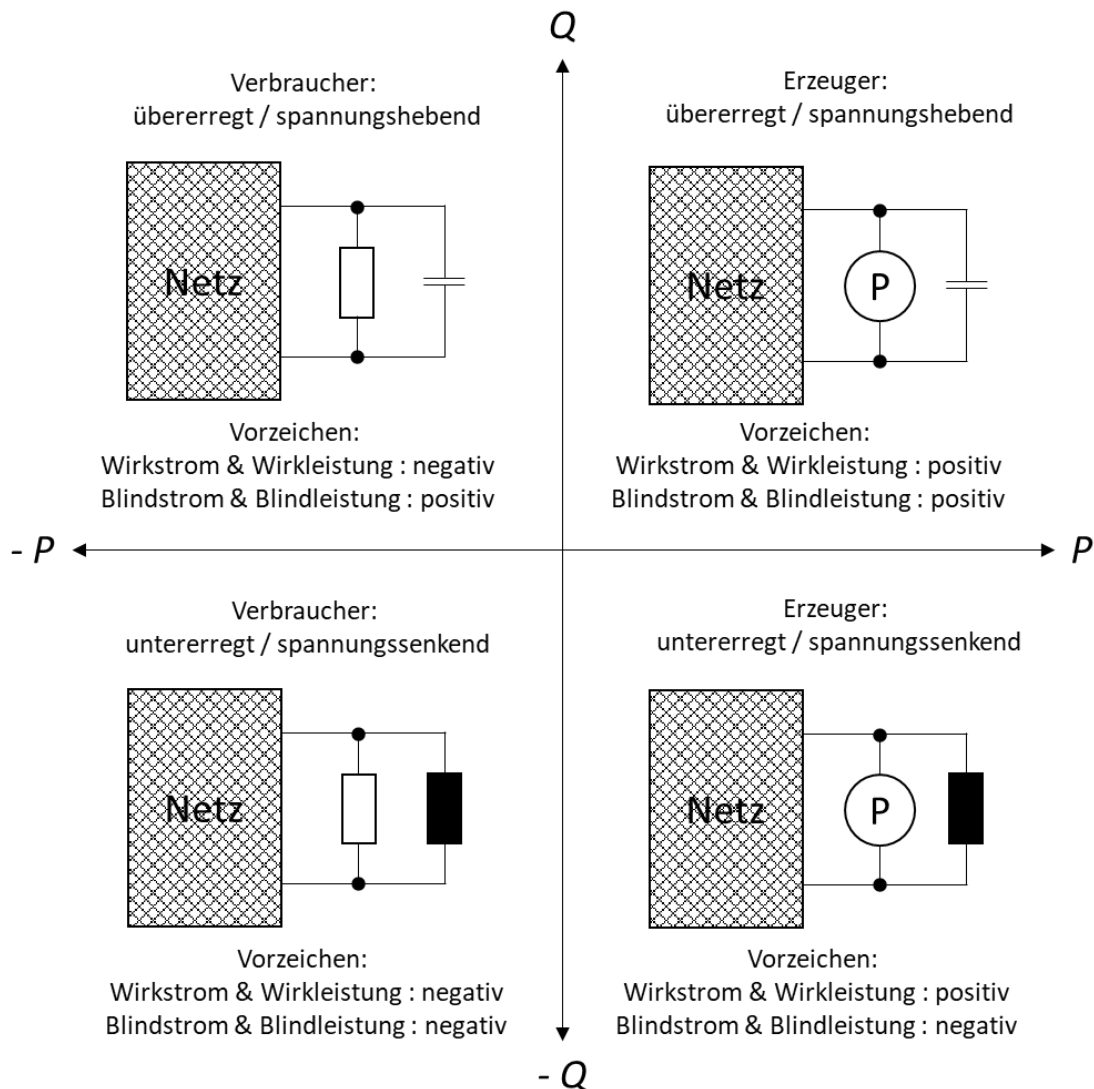


Abbildung 2: Definitionen für das Erzeugerzählpfeilsystem (EVS)

A.3 Beispielvorlagen

A.3.1 Wirkleistungsanpassung bei Überfrequenz (LFSM-O)

Die folgenden Messwerttabellen dienen als Vorlagebeispiel für den Test der Wirkleistungsanpassung bei Überfrequenz (LFSM-O).

Tabelle 1: Messtabelle zur Ermittlung der Referenzwirkleistung im LFSM-O Betrieb

Messpunkt	Frequenz	Referenzwirkleistung $P_{\text{ref,LFSMO}}$
---	Hz	MW
1	50,2	

Tabelle 2: Messtabelle zur Überprüfung der Soll- und Ist-Werte im LFSM-O Betrieb

Messpunkt	Frequenz soll	Frequenz ist	Wirkleistung soll		Wirkleistung ist
---	Hz	Hz	MW	Toleranz	MW
1	50,00 ± 0,05			± 5 % ΔP	
2	50,30 ± 0,05				
3	50,70 ± 0,05				
4	51,10 ± 0,05				
5	51,40 ± 0,05				
6	51,10 ± 0,05				
7	50,70 ± 0,05				
8	50,30 ± 0,05				
9	50,00 ± 0,05				

Tabelle 3: Messtabelle bidirektionale Systeme

Sprung	Statik soll	Statik ist	Gradient ist
---	%	%	% $P_{ref,LFSMO}/Hz$
1 auf 2	---	---	---
2 auf 3	5		
3 auf 4			
4 auf 5			
5 auf 6			
6 auf 7			
7 auf 8			
8 auf 9	---	---	---

.			
.			
.			

