

Spannungseinbruchstests bei vorhergehender Blindleistungsfahrweise

Rainer Klosse, WindGuard Certification GmbH, Oldenburgerstr. 65, 26316 Varel,
r.klosse@windguard.de, www.windguard-certification.de

Version vom 21.06.2013, nach Verabschiedung der /FGW TR3/ Rev. 23

1	Änderung der FGW TR 3 von Rev. 22 auf Rev. 23.....	1
2	Ergänzung der FGW TR3.....	1
3	Hinweis zur Versuchsvorbereitung:	2
4	Erwartetes Verhalten.....	2
5	Netzanschlussregeln und Technische Richtlinien	8

1 Änderung der FGW TR 3 von Rev. 22 auf Rev. 23

Die /FGW TR3/ hat in ihrer aktuellen Revision, 2 LVRT-Versuche neu definiert, um das Verhalten der EZE bei Blindleistungsbetrieb vor dem Fehler nachweisen zu können. Die WindGuard Certification hat sich bei der Ausarbeitung und Formulierung der entsprechenden Textpassagen in der /FGW TR3/ beteiligt und möchte die zur optimalen Anwendung beitragen.

Mit diesen 2 neuen Versuchen sollen für induktiver (untererregter) und kapazitiver (übererregter) Blindleistungsfahrweise nachgewiesen werden, dass

- die LVRT-Fähigkeit der EZE gegeben ist
- die Regelgenauigkeit des Blindstroms zur Spannungsstützung (K-Faktor) hinreichend ist

Diese Messungen sollen zur Validierung der EZE-Modelle herangezogen werden. Diese Messungen wurden zunächst nur für den Teillastbetrieb vorgeschrieben, da sonst von einer zu starken Belastung des Netzes ausgegangen wurde.

2 Ergänzung der FGW TR3

„Der Test 3.1.2.a, siehe Tabelle 3“ zitat der /FGW TR3/ Rev. 23 „(3phasig, 0,45-0,55 U/U₀, Teillast, Ka=a) soll bei hinreichender untererregter (spannungssenkender) Fahrweise vor dem Spannungseinbruch durchgeführt werden. Der Versuch 4.1.2.a (3phasig, 0,70-0,80 U/U₀, Teillast, Ka=a) soll bei hinreichender übererregter (spannungshebender) Fahrweise vor dem Spannungseinbruch durchgeführt werden.“

Es wird empfohlen die Blindleistung vor dem Einbruch 0,33 Q/P_n (bei nur BDEW 0,10 Q/P_n) jeweils induktiv bzw. kapazitiv einzustellen. Die Einstellung muss mindestens 60 s vor Fehlereintritt erfolgen.

LVRT bei vorhergehender Blindleistungsfahrweise

Es wird empfohlen den K-Faktor ≈ 2 . Der K-Faktor soll aber im linearen Regelbereich der dynamischen Blindleistungsstützung liegen.“

3 Hinweis zur Versuchsvorbereitung:

Für Wind-EZE sollte der K-Faktor im Bereich 2 bis 3 liegen,
für EZE nach TC2007 K-Faktor = 2.

Bei sehr starren Netzen und bei Vorfehlerspannungen $U_0/U_n > 1,00$, kann der begrenzte Blindleistungsregelbereich von $I_q = 100\% I_n$ erreicht werden. Hier ist entweder der Testaufbau entsprechend anzupassen (geringfügig verändertes Impedanzverhältnis von Längs- zur Kurzschlussdrossel) oder die Vorfehlerspannung kann durch den Maschinentrafo verändert werden.

Bei sehr weichen Netzen kann aufgrund der Fahrweise eine unzulässige Spannung an den Anschlussklemmen der EZE entstehen. Hier kann ggf. durch den Stufensteller des Maschinentraros entgegengewirkt werden.

Die Stellung muss jedoch in allen Fällen dokumentiert werden.

