

	VDE-AR-N 4141-4	VDE
	Dies ist eine VDE-Anwendungsregel im Sinne von VDE 0022. Sie ist nach der Durchführung des vom VDE-Präsidium beschlossenen Genehmigungsverfahrens unter der oben angeführten Nummer in das VDE-Vorschriftenwerk aufgenommen und in der „etz Elektrotechnik + Automation“ bekannt gegeben worden.	FNN

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet.

ICS 29.240.01

Konsultationsbeiträge
bis 2026-08-19

Entwurf

Technische Regeln für den Betrieb und die Planung von elektrischen Netzen –

Teil 4: Blindleistungsaustausch zwischen Netzbetreibern

Technical rules for operation and planning of electrical networks –
Part 4: Exchange of reactive power between grid operators

Règles techniques pour l'opération et la planification des réseaux électriques –
Partie 4: Échange de puissance réactive entre gestionnaires de réseau

Anwendungswarnvermerk

Dieser Entwurf für eine VDE-Anwendungsregel mit Erscheinungsdatum 2026-06-19 wird öffentlich konsultiert.

Weil das beabsichtigte Dokument von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des VDE-Verlags unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an fnn@vde.com in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.vde.com/fnn-stellungnahme abgerufen werden.

Der VDE behält sich vor, die eingegangenen Stellungnahmen auf der Internetseite des VDE (www.vde.com/fnn) zu veröffentlichen. Soweit in den übermittelten Dokumenten personenbezogene Daten (z. B. Namen, Telefonnummern, E-Mail-Adressen mit Namen als Bestandteilen) enthalten sind, wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es der einsendenden Stelle obliegt, entweder eine Einwilligung des Betroffenen in die Veröffentlichung seiner personenbezogenen Daten einzuholen oder zusätzlich eine für die Veröffentlichung bestimmte Fassung zu übersenden, in der die personenbezogenen Daten geschwärzt sind. Entsprechendes gilt, soweit in den übermittelten Stellungnahmen Betriebs- oder Geschäftsgeheimnisse enthalten sind.

Es wird gebeten, mit den Konsultationsbeiträgen zu diesem Entwurf für eine VDE-Anwendungsregel jegliche relevanten Patentrechte, die bekannt sind, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 43 Seiten

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e. V.

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser VDE-Anwendungsregel ist

Für die Umsetzung der Anforderungen folgender Abschnitte gilt die jeweils angegebene Übergangsfrist:

Abschnitt [5.2.1] "Schnittstelle Übertragungsnetz zum Verteilnetz,, – zwei Jahre ab Inkrafttreten der Anwendungsregel

Abschnitt [5.2.2] "Schnittstelle zwischen zwei Verteilnetzen,, – bis 31.08.2026

Abschnitt [6.3] "Kurzfrist-Planung zum Blindleistungsaustausch,, – drei Jahre ab Inkrafttreten der Anwendungsregel

Abschnitt [6.4] "Bereitstellung von Blindleistung im Echtzeit-Betrieb,, – zwei Jahre ab Inkrafttreten der Anwendungsregel

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	5
Einführung.....	6
1 Anwendungsbereich.....	7
2 Normative Verweisungen.....	7
3 Begriffe und Abkürzungen.....	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Abkürzungen.....	9
4 Grundsätze und Allgemeines.....	10
4.1 Aufgaben der Netzbetreiber.....	10
4.2 Grundsätze für die Bereitstellung von Blindleistung zwischen Netzbetreibern.....	10
4.3 Besondere Rolle des Anschlussnetzbetreibers.....	11
4.4 Rollen bei der Blindleistungsbereitstellung.....	11
5 Voraussetzungen und Anforderungen.....	12
5.1 Aggregationsgebiete.....	12
5.2 Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch im Normalbereich.....	12
5.2.1 Schnittstelle Übertragungsnetz zum Verteilnetz.....	13
5.2.2 Schnittstelle zwischen zwei Verteilnetzen.....	13
5.3 Spannungshaltung.....	14
5.3.1 Grenzwerte für die Spannung.....	14
5.3.2 Anforderungen an die Spannungshaltung.....	16
5.3.3 Einbezug der Stufensteller an Transformatoren.....	16
5.4 Vorzeichendefinition für die Blindleistung.....	16
5.5 Umgang mit Verlusten bei der Blindleistungsbereitstellung.....	16
5.6 Anforderungen an die Zählung am Netzverknüpfungspunkt.....	17
5.7 Statische und dynamische Blindleistung.....	17
5.7.1 Statische Blindleistung.....	17
5.7.2 Dynamische Blindleistung.....	17

5.7.3	Bedeutung von statischer und dynamischer Blindleistung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern.....	17
5.8	Schutzkonzepte.....	18
6	Verfahren zur gegenseitigen Bereitstellung von Blindleistung.....	18
6.1	Allgemeines.....	18
6.2	Langfrist-Planung zum Blindleistungsaustausch.....	20
6.2.1	Planerische Bestimmung der eigenen Blindleistungsbedarfe und der Blindleistungspotenziale.....	21
6.2.2	Optionen zur Deckung des Blindleistungsbedarfs im eigenen Netz.....	22
6.2.3	Abstimmung mit anderen Netzbetreibern.....	22
6.3	Kurzfrist-Planung zum Blindleistungsaustausch.....	23
6.3.1	Vorschau der Blindleistungsbedarfe und -potenziale.....	23
6.3.2	Ablauf der Kurzfrist-Planung.....	24
6.3.3	Anforderungen an die Datenmeldungen in der Kurzfrist-Planung.....	25
6.4	Bereitstellung von Blindleistung im Echtzeit-Betrieb.....	25
6.4.1	Allgemeines.....	25
6.4.2	Echtzeit-Blindleistungsaustausch innerhalb der Grenzwerte für den Normalbereich.....	26
6.4.3	Gesicherter Echtzeit-Blindleistungsaustausch auf Basis von vereinbarter Vorhalteleistung.....	26
6.4.4	Ungesicherter Blindleistungsaustausch auf Basis von gemeldetem Blindleistungspotenzial.....	26
6.4.5	Abruf von ungesicherter oder gesicherter Blindleistung.....	27
6.4.6	Notfall-Abruf von Blindleistung.....	27
6.4.7	Training des Abrufs und der Bereitstellung von Blindleistung.....	28
7	Maßnahmen bei spannungskritischen Situationen.....	28
7.1	Allgemeines zu spannungskritischen Situationen.....	28
7.1.1	Ursachen für Spannungsprobleme.....	28
7.1.2	Netzzusammenbruch wegen Spannungsproblemen.....	28
7.1.3	Einfluss von Transformatorstufungen.....	29
7.2	Erkennen von spannungskritischen Situationen.....	29
7.3	Maßnahmen zur Rückführung der Spannung in das Betriebsspannungsband.....	29
7.3.1	Manuelle netzbezogene Maßnahmen.....	29
7.3.2	Manuelle marktbezogene Maßnahmen.....	30
7.3.3	Manuelle Notfall-Maßnahmen.....	30
7.3.4	Automatische Maßnahmen	30
8	Kommunikationsschnittstelle und Informationsaustausch.....	30
8.1	Grundsätze und Anforderungen.....	30
8.2	Daten- und Informationsumfang.....	30
8.3	Datenwege.....	31
8.4	Datenformate.....	31
8.5	Kommunikationstests.....	32
	Anhang A (informativ) Planerische Grundlagen für die Bestimmung des Blindleistungsbedarfs und der Bedarfsdeckung.....	33

Anhang B (normativ) Methodenbeschreibung zur Ermittlung des Blindleistungsbedarfs.....	35
Anhang C (normativ) Netzplanerischer Ansatz zur Ermittlung von Normalbereichsgrenzen zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber.....	37
Anhang D (normativ) Schutz von Blindleistungspotenzialen bei Abregelung von Erzeugungsanlagen.....	39
Anhang E (informativ) Optimierungsverfahren für den Blindleistungseinsatz in MS-Netzen.....	40
Anhang F (informativ) Beschreibung eines Blindleistungsmanagement für Leitsysteme bei Verteilnetzbetreiber.....	41
Literaturhinweise	43
Bilder	
Bild 1 – Definition der Grenzen des Normalbereiches je Netzverknüpfungspunkt zwischen zwei Verteilnetzbetreibern, sofern keine bilaterale Vereinbarung getroffen wurde (Bild unmaßstäblich).....	14
Bild 2 – Spannungsgrenzwertkonzept.....	15
Bild 3 – Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Arten des Blindleistungsaustauschs für ein Aggregationsgebiet zu vier verschiedenen Beispiel-Zeitpunkten.....	18

Vorwort

Dieses Dokument wurde vom Forum Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) erarbeitet und wird der Öffentlichkeit zur Stellungnahme vorgelegt.

Für dieses Dokument ist die vom Lenkungskreis Systemfragen und Netzcodes gegründete Projektgruppe „Spannungshaltung/ Blindleistungsmanagement“ des Forums Netztechnik/Netzbetrieb im VDE (FNN) zuständig.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrecht berühren können. VDE ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Diese Anwendungsregel beschreibt den Stand der Technik zum Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung. Trotz besonderer Sorgfalt bei der Verfassung der Anwendungsregel wird eine Haftung des VDE und der Autoren für Gesundheits- und Sachschäden, die durch die Anwendung entstehen könnten, ausgeschlossen.

Einführung

Eine stabile Netzspannung ist eine wesentliche Voraussetzung für einen sicheren und effizienten Betrieb der elektrischen Energieversorgungsnetze. Dafür sind die Einhaltung von Grenzwerten für die Spannung und eine lokal möglichst ausgeglichene Blindleistungsbilanz zu gewährleisten.

Die Spannungshaltung und das Blindleistungsmanagement obliegt den jeweiligen Netzbetreibern innerhalb ihrer Netzgebiete.

Für die Schnittstelle zwischen zwei Netzen sind beide Netzbetreiber gemeinsam verantwortlich, die Spannungshaltung und den Blindleistungsaustausch sinnvoll zu planen und die Schnittstelle zu betreiben. Dabei gilt das Kooperationsgebot gemäß § 11 Abs. 1 Sätze 3 u. 4 EnWG [1].

Die Vorgaben für die marktgestützte Beschaffung der „Dienstleistung Spannungsregelung“ nach § 12h EnWG [1] sind beim Blindleistungsmanagement zu berücksichtigen.

In dieser Anwendungsregel ist bestimmt, wie Blindleistung zwischen zwei direkt aneinander angrenzenden Netzbetreibern an ihrer Schnittstelle ausgetauscht wird. Dazu gehören die gemeinsame langfristige Planung, die kurzfristige Betriebsplanung und die Bereitstellung im operativen Betrieb.

Die Anwendungsregel beschreibt neben den Grundsätzen der Zusammenarbeit, die Voraussetzungen und die Vorbereitungen für den Austausch von Blindleistung, das Verfahren der Bedarfsermittlung und Berücksichtigung der Spannungshaltung beim Blindleistungsmanagement.

1 Anwendungsbereich

Diese Anwendungsregel beschreibt die Zusammenarbeit von Netzbetreibern bei der Spannungshaltung und beim Blindleistungsmanagement für die gemeinsam betriebene Schnittstelle zwischen ihren Netzen zur Aufrechterhaltung des sicheren und effizienten Systembetriebs.

Diese Anwendungsregel richtet sich an Übertragungsnetzbetreiber, sowie Verteilnetzbetreiber und gilt für die Schnittstellen

- zwischen Übertragungs- und Verteilnetzen oder
- zwischen Verteilnetzen, sofern die Schnittstelle in der Netzebene Mittelspannung oder höher liegt, oder
- einem geschlossenen Verteilnetz und einem Übertragungs- oder Verteilnetz der öffentlichen Versorgung, sofern die Schnittstelle in der Netzebene Mittelspannung oder höher liegt, oder
- es an entsprechenden Stellen in der Anwendungsregel explizit benannt ist.

Der Anwendungsbereich dieser Anwendungsregel gilt hinsichtlich betrieblicher Anforderungen für bestehende und neue Netze.

Anforderungen an die Planung und den Betrieb von am Netz angeschlossenen Anlagen sind nicht in dieser Anwendungsregel beschrieben, sondern in den Technischen Anschlussregeln des VDE-FNN geregelt.

Für Schnittstellen zwischen Netzbetreibern in Spannungsebenen, an die sich diese Anwendungsregel nicht richtet, wird die Umsetzung ganz oder in Teilen ebenfalls empfohlen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

VDE-AR-N 4141-1:2019-01, *Technische Regeln für den Betrieb und die Planung von elektrischen Netzen – Teil 1: Schnittstelle Übertragungs- und Verteilnetze*

VDE-AR-N 4141-2:2022-09, *Technische Regeln für den Betrieb und die Planung von elektrischen Netzen – Teil 2: Schnittstellen zwischen Verteilnetzen*

VDE-AR-N 4400:2024:12, *Messwesen Strom (Metering Code)*

VDE-AR-N 4140:2025-05, *Kaskadierung von Maßnahmen für die Systemsicherheit*

VDE-AR-N 4142:2020-04, *Automatische Letztmaßnahmen zur Vermeidung von Systemzusammenbrüchen*

EU-Verordnung 2016/1388 vom 17. August 2016, Festlegung eines Netzkodex für den Lastanschluss [DCC]

EU-Verordnung 2017/1485 vom 02. August 2017, Festlegung einer Leitlinie für den Übertragungsnetzbetrieb [SOGL]

3 Begriffe und Abkürzungen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

DIN und DKE stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- DIN-Terminologieportal: verfügbar unter <https://www.din.de/go/din-term>
- DKE-IEV: verfügbar unter <https://www.dke.de/DKE-IEV>

3.1.1

Abruf

Konkrete Anforderung von Blindleistung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern.

3.1.2

Aggregationsgebiet

Gruppe von Netzverknüpfungspunkten zwischen zwei Netzen, für die die Netzbetreiber eine gesamthafte Blindleistungsbereitstellung bzw. die Saldierung der Blindleistung vereinbaren.

3.1.3

Netzbetreiber, anfordernder

Netzbetreiber, der einen Blindleistungsbedarf in seinem Netzgebiet identifiziert und Blindleistung bei einem vor- oder nachgelagerten Netzbetreiber abrufft.

3.1.4

Netzbetreiber, bereitstellender

Netzbetreiber, der Blindleistung in seinem Netzgebiet für einen vor- oder nachgelagerten Netzbetreiber vorhält oder bereitstellt.

3.1.5

Beschaffungsregion

Geografische Region, für die ein Anschlussnetzbetreiber die marktgestützte Blindleistungsbeschaffung nach §12h EnWG organisiert.

3.1.6

Blindleistungsaustausch

Physikalisch bedingter Blindleistungsfluss an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern.

3.1.7

Blindleistungsbereitstellung

Umfasst den Blindleistungsaustausch bei Abruf durch den anfordernden Netzbetreiber.

3.1.8

Blindleistung, ungesicherte

Nicht kontinuierlich verfügbare Blindleistung.

3.1.9

Blindleistung, gesicherte

kontinuierlich verfügbare Blindleistung, die der bereitstellende Netzbetreiber vorhält.

3.1.10

Blindleistungserbringung

Einspeisung oder Entnahme von Blindleistung durch angeschlossene Anlagen (Blindleistungsquelle).

3.1.11

Blindleistungsmanagement

Koordination und Steuerung der Blindleistung mit dem Ziel der Spannungshaltung und Bedarfsdeckung.

3.1.12

Blindleistungspotenzial

Blindleistung, die zur Bedarfsdeckung und den Abruf zur Verfügung steht.

3.1.13

Blindleistungsquelle

Anlage zur Einspeisung oder Entnahme von Blindleistung.

3.1.14

Netznutzungsfall

Planerische Abbildung einer betrieblichen Situation als Szenario, welche im Rahmen einer Netzanalyse verwendet wird.

3.1.15

Netzverknüpfungspunkt

Die Stelle, an der die Netze des vorgelagerten und nachgelagerten Netzbetreibers physikalisch verbunden sind.

3.1.16

Normalbereich

Ein mit Grenzwerten markierter Betriebsbereich für den zulässigen Blindleistungsaustausch zwischen zwei Netzbetreibern, der ohne weitere Voranmeldung/Anforderung durch nachgelagerten Netzbetreiber frei genutzt werden kann.

3.1.17

Schnittstelle

Gesamtheit aller Netzverknüpfungspunkte zwischen zwei Netzbetreibern.

3.1.18

spannungshebend

Wirkrichtung der Blindleistung, die zu einer Erhöhung der Spannung im elektrischen Netz führt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies entspricht gemäß den VDE TAR [2], [3] und [4] dem Begriff „übererregt“.

3.1.19

spannungssenkend

Wirkrichtung der Blindleistung, die zu einer Reduzierung der Spannung im elektrischen Netz führt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Dies entspricht gemäß den VDE TAR [2], [3] und [4] dem Begriff „untererregt“.

3.2 Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Abkürzungen.