Tabelle 4: Messtabelle zur Ermittlung der Dynamik von bidirektionalen Systemen im LFSM-O Betrieb

Sprung	Verzögerungszeit $T_{Verzögerung, LFSMO}$	Anschwingzeit $T_{A, LFSMO}$	Einschwingzeit $T_{E, LFSMO}$
	s	s	s
1 auf 2	---	---	---
2 auf 3			
3 auf 4			
4 auf 5			
5 auf 6			

6 auf 7			
7 auf 8			
8 auf 9	---	---	---

Tabelle 5: Dokumentation der 10-s-Mittelwerte der Wirkleistung und der Frequenz im LFSM-O Betrieb

Stufe	Wirkleistung	Frequenz
	MW	Hz
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

A.3.2 Wirkleistungsanpassung bei Unterfrequenz (LFSM-U)

Die folgenden Messwerttabellen dienen als Vorlagebeispiel für den Test der Wirkleistungsanpassung bei Unterfrequenz (LFSM-U).

Tabelle 6: Messtabelle zur Ermittlung der Referenzwirkleistung im LFSM-U Betrieb

Messpunkt	Frequenz	Referenzwirkleistung $P_{\text{ref,LFSMU}}$
---	Hz	MW
1	49,8	

Tabelle 7: Messtabelle zur Überprüfung zwischen Soll- und Ist-Werten im LFSM-U Betrieb

Messpunkt	Frequenz soll	Frequenz ist	Wirkleistung soll		Wirkleistung ist
			MW	Toleranz	MW
1	50,0 ± 0,05			± 5 % ΔP	
2	49,70 ± 0,05				
3	49,30 ± 0,05				
4	48,90 ± 0,05				
5	48,60 ± 0,05				
6	48,90 ± 0,05				
7	49,30 ± 0,05				
8	49,70 ± 0,05				
9	50,00 ± 0,05				

Tabelle 8: Messtabelle für bidirektionale Systeme im LFSM-U Betrieb

Sprung	Statik soll	Statik ist	Gradient ist
---	%	%	% $P_{\text{ref,LFSMU}} / \text{Hz}$
1 auf 2	---	---	---
2 auf 3	5		
3 auf 4			
4 auf 5			
5 auf 6			
6 auf 7			
7 auf 8			
8 auf 9	---	---	---

.			
.			
.			

Tabelle 9: Messtabelle zur Ermittlung der Dynamik der bidirektionalen Systeme im LFSM-U Betrieb

Sprung	Verzögerungszeit $T_{\text{Verzögerung,LFSMU}}$	Anschwingzeit $T_{A,LFSMU}$	Einschwingzeit $T_{E,LFSMU}$
---	s	s	s
1 auf 2	---	---	---
2 auf 3			
3 auf 4			
4 auf 5			
5 auf 6			
6 auf 7			
7 auf 8			
8 auf 9	---	---	---

Tabelle 10: Dokumentation der 10-s-Mittelwerte der Wirkleistung und der Frequenz im LFSM-U Betrieb

Stufe	Wirkleistung	Frequenz
---	MW	Hz
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		

A.3.3 FRT-Fähigkeit

Tabelle 11: Allgemeine Daten zum Transformator

Bemessungsleistung	Übersetzungsverhältnis	Leerlaufverluste		Kupferverluste
S_r	U_{rTOS}/U_{rTUS}	P_0	I_0	P_{krT}
MVA	---	kW	%	kW

Tabelle 12: Vorfehlermesswerte für die Überprüfung der FRT-Fähigkeit im Mitsystem

Fehlerkurve	Leistung		Mitsystem Spannung	Mitsystem Wirkstrom	Mitsystem Blindstrom
	P_1	Q_1	U_1	$I_{r,1}$	$I_{b,1}$
	MW	Mvar	pu	pu	pu
1	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.

Tabelle 13: Vorfehlermesswerte für die Überprüfung der FRT-Fähigkeit im Gegensystem

Fehlerkurve	Leistung		Gegensystem Spannung	Gegensystem Wirkstrom	Gegensystem Blindstrom
	P_2	Q_2	U_2	$I_{r,2}$	$I_{b,2}$
	MW	Mvar	pu	pu	pu
1	.	.	.	.	.
2	.	.	.	.	.
3	.	.	.	.	.

	.	.	.	.	.
4	.	.	.	.	.
	.	.	.	.	.