4 Erwartetes Verhalten

Die Mindestkurzschlussleistung während eines LVRT-Versuches ist entsprechend /FGW TR3/ $S_{ks} \geq 3 P_n$. Häufig wird jedoch $S_{ks} \geq 5 P_n$ verwendet, um auch ausländische Gridcodes gleichzeitig erfüllen zu können.

Vor einem Spannungseinbruch kann nach /BDEW-MSR/ die Blindleistung auf EZA-Ebene zwischen $\cos \varphi = 0,95$ induktiv und kapazitiv liegen. Werden Versuche bei Teillast $0,3 P/P_n$ durchgeführt, liegt die Blindleistung bei ca. $0,1 Q/P_n$. („V“ förmiges Erscheinungsbild der P-Q Diagramme).

Vor einem Spannungseinbruch kann nach VDN Transmissioncode /TC2007/ die Blindleistung auf EZA-Ebene auch bei Teillastbetrieb außerhalb von $0,33 Q/P_n$ induktiv oder kapazitiv liegen. („Kastenförmiges“ Erscheinungsbild der P-Q Diagramme).

Exemplarisch kann die Spannungsanhebung an den Klemmen der EZE für den „worst case“ mit dem Netzimpedanzwinkel $\psi = 90^\circ$ berechnet werden, vergleiche /BDEW-MSR/ Gl.B. 1-4 und Gl.B. 1-5.

Bei diesem, theoretisch, rein induktivem Netz ($\psi = 90^\circ$) hat eine Wirkleistungseinspeisung keinen Einfluss auf die Spannungshebung. Die Spannungsänderung ist symmetrisch um die Netzspannung und wird bezogen auf diesen Test als „worst case“ betrachtet. Tabelle 1 zeigt Spannungsänderungen in Abhängigkeit der Kurzschlussleistung.

S_{ks}/P_n	3	3	5	5
Q/P_n	0,10 _{ind/cap}	0,33 _{ind/cap}	0,10 _{ind/cap}	0,33 _{ind/cap}
dU	± 3,3%	± 10,4%	± 2,0%	± 6,3%

Tabelle 1: Spannungsänderung durch statischer Einspeisung bei einem theoretischen Netzimpedanzwinkel von $\psi = 90^\circ$ bei unterschiedlichen Kurzschlussleistungen und Blindleistungsfahrweisen der EZE.

$$\Delta u_{a,induktiv} = \frac{S_{Amax} * (R_{kV} * \cos |\varphi| - X_{kV} * \sin |\varphi|)}{U^2} \quad \text{BDEW MSR Gl.B.1-4}$$

$$\Delta u_{a,kapazitiv} = \frac{S_{Amax} * (R_{kV} * \cos |\varphi| + X_{kV} * \sin |\varphi|)}{U^2} \quad \text{BDEW MSR Gl.B.1-5}$$

In den folgenden Diagrammen wird das Blindleistungsverhalten unter den verschiedenen Bedingungen dargestellt. Hierbei wird neben der Blindleistungseinspeisung und der verwendeten Netzanschlussregel auch die Vorfelerspannung variiert. Zur Orientierung wurden auch die Abschaltgrenzen des QU-Schutzes eingetragen. Während des Tests bei induktiver Vorfelersfahrweise ist ggf. der QU-Schutz, wenn er in der EZE integriert ist, zu deaktivieren, da dieser Versuch mit 950 ms länger als die üblichen Anreizeiten des QU-Schutzes von 500 ms ist (Test 3.1.2.a).

Weiter ist bei den Versuchen Test 4.1.2.a mit 0,70-0,80 U/U_0 , darauf zu achten, dass aufgrund der kapazitiven Vorfelersblindleistung die Spannung U_0/U_n nicht zu hoch steigt, da sonst schnell die Blindstrombegrenzung auf $I_q = I_n$ erreicht wird. Für den Versuch mit 0,33 Q/P_n ist tendenziell eine höhere Restspannungskonfiguration des Testsystems ebenfalls um hinreichenden Abstand zur Blindstrombegrenzung zu gewährleisten. Es kann sonst nicht unterschieden werden ob die Begrenzung bereits aktiv ist mit entsprechenden Tolleranzbereichen oder ob die k-Faktorregelung noch greift.