AR	Anwendungsregel
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
HGÜ	Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung
HS	Hochspannung
HöS	Höchstspannung
MS	Mittelspannung
STATCOM	Static Synchronous Compensator
TAB	Technische Anschlussbedingungen
TAR	Technische Anschlussregeln (des VDE) [2], [3] und [4]
TASE2	Telecontrol Application Service Element 2
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
VINK	Vollintegrierte Netzkomponenten
VNB	Verteilnetzbetreiber

4 Grundsätze und Allgemeines

4.1 Aufgaben der Netzbetreiber

Jeder Netzbetreiber ist für die Gewährleistung der Netzsicherheit in seinem Netzgebiet verantwortlich. In Bezug auf die Spannungshaltung und das Blindleistungsmanagement bedeutet dies das Einhalten der Spannungsbänder und betrieblicher bzw. vereinbarter Grenzen im Grundfall und im (n-1)-Fall. Dies schließt die Deckung des Blindleistungsbedarfs und eine ausgeglichene Blindleistungsbilanz ein.

Für die Deckung des Blindleistungsbedarfs kann jeder Netzbetreiber

- auf Blindleistung aus direkt angeschlossenen Anlagen (Blindleistungsquellen) im Rahmen der Mindestanforderungen gemäß der Technische Anschlussregeln des VDE-FNN (TAR [2], [3] und [4]) und die konkretisierenden Anschlussbedingungen (TAB),
- im Rahmen einer marktgestützten Beschaffung von Blindleistung nach § 12h EnWG [1] auf über die Mindestanforderungen hinausgehende Blindleistungspotenziale von direkt angeschlossenen Anlagen (Blindleistungsquellen) und
- auf eigene Betriebsmittel und Kompensationsanlagen, sogenannten vollintegrierten Netzkomponenten (VINK), wie beispielsweise Kompensationsspulen, Kondensatoren, rotierende Phasenschieberanlagen, HGÜ-Konverter, STATCOM, usw.

zurückgreifen.

Reichen diese Blindleistungspotenziale im eigenen Netz nicht aus oder ist ihr Einsatz nicht effizient, kann ein Netzbetreiber im Rahmen der in dieser Anwendungsregel beschriebenen Abläufe (siehe Abschnitt [6]) und unter Berücksichtigung der technischen Restriktionen nach Abstimmung Blindleistung mit vor- oder nachgelagerten Netzbetreibern austauschen.

Jeder Netzbetreiber muss im Rahmen seiner physikalischen und technischen Einflussmöglichkeiten auf den Blindleistungsaustausch und die Spannungshaltung einwirken sowie die allgemein geltenden und mit dem anderen Netzbetreiber vereinbarten Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch einhalten.

Hat ein Netzbetreiber Bedarf an Blindleistung aus dem Netz eines vor- oder nachgelagerten Netzbetreibers, so darf er den Betreiber dieses Netzes zu einer Unterstützung mit Blindleistung auffordern. Der andere Netzbetreiber muss dieser Aufforderung nachkommen, sofern der Blindleistungsaustausch an der Schnittstelle zwischen den Netzbetreibern technisch machbar ist und die Beschaffung durch den anderen Netzbetreiber die effizientere Art und Weise der Beschaffung ist. Dies schließt auch eine marktgestützte Beschaffung von Blindleistung gemäß Festlegung BK6-23-072 bei dem anderen Netzbetreiber ein. Über die Zeiträume, die Wirkrichtung der Blindleistung, den Ort des Austausches, die Art des Abrufs usw. müssen sich die beiden Netzbetreiber abstimmen (siehe Abschnitt [6]).

Jeder Netzbetreiber muss für die Spannungshaltung neben dem Blindleistungseinsatz aus den oben genannten Blindleistungsquellen andere Maßnahmen wie beispielsweise die Stufung von Transformatoren einbeziehen.

4.2 Grundsätze für die Bereitstellung von Blindleistung zwischen Netzbetreibern

Die Anforderung von Blindleistung durch einen Netzbetreiber mit Bedarf und die Bereitstellung durch den bereitstellenden Netzbetreiber erfolgt an der Schnittstelle zwischen den beiden Netzbetreibern.

Blindleistung von anderen Netzbetreibern darf vorrangig gegenüber Blindleistung im eigenen Netzgebiet genutzt werden, wenn dies effizienter und zwischen den Netzbetreibern abgestimmt ist (siehe Abschnitt [6]).

Die in dieser Anwendungsregel beschriebenen Regelungen zum Blindleistungsaustausch gelten grundsätzlich für den Normalbetrieb (ungestörter Betrieb des Netzes). Für die Spannungshaltung und das Blindleistungsmanagement muss das (n-1)-Kriterium¹ planerisch und betrieblich eingehalten werden.

¹ Eine Information für über „Das (n-1)-Kriterium für den Betrieb von Höchst- und Hochspannungsnetzen“ ist in VDE-AR-N 4141-1:2019-01 im Anhang D und „Das (n-1)-Kriterium im Verteilnetzbetrieb“ in VDE-AR-N 4141-2:2022-09 im Anhang D enthalten

Bei gefährdetem oder gestörtem Betrieb des Netzes müssen die Aufgaben zur gegenseitigen Unterstützung zwischen Netzbetreibern im Sinne dieser Anwendungsregel fortgesetzt werden. Das Ergreifen notwendiger Maßnahmen im Rahmen von § 13 Abs. 1 und 2 EnWG [1] sowie § 14 Abs. 1 EnWG [1] bleibt hiervon unberührt.

Maßnahmen, die von Netzbetreibern zur Vermeidung von spannungskritischen Situationen zu ergreifen sind und von anderen Netzbetreibern verlangt werden können, sind in Abschnitt [7.3] beschrieben.

Die gegenseitige Bereitstellung von Blindleistung und Unterstützung bei der Spannungshaltung muss zwischen zwei Netzbetreibern nur in dem Rahmen und Maße erfolgen, solange ein sicherer und störungsfreier Netzbetrieb im eigenen Netz weiterhin gewährleistet ist.

Insbesondere folgende Punkte müssen durch den jeweils zuständigen Netzbetreiber in Bezug auf die Spannungshaltung vermieden werden:

- Anregungen und Auslösungen der Schutzeinrichtungen aufgrund ungünstiger P-Q-Verhältnisse
- Über- oder Unterschreiten der festgelegten Spannungsbänder
- Unzulässige Spannungssprünge² durch den Abruf oder das Schalten von Blindleistungsquellen

4.3 Besondere Rolle des Anschlussnetzbetreibers

Die von einer Blindleistungsquelle bereitgestellte Blindleistung hat lokal im Netz eine direkte Wirkung auf die Spannung und stellt somit ein Werkzeug der Spannungshaltung in der Netzplanung und im operativen Netzbetrieb dar.

Die Beschaffung und der Abruf von Blindleistung bei am Netz angeschlossenen Blindleistungsquellen, beispielsweise im Rahmen der Mindestanforderungen nach TAR/TAB oder im Rahmen der marktgestützten Beschaffung, muss daher immer durch den Anschlussnetzbetreiber erfolgen.

4.4 Rollen bei der Blindleistungsbereitstellung

Ein Netzbetreiber darf an der Schnittstelle zu einem anderen Netzbetreiber die beiden Rollen „bereitstellender Netzbetreiber“ oder „anfordernder Netzbetreiber“ einnehmen.

Der bereitstellende Netzbetreiber stellt dem anfordernden Netzbetreiber die Blindleistung bereit, die der anfordernde Netzbetreiber abruft.

Sofern zwei Netze nicht auf gleicher Spannungsebene betrieben werden, ist grundsätzlich der Netzbetreiber des Netzes mit niedrigerer Spannungsebene für den Blindleistungsaustausch verantwortlich. Dies gilt auch, wenn der vorgelagerte Netzbetreiber der bereitstellende Netzbetreiber ist.

Zwei Netzbetreiber mit Netzen auf gleicher Spannungsebene müssen bezüglich der Verantwortung für den Blindleistungsaustausch eine Vereinbarung treffen. Solange sich beide Netzbetreiber nicht geeinigt haben, hat keiner von beiden einen Anspruch (siehe Abschnitt [5.2]) auf eine Blindleistungsbereitstellung vom anderen Netzbetreiber.

Bei ausgedehnten Netzgebieten können mehrere Aggregationsgebiete (siehe Abschnitt [5.1]) definiert werden. Die Rollen beziehen sich dann auf das jeweilige Aggregationsgebiet.

Die Rollen können zwischen den Netzbetreibern tauschen, aber zu einem Zeitpunkt kann in einem Aggregationsgebiet immer nur jeweils eine Rolle eingenommen werden. Sofern nichts anderes vereinbart ist, ist der vorgelagerte Netzbetreiber der bereitstellende Netzbetreiber.

Die Anforderung von Blindleistung an der Schnittstelle zwischen Netzbetreibern muss immer definiert nach spannungshhebender und spannungssenkender Blindleistung (Wirkrichtung der Blindleistung) erfolgen.

² Für schaltbedingte Spannungsänderungen gelten die Regelungen nach Abschnitt 6.5.2 der Anwendungsregel VDE-AR-N 4141-1:2019-01 (für die Schnittstelle zwischen Übertragungsnetzbetreibern und Verteilnetzbetreibern) bzw. Abschnitt 6.5.2 der Anwendungsregel VDE-AR-N 4141-2:2022-09 (für die Schnittstelle zwischen zwei Verteilnetzbetreibern).

Befinden sich zwei Netzbetreiber auf denselben Kaskaden- bzw. Netzebenen und ist unklar, wer vor- und nachgelagerter Netzbetreiber ist, so müssen die beiden Netzbetreiber im Sinne dieser Anwendungsregel zunächst eine entsprechende Zuordnung von vor- und nachgelagerter Netzbetreiber treffen. Solange sich beide Netzbetreiber nicht einigen, hat keiner von beiden einen Anspruch (siehe Abschnitt [5.2]) auf eine Blindleistungsbereitstellung vom anderen Netzbetreiber.

5 Voraussetzungen und Anforderungen

5.1 Aggregationsgebiete

Sind die Netze des vor- und nachgelagerten Netzbetreibers an mehreren Netzverknüpfungspunkten miteinander verbunden, müssen beide Netzbetreiber festlegen, für welche Netzverknüpfungspunkte der Blindleistungsaustausch saldiert wird bzw. welche Netzverknüpfungspunkte gemeinsam betrachtet werden.

Diese Netzverknüpfungspunkte bilden eine Gruppe und werden Aggregationsgebiet genannt. Es kann auch ein einzelner Netzverknüpfungspunkt ein Aggregationsgebiet bilden. Den Zuschnitt und Anzahl der Aggregationsgebiete bestimmen vor- und nachgelagerter Netzbetreiber gemeinsam.

Sollen für Aggregationsgebiete betriebliche Umschaltungen o.ä., bspw. am Rand, berücksichtigt werden, so müssen sich die beiden Netzbetreiber auf Aggregationsgebiete mit veränderlicher Zuordnung von Netzverknüpfungspunkten verständigen. Es ist eine Methodik für die Zuordnung und eine Dokumentation des jeweiligen Zuschnitts für die jeweiligen Zeitpunkte erforderlich.

Treffen die beiden Netzbetreiber keine Vereinbarung über Aggregationsgebiete, so bilden Netzverknüpfungspunkte, die bei Normalschaltzustand im nachgelagerten Netz galvanisch miteinander verbunden sind, ein Aggregationsgebiet. Andere Netzverknüpfungspunkte bilden für sich allein ein Aggregationsgebiet.

5.2 Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch im Normalbereich

Für Aggregationsgebiete bzw. im Bedarfsfall für einzelne Netzverknüpfungspunkte müssen Grenzwerte für den Austausch von Blindleistung festgelegt werden, die dem nachgelagerten Netzbetreiber zum Abruf jederzeit und kostenfrei zur Verfügung stehen und die der nachgelagerte Netzbetreiber ohne weitere Absprache nicht überschreiten darf.

Diese Grenzwerte beschreiben den Normalbereich und bilden eine zulässige obere und untere Grenze für den Blindleistungsaustausch zwischen vor- und nachgelagerter Netzbetreiber. Die Grenzen dürfen spannungshebend und/oder spannungssenkend vereinbart werden.

Die Bestimmung der Grenzwerte des Normalbereiches muss durch die beiden Netzbetreiber gemeinsam nach einer abzustimmenden und diskriminierungsfreien Methodik erfolgen. Die Veränderung der Grenzwerte bedarf der Zustimmung beider Netzbetreiber.

Es wird empfohlen den Abstand der beiden Grenzwerte so zu wählen, dass es dem nachgelagerten Netzbetreiber technisch-wirtschaftlich sinnvoll möglich ist, diese einzuhalten.

Die Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch im Normalbereich dürfen abhängig von der ausgetauschten Wirkleistung oder über den gesamten möglichen Wirkleistungsaustausch konstant vereinbart werden.

Die Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch im Normalbereich müssen grundsätzlich jeweils für mindestens 12 Monate unverändert bleiben.

ANMERKUNG Betreibt ein Netzbetreiber eine Blindleistungsquelle (bspw. VINK) am Netz des anderen Netzbetreibers, dann ist für die Beurteilung der Einhaltung der Grenzen für den Blindleistungsaustausch der Beitrag der Blindleistungsquelle in voller Höhe der jeweiligen Blindleistungserbringung zu berücksichtigen.

5.2.1 Schnittstelle Übertragungsnetz zum Verteilnetz

Sofern Übertragungsnetzbetreiber und direkter nachgelagerter Netzbetreiber für ihre Schnittstelle keine verbindliche Vereinbarung über die Grenzen des Blindleistungsaustauschs im Normalbereich getroffen haben, gelten ab zwei Jahre nach Inkrafttreten dieser Anwendungsregel unabhängig von der Höhe des Wirkleistungsaustauschs folgende Grenzen

- 10 % von der unten beschriebenen Bezugsgröße für den spannungssenkenden Blindleistungsaustausch und
- 5 % von der unten beschriebenen Bezugsgröße für den spannungshebenden Blindleistungsaustausch.

Die Bezugsgröße für die Bestimmung der Grenzen nach a) und b) ist die vertraglich vereinbarte Wirkleistung (bspw. im Netzanschlussvertrag). Falls zwei Werte für die Wirkleistung (getrennt für Einspeisung und Entnahme) vereinbart sind, gilt der größere Betrag. Falls statt einer Wirkleistung eine Scheinleistung vertraglich vereinbart ist, gilt ein Wert von 90% dieser Scheinleistung als Bezugsgröße. Falls keine Leistungswerte vereinbart sind, ist 90% der Summe der Scheinleistung der an den Netzverknüpfungspunkten betriebenen Transformatoren abzüglich des Betrages des größten Trafos³ die Bezugsgröße.

Falls die zugehörige Blindleistungsbereitstellung durch den Übertragungsnetzbetreiber technisch nicht möglich ist oder unzumutbar ist, weist er dies dem nachgelagerten Netzbetreiber nach. Bei Nachweis (bspw. über eine Kosten-Nutzen-Analyse) gelten dann die maximal möglichen und vom Übertragungsnetzbetreiber bestimmten Grenzen für den Blindleistungsaustausch im Normalbereich siehe Anhang C. Diese müssen dem verfügbaren Potenzial des Übertragungsnetzbetreibers zur Blindleistungsbereitstellung entsprechen.

Falls die sich ergebenden Grenzen für den Normalbereich für den Verteilnetzbetreiber technisch nicht einhaltbar oder unzumutbar sind, darf er vom Übertragungsnetzbetreiber eine Analyse nach Anhang C verlangen.

Falls keine Vereinbarung zwischen Übertragungsnetzbetreiber und direkt nachgelagertem Netzbetreiber zu Aggregationsgebieten getroffen wurde, werden Netzgebiete, die der nachgelagerte Netzbetreiber galvanisch zusammenhängend betreibt, für die Grenzen des Blindleistungsaustausches als ein Aggregationsgebiet betrachtet.

ANMERKUNG Nach Art. 15 1b NC DCC (siehe Abschnitt [2] Normative Verweisungen) vereinbaren Übertragungsnetzbetreiber und Verteilnetzbetreiber bilateral einen Blindleistungsbereich, in dem ein Blindleistungsaustausch stattfinden darf.

5.2.2 Schnittstelle zwischen zwei Verteilnetzen

Dieser Abschnitt gilt abweichend zum Anwendungsbereich dieser Anwendungsregel für Schnittstellen zwischen Verteilnetzen oder zu geschlossenen Verteilnetzen auf **allen** Spannungsebenen.

Sofern zwei Verteilnetzbetreiber für die Schnittstelle zwischen ihren Netzen keine Vereinbarung zum Blindleistungsaustausch getroffen haben, gelten gemäß Abschnitt 6.2 der Anwendungsregel VDE-AR-N 4141-2:2022-09 ab dem 31.08.2026 als Normalbereich die Grenzwerte gemäß nachfolgendem Bild:

³ Der pauschale Abzug soll dem (n-1)-sicheren Aufbau der Netze Rechnung tragen und den entsprechend sicheren Betrieb auch für den Blindleistungsaustausch gewährleisten.