A.3.4 Wirkstrom- und Blindstromeinspeisung während und nach Netzfehlern

A.3.4.1 Verhalten im Fehlerfall

Tabelle 14: Messwerttabelle für die Überprüfung der dynamischen Netzstützung

Verfahren der Netzstützung	Fehlerkurve	Referenzspannung $U_{\text{ref,dyn.NS}}$ kV	Strom			Eingestellter k-Faktor ---	Berechneter k-Faktor ---
			I_{soll} pu	I_{ist} pu	i_{diff} pu		

Tabelle 15: Dynamikwerte

Fehlerkurve	Verzögerungszeit $T_{\text{Verzögerung,dyn.NS}}$	Anschwingzeit $T_{\text{A,dyn.NS}}$	Einschwingzeit $T_{\text{E,dyn.NS}}$
---	ms	ms	ms

A.3.4.2 Wiederaufnahme der Leistungsabgabe nach Fehlerklärung

Tabelle 16: Messwerttabelle für die Wirkleistungswiederkehr

Fehlerkurve	Vorfehlerwert der Wirkleistung $P_{\text{VF,LW}}$	Wirkleistung zum Zeitpunkt der Fehlerklärung $P_{\text{F,LW}}$	Anschwingzeit $T_{\text{A,LW}}$
---	kW	kW	s

A.3.5 Blindleistungskapazität

Verwendung eines Netzsimulators / Prüfstandtest

Blindleistungskapazität bei Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Tabelle 17: Messwerttabelle für die Überprüfung der Blindleistungskapazität bei Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Mess- nummer	Geforderter Blindleistungsbereich: Bereich I/II/III				
	$P/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$Q/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$S/S_{\text{ref,Q-Test}}$	$U/U_{\text{ref,Q-Test}}$	$T_{\text{Q-Test}}$
	pu	pu	pu	pu	Min
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

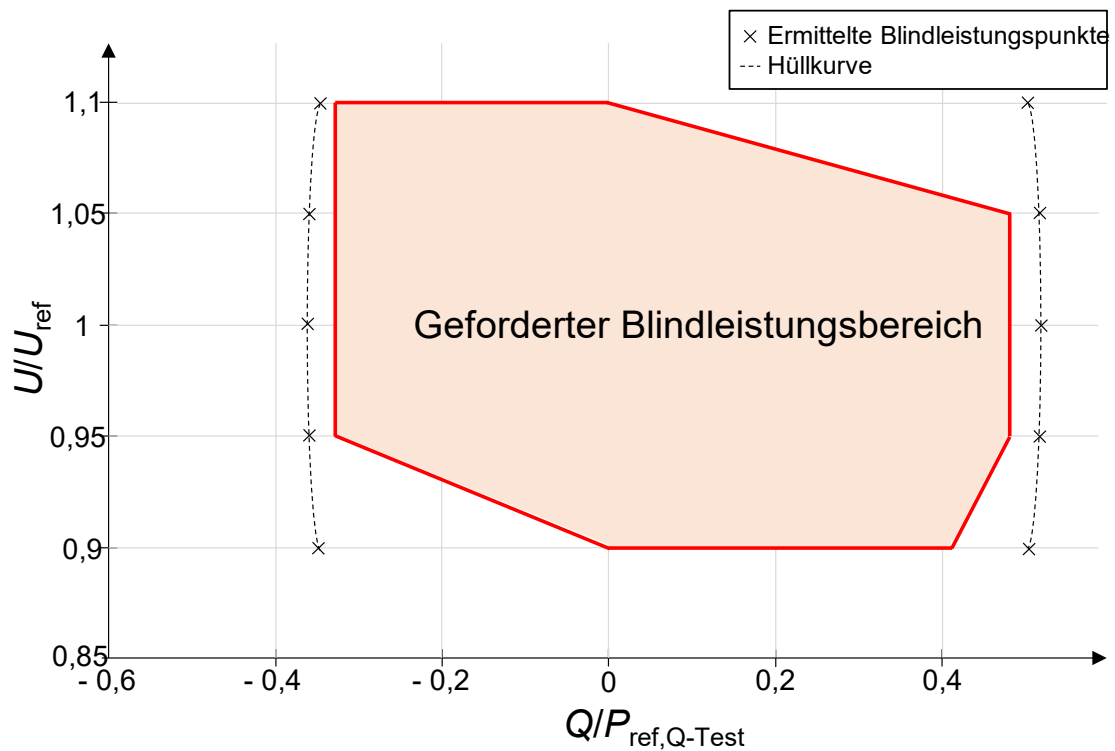


Abbildung 3: Beispielhafte grafische Auswertung bei der Überprüfung der Blindleistungskapazität bei Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Blindleistungskapazität unterhalb der Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Tabelle 18: Messwerttabelle für die Überprüfung des PQ-Diagramms bei Prüfstandtests unterhalb der Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Mess- nummer	Geforderter Blindleistungsbereich: Bereich I/II/III				
	$P/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$Q/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$S/S_{\text{ref,Q-Test}}$	$U/U_{\text{ref,Q-Test}}$	$T_{\text{Q-Test}}$
	pu	pu	pu	pu	Min
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Feldtest