Bei der Interpretation der folgenden Diagramme in denen die absolute Restspannung gezeigt wird, ist auf den Unterschied zwischen der absoluten Restspannung U/U_n und der relativen Restspannung U/U_0 zu achten.

	Test Nr. 3		Test Nr. 4	
U/U_0	0,45	0,55	0,7	0,8
U_0/U_n				
0,9	0,405	0,495	0,63	0,72
1,0	0,450	0,550	0,70	0,80
1,1	0,495	0,605	0,77	0,88

Tabelle 2: Absolute Restspannung U/U_n in Abhängigkeit der Vorfelerspannung U_0/U_n

**Dynamische Blindstromstützung nach SDLWindV
bei $Q/P_n=0,33_{ind}$ ($\cos \varphi = 0,95$ bei $P=P_n$)**

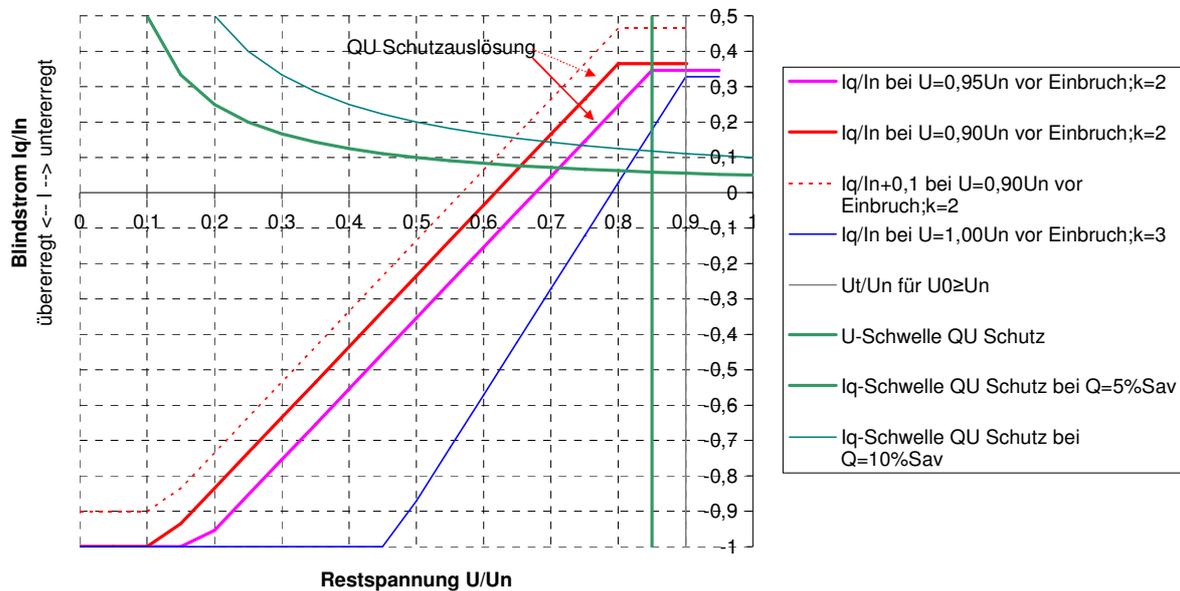


Abbildung 1: Wind EZE am HS Netz mit $Q/P_n=0,33_{ind}$