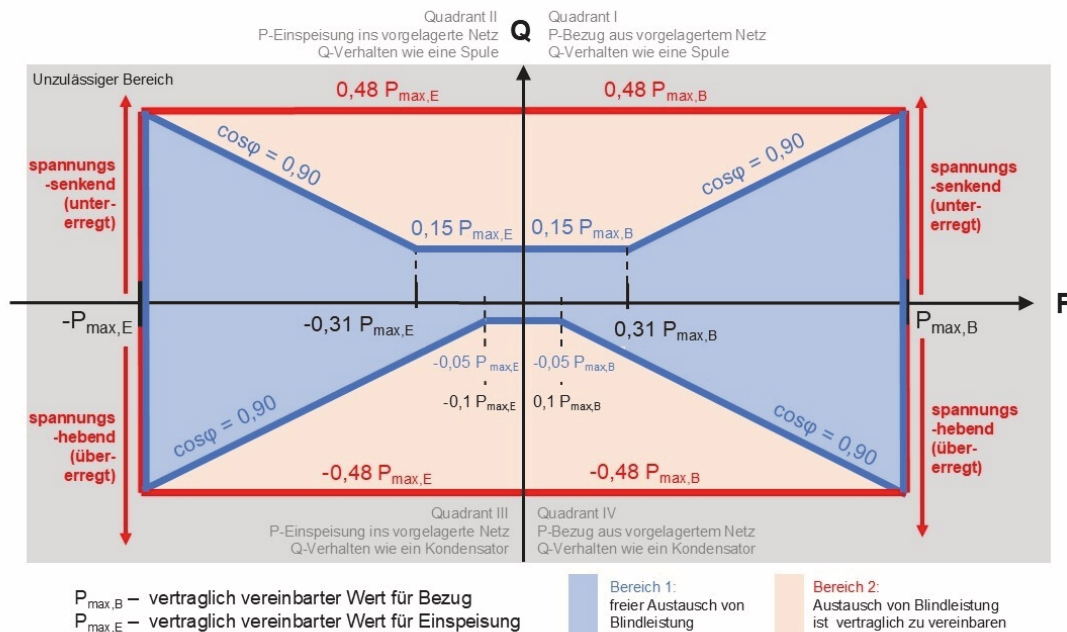


Bild 1 – Definition der Grenzen des Normalbereiches je Netzverknüpfungspunkt zwischen zwei Verteilnetzbetreibern, sofern keine bilaterale Vereinbarung getroffen wurde (Bild unmaßstäblich)

ANMERKUNG Wenn $P_{\max,E} \neq P_{\max,B}$ dann gilt für die Bestimmung der Blindleistungsgrenzen der Wert mit dem größeren Betrag.

Bild 1 beschreibt die Grenzen des Normalbereiches je Netzverknüpfungspunkt. In den Grenzen von Bereich 1 ist ein freier Austausch von Blindleistung am Netzverknüpfungspunkt im Sinne des Normalbereiches (siehe Abschnitt [5.2]) zwischen den Verteilnetzbetreibern möglich.

Alternativ dürfen Verteilnetzbetreiber bilateral individuelle Grenzen vereinbaren, die innerhalb des Bereiches 2 (umhüllendes Rechteck) in Bild 1 liegen müssen.

Es muss ein Monitoring zur Einhaltung der Grenzen für den Blindleistungsaustausch von den Verteilnetzbetreibern durchgeführt werden. Als Mindestanforderung wird ein jährliches Monitoring auf Basis von 15-min-Mittelwerten (z. B. aus der Zählung) für alle Netzverknüpfungspunkte empfohlen.

5.3 Spannungshaltung

5.3.1 Grenzwerte für die Spannung

Eine stabile und robuste Spannung im Netz ist Voraussetzung für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb des gesamten Systems. Daher müssen auf allen Spannungsebenen von den jeweils zuständigen Netzbetreibern Grenzwerte, Sollwerte und Toleranzen für die Spannung definiert und eingehalten werden.

Bild 2 stellt das gesamte Grenzwertkonzept für Spannungen dar.

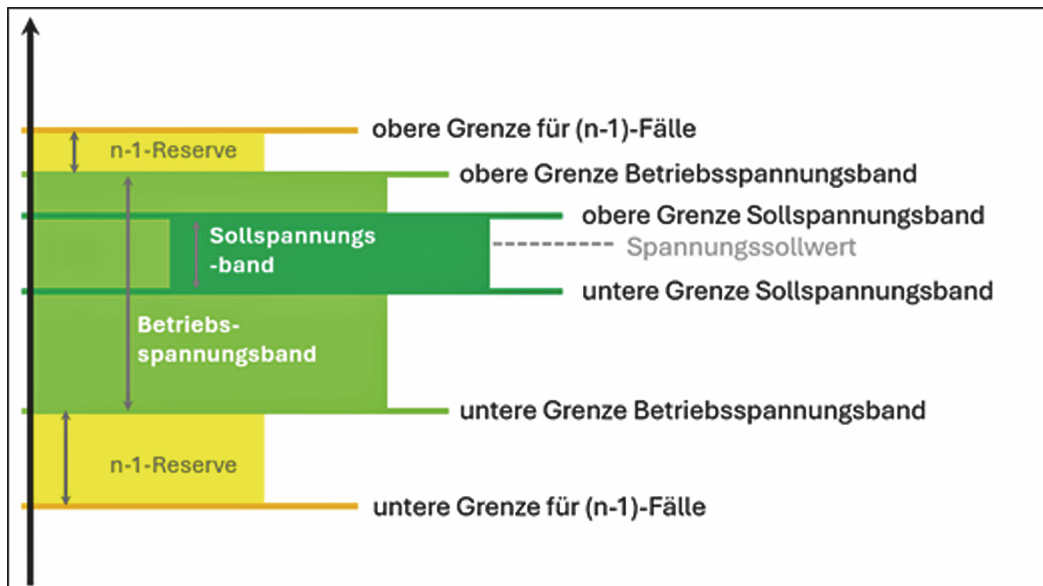


Bild 2 – Spannungsgrenzwertkonzept

- Das **Betriebsspannungsband** entspricht dem betrieblich zulässigen Bereich für Spannung in der Grundfallbetrachtung (ungestörter Betrieb) bei stabilem Betrieb des Netzes.
- Das **Sollspannungsband** liegt innerhalb des Betriebsspannungsbandes und ist vorzugsweise im Normalbetrieb einzuhalten.
- Der Bereich der **(n-1)-Reserve** ist im Grundfall zu vermeiden. Bei Erreichen dieses Bereichs muss das Betriebsspannungsband schnellstmöglich, aber maximal in 30 Minuten, wieder erreicht werden.
- Oberhalb des Betriebsspannungsbandes besteht das Risiko von Betriebsmittelschäden, da sich die obere Grenze des Betriebsspannungsbandes an den maximal zulässigen Bemessungsspannungen der Betriebsmittel ausrichtet.
- Unterhalb des Betriebsspannungsbandes müssen rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um ein weiteres Absinken der Spannung zu vermeiden (bspw. um ungewollte Auslösung einer Schutzeinrichtung zu verhindern). Die Wirksamkeit statischer Kompensationseinrichtungen ist stark spannungsabhängig und sinkt mit abnehmender Spannung. Siehe Abschnitt [7].

An der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern sind die Grenzwerte der Spannung für jeden Netzverknüpfungspunkt von beiden Netzbetreibern gemeinsam zu vereinbaren. Diese Anwendungsregel unterscheidet hierbei zwischen verpflichtend und optional zu vereinbarenden Grenzwerten:

Verpflichtende Spannungsgrenzwerte für Netzverknüpfungspunkte

Die folgenden Grenzwerte müssen von beiden Netzbetreibern festgelegt und eingehalten werden:

- Oberer und unterer Grenzwert für das **Betriebsspannungsband**; diese Grenzwerte sind im störungsfreien und geplanten Betrieb einzuhalten.
- Oberer und unterer Grenzwert für das **Sollspannungsband**; diese Grenzwerte sind vorzugsweise einzuhalten und bilden die Vorgabe für die Spannungsregelung.

Optionale Spannungsgrenzwerte für Netzverknüpfungspunkte

Die folgenden Grenzwerte können von beiden Netzbetreibern zusätzlich vereinbart werden:

- Oberer und unterer Grenzwert für die **(n-1)-Reserve**; diese Grenzwerte stellen eine Toleranz dar, die auch bei Störungen oder ungeplanten Ereignissen nicht überschritten werden darf.
- Grenzwert für die maximal zulässige **relative Spannungsänderung**; dieser Grenzwert gilt für betriebliche und geplante Spannungsänderungen und darf im Ereignisfall die Grenzwerte des Betriebsspannungsbandes nicht überschreiten.

5.3.2 Anforderungen an die Spannungshaltung

Die Grenzwerte für die Spannung müssen vorrangig vor Anforderungen für die Bereitstellung von Blindleistung bzw. den Grenzen für den Blindleistungsaustausch eingehalten werden.

Sind die Grenzwerte des Betriebsspannungsbandes verletzt, muss der Blindleistungsaustausch so verändert werden, dass die Betriebsspannung wieder im Betriebsspannungsband liegt. Die Wirkrichtung (spannungshhebend oder spannungssenkend) zeigt an, in welcher Richtung der Blindleistungsaustausch verändert werden muss.

5.3.3 Einbezug der Stufensteller an Transformatoren

Eine gezielte bzw. bedarfsgerechte Blindleistungsbereitstellung aus nachgelagerten Spannungsebenen für vorgelagerte Spannungsebenen kann sinnvollerweise nur erfolgen, wenn die Stufensteller der Transformatoren zwischen den Spannungsebenen zur Spannungshaltung herangezogen werden.

Werden Spannungsänderungen in der nachgelagerten Spannungsebene durch den Stufensteller am Transformator nicht ausgeglichen, steht Blindleistung nur in dem Umfang zur Verfügung, wie sie nicht zu Spannungsbandverletzungen führt.

Für die Gewährleistung eines umfangreicheren Blindleistungsaustausches an der Schnittstelle muss eine der folgenden Varianten für die Stufensteller umgesetzt werden:

- Automatischer Spannungsregler für die Unterspannungsseite (durch einen der beiden Netzbetreiber)
- Automatisierte Stufungsanforderungen (des nachgelagerten Netzbetreibers beim vorgelagerten Netzbetreiber)

5.4 Vorzeichendefinition für die Blindleistung

Bei der Blindleistungsbereitstellung muss zwischen spannungshebender und spannungssenkender Blindleistung unterschieden werden. Dies ist bei Abstimmung und im Betrieb zu berücksichtigen.

Fordert der vorgelagerte Netzbetreiber beispielsweise Blindleistung in Richtung mehr spannungshebend beim nachgelagerten Netzbetreiber an, muss dieser mehr spannungshebende Blindleistung innerhalb seines Aggregationsgebiet generieren und an der Schnittstelle zwischen den Netzbetreibern bereitstellen bzw. den Blindleistungsaustausch in der entsprechenden Richtung verändern.

In dieser Anwendungsregel werden neutral (vorzeichenlos) die Begriffe „Austausch von Blindleistung“ oder „Blindleistungsbereitstellung“ verwendet. Für die individuelle Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern muss jedoch eine eindeutige Regelung für die Nachbildung der physikalischen Wirkung getroffen werden (Vorzeichendefinition).

Die getroffene Vorzeichendefinition ist in Abstimmungen für die Planung und betrieblich für die Steuerung, Messung und Zählung einheitlich zu verwenden.

5.5 Umgang mit Verlusten bei der Blindleistungsbereitstellung

Bei der Bereitstellung von Blindleistung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern kann der Transport von Blindleistung im Netz des bereitstellenden Netzbetreibers zur Beanspruchung von Netzkapazität und zu Wirkverlusten führen. Außerdem entsteht bedingt durch den Einfluss des Netzes eine Abweichung zwischen der Blindleistung am Ort des Abrufs bei Anlagen und der Schnittstelle zwischen beiden Netzbetreibern.

Jeder Netzbetreiber muss diese Verluste so gering wie möglich halten und ist für die Verluste selbst zuständig, sofern nichts anderes vereinbart ist.

5.6 Anforderungen an die Zählung am Netzverknüpfungspunkt

An jedem Netzverknüpfungspunkt zwischen den beiden Netzbetreibern muss eine Zählwerterfassung nach den Anforderungen der VDE-AR-N 4400 erfolgen.

Eine solche Zählung erfasst getrennt für die beiden Wirkrichtungen spannungshebend/-senkend die Viertelstunden der Blindarbeit, aus denen der Viertelstundenmittelwert der Blindleistung ermittelt werden kann.

5.7 Statische und dynamische Blindleistung

In dieser Anwendungsregel wird technisch zwischen statischer und dynamischer Blindleistung unterschieden. Zur Wahrung der Systemsicherheit müssen für beide Arten ausreichend Blindleistungspotenziale verfügbar sein.

5.7.1 Statische Blindleistung

Mit statischer Blindleistung wird die Spannung unter Nutzung vorhandener Blindleistungsquellen innerhalb der Grenzen für das Betriebsspannungsband gehalten. Dies wird auch als **statische Spannungshaltung** bezeichnet.

Zur Deckung statischer Blindleistungsbedarfe werden beispielsweise Blindleistungskompensationsanlagen wie Kondensatoren oder Spulen oder am Netz angeschlossene Anlagen mit Blindleistungspotenzial eingesetzt.

5.7.2 Dynamische Blindleistung

Ändert sich der Systemzustand und verändert sich damit die Spannung muss auf diese Änderung mit dynamischer Blindleistung reagiert werden, um die Spannungsänderung zu begrenzen und die Spannung in das Betriebsspannungsband zurückzuführen.

Es werden somit Blindleistungsquellen benötigt, die auf den veränderten Bedarf bzw. Spannungsänderung schnell reagieren und der Änderung entgegenwirken. Dies lässt sich unter dem Begriff der dynamischen Spannungshaltung (bzw. in den TAR als „kontinuierliche Spannungsreglung“) zusammenfassen. Relevante Ereignisse sind beispielsweise neben störungsbedingten Topologie- und Impedanzänderungen, wie Leitungsausfällen, auch Stundenwechsel oder Windfronten, da sie zu einer schnellen Leistungsflussveränderung führen.

Der Einsatz erfolgt sehr schnell und mit automatischen Regelungen direkt an den entsprechenden Blindleistungsquellen.

Die Erbringung von dynamischer Blindleistung überlagert die statische Blindleistungserbringung.

Zur Deckung dynamischer Blindleistungsbedarfe werden beispielweise Synchronmaschinen oder umrichtergekoppelte Anlagen eingesetzt.

Dynamische Blindleistungsquellen können zum Teil für die statische Spannungshaltung eingesetzt werden.

ANMERKUNG Die „dynamische Netzstützung“ durch angeschlossene Anlagen mit einer Blindstromeinspeisung bei Kurzschluss im Netz (FRT - Fault Right Through) gemäß den VDE TAR [2], [3] und [4] ist mit dynamischer Blindleistung hier nicht gemeint.

5.7.3 Bedeutung von statischer und dynamischer Blindleistung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern

Aufgrund der vergleichsweise langsamen Regelung der Trafostufung zwischen zwei Spannungsebenen kann der Austausch von Blindleistung zur dynamischen Spannungshaltung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern vernachlässigt werden. Folglich behandelt diese Anwendungsregel im Wesentlichen den statischen Austausch von Blindleistung.

Zur Wahrung der Systemstabilität muss eine ausreichende Bereitstellung von dynamischer Blindleistung entsprechend den Bedarfen sichergestellt werden. Aus diesem Grund wird die Berücksichtigung der dynamischen Blindleistung in der Bedarfsplanung sowie deren Deckung in Abschnitt [6.2] beschrieben.

5.8 Schutzkonzepte

Netzbetreiber müssen ihre Schutzkonzepte und Schutzeinstellungen an der Schnittstelle miteinander abstimmen, die entsprechenden Parameter austauschen und diese dokumentieren. Das gilt in besonderem Maß für Schutzkonzepte, bei denen eine Reserveschutzfunktionalität für den jeweils anderen zur Verfügung gestellt wird (z. B. Reservedistanzschutz), sowie beim schnittstellenübergreifenden Mitnahmeschutz (SPS = Special Protection Scheme) [5].

ANMERKUNG An Netzverknüpfungspunkten, an denen hohe Blindleistungsflüsse auftreten können, kann ein Zielkonflikt von Reserveschutzfunktionalität des Distanzschutzes in Richtung nachgelagertes Netz und Übertragbarkeit von Blindleistung entstehen. Hier besteht die Gefahr von Fehlauflösungen. Bei solchen Konstellationen ist eine gemeinsame Analyse zu erarbeiten und eine abgestimmte Vorgehensweise festzulegen.