Blindleistungskapazität bei und unterhalb der Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Tabelle 19: Messwerttabelle für die Überprüfung des PQ-Diagramms bei Feldtests bei und unterhalb der Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Mess- nummer	Geforderter Blindleistungsbereich: Bereich I/II/III				
	$P/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$Q/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$S/S_{\text{ref,Q-Test}}$	$U/U_{\text{ref,Q-Test}}$	$T_{\text{Q-Test}}$
	pu	pu	pu	pu	Min
1					
2					
3					
4					
5					
6					

A.3.6 Blindleistungskapazität (Konformitätssimulation)

Blindleistungskapazität bei Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Tabelle 20: Messwerttabelle für die Überprüfung der Blindleistungskapazität bei Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Messnummer	Geforderter Blindleistungsbereich: Bereich I/II/III			
	$P/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$Q/P_{\text{ref,Q-Test}}$	$S/S_{\text{ref,Q-Test}}$	$U/U_{\text{ref,Q-Test}}$
	pu	pu	pu	pu
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

10				
----	--	--	--	--

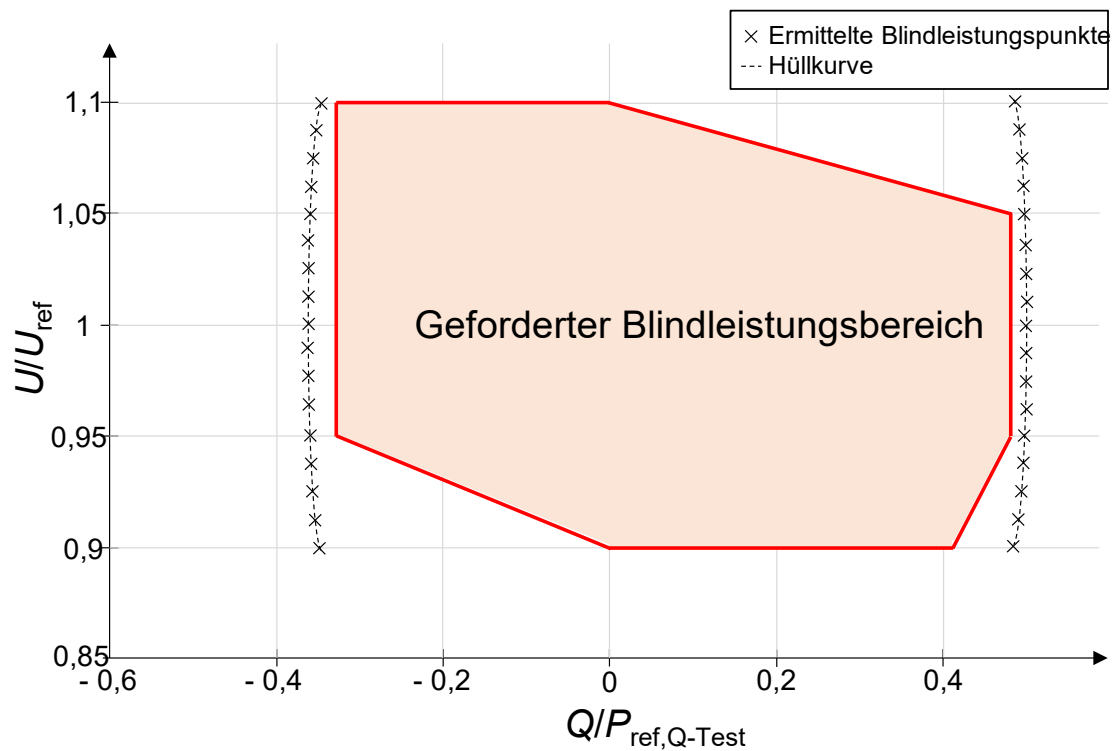


Abbildung 4: Beispielhafte grafische Auswertung bei der Überprüfung der Blindleistungskapazität bei Maximalkapazität

Blindleistungskapazität unterhalb der Maximalkapazität

Tabelle 21: Messwerttabelle für die Überprüfung des PQ-Diagramms bei Prüfstandstests unterhalb der Nennscheinleistung bzw. Maximalkapazität

Messnummer	Geforderter Blindleistungsbereich: Bereich I/II/III			
	$P/P_{ref,Q-Test}$	$Q/P_{ref,Q-Test}$	$S/S_{ref,Q-Test}$	$U/U_{ref,Q-Test}$
	pu	pu	pu	pu
1				
2				
3				
4				
5				
6				

A.3.6.1 Beispielvariante 1: Lineare Aufteilung der Längs-Gesamttransformatorverluste unter Vernachlässigung der Leerlaufverluste (Bestandsanlage aktiv) und überdimensionierten Blocktransformator

Gegeben ist eine Bestandsanlage mit einer Bemessungsleistung von $S_{rL, Bestand} = 430$ MVA, welche sich **im Betrieb** befindet. Der dazugehörige Blocktransformator wurde aufgrund betrieblicher Vorausplanung mit einer Bemessungsleistung von $S_{rT} = 450$ MVA ausgelegt.

Der Blocktransformator weist folgende Parameter auf:

- $S_{rT} = 450$ MVA
- $u_k = 13$ %
- $P_{Cu} = 900$ kW

Zur Bestandsanlage wird eine neues bidirektionales System mit einer Bemessungsleistung von $S_{rL, Neu} = 20$ MVA dazugebaut.