**Dynamische Blindstromstützung nach TC2007
 $Q/P_n=0,33_{ind}$ ($\cos \varphi = 0,95$ bei $P=P_n$)**

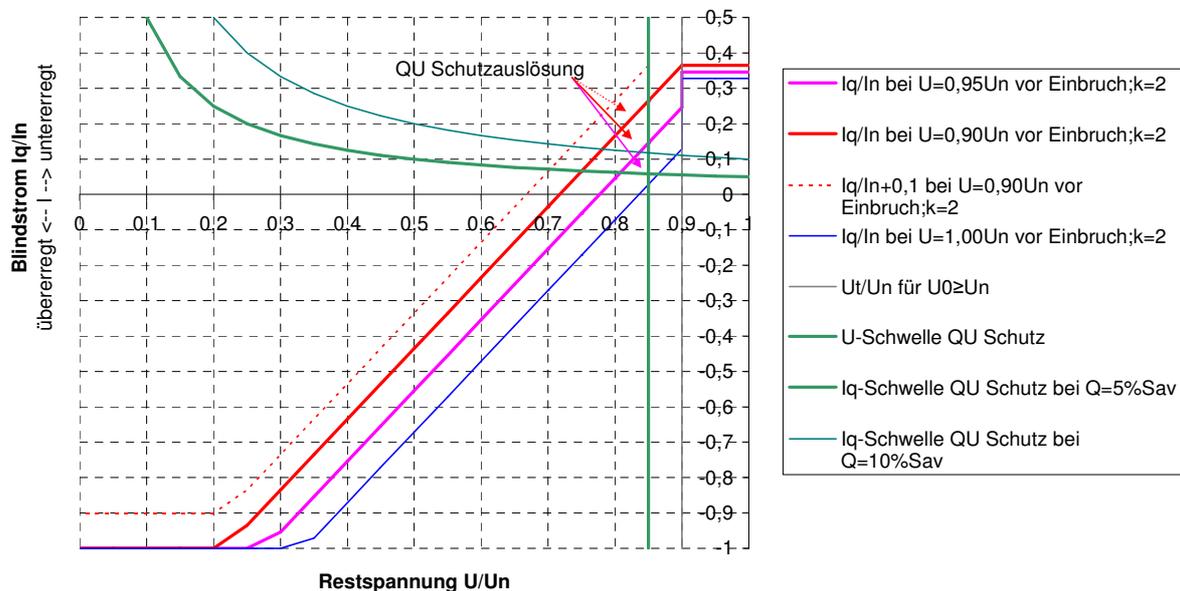


Abbildung 2: Nicht Wind EZE (z.B. PV) am HS Netz mit $Q/P_n=0,33_{ind}$

**Dynamische Blindstromstützung nach SDLWindV
bei $Q/P_n=0,33\text{cap}$ ($\cos \varphi = 0,95$ bei $P=P_n$)**

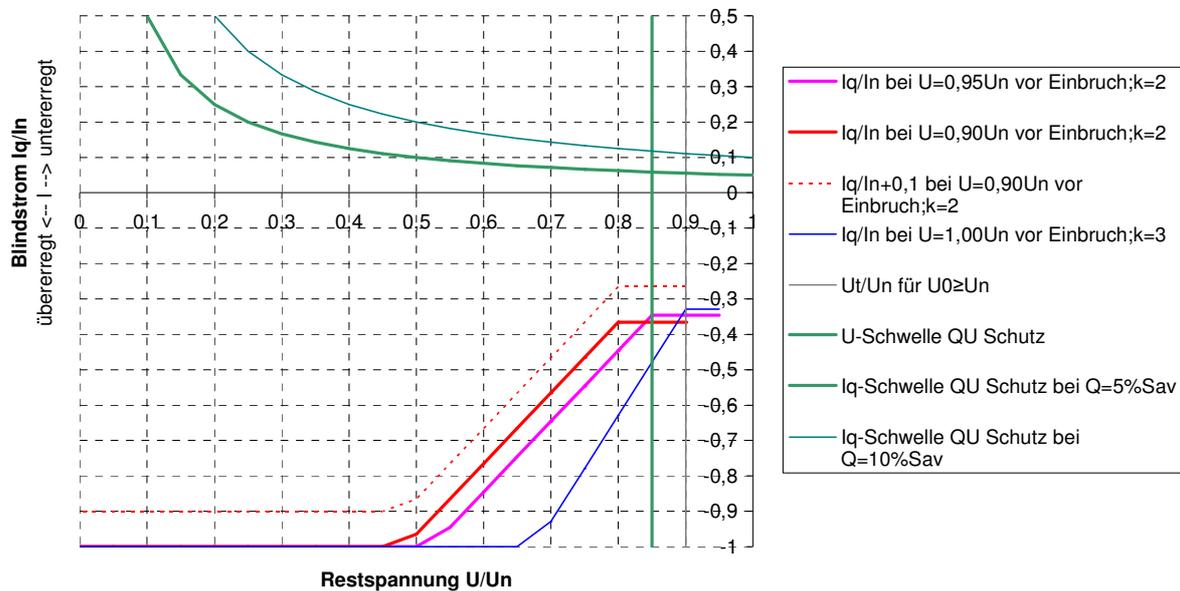


Abbildung 3: Wind EZE am HS Netz mit $Q/P_n=0,33\text{cap}$

**Dynamische Blindstromstützung nach TC2007
 $Q/P_n=0,33\text{cap}$ ($\cos \varphi = 0,95$ bei $P=P_n$)**

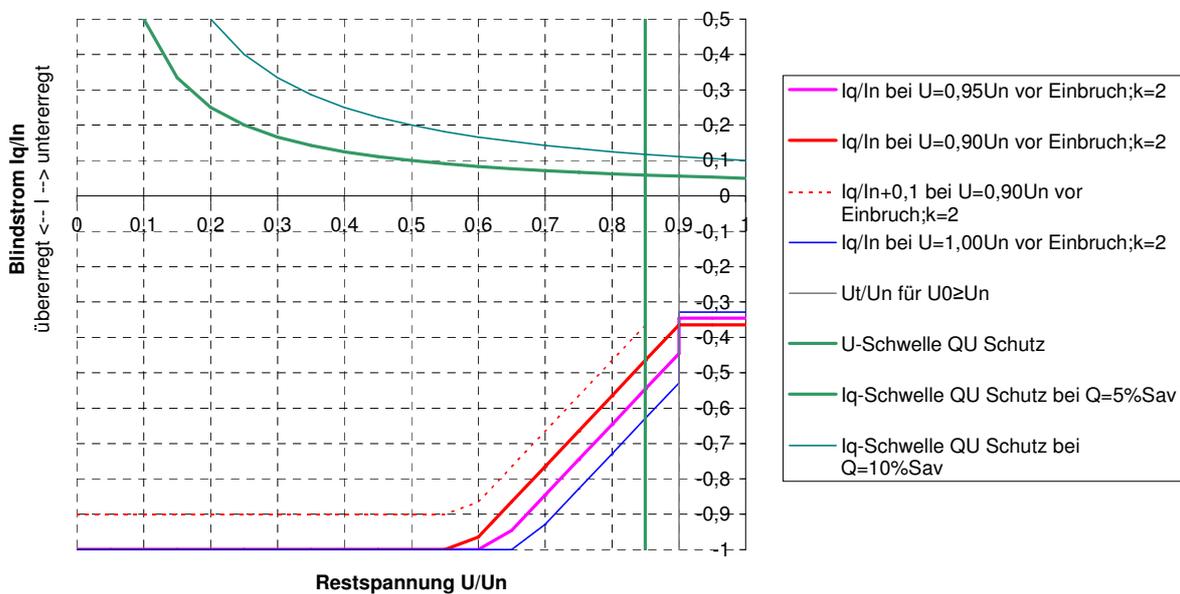