Weiterführende Informationen sind dem VDE FNN Hinweis "VDE FNN Hinweis „Netzschutzkonzepte für zukünftige Netze“ Version 2.0 von März 2022" [6] zu entnehmen.

6 Verfahren zur gegenseitigen Bereitstellung von Blindleistung

In den Abschnitten [4] und [5] sind die Grundlagen, Rahmenbedingungen und Voraussetzungen für den Blindleistungsaustausch an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern beschrieben.

Im Abschnitt [6] sind die Anforderungen an den Blindleistungsaustausch und der Ablauf der Verfahren zum Blindleistungsaustausch geregelt.

Das nachfolgende Bild gibt einen Überblick über die grundsätzlichen Arten des Blindleistungsaustauschs und wie diese beispielhaft kombiniert werden können (nebeneinander sind vier Möglichkeiten exemplarisch dargestellt). Der Normalbereich und der unzulässige Bereich sind immer dargestellt, weil diese in der Praxis immer vorkommen.

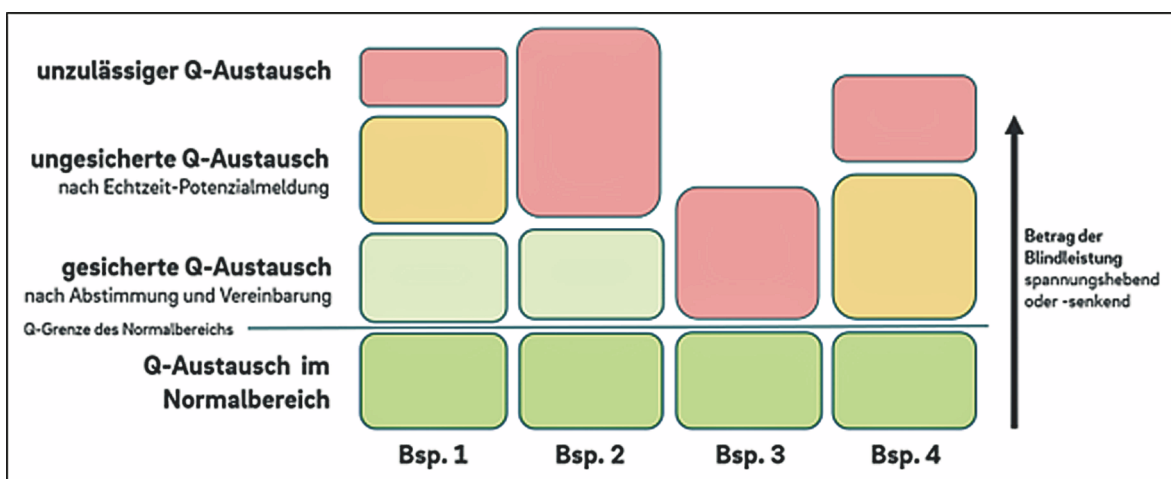


Bild 3 – Kombinationsmöglichkeiten der verschiedenen Arten des Blindleistungsaustauschs für ein Aggregationsgebiet zu vier verschiedenen Beispiel-Zeitpunkten

6.1 Allgemeines

Für die Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern müssen Abstimmungsgespräche über den geplanten Blindleistungsaustausch und die Spannungshaltung geführt werden. Diese Gespräche müssen rechtzeitig stattfinden, um erforderliche Vorbereitungen bezüglich notwendiger und zu vereinbarenden Maßnahmen treffen

zu können. Auch wenn keine Anforderungen außerhalb der Grenzen des Normalbereichs beabsichtigt sind oder erwartet werden, sind Planungsgespräche sinnvoll und müssen durchgeführt werden.

Ziel der Abstimmungsgespräche ist, den sicheren und stabilen Netz- und Systembetrieb zu gewährleisten und Defizite für die Spannungshaltung und beim Blindleistungseinsatz über die gemeinsamen Schnittstellen hinaus frühzeitig zu erkennen und geeignete Maßnahmen zu vereinbaren.

Dazu müssen der jeweilige Blindleistungsbedarf im eigenen Netz und die Defizite bei der Bedarfsdeckung bestimmt werden. Anschließend muss für die Schnittstelle zu anderen Netzbetreibern abgestimmt werden, welche Blindleistung zu welchem Zeitpunkt von wem bereitgestellt werden kann (Blindleistungspotenzial) oder angefordert werden soll (Blindleistungsbedarf).

Das Blindleistungspotenzial wird mit einem Wertepaar beschrieben, bei dem beide Werte spannungshebend oder spannungssenkend sein dürfen und bezieht sich auf ein Aggregationsgebiet bzw. Netzverknüpfungspunkt.

Netzbetreiber stehen für die Deckung ihrer Bedarfe und Bestimmung der Blindleistungspotenziale die Blindleistungsquellen nach Abschnitt [4.1] zur Verfügung.

Vor diesem Hintergrund ergeben sich folgende Aufgaben und Zeithorizonte für die Abstimmungsgespräche mit dem Fokus auf den Austausch von Blindleistung an der Schnittstelle:

- a) Langfrist-Planung (siehe Abschnitt [6.2]):
 - Erwarteten planerischen Gesamtbedarf an Blindleistung ermitteln und Bedarfsdeckung planen
 - Für mehrere Jahre im Voraus
 - Ziel:
 - Verständigung über Blindleistungsbedarf und bereitstellbare Blindleistung
- b) Kurzfrist-Planung (siehe Abschnitt [6.3]):
 - Erwartete betriebliche Situation im Netz mit der geplanten Bedarfsdeckung abgleichen
 - Für einen oder optional mehrere Tage im Voraus
 - Ziel:
 - Überprüfung der getroffenen Vereinbarungen zur Bereitstellung von Blindleistung und Erkennen kurzfristiger Blindleistungsdefizite/-potenziale
- c) Echtzeit-Betrieb (siehe Abschnitt [6.4]):
 - Operativer Austausch von Blindleistung gemäß Abruf des anfordernden Netzbetreibers
 - Ziel:
 - Abruf der langfristig vereinbarten (gesicherten) Blindleistungsbereitstellung und der kurzfristig verfügbaren ungesicherten Blindleistungspotenziale bzw. Betrieb im Normalbereich

Die Abstimmungsgespräche sind in der nachfolgend genannten Häufigkeit und genannten Fristen zu führen:

Für Netzverknüpfungspunkte zwischen...	...Übertragungsnetzbetreiber und Verteilnetzbetreiber	...zwei Verteilnetzbetreibern
Langfrist-Planung	mindestens jährlich bis spätestens zum 30.09. für einen Zeithorizonte von mindestens fünf Jahren oder aufgrund betrieblicher oder planerischer Erfordernisse	zweijährlich bis spätestens zum 30.04. für einen Zeithorizonte von mindestens fünf Jahren oder aufgrund betrieblicher oder planerischer Erfordernisse
Kurzfrist-Planung	täglich für den Folgetag	keine
Echtzeit-Betrieb	kontinuierlich	bei Bedarf nach Absprache kontinuierlich

6.2 Langfrist-Planung zum Blindleistungsaustausch

Die jeweiligen Rahmenbedingungen und Ergebnisse der Netzplanungsprozesse der Übertragungsnetzbetreiber (Netzentwicklungspläne, Langfristanalyse und Bedarfsanalyse, usw.) sowie der Verteilnetzbetreiber (Netzausbaupläne, usw.) bilden die Basis für die planerischen Abstimmungsgespräche. Darüber hinaus werden weitere Betrachtungen zu Netzveränderungen, Prognosen und Planungen einbezogen. Die Langfristplanung umfasst auch die Bedarfsplanung für die marktgestützte Beschaffung von Blindleistung nach §12h EnWG [1].

Im Rahmen der Langfrist-Planung müssen die beiden Netzbetreiber mit gemeinsamer Schnittstelle die gegenseitigen langfristigen Blindleistungspotenziale und -bedarfe benennen. Die Angaben sind bezogen auf die entsprechenden

- Aggregationsgebiete bzw. Netzverknüpfungspunkte,
- den Zeitpunkt bzw. die Zeiträume,
- die Höhe (Betrag der Blindleistung) und
- Wirkrichtung der Blindleistung (spannungshebend/-senkend)

zu machen.

Schritte der Planung und Abstimmung des Blindleistungsaustausches an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern:

- Blindleistungsbedarfe und -potenziale im eigenen Netz für alle relevanten Netznutzungsfälle in den entsprechenden Planungsszenarien bestimmen (siehe Abschnitt [6.2.1])
- eigene Blindleistungspotenziale und Anforderungen (Bedarf) an der Schnittstelle ermitteln, mit dem anderen Netzbetreiber abstimmen und Ergebnisse vereinbaren (siehe Abschnitt [6.2.3])
- Vorbereitungen für den Blindleistungsaustausch für den vereinbarten Zeitraum treffen

Eine langfristige Vorplanung und Abstimmung des Blindleistungsaustausches ist insbesondere vor dem Hintergrund der Ausschreibung und Laufzeit für eine marktgestützte Beschaffung oder die Errichtung von VINK erforderlich.

Etwaige Verletzungen von vertraglich vereinbarten Grenzwerten für den Blindleistungsaustausch sind ein Indikator für die Erfordernis für eine planerische Abstimmung.

Ist im Ergebnis der gemeinsamen Abstimmung der Austausch von Blindleistung über die Grenzen des Normalbereichs hinaus vorgesehen, dann muss dafür eine verbindliche Vereinbarung getroffen werden. Dies ermöglicht dem anfordernden Netzbetreiber im Sinne einer **gesicherten Blindleistung** (Vorhalteleistung) durch den anderen (bereitstellenden) Netzbetreiber die Bedarfsdeckung für den entsprechenden Zeitbereich.

Wird im Ergebnis keine feste Zusage zur Bereitstellung von Blindleistung gemacht, besteht dennoch betrieblich die Möglichkeit, im Rahmen der Kurzfrist-Planung oder in Echtzeit **ungesicherte Blindleistung** ad hoc zu melden und bei Abruf bereitzustellen (siehe Abschnitte [6.3] u. [6.4])

Primär ist der Austausch von statischer Blindleistung an der Schnittstelle zu planen und abzustimmen, weil im Rahmen des Blindleistungsmanagements im Echtzeitbetrieb nur die statische Blindleistung aktiv beeinflusst werden kann.

Zusätzlich zur Planung und Abstimmung des Austausches von statischer Blindleistung muss eine Abstimmung in Bezug auf die Bedarfe an dynamischer Blindleistung (siehe Abschnitt [5.7]) und deren Deckung erfolgen. Aufgrund der Lieferung des dynamischen Blindleistungsbeitrags jeweils unmittelbar lokal am Netzanschlusspunkt der Blindleistungsquellen und aufgrund der schnellen Anforderungen, kann planerisch nur bewertet werden, ob die erwarteten Blindleistungspotenziale den erwarteten Bedarf decken. Ein aktiver Blindleistungsaustausch oder die Anforderung von dynamischer Blindleistung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern kann nicht erfolgen.

6.2.1 Planerische Bestimmung der eigenen Blindleistungsbedarfe und der Blindleistungspotenziale

Die Bestimmung des Gesamtbedarfs an Blindleistung im eigenen Netz erfolgt jeweils für eine Region, in der Blindleistung transportiert werden bzw. ausgetauscht werden kann. In großen Netzgebieten oder bei vorhandenen galvanischen Trennstellen sind mehrere Regionen separat zu betrachten.

Für die Bestimmung des Gesamtbedarfs an Blindleistung müssen auslegungsrelevante Störungen im Netz sowie der Blindleistungsquellen betrachtet werden. Der Gesamtbedarf muss (n-1)-sicher geplant bzw. ermittelt werden.

Es gelten folgende Positionen bei der Bedarfsbestimmung, die im ersten Schritt mindestens zu berücksichtigen sind (weitere Hinweise für die Umsetzung sind in Anhang A beschrieben):

- Festlegung eigener auslegungsrelevanter Netznutzungsfälle;
- Berücksichtigung der mit dem vorgelagerten Netzbetreiber abgestimmten Netznutzungsfälle und Randbedingungen;
- Berücksichtigung des Blindleistungsbedarfs eigener Betriebsmittel;
- Berücksichtigung des Blindleistungsbedarfs bzw. -potenzial nachgelagerter Netze und von Verbrauchsanlagen;
- Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Blindleistungspotenziale.

Als Ergebnis aus der Bedarfsbestimmung können im zweiten Schritt Defizite (Restbedarf) oder **Blindleistungspotenziale** (verfügbare Blindleistung) ermittelt werden. Sofern sich Blindleistungspotenziale ergeben, müssen diese gegenüber den anderen Netzbetreibern dargestellt werden.

Schon vor der Bestimmung der Blindleistungsbedarfe und -potenziale muss eine Abstimmung mit dem vorgelagerten Netzbetreiber über zu berücksichtigende Netznutzungsfälle für den Blindleistungsaustausch an der Schnittstelle erfolgen. Die Netznutzungsfälle dürfen nicht nur im Sinne von Leistungsfluss Szenarien abgestimmt werden, sondern müssen auch eine zeitliche Zuordnung ermöglichen.

Für eine Einigung auf auslegungsrelevante Netznutzungsfälle kann durch die Übertragungsnetzbetreiber auf den Szenariorahmen für den Netzentwicklungsplan und durch die Verteilnetzbetreiber auf das Regionalszenario für den Netzausbauplan zurückgegriffen werden.

Zur Bestimmung der Bedarfe stehen die folgenden Methoden zur Verfügung. Die Entscheidung über die anzuwendende Methode trifft jeder Netzbetreiber für sein Netzgebiet, wobei mindestens eine Methode angewendet werden muss:

Bilanzierungsmethode

Bei der Bilanzierungsmethode (siehe Anhang B) erfolgt eine bilanzielle (arithmetische) Gegenüberstellung von Blindleistungsbedarfen und -potenzialen in den definierten Regionen.

Die Bilanzierungsmethode kann nur dann ausschließlich angewendet, wenn die Einhaltung der Grenzwerte für die Spannung (siehe Abschnitt [5.3]) an allen Knoten in der betreffenden Region sichergestellt werden kann. Ist das nicht der Fall, muss zusätzlich die Spannungswertmethode angewendet werden.

Spannungswertmethode

Bei der Spannungswertmethode (siehe Anhang B) wird überprüft, ob die zulässigen Grenzwerte der Spannungsbänder bei einem Blindleistungsdefizit eingehalten werden. Dazu muss für die identifizierten Grenzsituationen (Netznutzungsfälle) eine komplexe Leistungsflussberechnung ausgeführt werden.

Es kann sinnvoll sein, die Leistungsflussberechnungen für alle Stunden eines Jahres durchzuführen und so einen detaillierten Überblick über alle Situationen zu schaffen.

Dynamische Blindleistungsbedarfe entsprechend Abschnitt [5.7.2] lassen sich vereinfacht durch eine Vorher-/Nachher-Betrachtung von Leistungsflussänderungen bestimmen. Dies muss mindestens für den (n-1)-Ausfall der größten sich in Betrieb befindenden Blindleistungsquelle erfolgen. Die daraus resultierende Änderung

der Blindleistungsbedarfe müssen durch freie dynamische Blindleistungspotenziale der Blindleistungsquellen gedeckt werden können. Dies kann durch die Anwendung der Methodik zur Blindleistungsbilanzierung erfolgen.

6.2.2 Optionen zur Deckung des Blindleistungsbedarfs im eigenen Netz

Netzbetreiber stehen für die Deckung ihrer Bedarfe im eigenen Netz die Blindleistungsquellen nach Abschnitt [4.1] zur Verfügung.

Ein gezielter Austausch von Blindleistung an der Schnittstelle zu anderen Netzbetreibern und damit eine Deckung der Bedarfe ist ebenfalls möglich. Dies bedarf einer Abstimmung nach Abschnitt [6.2.3].

Netzbetreiber haben sich nach den gesetzlichen Vorgaben für die technisch geeignete und effizienteste Methode der Bedarfsdeckung zu entscheiden.

6.2.3 Abstimmung mit anderen Netzbetreibern

Der Zeitraum, für den die gemeinsamen Abstimmung gelten sollen und für den ggf. eine Blindleistungsbereitstellung vereinbart werden soll, müssen festgelegt werden. Dabei dürfen sich innerhalb des betrachteten Zeitraums die Rollen der Netzbetreiber für Anforderung und Bereitstellung ändern und es dürfen sich Zeiten ohne gegenseitige Bereitstellung von Blindleistung außerhalb der Normalbereiche ergeben.

In diese Betrachtung sind temporäre Blindleistungsbedarfe einzubeziehen, welche bspw. durch Baumaßnahmen und damit verbundenen Sonderschaltzuständen entstehen, sofern sie den Blindleistungsaustausch zwischen den Netzbetreibern beeinflussen oder eine (vorübergehende) Anpassung der Aggregationsgebiete erfordern.