Die dazugehörige Topologie kann Abbildung 5 entnommen werden.

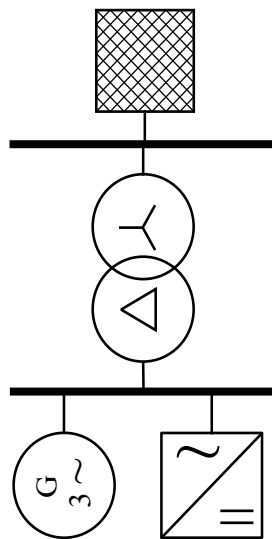


Abbildung 5: Beispieltopologie für lineare Aufteilung der Längs-Gesamtverluste eines Transformators bei aktiver Bestandsanlage

Der gesamte Blindleistungsbezug des Transformators im Bemessungsbetrieb kann wie folgt berechnet werden:

$$Q_{\text{Verluste}} = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{P_{Cu}}{S_{rT}}\right)^2} \cdot S_{rT} = \sqrt{0,13^2 - \left(\frac{900 \text{ kW}}{450 \text{ MVA}}\right)^2} \cdot 450 \text{ MVA} = 58,5 \text{ Mvar}$$

Aufgrund der Leistungsaufteilung gemäß den Bemessungsleistungen würden die Transformatorverluste wie folgt auf die Anlagen aufgeteilt werden:

$$\text{Bestandsanlage: } Q_{\text{Bestand}} = \frac{S_{rG,\text{Bestand}}}{S_{rT}} \cdot Q_{\text{Verluste}} = \frac{430 \text{ MVA}}{450 \text{ MVA}} \cdot 58,5 \text{ Mvar} = 55,9 \text{ Mvar}$$

$$\text{Neuanlage: } Q_{\text{Neuanlage}} = \frac{S_{rG,\text{Neu}}}{S_{rT}} \cdot Q_{\text{Verluste}} = \frac{20 \text{ MVA}}{450 \text{ MVA}} \cdot 58,5 \text{ Mvar} = 2,6 \text{ Mvar}$$

Somit muss die Neuanlage den aliquoten Blindleistungsbedarf des Transformators von 2,6 Mvar zur Erfüllung des Blindleistungsbereiches am Netzanschlusspunkt gemäß TOR VNA abdecken.

A.3.6.2 Beispielvariante 2: Aufteilung des Blindleistungsbedarfs des Blocktransformators bei inaktiver Bestandsanlage bzw. überdimensionierten Blocktransformator

Gegeben ist eine Bestandsanlage mit einer Bemessungsleistung von $S_{rL,\text{Bestand}} = 430 \text{ MVA}$, welche sich **außer Betrieb** befindet. Der dazugehörige Blocktransformator wurde aufgrund betrieblicher Vorausplanung mit einer Bemessungsleistung von $S_{rT} = 450 \text{ MVA}$ ausgelegt.

Der Blocktransformator weist folgende Parameter auf:

- $S_{rT} = 450 \text{ MVA}$
- $u_k = 13 \text{ \%}$
- $P_{Cu} = 900 \text{ kW}$
- $P_0 = 180 \text{ kW}$
- $I_0 = 0,2 \text{ \%}$

Zur Bestandsanlage wird ein neues bidirektionales System mit einer Bemessungsleistung von $S_{rL,\text{Neu}} = 20 \text{ MVA}$ dazugebaut.

Die dazugehörige Topologie kann Abbildung 6 entnommen werden.

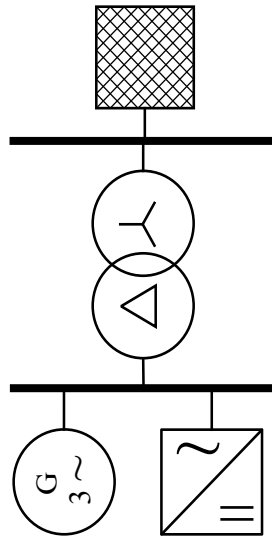


Abbildung 6: Beispieltopologie für lineare Aufteilung der Längs-Gesamtverluste eines Transformators bei inaktiver Bestandsanlage

Subvariante 1: Lineare Aufteilung der Längs-Gesamtverluste unter Vernachlässigung der Leerlaufverluste

Der gesamte Blindleistungsbezug des Transformators im Bemessungsbetrieb kann wie folgt berechnet werden:

$$Q_{\text{Verluste}} = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{P_{\text{Cu}}}{S_{\text{rT}}}\right)^2} \cdot S_{\text{rT}} = \sqrt{0,13^2 - \left(\frac{900 \text{ kW}}{450 \text{ MVA}}\right)^2} \cdot 450 \text{ MVA} = 58,5 \text{ Mvar}$$

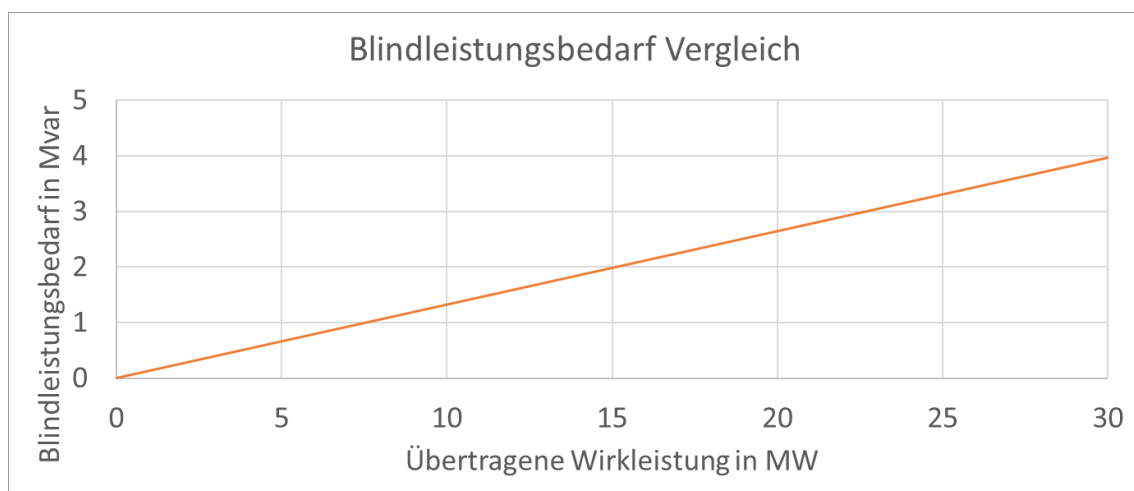


Abbildung 7: Lineare Aufteilung der Längs-Gesamttransformatorverluste

Aufgrund der Leistungsaufteilung gemäß den Bemessungsleistungen würden die Transformatorverluste wie folgt auf die Neuanlage aufgeteilt werden:

$$\text{Neuanlage: } Q_{\text{Neuanlage}} = \frac{S_{rG, \text{Neu}}}{S_{rT}} \cdot Q_{\text{Verluste}} = \frac{20 \text{ MVA}}{450 \text{ MVA}} \cdot 58,5 \text{ Mvar} = 2,6 \text{ Mvar}$$

Somit muss die Neuanlage den aliquoten Blindleistungsbedarf des Transformators von 2,6 Mvar zur Erfüllung des Blindleistungsbereiches am Netzanschlusspunkt gemäß TOR VNA abdecken. Die verbleibenden Transformatorverluste würden dann linear auf weitere Neuanlagen aufgeteilt werden.

Subvariante 2: Deckung der tatsächlich auftretenden Transformatorverluste'

Aufgrund des alleinigen Betriebs der Neuanlage sind die Leerlaufverluste dominant. Ein Ansatz ist die Deckung der gesamten Leerlaufverluste mit den tatsächlich auftretenden Leerlaufverlusten. Der

sich dabei ergebende Blindleistungsbedarf des Blocktransformators kann Abbildung 8 entnommen werden.

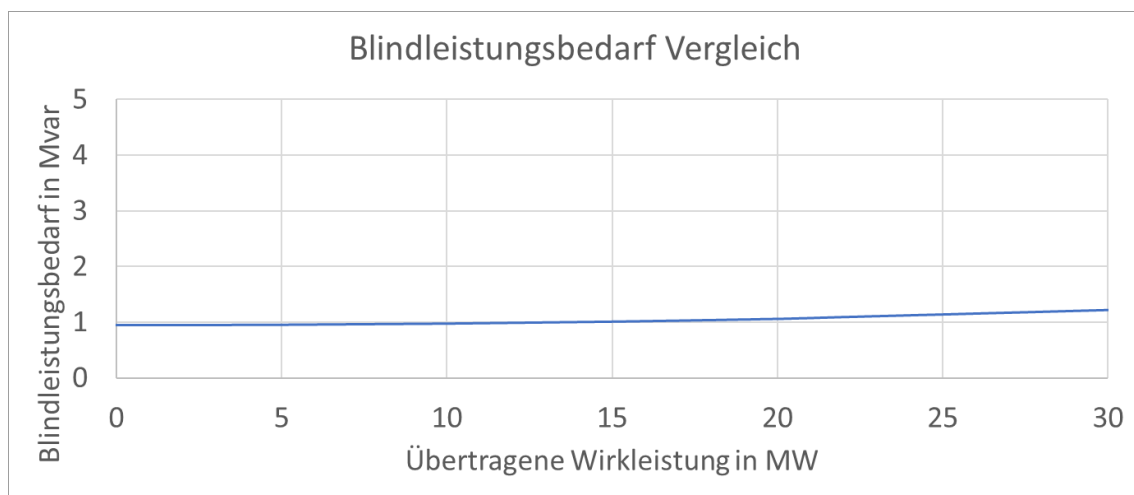


Abbildung 8: Lineare Aufteilung der Längs-Gesamttransformatorverluste unter Berücksichtigung der vollen Leerlaufverluste

Der Blindleistungsbedarf bei Einspeisung der Neuanlage mit $P_{\max}$ beträgt 1,1 Mvar. Somit muss die Neuanlage im Vergleich zur Subavriante 1 weniger Blindleistung liefern. Vorteilhaft ist diese Methode bei Erstanlagen. Für späterfolgende Anschlüsse müssen die Neuanlage einen größeren Blindleistungsbedarf abdecken, um in Summe den gesamten Blindleistungsbedarf decken zu können.

Subvariante 3: Deckung der tatsächlich auftretenden Transformatorverluste unter linearer Aufteilung der Leerlaufverluste

Unter dieser Methode werden die Leerlaufverluste des Transformators aliquot gemäß der Bemessungsleistung aufgeteilt. Die Längsverluste werden dabei als die tatsächlich aufgrund der Leistungseinspeisung auftretenden Verluste berücksichtigt, wie auch in Abbildung 9 dargestellt. Es ergibt sich somit ein Blindleistungsbedarf von 0,17 Mvar.

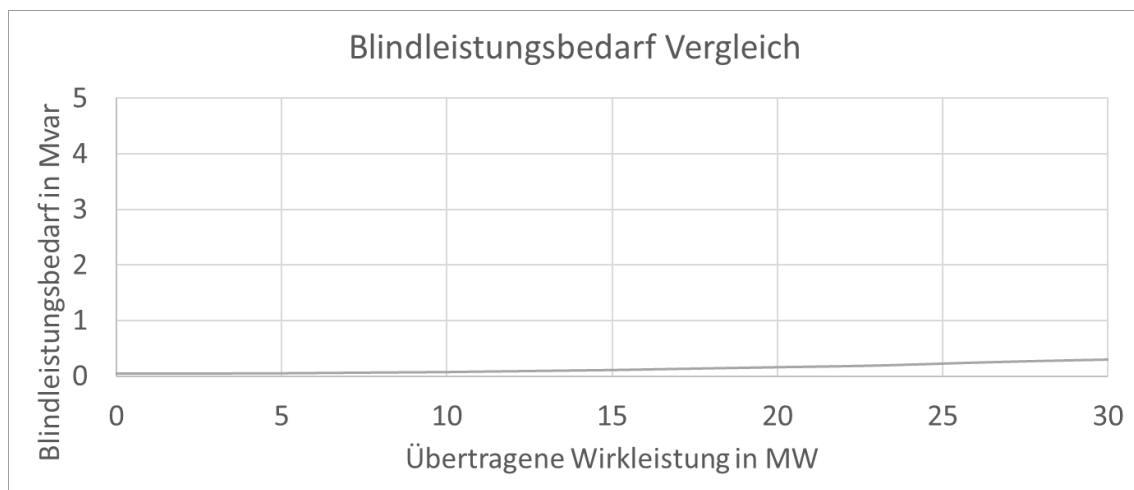


Abbildung 9: Lineare Aufteilung der Längs-Gesamttransformatorverluste und der Leerlaufverluste

Die Subvariante 3 erweist sich als best-case Methode für Erstanlagen, wodurch weitere Anlagen einen noch höheren Blindleistungsbedarf abdecken müssen als gemäß Subvariante 2.

In Abbildung 10 ist ein Vergleich der Subvarianten dargestellt.

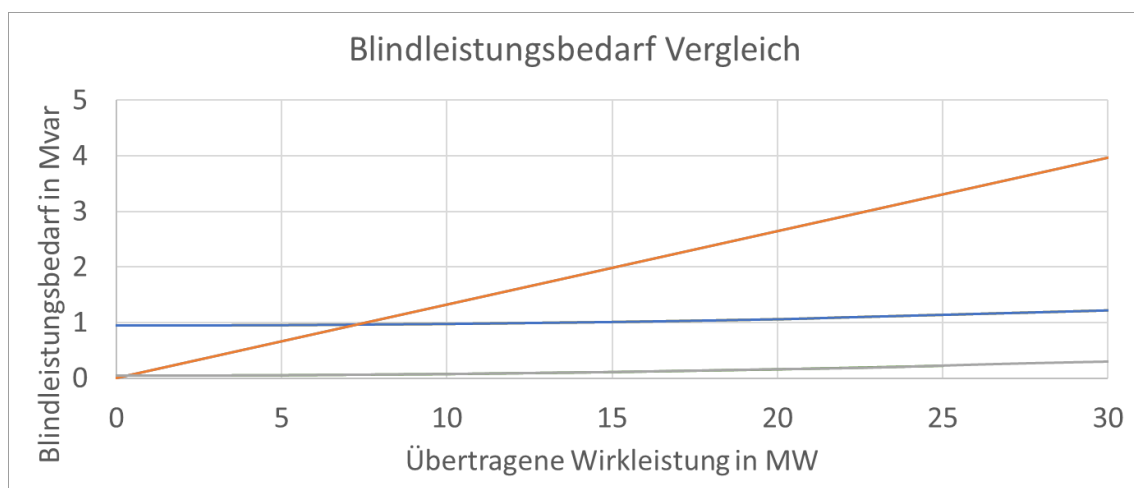


Abbildung 10: Vergleich der Subvarianten für Blindleistungsaufteilung von Mischanlagen

A.3.7 Verfahren zur Blindleistungsbereitstellung Fester Verschiebungsfaktor $\cos(\varphi)$ fix

Tabelle 22: Messwerttabelle für die Überprüfung des Blindleistungsbereitstellungsverfahrens $\cos \varphi$ fix

Mess- nummer	$\cos \varphi_{\text{Soll,QB}}$	$\cos \varphi$	$\Delta \cos \varphi_{\text{QB}}$	$P/P_{\text{ref,QB}}$	$Q/P_{\text{ref,QB}}$	$U/U_{\text{ref,QB}}$	$T_{\text{A,QB}}$	$T_{\text{E,QB}}$
	---	---	---	pu	pu	pu	s	s
1								
2								
.								
.								
.								

Verschiebungsfaktor-/Wirkleistungskennlinie $\cos \varphi(P)$

Tabelle 23: Messwerttabelle für die Überprüfung des Blindleistungsbereitstellungsverfahrens $\cos \varphi(P)$

Mess- nummer	$\cos \varphi_{\text{Soll,QB}}$	$\cos \varphi$	$\Delta \cos \varphi_{\text{QB}}$	$P/P_{\text{ref,QB}}$	$Q/P_{\text{ref,QB}}$	$U/U_{\text{ref,QB}}$	$T_{\text{A,QB}}$	$T_{\text{E,QB}}$
	---	---	---	pu	pu	pu	s	s
1								
2								
.								
.								
.								

Blindleistungs-/Spannungskennlinie $Q(U)$

Tabelle 24: Messwerttabelle für die dynamische Überprüfung des Blindleistungsbereitstellungsverfahrens $Q(U)$

Mess- num- mer	$Q_{\text{Soll,QB}}/P_{\text{ref,QB}}$	$Q_{\text{QB}}/P_{\text{ref,QB}}$	$\Delta Q_{\text{QB}}/P_{\text{ref,QB}}$	$P/P_{\text{ref,QB}}$	$U/U_{\text{ref,QB}}$	$T_{\text{A,QB}}$	$T_{\text{E,QB}}$
	pu	pu	pu	pu	pu	s	s
1							
2							
.							
.							
.							

Feste Blindleistung Q fix

Tabelle 25: Messwerttabelle für die Überprüfung des Blindleistungsbereitstellungsverfahrens $\cos \varphi$ fix

Mess- nummer	$Q_{\text{Soll,QB}} / P_{\text{ref,QB}}$ pu	$Q_{\text{QB}} / P_{\text{ref,QB}}$ pu	$\Delta Q_{\text{QB}} / P_{\text{ref,QB}}$ pu	$P / P_{\text{ref,QB}}$ pu	$U / U_{\text{ref,QB}}$ pu	$T_{\text{A,QB}}$ s	$T_{\text{E,QB}}$ s
1							
2							
.							
.							
.							

A.3.8 Sollwertvorgabe und Umschaltung von $Q(U)$ -Kennlinien

Tabelle 26: Beispielhafte Tabelle für die Referenzwerte bei der Überprüfung der Sollwertvorgabe

$U_{\text{ref,Sollwert}}$ kV	$P_{\text{ref,Sollwert}}$ MW	$Q_{\text{ref,Sollwert}}$ Mvar

Tabelle 27: Beispielhafte Auswertetabelle für die zu ermittelnden Größen bei der Überprüfung der Wirkleistungsvorgabe

$U / U_{\text{ref,Sollwert}}$ pu	$P / P_{\text{ref,Sollwert}}$ pu	$\frac{\Delta P}{\Delta t}$ % $P_{\text{ref,Sollwert}} / \text{Minute}$	$\Delta P / P_{\text{ref,Sollwert}}$ %
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	

Tabelle 28: Beispielhafte Auswertetabelle für die zu ermittelnden Größen bei der Überprüfung der Blindleistungsvorgabe

$U / U_{\text{ref,Sollwert}}$ pu	$Q / P_{\text{ref,Sollwert}}$ pu	$\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ % $Q_{\text{ref,Sollwert}} / \text{Minute}$	$\Delta Q / P_{\text{ref,Sollwert}}$ %
.	.	.	
.	.	.	
.	.	.	

A.3.9 Systemschutz

Tabelle 29: Beispielhafte Tabelle für die Referenzwerte bei der Überprüfung der Umschaltung auf ein spannungsstützendes Verfahren

$U_{\text{ref, Systemschutz}}$	$P_{\text{ref, Systemschutz}}$	Spannungsgrenze
kV	MW	pu

Tabelle 30: Beispielhafte Auswertetabelle für die zu ermittelnden Größen bei der Überprüfung der Umschaltung auf ein spannungsstützendes Verfahren

$U_{\text{Systemschutz}} / U_{\text{ref, Systemschutz}}$	$P_{\text{Systemschutz}} / P_{\text{ref, Systemschutz}}$	$U_{\text{Dummy}} / U_{\text{ref, Systemschutz}}$
pu	pu	pu
.	.	.
.	.	.
.	.	.