Abbildung 4: Nicht Wind EZE (z.B. PV) am HS Netz mit $Q/P_n=0,33\text{cap}$

**Dynamische Blindstromstützung nach SDLWindV
bei $Q/P_n=0,10$ ind ($\cos \varphi = 0,95$ bei $0,3P=P_n$)**

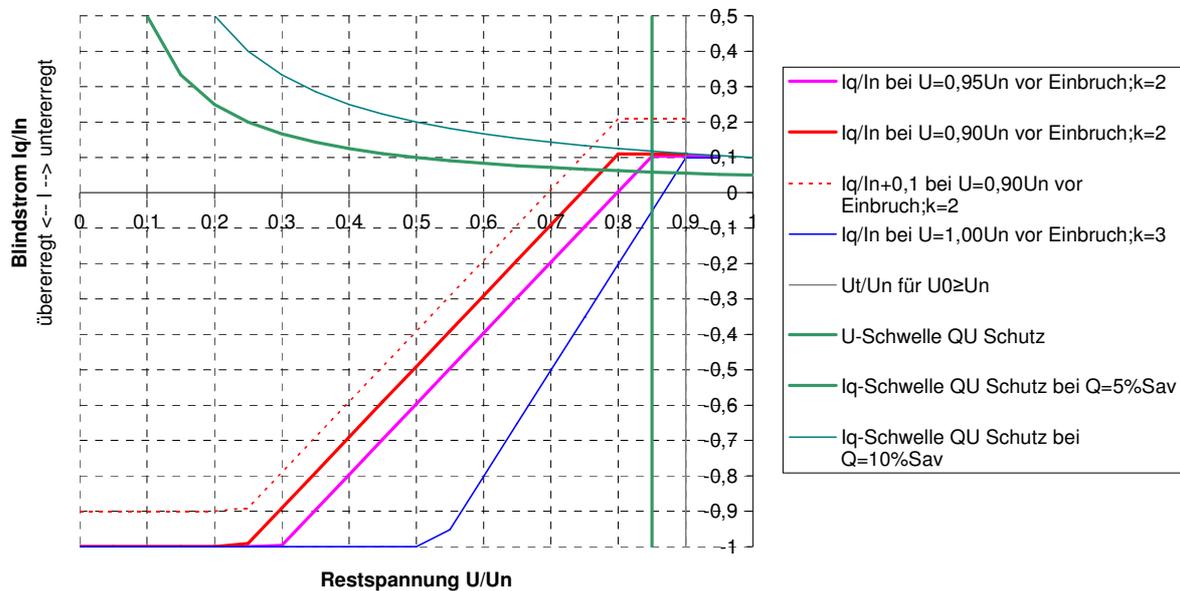


Abbildung 5: Wind EZE am MS Netz mit $\cos \phi = 0,95_{ind}$

**Dynamische Blindstromstützung nach TC2007
 $Q/P_n=0,10$ ind ($\cos \varphi = 0,95$ bei $0,3P=P_n$)**

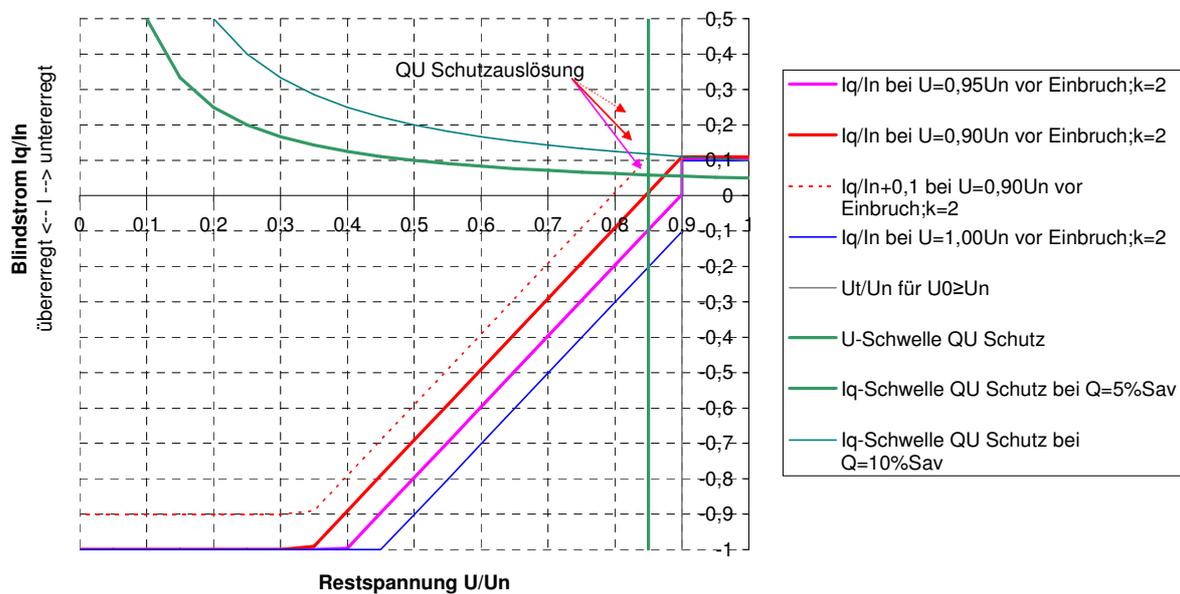


Abbildung 6: Nicht Wind EZE (z.B. PV) am MS Netz mit $\cos \phi = 0,95_{ind}$

**Dynamische Blindstromstützung nach SDLWindV
bei $Q/P_n=0,10_{cap}$ ($\cos \varphi = 0,95$ bei $0,3P=P_n$)**