Die weiteren Abstimmungen sind ein iterativer Prozess. Nach der gegenseitigen Nennung der Blindleistungsbedarfe und -potenziale erfolgt für einzelne Zeitabschnitte oder Zeitpunkte, wer wem in welcher Höhe und Richtung und an welchen Aggregationsgebieten oder Netzverknüpfungspunkten Blindleistung bereitstellen wird.

Die vereinbarten Grenzwerte für den Normalbereich zum Blindleistungsaustausch zwischen zwei Netzbetreibern stellen für den nachgelagerten Netzbetreiber eine gesicherte Bereitstellung von Blindleistung durch den vorgelagerten Netzbetreiber dar. Im Rahmen der Abstimmungsgespräche zur Langfrist-Planung darf der nachgelagerte Netzbetreiber eine über die Grenzwerte des Normalbereichs hinausgehende Blindleistungsbereitstellung anfragen. Umgekehrt darf auch der vorgelagerte Netzbetreiber eine Blindleistungsbereitstellung beim nachgelagerten Netzbetreiber anfordern. Beide müssen sich darüber einigen, in welchen Zeiten wer von beiden der bereitstellende und der anfordernde Netzbetreiber ist und in welcher Höhe und Wirkrichtung Blindleistung ausgetauscht werden soll.

Für die Bereitstellung von Blindleistung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern kann letztendlich vom Anschlussnetzbetreiber immer nur auf die oben genannten Blindleistungsquellen zurückgegriffen werden, unabhängig ob der Bedarf im eigenen oder fremden Netz vorliegt. Daher besteht die Besonderheit, dass ein Netzbetreiber für einen anderen Netzbetreiber mit zusätzlichem Bedarf, eine marktgestützte Beschaffung von Blindleistung durchführen muss, sofern dies die effizienteste Art und Weise der Beschaffung ist. Denn das Verfahren für die marktgestützte Beschaffung darf auch rechtlich jeweils nur vom Anschlussnetzbetreiber durchgeführt werden. Grundsätzlich ist eine marktgestützte Beschaffung von Blindleistung für einen anderen Netzbetreiber nur durchzuführen, wenn der andere Netzbetreiber selbst bereits erfolglos eine marktgestützte Beschaffung durchgeführt hat bzw. keine potenziellen Blindleistungsquellen dafür vorhanden sind.

Ein weiterer Iterationsschritt sind Gespräche der beiden Netzbetreiber jeweils bilateral mit den übrigen Netzbetreibern, mit denen sie in derselben Planungsregion gemäß Netzausbauplan verbunden sind. Die Ergebnisse dieser Gespräche sind bei der weiteren Bestimmung der Blindleistungsbedarfe und -potenziale zu berücksichtigen.

Falls Blindleistungsquellen erst erschlossen oder geschaffen werden müssen, beispielsweise im Rahmen einer Ausschreibung zur marktgestützten Beschaffung oder den Aufbau von VINK, so sind die dafür notwendigen Schritte zunächst einzuleiten. Erst danach können konkrete Zusagen für die Vorhaltung von Blindleistung an den anderen Netzbetreiber gemacht werden. Diese Zusagen müssen verbindlich vereinbart werden.

Im Rahmen der Abstimmungsgespräche sind bei begründetem Bedarf die Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch für den Normalbereich oder die Grenzwerte für die Spannung an den Netzverknüpfungspunkten neu festzulegen. Die Geltungszeiträume für die Grenzwerte betragen mindestens jeweils zwölf Monate.

Im Rahmen der Abstimmungen zur Langfristplanung müssen sich die Netzbetreiber für die Netzebenen NE1 bis NE4 über die Bedarfe an die **dynamische** Blindleistungserbringung und deren Deckung austauschen (siehe Abschnitt [6.2.1]).

6.3 Kurzfrist-Planung zum Blindleistungsaustausch

Der vorliegende Abschnitt gilt nur für die Schnittstelle von Übertragungsnetzbetreibern und öffentlichen sowie geschlossenen Verteilnetzbetreibern mit Übertragungsnetzanschluss und muss ab Inkrafttreten dieser Anwendungsregel spätestens nach drei Jahren betrieblich umgesetzt sein.

Um jederzeit ausreichend Blindleistung zur Deckung der Bedarfe zur Wahrung der Systemsicherheit vorzuhalten, ist eine dem Echtzeit-Betrieb vorgelagerte Berücksichtigung in den Vorschauprozessen erforderlich, da mutmaßliche Maßnahmen wie z. B. spannungsbedingter Redispatch eine Vorlaufzeit von bis zu 12 Stunden haben können.

Abschnitt [6.3] beschreibt welche Informationen zwischen vor- und nachgelagerten Netzbetreibern auszutauschen sind und Möglichkeiten, die kurzfristig zu erwartenden Blindleistungsbedarfe basierend auf Vorschaudaten zu prognostizieren. Darüber hinaus werden temporäre Rückfalloptionen beschrieben, für den Fall, dass der Datenaustausch nicht verfügbar ist.

Der Prozess der Kurzfrist-Planung zum Blindleistungsaustausch muss spätestens am Vortag um 22 Uhr abgeschlossen sein.

Falls Abhängigkeiten bei Erzeugungsanlagen zwischen dem zur Verfügung stehenden Blindleistungspotenzial und ihrer jeweiligen Wirkleistungserzeugung bestehen, können marktbezogene Maßnahmen (Redispatch) von Netzbetreibern nach §13 Abs. 1, § 14 bzw. nach 13a EnWG zur Anpassung der Erzeugungsleistung (Abregelung) dazu führen, dass bei Reduzierung der Wirkleistungserzeugung das Blindleistungspotenzial ganz oder teilweise verloren geht (siehe Mindestanforderungen an die Blindleistungsfähigkeiten von Erzeugungsanlagen nach [2], [3] und [4]). Wird im Rahmen der Kurzfrist-Planung eine aus der Abregelungen potenziell kritische Situation für die Spannung im Netz erkannt, muss nach Anhang D verfahren werden.

6.3.1 Vorschau der Blindleistungsbedarfe und -potenziale

Die Bestimmung der Blindleistungsbedarfe und -potenziale hat mindestens für alle 24 Stunden des Folgetages zu erfolgen, die einzelnen Zeitstempel gelten dabei mindestens von der vollen bis zur nächsten vollen Stunde. Dabei sind mindestens die jeweiligen aktuellen Informationen zu Erzeugung, Verbrauch, Leistungsflusssituation – abgeleitet aus Einsatzplanungsdaten, sowie Verbrauchs- und Erzeugungsprognosen sowie der Netztopologie – Verfügbarkeit aller Blindleistungsquellen (u.a. angeschlossene Anlagen im Rahmen ihrer Mindestanforderungen oder ggf. marktgestützt beschaffter Blindleistung und eigene Betriebsmittel), angemeldete Redispatch-Abrufe, sowie die Blindleistungsbedarfe der nachgelagerten Netze zu berücksichtigen.

Zur Deckung der Blindleistungsbedarfe sollen vorrangig Blindleistungsquellen innerhalb des eigenen Netzgebiets genutzt werden. Es darf nur nachrangig ein Bedarf bei anderen Netzbetreibern angemeldet werden.

Die in der Kurzfrist-Planung bestimmten Blindleistungsbedarfe und -potenziale werden je Aggregationsgebiet dargestellt. Die vor- und nachgelagerten Netzbetreiber ermitteln **spannungshhebende und spannungssenkende Blindleistungspotenziale** je Aggregationsgebiet. Diese stellen gegenseitig bereitstellbare Blindleistung dar.

Der **erwartete betriebliche Blindleistungsaustausch** (prognostizierter Ist-Wert für den Blindleistungsaustausch unter Berücksichtigung der durch den Netzbetreiber geplanten Netzbezogenen Maßnahmen) wird je Netzverknüpfungspunkt dargestellt.

Zur Bestimmung der Blindleistungsbedarfe und -potenziale stehen die in Abschnitt [6.2.1] beschriebene Bilanzierungs- und Spannungswertmethode zur Verfügung. Die Entscheidung über die anzuwendende Methode trifft jeder Netzbetreiber für sein Netzgebiet, wobei mindestens eine Methode angewendet werden muss.

6.3.2 Ablauf der Kurzfrist-Planung

Aufgrund der Wechselwirkungen zwischen den Netzebenen erfolgt die Kurzfrist-Planung iterativ und unter Datenaustausch zwischen vor- und nachgelagertem Netzbetreiber.

Schritt 1: Vorschau der Blindleistungsbedarfe und -potenziale des nachgelagerten Netzbetreibers

Die Vorschau erfolgt analog zu Abschnitt [6.3.1].

Schritt 2: Datenmeldung des nachgelagerten Netzbetreibers an den vorgelagerten Netzbetreiber

Der nachgelagerte Netzbetreiber muss seine Blindleistungsbedarfe und -potenziale an den vorgelagerten Netzbetreiber melden.

Bei Ausbleiben der Datenmeldung des nachgelagerten Netzbetreibers muss der vorgelagerte Netzbetreiber eine Ersatzwertbildung für die Blindleistungsbedarfe des nachgelagerten Netzbetreibers sicherstellen. In diesem Fall werden die Blindleistungspotenziale zu null angenommen.

Schritt 3: Vorschau der Blindleistungsbedarfe und -potenziale des vorgelagerten Netzbetreibers einschließlich Bestimmung von ggf. erforderlicher Maßnahmen

Die Vorschau erfolgt analog zu Abschnitt [6.3.1].

Werden im Prozess der Blindleistungsvorschau unter Berücksichtigung der Datenmeldungen der nachgelagerten Netzbetreiber Blindleistungsdefizite identifiziert, so sind geeignete Maßnahmen (siehe Abschnitt [7]) einzuleiten.

Schritt 4: Datenmeldung des vorgelagerten Netzbetreibers an den nachgelagerten Netzbetreiber

Der vorgelagerte Netzbetreiber muss seine Blindleistungspotenziale an den nachgelagerten Netzbetreiber melden.

Bei Ausbleiben der Datenmeldung des vorgelagerten Netzbetreibers werden dessen Blindleistungspotenziale zu null angenommen.

Erforderliche Maßnahmen zur Sicherstellung ausgeglichener Blindleistungsbedarfe werden separat kommuniziert.

Zusammenfassung der Datenmeldungen aus den Schritten 1 bis 4:

Umfang der Datenmeldung	vom nachgelagerten an vorgelagerten NB	vom vorgelagerten an nachgelagerten NB
erwarteter betrieblicher Blindleistungsaustausch	x	
spannungssenkendes Blindleistungspotenzial*	x	x
spannungshebendes Blindleistungspotenzial*	x	x

* Beide Werte können auch auf spannungshebender oder beide auf spannungssenkender Seite liegen. Die Werte sind als Absolutwerte zu melden.

6.3.3 Anforderungen an die Datenmeldungen in der Kurzfrist-Planung

Die Zeitpunkte und das Format für die jeweiligen Datenmeldungen müssen beide Netzbetreiber verbindlich bilateral vereinbaren. Als Mindestanforderung für Datenmeldungen muss ein standardisiertes Datenformat (bspw. CSV-Datei) verwendet werden. Für die Datenmeldungen des erwarteten Blindleistungsaustausches des nachgelagerten Netzbetreibers wird eine Integration in den GLDPM-Prozess⁴ empfohlen. Die zeitliche Auflösung (Zeitreihe) muss mindestens im Raster von einer Stunde erfolgen.

6.4 Bereitstellung von Blindleistung im Echtzeit-Betrieb

Im Abschnitt [6.2] wurde die langfristige Planung und in Abschnitt [6.3] die kurzfristige Planung im Hinblick auf den Blindleistungsaustausch zwischen Netzbetreibern behandelt.

Abschnitt [6.4] regelt für den Echtzeit-Betrieb das Management für die Spannungshaltung und für den tatsächlichen betrieblichen Austausch von Blindleistung durch die System- und Netzfürungen der beiden Netzbetreiber mit gemeinsamer Schnittstelle zwischen ihren Netzen und muss ab Inkrafttreten dieser Anwendungsregel spätestens nach zwei Jahren betrieblich umgesetzt sein.

ANMERKUNG Für Mittelspannungsnetze sind betriebliche Optimierungsmöglichkeiten bzw. die Anwendung von Kennlinien für den Blindleistungsaustausch im Normalbereich in Anhang E enthalten.

ANMERKUNG Für die Umsetzung der Anforderungen zum Blindleistungsmanagement innerhalb von Leitsystemen bei Verteilnetzbetreibern sind in Anhang F beschrieben.

6.4.1 Allgemeines

Netzbetreiber müssen im Rahmen ihrer Verantwortung für die Systemsicherheit in ihrem Netzgebiet über eine ausreichende Beobachtbarkeit (Messungen, Statusmeldungen, usw.) und Steuerungsmöglichkeit (Schalten, Regeln, Sollwertvorgaben, usw.) verfügen, um die Anforderungen an die Spannungshaltung und das Blindleistungsmanagement gewährleisten zu können.

Sofern betriebliche Anforderungen oder Vereinbarungen zwischen Netzbetreibern für den aktiven Blindleistungsaustausch Mess-, Melde-, Steuerungsmaßnahmen an der Schnittstelle **zwischen ihren Netzen** erfordern, muss zusätzlich zur Beobachtung und Steuerung innerhalb des eigenen Netzes eine Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle zwischen den beiden Netz-/Systemführungsstellen betrieben werden.

Für die Echtzeit-Kommunikation zum Blindleistungsaustausch an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern müssen sich beide Netzbetreiber auf die **Art und Weise der Kommunikation**, den Übertragungsweg und den Umfang der Daten und Informationen verständigen sowie die notwendigen Einrichtungen aufbauen und betreiben (siehe Abschnitt [8]).

Falls der nachgelagerte Netzbetreiber zeitweise oder dauerhaft die Rolle des bereitstellenden Netzbetreibers einnehmen soll, muss dafür eine **aktive Rollenumschaltung** vorgesehen werden. Im einfachsten Fall kann die Umschaltung durch eine Absprache erfolgen. Es wird empfohlen, die Umschaltung mit einer doppelten Freiwilligkeit beider Netzbetreiber zu verknüpfen und über die Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle zu implementieren. Ohne aktive Umschaltung ist der vorgelagerte Netzbetreiber der bereitstellende Netzbetreiber (siehe Abschnitt [4.4]).

Der betriebliche Echtzeit-Blindleistungsaustausch erfolgt nach den **folgenden Arten**, die in den Abschnitten [6.4.2] - [6.4.5] näher erläutert sind:

- Blindleistungsaustausch innerhalb der Grenzwerte für den Normalbereich des nachgelagerten Netzbetreibers
- Gesicherter Blindleistungsaustausch auf Basis von vereinbarter Vorhalteleistung
- Ungesicherter Blindleistungsaustausch auf Basis von gemeldetem Blindleistungspotenzial

⁴ GLDPM-Process: Commission Regulation (EU) 2016/1719 „Generation and Load Data Provision Methodology“

Die Meldung der spannungshebenden und -senkenden Blindleistungspotenziale sowie des Abrufs muss je Aggregationsgebiet über die Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle erfolgen. Darüber hinaus können beide Netzbetreiber auch einzelne Netzverknüpfungspunkte für Meldung und Abruf vereinbaren.

Führen marktbezogene Maßnahmen (Redispatch) nach §13 Abs. 1, § 14 bzw. nach 13a EnWG zur Anpassung der Erzeugungsleistung (Abregelung) bei Erzeugungsanlagen zum potenziellen oder tatsächlichen Verlust zwingend für die (n-1)-sichere Spannungshaltung benötigten Blindleistungspotenzialen (siehe Abschnitt [6.3]), dann muss nach Anhang E verfahren werden, um diese Blindleistungspotenziale in der betreffenden Region zu erhalten.

6.4.2 Echtzeit-Blindleistungsaustausch innerhalb der Grenzwerte für den Normalbereich

Bei der Bereitstellung von Blindleistung innerhalb der Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch des Normalbereichs (siehe Abschnitt [5.2]) ist der vorlagerte Netzbetreiber der bereitstellende Netzbetreiber und der nachgelagerte Netzbetreiber der anfordernde Netzbetreiber.

Die Anforderung von Blindleistung durch den nachgelagerten Netzbetreiber erfolgt durch sein Blindleistungsmanagement und stellt sich im Ergebnis an der Schnittstelle zwischen beiden Netzbetreibern als Blindleistungsaustausch ein (siehe Abschnitt [4.4]). Eine Sollwert-Übermittlung erfolgt nicht.

Diese Art des Blindleistungsaustauschs ist der betriebliche Grundfall zwischen beiden Netzbetreibern. Findet der Blindleistungsaustausch nur im Normalbereich statt, darf auf eine Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle für den Blindleistungsaustausch verzichtet werden.

6.4.3 Gesicherter Echtzeit-Blindleistungsaustausch auf Basis von vereinbarter Vorhalteleistung

Die Vorhaltung von gesicherter Blindleistung für den anderen Netzbetreiber muss im Rahmen der Langfrist-Planung abgestimmt und verbindlich vereinbart werden. Dabei dürfen über den geplanten Zeitraum die Rollen der beiden Netzbetreiber zwischen bereitstellender und anfordernder Netzbetreiber tauschen (siehe Abschnitt [4.4]).

Die gesicherte Blindleistung (Vorhalteleistung) muss in der Blindleistungspotenzialmeldung über die Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle mit Betrag und Wirkrichtung zusammen mit den Grenzen des Normalbereichs⁵ und ggf. ad hoc gemeldeten ungesicherten Blindleistungspotenzialen enthalten sein. Dies zeigt an, ob die vorzuhaltende Blindleistung wie vereinbart, tatsächlich zur Verfügung steht bzw. sie in Echtzeit abzumelden, wenn sie nicht zur Verfügung steht.

Sofern im Rahmen der Langfrist-Planung für die einzelnen Zeitpunkte nicht vorab festgelegt ist, wer der bereitstellende Netzbetreiber ist, muss dafür eine aktive Rollenumschaltung über die Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle implementiert werden (siehe Abschnitt [6.4.1]).

Die Bereitstellung von gesicherter Blindleistung darf zusätzlich zu einem vereinbarten Normalbereich oder vereinbarter ungesicherter Blindleistungsbereitstellung erfolgen.

6.4.4 Ungesicherter Blindleistungsaustausch auf Basis von gemeldetem Blindleistungspotenzial

Falls ungesicherte Blindleistung, die betrieblich bei einem der Netzbetreiber an der Schnittstelle zur Verfügung steht, dem anderen Netzbetreiber bereitgestellt werden soll, dann muss dieses ungesicherte Blindleistungspotenzial in Form von zwei Grenzwerten für den Blindleistungsaustausch über die Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle gemeldet werden.

Das Blindleistungspotenzial des vorgelagerten Netzbetreibers muss mindestens den Grenzwerten für den Blindleistungsaustausch des Normalbereichs entsprechen.

Falls gesicherte Blindleistung vorgehalten wird (siehe Abschnitt [6.4.3]), muss diese ebenfalls in der Blindleistungspotenzialmeldung des jeweiligen Netzbetreibers enthalten sein.

⁵ nur in der Blindleistungspotenzialmeldung des vorgelagerten Netzbetreibers

Das ungesicherte Blindleistungspotenzial hat keine längerfristige Verbindlichkeit. Der Netzbetreiber mit ungesichertem Blindleistungspotenzial darf den gemeldeten Wert jederzeit in Echtzeit ändern. Allerdings wird aus betrieblichen Gründen empfohlen, gemeldete ungesicherte Blindleistung für einen Zeitraum von beispielsweise 3 Stunden tatsächlich verfügbar zu haben und dies bei der Bestimmung der Blindleistungspotenzial-Meldung entsprechend zu berücksichtigen. Über die genauen Modalitäten der ungesicherten Blindleistung müssen beide Netzbetreiber eine verbindliche Vereinbarung treffen.

Die Erbringung von ungesicherter Blindleistung darf zusätzlich zu einem vereinbarten Normalbereich oder vereinbarter gesicherter Blindleistungsbereitstellung erfolgen.

6.4.5 Abruf von ungesicherter oder gesicherter Blindleistung

Der Abruf von ungesicherter oder gesicherter Blindleistung muss

- durch den nachgelagerten Netzbetreiber über sein Blindleistungsmanagement erfolgen und stellt sich im Ergebnis an der Schnittstelle zwischen beiden Netzbetreibern ein (siehe Abschnitt [4.4]).
- durch den vorgelagerten Netzbetreiber über die Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle erfolgen. Dafür muss zuvor eine Rollenumschaltung durchgeführt worden sein. Der nachgelagerte Netzbetreiber ist dann bereitstellender Netzbetreiber und stellt über sein Blindleistungsmanagement die angeforderten Werte oder den Wertebereich ein (siehe Abschnitt [4.4]).

Die Anforderung des vorgelagerten Netzbetreibers über die Echtzeit-Kommunikationsschnittstelle muss in Form eines Blindleistungssollwertbandes (oberer und unterer Wert) oder eines **Blindleistungssollwerts** erfolgen. Bei der Vorgabe eines Sollwertes muss vorab eine zugehörige Toleranz vereinbart werden (siehe Abschnitt [5.6]). Die Toleranz darf als Absolutwert oder bezogene Größe (bspw. %-Wert) vereinbart werden. Sie gilt als Toleranz in beiden Richtungen um den Sollwert.

Alternativ zum Abruf von Blindleistung an der Schnittstelle zwischen beiden Netzbetreibern kann vereinbart werden, dass der Abruf durch den vorgelagerten Netzbetreiber auch über eine **Spannungssollwertvorgabe** auf Ober- oder Unterspannungsseite von Transformatoren realisiert wird. In diesem Falle erfolgt eine entsprechende Stufung der Transformatoren an der Schnittstelle in Kombination mit dem Blindleistungsmanagement des bereitstellenden Netzbetreibers.

Eine Anforderung (Abruf) von Blindleistung ist mit einer Frist von 15 Minuten umzusetzen, sofern die in den Technischen Anschlussregeln (TAR) vorgegebenen Rampen bei der Regelung von Blindleistungsquellen nicht verletzt werden.

6.4.6 Notfall-Abruf von Blindleistung

Ein Netzbetreiber darf bei spannungskritischen Situationen im eigenen Netz (siehe Abschnitt [7.2]) Blindleistung an der Schnittstelle zu nachgelagerten Netzbetreibern anfordern, ohne dass dafür zuvor der nachgelagerte Netzbetreiber ein Blindleistungspotenzial gemeldet haben muss.

Für diesen Notfall-Abruf muss an der Kommunikationsschnittstelle ein zweites Abrufsignal je Aggregationsgebiet implementiert sein. Dieser Abruf ist nicht an eine Freigabe durch doppelte Freiwilligkeit geknüpft und es bedarf dafür keines separaten Freigabesignals beider Netzbetreiber. Alternativ zum Notfall-Abruf je Aggregationsgebiet dürfen sich die beiden Netzbetreiber im Rahmen der Implementierung auf Abrufe je Netzverknüpfungspunkte verständigen.

Bei Empfang der Anforderung (Notfall-Abruf) muss der nachgelagerte Netzbetreiber nach Können und Vermögen und unter Einbezug von Reserven mit Blindleistung an der Schnittstelle zwischen den Netzen unterstützen. Dabei darf der nachgelagerte Netzbetreiber seine eigene Netzsicherheit oder den Betrieb angeschlossener Anlagen nicht gefährden.

Reicht die Blindleistungsbereitstellung infolge des Notfall-Abrufs für den vorgelagerten Netzbetreiber nicht zur Abwendung der spannungskritischen Situation aus, dann muss er Maßnahmen nach §13 Abs. 2 EnWG (für Übertragungsnetzbetreiber) bzw. §14 EnWG (für Verteilnetzbetreiber) gemäß VDE-AR-N 4140 anfordern.

6.4.7 Training des Abrufs und der Bereitstellung von Blindleistung

Gemäß den Regelungen für Trainings nach Abschnitt 11 der Anwendungsregel VDE-AR-N 4141-1:2019-01 (für die Schnittstelle zwischen Übertragungsnetzbetreibern und Verteilnetzbetreibern) bzw. Abschnitt 11 der Anwendungsregel VDE-AR-N 4141-2:2022-09 (für die Schnittstelle zwischen zwei Verteilnetzbetreibern) müssen Personen mit operativer Verantwortung für die Umsetzung der Abrufe und die Bereitstellung von Blindleistung bzw. aller Maßnahmen zur Spannungshaltung und zum Blindleistungsmanagement qualifiziert und trainiert sein sowie fortgebildet werden.

Das Training kann unter Beteiligung beider Netzbetreiber im realen Netzbetrieb erfolgen. Hierbei sollte die Fahrweise zur spannungssenkenden, -hebenden und neutralen Blindleistungsbereitstellung trainiert werden.

7 Maßnahmen bei spannungskritischen Situationen

7.1 Allgemeines zu spannungskritischen Situationen

7.1.1 Ursachen für Spannungsprobleme

Mögliche Ursachen für Blindleistungsdefizite und in der Folge von Spannungsproblemen können beispielsweise folgende sein:

- In Starklastzeiten führen hohe und weiträumige Stromtransite im stark übernatürlichen Bereich zu einem überproportional ansteigenden Blindleistungsbedarf des Übertragungsnetzes. Dieser Effekt wird noch durch die Anwendung des NOVA-Prinzips⁶ z. B. mit Einsatz von Hochtemperaturleiterseilen und des witterungsabhängigen Freileitungsbetriebs oder mit Anwendung kurativer Maßnahmen weiter verstärkt. Infolgedessen kann es regional zu kritischen Spannungsrückgängen kommen.
- In Schwachlastzeiten sind mitunter nur wenige Erzeugungsanlagen mit Blindleistungspotenzial am Netz, während gleichzeitig in einzelnen Netzabschnitten spannungshhebende Blindleistung von Kabeln nicht kompensiert werden kann. Außerdem kann ein schwach ausgelastetes Freileitungsnetz (unternatürlicher Betriebszustand) im eigenen bzw. in den überlagerten Spannungsebenen ein spannungshhebendes Verhalten aufweisen. Dadurch kann es regional zu deutlichen Spannungserhöhungen kommen.
- Bei starker dezentraler Einspeisung und gleichzeitig einer spannungssenkenden Fahrweise der Erzeugungsanlagen zum Zwecke der Begrenzung der lokalen Spannung in den NS- und MS-Netzen, kann es zu deutlichen Spannungsrückgängen im HS- und HöS-Netz kommen, weil die notwendige Blindleistung aus diesen Ebenen bezogen wird. Denkbar ist je nach Netzauslastung in diesem Szenario auch ein Spannungsanstieg.

7.1.2 Netzzusammenbruch wegen Spannungsproblemen

Das Phänomen des sogenannten „Spannungskollaps“ kann in stark belasteten, ausgedehnten Netzen bei Netzstörungen, Erzeugungsausfall oder -rückgang (Kraftwerke, Windparks, große Photovoltaikanlagen, usw.) oder unerwarteter Anstieg des Leistungstransports usw. zu erhöhtem Blindleistungsbedarf führen, der möglicherweise nicht mehr gedeckt werden kann. Dies kann zu starke Spannungsabsenkungen nach sich ziehen. In solchen Starklastszenarien mit niedrigen Spannungen können auch Auslösungen von spannungsanhebenden Betriebsmitteln wie Kondensatoren, STATCOMs, Kraftwerksblöcke im spannungsanhebenden Betrieb bzw. Mehrfachauslösungen von Leitungen kritisch werden. Nehmen die Spannungsabweichungen im Laufe einer Störung progressiv zu, kann der Verlust der statischen Spannungsstabilität eintreten.

Eine häufige Ursache für Netzzusammenbrüche ist ein kaskadenförmig ablaufender Verlust der Spannungsstabilität in den Übertragungsnetzen. Ausgangspunkt für einen Netzzusammenbruch kann auch ein Szenario mit anfänglich zu hoher Spannung sein.

⁶ Prinzip für Bau und Betrieb von Netzen, bei dem die Optimierung des bestehenden Netzes Vorrang gegenüber einer Verstärkung oder dem Ausbau hat („Netz-Optimierung vor Verstärkung vor Ausbau“)

7.1.3 Einfluss von Transformatorstufungen

Der Spannungsrückgang kann dadurch verstärkt werden, dass der Spannungsrückgang auf oberen Spannungsebenen zu Transformatorstufungen führen kann.

Zum Betrieb unterschiedlicher Spannungsebenen werden Transformatoren mit Stufenschaltern eingesetzt, die variable Übersetzungsverhältnisse ermöglichen. Die Stufung der HS/MS-Transformatoren geschieht dabei automatisch über einen aktiven Spannungsregler oder durch Stufungsbefehle aus dem Leitsystem des zuständigen Netzbetreibers.

Im Netzbetrieb werden die Spannungsstufensteller der HöS/HS und HS/MS regelmäßig gestuft, um die Spannung in den Verteilnetzen bei sich ändernden Netzsituationen oder beim angeforderten Blindleistungsaustausch im Betriebsspannungsband zu halten. Die Unter-/Überschreitungen einer definierten Sollspannung bzw. des definierten Sollspannungsbandes führt zu Stufungen des Spannungsreglers oder Stufungsbefehlen der Netzführungen.

Nach erfolgter Stufung ist die Verletzung der Grenzwerte für die Spannung im Verteilnetz beseitigt, im Übertragungsnetz allerdings noch vorhanden und mit einem zunehmenden Blindleistungsaustausch verbunden. Sind nicht genügend Blindleistungspotenziale vorhanden, droht eine Verschärfung der Situation.

7.2 Erkennen von spannungskritischen Situationen

Eine kritische Situation liegt vor, wenn an Sammelschienen im eigenen Netz oder an den Netzverknüpfungspunkten mit anderen Netzbetreibern Grenzwerte der Spannung (siehe Abschnitt [5.2]) im Grundfall oder bei (n-1)-Ereignissen verletzt sind.

Dabei ist die Kritikalität umso höher:

- je stärker die Spannung die Grenzwerte überschreitet oder je mehr Stufungen an Transformatoren mit automatischer Spannungsregelung in kurzer Zeit stattfinden
- je großflächiger die Spannungsabweichung auftritt
- wenn sich die Situation sukzessive weiter verschlechtert

7.3 Maßnahmen zur Rückführung der Spannung in das Betriebsspannungsband

Die in den nachfolgenden Abschnitten beschriebenen Maßnahmen sind in der entsprechenden Rangfolge anzuwenden, um die Spannung im Netz und an den Netzverknüpfungspunkten zu anderen Netzbetreibern bei Verletzung der Grenzwerte zurück in das Betriebsspannungsband zu führen. Dabei muss die Wirksamkeit sichergestellt und die Verhältnismäßigkeit und die Angemessenheit der Maßnahmen gewahrt werden. Das Betriebsspannungsband muss spätestens nach 30 Minuten wieder erreicht werden. Siehe Abschnitt [5.3].

7.3.1 Manuelle netzbezogene Maßnahmen

Netzbezogene Maßnahmen im Rahmen von §13 Abs.1 EnWG (für Übertragungsnetzbetreiber) bzw. §14 EnWG (für Verteilnetzbetreiber) sind vorrangig vor anderen Maßnahmen einzusetzen. Dazu gehören beispielsweise:

- Einsatz eigener Kompensationsanlagen
- Einsatz von Blindleistungsquellen im Rahmen von Mindestanforderungen gemäß der Technische Anschlussregeln und marktgestützter Beschaffung
- Blindleistungsaustausch zwischen Netzbetreibern
- Schaltmaßnahmen im Netz; Topologie-Änderungen, Ein-/Ausschaltungen
- Abbruch von Arbeiten im Netz und Zuschaltung von Betriebsmitteln
- Blockierung von Spannungsregelungen (bspw. an Trafostufenstellern)

7.3.2 Manuelle marktbezogene Maßnahmen

Marktbezogene Maßnahmen im §13 Abs.1 EnWG (für Übertragungsnetzbetreiber) bzw. §14 EnWG (für Verteilnetzbetreiber) sind nachrangig zu netzbezogenen Maßnahmen einzusetzen. Dazu gehören beispielsweise:

- Einsatz von Blindleistungsquellen bis zum technischen Maximum verfügbarer Blindleistungspotenziale
- Anpassungen der Wirkleistungserzeugung oder des Wirkleistungsbezug auf Basis von Vereinbarungen, Regelungen oder gesetzlicher Vorgaben (Redispatch, Nutzen statt Abregeln, usw.)

7.3.3 Manuelle Notfall-Maßnahmen

Notfallmaßnahmen §13 Abs. 2 EnWG (für Übertragungsnetzbetreiber) bzw. §14 EnWG (für Verteilnetzbetreiber) sind nachrangig zu anderen Maßnahmen einzusetzen. Dazu gehören beispielsweise:

- Anpassung von Stromerzeugung, Stromtransiten und Strombezügen
- Spannungsabhängiger Lastabwurf bzw. Anpassung der Last oder Einspeisung
- Abschaltung von Netzabschnitten
- Veranlassung und Durchführung von Notfall-Maßnahmen gemäß VDE-AR-N 4140 „Kaskadierung von Maßnahmen für die Systemsicherheit“.

7.3.4 Automatische Maßnahmen

Die automatischen Letztmaßnahmen sind der VDE-AR-N 4142 „Automatische Letztmaßnahmen zur Vermeidung von Systemzusammenbrüchen“ beschrieben.

8 Kommunikationsschnittstelle und Informationsaustausch

8.1 Grundsätze und Anforderungen

Wegen der grundlegenden und überragenden Bedeutung der Spannungshaltung und des Blindleistungsmanagements für den stabilen und sicheren Betrieb der Netze und des Systems muss die Kommunikationsschnittstelle zwischen Netzbetreibern mit gemeinsamen Netzverknüpfungspunkte entsprechend den jeweiligen Anforderungen zuverlässig und leistungsfähig sein, sofern sie erforderlich ist.

8.2 Daten- und Informationsumfang

Der auszutauschende Umfang der Daten und Informationen für die Langfrist-Planung, die Kurzfristplanung und den Echtzeit-Betrieb muss zwischen den beiden betreffenden Netzbetreibern abgestimmt werden. Er hängt davon ab, wie umfangreich und in welcher Art und Weise Blindleistung ausgetauscht werden soll. Beispielsweise ob gesicherte Blindleistung (Vorhalteleistung) oder ungesicherte Blindleistung ausgetauscht werden soll und ob die Umschaltungen der Rollen vereinbart werden soll.

Für die Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern müssen bei einem aktiven Blindleistungsaustausch je Aggregationsgebiet mindestens folgende Daten und Informationen übermittelt werden:

Für die Kurzfristplanung (Prognosedaten):

- vom vorgelagerten Netzbetreiber;
 - Zeitreihe mit verfügbaren Blindleistungspotenzialen getrennt nach spannungshebend und -senkend⁷ je Aggregationsgebiet;

⁷ Die Werte können auch beide spannungsheben oder -senkend sein

- vom nachgelagerten Netzbetreiber;
 - Zeitreihe mit verfügbaren Blindleistungspotenzialen getrennt nach spannungshebend und -senkend⁴ je Aggregationsgebiet;
 - Zeitreihe mit Angaben zum erwarteter Betriebspunkt (prognostizierter Ist-Blindleistungsaustausch), sofern keine Anforderung des vorgelagerten Netzbetreibers umgesetzt wird je Netzverknüpfungspunkt.

Für den Echtzeitbetrieb (aktuelle Betriebsdaten)

- vom bereitstellenden Netzbetreiber (ggf. beide Netzbetreiber);
 - aktuell verfügbare Blindleistungspotenziale getrennt nach spannungshebend und -senkend⁴;
- sofern vorgelagerten Netzbetreiber anfordernder Netzbetreiber sein soll;
 - Aktivierungssignale von beiden Netzbetreibern;
 - Abruf von Blindleistung durch den vorgelagerten Netzbetreiber als Band (zwei Werte) oder Sollwert.

Das Erfordernis der Bereitstellung vom vorgelagerten an den nachgelagerten Netzbetreiber und umgekehrt hängt von den einzunehmenden Rollen der Bereitstellung oder der Anforderung von Blindleistung ab.

8.3 Datenwege

Für die Kommunikation zwischen zwei Netzbetreibern im Rahmen der gemeinsamen Aufgaben zur Spannungshaltung und zum Blindleistungsmanagement über eine Kommunikationsschnittstelle sind Datenwege zu nutzen, die den Anforderungen nach "Maßnahmenkatalog der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber zum Netzwiederaufbauplan," [7] entsprechen.

Mindestens die Datenwege zwischen Übertragungsnetzbetreibern und Verteilnetzbetreibern mit Übertragungsnetzanschluss müssen redundant ausgeführt und schwarzfallfest sein. Sie müssen eine sehr hohe Zuverlässigkeit aufweisen und eine sehr schnelle Übertragung der Daten und Informationen gewährleisten. Insbesondere die Meldungen zu Blindleistungspotenzialen und Anforderungen (Abrufe) des vorgelagerten Netzbetreibers stehen dabei im Vordergrund.

Als Notfallebene für den Ausfall der regulären Datenwege oder der Kommunikationsschnittstelle muss zwischen Übertragungsnetzbetreibern und Verteilnetzbetreibern mit Übertragungsnetzanschluss eine schwarzfallfeste Sprachkommunikation nach "Maßnahmenkatalog der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber zum Netzwiederaufbauplan" [7] zur Verfügung stehen.

Werden öffentliche Netze zur Übertragung von Daten und Informationen genutzt, müssen sich die beiden betreffenden Netzbetreiber hinsichtlich Signatur und Verschlüsselung abstimmen. Dabei sind die Anforderungen des Informationssicherheits-Managementsystems (ISMS) nach DIN EN ISO/IEC 27001 und die Regelungen des IT-Sicherheitsgesetzes [8] zu erfüllen.

8.4 Datenformate

Erfolgt der Austausch von Daten und Informationen dateibasiert, wie beispielweise bei der Kurzfrist-Planung nach Abschnitt [6.3], dann müssen die beiden Netzbetreiber vorab verbindlich eindeutige und unmissverständliche Datenformate abstimmen und ein Änderungs- und Pflegemanagement dafür organisieren. Als Mindestanforderung für den Datenmeldungen muss ein standardisiertes Datenformat (bspw. CSV-Datei) elektronisch übermittelt werden (siehe Abschnitt [6.3.3]).

Erfolgt der Austausch von Daten und Informationen über eine Prozessdaten-Kommunikationsschnittstelle, wie beispielweise im Echtzeit-Betrieb nach Abschnitt [6.4], dann müssen die beiden Netzbetreiber vorab verbindlich geeignete und standardisierte Übertragungsprotokolle, wie beispielsweise das TASE2-Protokoll, abstimmen.

Der Eingang von übermittelten Daten und Informationen muss vom Empfänger immer automatisiert bestätigt werden und die Datenwege müssen permanent auf Übertragungs- und Funktionsfähigkeit überwacht werden.

⁴ GLDPM-Process: Commission Regulation (EU) 2016/1719 „Generation and Load Data Provision Methodology“

8.5 Kommunikationstests

Die Übertragung von Daten und Informationen über die Kommunikationsschnittstelle ist regelmäßig zu testen, wie beispielsweise bei Blindleistungspotenzialmeldungen, sofern die Nutzung nicht kontinuierlich im Betrieb stattfindet.

Anhang A (informativ)

Planerische Grundlagen für die Bestimmung des Blindleistungsbedarfs und der Bedarfsdeckung

Der Blindleistungsbedarf eines Netzes muss während allen auslegungsrelevanten Netznutzungsfällen und Szenarien gedeckt werden können, um die Spannung in den zulässigen Grenzwerten zu halten. Für die Bestimmung des Blindleistungsbedarfs sind im Wesentlichen folgende Einflussgrößen relevant und zu bewerten.

- Netzausbau
 - Welcher Blindleistungsbedarf resultiert aus der prognostizierten Ladeleistung der Leitungen, insbesondere aus dem Zubau bzw. Austausch von Kabeln (z. B. Ölkabel zu VPE-Kabel, Querschnittserhöhung, etc.)?
- Netzauslastung
 - Welcher Blindleistungsbedarf resultiert aus einer hohen oder niedrigen Auslastung der Netzbetriebsmittel, entsprechend den Last- und Erzeugungssituationen in der jeweiligen Spannungsebene?
- Blindleistungsverhalten von Erzeugungsanlagen
 - Wie verändert sich der Blindleistungsbedarf durch den Ersatz von alten Erzeugungsanlagen ohne Blindleistungsbereitstellung bzw. ohne Blindleistungskompensation?
 - Welchen Einfluss hat der Blindleistungseinsatz von Erzeugungsanlagen zur lokalen Spannungshaltung, z. B. in der Nieder- und Mittelspannungsebene mit spannungssenkendem Verhalten, auf den (übergeordneten) Blindleistungsbedarf? Wie ist der Einfluss von neuen oder wegfallenden Anlagen?
- Blindleistungsverhalten von Lasten bzw. Bezugskunden
 - In welchem Maße schöpfen Bezugskunden den zugestandenen Blindleistungsbereich aus?
 - Wie wirkt sich der Wegfall induktiver Lasten und der zunehmende Einsatz umrichtergesteuerter Anlagen auf den Blindleistungsbedarf aus?
 - Können Kompensationsanlagen bei Bezugskunden beeinflusst werden?
- Blindleistungsaustausch mit den vor- und nachgelagerten Netzbetreibern
 - Wie hoch ist der zulässige Blindleistungsaustausch?
 - VNB-ÜNB: bilaterale Vereinbarung der zulässigen Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch und zugehörigen Aggregationsgebiete
 - VNB-VNB: Berücksichtigung der zulässigen Grenzwerte für den Blindleistungsaustausch gemäß Abschnitt [5.2.2] bzw. bilateralem Vertrag

Für die Bedarfsbestimmung sind aus Sicht der Spannungshaltung und des maximalen Blindleistungsbedarfs mindestens folgende Netznutzungsfälle als auslegungsrelevant einzuordnen und zu bewerten:

- Bedarf an spannungshebender Blindleistung: Bei einem stark belasteten Netz (übernatürlicher Betrieb) aufgrund von Erzeugung oder Last, wird spannungssenkende Blindleistung durch hohe Leistungsflüsse im Netz erzeugt.
- Bedarf an spannungssenkender Blindleistung: Bei einem schwach belasteten Netz (unternatürlicher Betrieb) dominiert spannungshebende Blindleistung durch niedrige Leistungsflüsse im Netz.
- Für kabeldominierte Netze kann in beiden Fällen ein spannungssenkender Bedarf vorliegen.
- Zur Auswahl der auslegungsrelevanten Fälle sollten P-Q-Messwerte an den Netzschnittstellen über mindestens ein Jahr ausgewertet werden.

Zur Deckung des jeweils prognostizierten Blindleistungsbedarfs sind verschiedene Optionen der gesicherten und ungesicherten Blindleistungserbringung zu betrachten und in Abhängigkeit der Netzsituation zu bewerten.

- Wie viel Blindleistung kann anteilig gedeckt werden durch:
 - die Blindleistungsstellbereiche nach den TAR/TAB für Erzeugungsanlagen, Lasten und Speicher?
 - bestehende und/oder neu zu errichtende Blindleistungskompensationsanlagen (VINK) des Netzbetreibers? Wo sind/werden diese im Netz angeschlossen?
 - bestehende und/oder neue Blindleistungspotenziale von Marktteilnehmern („marktgestützte Beschaffung von Blindleistung“ nach §12h EnWG)?
 - einen vor- oder nachgelagerten Netzbetreiber?

Im Speziellen können für die marktgestützte Beschaffung von Blindleistung folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Wird eine marktgestützte Beschaffung von Blindleistung im eigenen Netz durchgeführt bzw. geplant?
- Wenn ja, welches Produkt, welcher Bedarf und welche Beschaffungsregionen werden zugrunde gelegt?
- Welche Blindleistungspotenziale von potenziellen Marktteilnehmern bestehen und wurden bereits in einer Ausschreibung kontrahiert?

Wie in Abschnitt 5.7.3 beschrieben, kann dynamische Blindleistung an der Schnittstelle zwischen zwei Netzbetreibern operativ nicht aktiv ausgetauscht bzw. angefordert werden. Dennoch ist die Kenntnis über den Einsatz und die Planung dynamischer Blindleistung für einen sicheren Netzbetrieb essenziell und wie folgt validierbar:

- Sind im eigenen Netz bereits dynamische Blindleistungskompensationsanlagen in Betrieb oder in Planung?
- Wie hoch ist das Potenzial dynamischer Blindleistung von Erzeugungsanlagen, Lasten und Speicher im eigenen Netz?
- Aus welchem Grund sind dynamische Blindleistungskompensationsanlagen in Betrieb/Planung? Was ist der auslegungsrelevante Netznutzungsfall?

Die bilateralen Planungsgespräche zwischen Netzbetreibern sollen neben den planerischen Aspekten auch operative Maßnahmen zur Spannungshaltung und zum Blindleistungseinsatz umfassen. Zur Vorbereitung der Gespräche können folgende Fragestellungen genutzt werden:

- Sind in der Vergangenheit Spannungsbandverletzungen aufgetreten oder sind zukünftige Spannungsbandverletzungen denkbar?
- Welche operativen Maßnahmen werden zur Spannungshaltung eingesetzt?
- Welche operativen Maßnahmen sind für eine (n-1)-sichere Spannungshaltung vorhanden?
- Sind hohe Spannungsänderungen/Spannungssprünge im Netz bekannt oder zu erwarten?
- Welche Maßnahmen werden ergriffen, um hohe Spannungsänderungen/Spannungssprünge zu vermeiden?
- Welche Netzkunden werden sich bei hohen oder niedrigen Spannungen zuerst vom Netz trennen?
- Sind kaskadierende Vorgänge in Bezug auf die Spannung im eigenen Netz bekannt oder zu erwarten und welche Auswirkungen können sie haben?
- Welche Blindleistungsquellen werden perspektivisch stillgelegt und welche gehen in Betrieb?
- Wird die Blindleistungsbeschaffung für einen weiteren Netzbetreiber übernommen?
- Gibt es weitere relevante Regelungen oder Restriktionen mit Belang für die Spannungshaltung oder den Blindleistungsaustausch?

Anhang B (normativ)

Methodenbeschreibung zur Ermittlung des Blindleistungsbedarfs

Für die Bestimmung des eigenen Blindleistungsbedarfs stehen grundsätzlich verschiedene Methoden zur Verfügung. Im nachfolgenden wird die Methode der Blindleistungsbilanzierung beschrieben, die beispielsweise bei langfristigeren Zeithorizonten angewendet werden kann. Eine weitere Methode stellt die Spannungswertmethode dar.

Zur Bestimmung des Blindleistungsbedarfs im eigenen Netzgebiet [siehe Anhang A] muss mindestens die Bilanzierungsmethode eingesetzt werden. Sie besteht aus der Bestimmung des Systembedarfs (Gesamtbedarf an Blindleistung) und der Ermittlung des verfügbaren Blindleistungspotenzials gemäß:

- $\text{Blindleistungsbedarf} = \text{Systembedarf} - \text{Blindleistungspotenzial}$

Der Systembedarf beschreibt den Blindleistungsbedarf aus dem eigenen Netz und aus unterlagerten Netzen.

Das Blindleistungspotenzial beschreibt die für die Bedarfsdeckung zur Verfügung stehende Blindleistung aus eigenen Blindleistungskompensationsanlagen und auf der Netzebene angeschlossenen Kundenanlagen.

Die hier beschriebenen Bilanzierungsmethode unterstellt, dass die Netzspannung im zulässigen Spannungsband gehalten werden kann, wenn die Blindleistungsbilanz in vordefinierten Betrachtungsgebieten ausgeglichen ist. Eine Bilanzunterdeckung wird als Indikator für ein Spannungsproblem eingestuft. Eine Regionalisierung mit Betrachtungsgebieten ist insbesondere bei großen Netzen erforderlich, da Blindleistung nur lokale Wirkung entfaltet und möglichst innerhalb eines Betrachtungsgebiets ausgeglichen werden sollte.

Jedem Netzbetreiber obliegt die Festlegung von Betrachtungsgebieten. Hierbei müssen folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Innerhalb eines Betrachtungsgebiets hat jeder Netzknoten einen signifikanten Spannungseinfluss auf einen anderen Netzknoten durch eine Blindleistungsregelung
- Eine Beschaffungsregion des unterlagerten Netzbetreibers darf nicht in zwei Beschaffungsregionen des vorgelagerten Netzbetreibers liegen

Der netzeigene Systembedarf besteht aus den (spannungshebenden und -senkenden) Blindleistungsbedarfen der Leitungen und den Blindleistungsbedarfen der Transformatoren. Zur Vereinfachung wird eine konstante Netzspannung an allen Netzknoten innerhalb der zulässigen Grenzen angenommen. Zusätzlich muss der netzbetreiberübergreifende Blindleistungsbedarf berücksichtigt werden.

Das zur Verfügung stehende Blindleistungspotenzial besteht aus dem Blindleistungspotenzial eigener Blindleistungskompensationsanlagen wie beispielsweise Drosseln, Kondensatoren, rotierende Phasenschieberanlagen, HGÜ-Konverter und STATCOM. Die Blindleistungsbereitstellung von angeschlossenen Anlagen im Rahmen der gültigen technischen Anschlussregeln (TAR) stellt einen weiteren Bestandteil des zur Verfügung stehenden Blindleistungspotenzials im eigenen Netzgebiet dar. Die Blindleistungspotenziale anderer Netzbetreiber müssen im Zuge der Bestimmung der Blindleistungspotenziale auch berücksichtigt werden, was über einen planerischen Austausch zwischen den Netzbetreibern, beispielsweise für die Bearbeitung der Unterlagen zu Netzentwicklungsplan und Netzausbauplan, erfolgen kann. Auf Basis des Austauschs muss erarbeitet werden, was der jeweilige Netzbetreiber an Blindleistung benötigt und umgekehrt bereitstellen kann.

Bei der Blindleistungsbilanzierungsmethode wird zwischen statischen und dynamischen Blindleistungsbedarfen differenziert (siehe Abschnitt [5.7]). Dynamisches Blindleistungspotenzial darf zur Deckung statischer Blindleistungsbedarfe angesetzt werden. Dynamische Blindleistungspotenziale können beispielsweise aus Stundenwechseln (Einsatzplanung von Marktakteuren), Einfachausfällen oder Mehrfachausfällen identifiziert werden.

Zur Bestimmung des Blindleistungsbedarfs können stundenscharfe Zeitreihen verwendet werden. Übersteigt der Systembedarf das zur Verfügung stehende Blindleistungspotenzial wird diese Stunde als auslegungsrelevante Grenzsituation identifiziert. Durch die Nutzung von Zeitreihen kann die Anzahl von auslegungsrelevanten Netzsituationen analysiert werden.

Neben der Zeitreihenanalyse können auch direkt auslegungsrelevante Grenzsituationen für die Bedarfsbestimmung verwendet werden.

Für Analysen von historisch entstandenen kritischen Netzsituationen eignet sich insbesondere die Spannungswertmethode.

Im Nachgang eine Übersicht von möglichen auslegungsrelevanten Kriterien bzw. Grenzsituationen:

- Regionale Blindleistungspotenzialanalysen zu möglichen Blindleistungserbringern
- Ausfallanalysen
- Einhaltung des Spannungsgrenzwertkonzepts
- Einhaltung der jeweiligen Planungsgrundsätze (bspw. FNN-Anwendungsregeln VDE-AR-N 4141, Teil 1 und 2)
- Auslegungsrelevante Grenzsituationen für maximal spannungshebende und spannungssenkende Blindleistungsbedarfe sowie für statische und dynamische Blindleistungsbedarfe
- Die Auslegung der dynamischen Blindleistungsbedarfe ist auch Bestandteil des Planungsaustauschs
- Berücksichtigung des abgestimmten Normalbereichs zwischen Netzbetreibern

Kann nicht sichergestellt werden, dass die Spannungsgrenzwerte stets eingehalten sind, muss die Spannungswertmethode angewendet werden, bei der Leistungsflussberechnungen durchgeführt werden.

Etwaige Spannungsbandverletzungen können als Indikator für einen Blindleistungsbedarf gewertet werden. Bei der Spannungswertmethode besteht im Vergleich zur Blindleistungsbilanzierungsmethode eine höhere Qualitätsanforderung an die Blindleistungsprognose, insbesondere aus dem Verteilnetz.

Anhang C (normativ)

Netzplanerischer Ansatz zur Ermittlung von Normalbereichsgrenzen zwischen Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber

Das in diesem Abschnitt beschriebene Verfahren setzt auf den in Anhang B behandelte Bilanzierungsmethode zur Bestimmung von Blindleistungsbedarfen innerhalb ausgewählter Betrachtungsgebiet auf und ermöglicht ein Ableiten freier Blindleistungspotenziale für eine Weitergabe an nachgelagerte Netzbetreiber; unter der Berücksichtigung der zeitgleich verfügbaren Blindleistungspotentiale bzw. -bedarfe in den jeweiligen Netznutzungsfällen.

Eine Anwendung des Verfahrens erfolgt netzplanerisch im Zeithorizont der gesetzlich vorgegebenen Netzplanungsprozesse.

Das beschriebene Verfahren dient als Nachweis des Übertragungsnetzbetreibers gegenüber den im Betrachtungsgebiet angeschlossenen Verteilnetzbetreibern hinsichtlich einer Unzumutbarkeit der in Abschnitt 5.2.1 definierten Regelung. Die Defizite werden für die jeweilige Richtung ausgewiesen.

Folgende Vorgehensweise hat dabei durch den Übertragungsnetzbetreibers für die betreffende Betrachtungsregion zu erfolgen:

1. Anwendung der gesetzlich vorgesehenen Prozesse der Bedarfsplanung, Langfristplanung und Netzausbauplanung
2. Leistungsfluss-basierte Simulation des Jahreslaufes inkl. der abgestimmten Marktsimulation (Netznutzungsfälle)
3. Bestimmung der resultierenden HöS-Systembedarfe (Leitungen und Transformatoren, sowie direkt-angeschlossenen Lasten, ohne Blindleistungsbedarfe der unterlagerten Netzbetreiber)
4. Gegenüberstellung der in jeder Stunde verfügbaren Blindleistungspotentiale der Beschaffungsregion entspr. Marktsimulation, Uhrzeit und Wettersimulation (ÜNB-eigene VINK, TAR-Potentiale aller direkt-angeschlossenen Kundenanlagen)
5. Identifikation der auslegungsrelevanten Netznutzungsfälle (spannungshebend und spannungssenkend) entsprechend des 99%-Quantils

Alternativ zu 1. bis 5. darf zur Bewertung der Vorgaben aus Abschnitt [5.2.1] der Nachweis direkt über auslegungsrelevante Netznutzungsfälle beispielsweise aus Echtzeit-Datensätzen erfolgen.

An dieser Stelle auftretende Defizite werden als Nachweis eines spannungskritischen auslegungsrelevanten Netznutzungsfälle angesehen. Bei verfügbaren Überpotentialen erfolgt eine Weiterverwendung der Werte wie folgt:

6. Bestimmung von Verteilungsfaktoren für alle VNB-Aggregationsgebiete innerhalb der untersuchten Betrachtungsgebiete entsprechend der vertraglich geregelten Anschlussleistung
7. Aufteilen der verfügbaren Überpotentialen auf alle Aggregationsgebiete entsprechend der Verteilungsfaktoren nach Schritt 6

Die so bestimmten Werte für die auslegungsrelevanten Netznutzungsfälle (spannungshebend, spannungssenkend) werden entsprechend als Grenzen der Blindleistungsnormalbereiche herangezogen. Beträgt der Abstand der beiden Werte weniger als 70 Mvar, hat eine entsprechende Korrektur auf diesen Wert zu erfolgen, um die technische Möglichkeit zur Einhaltung der Grenzen zu gewährleisten.

Die Ergebnisse sind dem/den betroffenen Verteilnetzbetreiber transparent offenzulegen.

Lokale Besonderheiten, wie gemeinsame Betriebsmittel o.ä. sind in der beschriebenen Schrittfolge unter bilateraler Absprache einzupflegen.

Entsprechend Network Code on Demand Connection (DCC) obliegen die netzplanerischen Betrachtungen dem Grundsatz der Optimierung zwischen höchster Gesamteffizienz und geringsten Gesamtkosten für alle beteiligten Akteure. Diese Kosten-Nutzen-Analyse umfasst neben finanziellen Aspekten auch den sozioökonomischen Nutzen in Form einer höheren Versorgungssicherheit, sowie den Nutzen für den Elektrizitätsbinnenmarkt, den grenzüberschreitenden Handel und die Integration erneuerbarer Energieträger.

Anhang D (normativ)

Schutz von Blindleistungspotenzialen bei Abregelung von Erzeugungsanlagen

Hintergrund

Es kann beispielsweise in Phasen hoher dezentraler Einspeisung von Strom in das Netz - insbesondere aus Windenergieanlagen – in Teilen des deutschen Übertragungsnetzes zu stark ausgeprägtem Nord-Süd-Transiten und daraus resultierenden hohen Blindleistungsbedarfen kommen. Ähnliche Situationen können regional auch aus anderen Gründen auftreten. In solchen Fällen muss zur Gewährleistung der Netz- und Systemsicherheit zwingend auf Blindleistungspotenziale in der betreffenden Region zurückgegriffen werden können.

Im Zuge von Engpassmanagement-Maßnahmen (Redispatch) kann es zur Abregelung von Wirkleistung aus Erzeugungsanlagen kommen, was bei bestimmten Anlagen (siehe Abschnitt [6.3]) zum Verlust ihrer Blindleistungspotenziale führen kann. Dies ist häufig bei einer Abregelung unter 20% der Nennleistung der Fall.

Verfahren

In Regionen, in denen der Verlust von Blindleistungspotenzialen durch Engpassmanagementmaßnahmen des Netzbetreibers (Abregelung) potenziell zur Gefährdung der (n-1)-sicheren Einhaltung der Grenzwerte für die Spannung führen kann, muss der zuständige Netzbetreiber Vorsorge nach dem folgenden Verfahren treffen und bei Erwartung oder Eintreten der entsprechenden spannungskritischen Situation für den Schutz und den Erhalt der Blindleistungspotenziale sorgen.

Die Maßnahmen nach diesem Verfahren sind auf Netze der Hoch- und Höchstspannung beschränkt. Ein Netzbetreiber darf die Umsetzung des Verfahrens bei einem nachgelagerten Netzbetreiber verlangen, sofern die Anlagen mit den erforderlichen Blindleistungspotenzialen beim nachgelagerten Netzbetreiber angeschlossen sind. Der nachgelagerte Netzbetreiber muss die Maßnahmen dann entsprechend vorbereiten und auf Anforderung umsetzen.

Vorbereitungen:

Die Regionen mit Risiko für spannungskritische Netzzustände sind zu ermitteln und die Erzeugungsanlagen, deren Blindleistungspotenzial geschützt werden soll, sind auszuwählen. Die auszuwählenden Anlagen müssen signifikant auf die Spannung wirken können und bei einer Wirkleistungserzeugung von weniger als 20% tatsächlich keine oder nur sehr wenig Blindleistung bereitstellen können.

Situative Aktivierung:

Wird eine Situation im Netz erwartet oder ist bereits eingetreten, bei der die Spannungshaltung potenziell nur mithilfe der Blindleistung aus den ausgewählten Erzeugungsanlagen möglich ist, dann wird der Schutz der Blindleistungspotenziale aktiviert. Das bedeutet, bei Abregelungen die Wirkleistungserzeugung nicht unter 20-30% abzusenken. Wurden Erzeugungsanlagen am Netz von nachgelagerten Netzbetreibern ausgewählt, so muss bei diesen Netzbetreibern die Umsetzung (Aktivierung) angefordert werden.

Wenn die Maßnahme nicht mehr erforderlich ist, muss sie wieder aufgehoben werden.

Umsetzung:

Bei Engpassmaßnahmen mit Abregelung von Wirkleistung wird nicht unter eine Erzeugungsleistung von 20-30% abgeregelt, um die Blindleistungspotenziale der ausgewählten Erzeugungsanlagen für das Blindleistungsmanagement verfügbar zu halten.

Anhang E (informativ)

Optimierungsverfahren für den Blindleistungseinsatz in MS-Netzen

Im Normalbetrieb eines Netzes können mit Blindleistung drei wesentliche grundlegende Eigenschaften bedient werden:

- Spannungshaltung mit Blindleistung
Hierbei wird Blindleistung im Wesentlichen zum Zwecke der Aufrechterhaltung einer möglichst gleichmäßigen und im Bereich der Nennspannung gelegenen Netzspannung eingesetzt.
- Bilanzblindleistung
Sie dient dem Blindleistungsaustausch mit dem vorgelagerten Netzbetreiber mit dem Ziel den Transit derselbigen möglichst zu reduzieren.
- Blindleistung zur Erhöhung der Übertragungsleistung im Netz
Durch den gezielten Austausch von Blindleistung kann bei geeigneten Netzknoten (i. d. R. mit Transformatoren) oder Netzteilen (z. B. ein Niederspannungskabel) die Übertragungskapazität beeinflusst bzw. erhöht werden.

Die Eigenschaft „Blindleistung zur Erhöhung der Übertragungsleistung im Netz“ wird bereits bei dezentralen Erzeugungsanlagen im Netz ausgenutzt, etwa mit der $\cos \varphi$ (P)-Kennlinie. Der Zweck zur Spannungshaltung dagegen wird mit der Q(U)-Kennlinie verfolgt. Bilanzblindleistung kann beispielsweise bei dezentralen Erzeugungsanlagen mit einem fest eingestellten $\cos \varphi$ erreicht werden, die direkt an einem Umspannwerk angeschlossen sind.

Aufbauend auf derlei Überlegungen lassen sich Strategien für die Betriebsweise einzelner Anlagen oder Anlagengruppen in Netzteilen ableiten.

Weitere Effekte der gezielten Beeinflussung von Blindleistung ist die Reduzierung von Netzverlusten oder Erhöhung der Netzstabilität.

Anhang F (informativ)

Beschreibung eines Blindleistungsmanagement für Leitsysteme bei Verteilnetzbetreiber

Die nachfolgenden Funktionsbausteine definieren die notwendigen Anforderungen an ein automatisiertes Blindleistungsmanagements im Leitsystem eines Verteilnetzbetreibers. Ziel ist die sichere, wirtschaftliche und regelkonforme Unterstützung der Spannungshaltung und die Bereitstellung von Blindleistung innerhalb des Verteilnetzes sowie den Austausch gegenüber dem vorgelagerten Netzbetreiber.

1. Datenaufbereitung und Messwerte

Das Leitsystem muss Funktionen bereitstellen, welche die für den Blindleistungsaustausch relevanten Werte automatisiert erfassen, verarbeiten und bereitstellen. Dazu gehören:

- Das Leitsystem muss kontinuierlich die relevanten elektrischen Größen beispielsweise Spannung, Strom, Wirkleistung, Blindleistung, Leistungsfaktor an allen relevanten Netzverknüpfungspunkten (Aggregationsgebieten) erfassen.
- Die Betriebsmessung muss die vorzeichenrichtige Erfassung der Blindleistung für spannungshebende und spannungssenkende Wirkrichtung ermöglichen.
- Ermittlung der vorhandenen Blindleistungspotenziale und im zweiten Schritt an den Netzverknüpfungspunkten oder für Aggregationsgebiete bereitstellbare Blindleistung.

Die Erfassung und Verarbeitung der Daten muss im Echtzeitbetrieb erfolgen.

2. Datenaustausch zwischen zwei Netzbetreibern

Das Leitsystem muss die Möglichkeit bieten, relevante Datenpunkte mit dem vorgelagerten Netzbetreiber auszutauschen, z. B. über eine TASE2-Anbindung.

Datenpunkte sind beispielsweise:

- Istwerte: Wirkleistung, Blindleistung, Spannung, Strom, usw. je Aggregationsgebiet/Netzverknüpfungspunkt
- Statusinformationen: Rollenstatus, Störmeldungen
- Blindleistungspotenziale (spannungshebend/-senkend)
- Sollwerte: Blindleistungssollwert bzw. Blindleistungssollwertband

3. Bewertung und Optimierung von Blindleistungsquellen

Blindleistungsquellen sind mit Kostenparametern zu hinterlegen. Anschließend erfolgt über eine Optimierungsfunktion, die

- die preisgünstigste Bereitstellungs- oder Bedarfsdeckung unter Berücksichtigung der technischen Restriktionen (bspw. (n-1)-Sicherheit, Spannung, Schutzauslösebereiche, usw.) automatisch ermittelt, z. B. aus
 - PQ-Diagrammen der Blindleistungsquellen (TAR-Bereich)
 - netzbetreibereigenen Kompensationsmitteln (VINK)
 - marktgestützt beschaffter Blindleistung
- Blindleistungsquellen ansteuern kann, um die Blindleistung bedarfsgerecht abzurufen.
- sowohl Potenziale der Blindleistungsquellen als auch Spannungsgrenzen und Netzauslastung berücksichtigt.

Eine belastbare State Estimation ist zwingende Voraussetzung für sämtliche Berechnungen und Optimierungsprozesse. Das Leitsystem muss daher kontinuierlich valide Netz- und Zustandsdaten erhalten und verarbeiten.

Literaturhinweise

- [1] Energiewirtschaftsgesetz vom 7. Juli 2005 (BGBl. I S. 1970, 3621), das zuletzt durch Artikel 1 des Gesetzes, geändert am 21.02.2025
- [2] VDE-Anschlussregel (TAR): *"Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Mittelspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Mittelspannung)"*; VDE-AR-N 4110, November 2018
- [3] VDE-Anschlussregel (TAR): *"Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Hochspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Hochspannung)"*; VDE-AR-N 4120, November 2018
- [4] VDE-Anschlussregel (TAR): *"Technische Regeln für den Anschluss von Kundenanlagen an das Höchstspannungsnetz und deren Betrieb (TAR Höchstspannung)"*; VDE-AR-N 4130, November 2018
- [5] Systemschutzplan der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber, Quelle: <https://www.netztransparenz.de/de-de/Strommarktdesign/ER-Verordnung/Veröffentlichung-Systemschutzplan> 11.07.2024
- [6] VDE-FNN-Hinweis *"Netzschutzkonzepte für zukünftige Netze"*, Version 2.0 von März 2022
- [7] Maßnahmenkatalog der vier deutschen Übertragungsnetzbetreiber zum Netzwiederaufbauplan gemäß EU-VO 2017/2196, Quelle: [https://www.netztransparenz.de/de-de/Strommarktdesign/ER-Verordnung/](https://www.netztransparenz.de/de-de/Strommarktdesign/ER-Verordnung/Maßnahmenkatalog-Netzwiederaufbauplan) Maßnahmenkatalog-Netzwiederaufbauplan 12.12.2022
- [8] Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme (IT-Sicherheitsgesetzes) vom 14. August 2009, zuletzt geändert am 18. Mai 2021