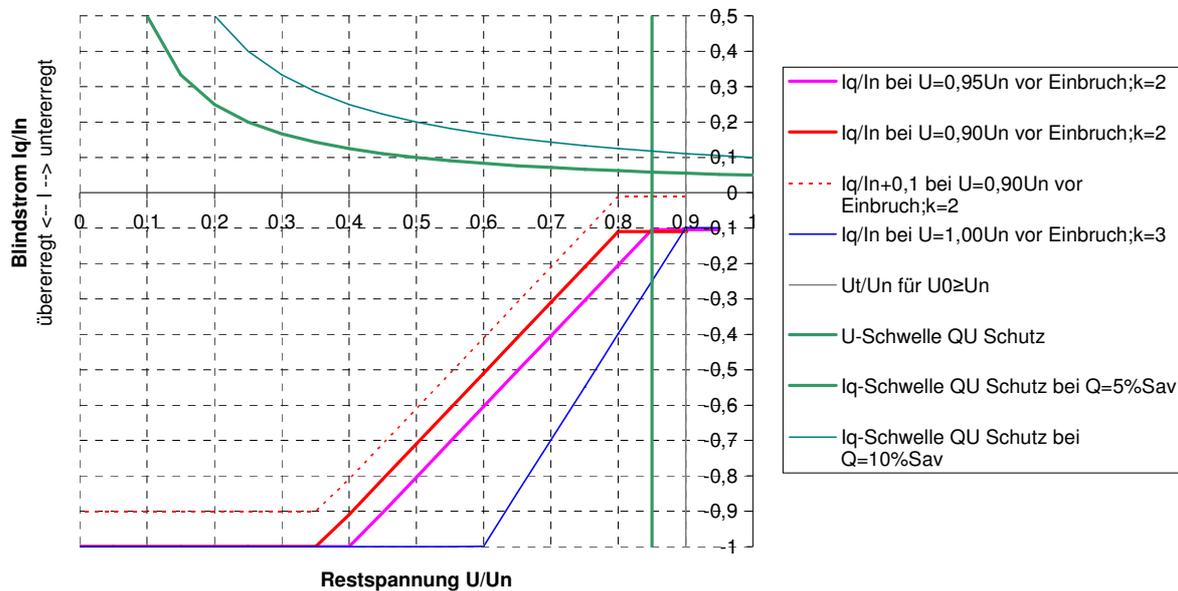


Abbildung 5: Wind EZE am MS Netz mit $\cos \phi = 0,95_{cap}$

**Dynamische Blindstromstützung nach TC2007
 $Q/P_n=0,10_{cap}$ ($\cos \varphi = 0,95$ bei $0,3P=P_n$)**

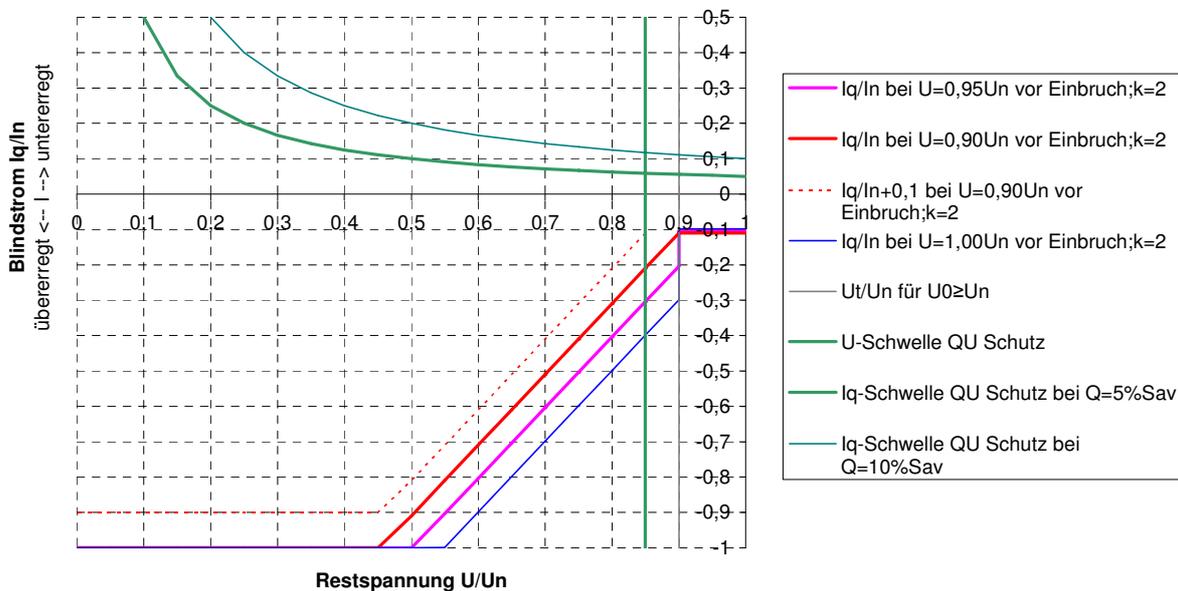


Abbildung 8: Nicht Wind EZE (z.B. PV) am MS Netz mit $\cos \phi = 0,95_{cap}$

5 Netzanschlussregeln und Technische Richtlinien

/FGW TR8/	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen Teil 8: Zertifizierung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten und -anlagen am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz, Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie und anderer Erneuerbaren Energien, FGW e.V. Revision 6 vom 01.05.2013 (FGW TR 8 Rev. 6)
/BDEW-MSR E2013/	Regelungen und Übergangsfristen für bestimmte Anforderungen in Ergänzung zur technischen Richtlinie (4. Ergänzung): Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz - Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz Ausgabe: Juni 2008 Veröffentlicht: 01. Januar 2013 Gültigkeit ab: 01. Januar 2013
/BDEW-MSR/	„Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz“ Richtlinie für den Anschluss und Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz; Stand: Ausgabe Juni 2008; mit Ergänzungen durch den FNN Frühjahr 2009 Hrsg.: BDEW (BDEW Mittelspannungsrichtlinie)
/TC2007/	TransmissionCode 2007; Stand: August 2007, Hrsg.: VDN
/FGW TR3/	Technische Richtlinien für Erzeugungseinheiten und -anlagen Teil 3: „Bestimmung der Elektrischen Eigenschaften von Erzeugungseinheiten am Mittel-, Hoch- und Höchstspannungsnetz“; Herausgeber: Fördergesellschaft Windenergie und anderer Erneuerbaren Energien, FGW e.V. Revision 23 vom 01.05.2013 (FGW TR 3 Rev. 23)
/IEC 61400-21/	IEC 61400-21 ed. 2, Wind turbine generator systems – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines