



50Hertz Transmission GmbH



Amprion GmbH



TenneT TSO GmbH



TransnetBW GmbH

# DEUTSCHES GRENZWERTKONZEPT

- REGELN ZUR ERMITTLUNG UND ÜBERWACHUNG VON GRENZWERTEN FÜR DIE SYSTEMFÜHRUNG DES DEUTSCHEN ÜBERTRAGUNGSNETZES -

Stand November 2021

**50Hertz Transmission GmbH**

Heidestraße 2  
10557 Berlin

**Amprion GmbH**

Robert-Schumann-Straße 7  
44263 Dortmund

**TenneT TSO GmbH**

Bernecker Straße 70  
95448 Bayreuth

**TransnetBW GmbH**

Pariser Platz  
Osloer Straße 15 - 17  
70173 Stuttgart

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Glossar und Betriebsmitteldefinition</b> .....	<b>5</b>
2.1	Glossar .....	5
2.2	Betriebsmitteldefinition .....	11
<b>3</b>	<b>Engpassstromermittlung</b> .....	<b>12</b>
3.1	Ermittlung der limitierenden Faktoren .....	12
3.1.1	Externe Limitierungen .....	12
3.1.2	Systemische Limitierungen .....	12
3.1.3	Schutzengpassstrom .....	13
3.1.4	Thermischer Engpassstrom .....	13
3.2	Ermittlung der dauerhaften und temporären Strombelastbarkeit .....	15
3.3	Ermittlung der Engpassströme .....	16
<b>4</b>	<b>Ermittlung der Spannungsgrenzwerte</b> .....	<b>18</b>
4.1	Unterer Spannungsgrenzwert .....	18
4.2	Oberer Spannungsgrenzwert .....	19
4.3	Maximal zulässige relative Spannungsänderungen .....	19
4.4	Stabilitätsaspekte .....	20
<b>5</b>	<b>Überwachung von Grenzwerten im Echtzeitbetrieb</b> .....	<b>21</b>
5.1	Berücksichtigung kurativer Maßnahmen .....	21
5.2	Netzsicherheitsrechnung .....	22
5.2.1	Lastflussrechnung .....	22
5.2.2	Dynamische Sicherheitsanalyse .....	22
5.3	Stromgrenzwerte .....	23
5.3.1	Grundfall .....	23
5.3.2	Ausfallvariantenrechnung .....	24
5.4	Spannungsgrenzwerte .....	26
5.4.1	Unzulässige Spannungsbereiche .....	27
5.4.2	Betriebsspannungsband .....	27
5.4.3	Sollspannungsband .....	27
5.4.4	Grundfall .....	27
5.4.5	Ausfallvariantenrechnung .....	28
5.4.6	Spannungsänderungen .....	28
<b>6</b>	<b>Verwendung von Grenzwerten in der Betriebsplanung</b> .....	<b>30</b>
<b>7</b>	<b>Datenaustausch</b> .....	<b>31</b>
7.1	Stammdaten Kuppelleitungen .....	31
7.2	Datenaustausch Echtzeitbetrieb .....	32
7.3	Datenaustausch Betriebsplanung .....	32
<b>8</b>	<b>Schlussbemerkung</b> .....	<b>33</b>

## 1 Einleitung

Das deutsche Grenzwertkonzept (DGWK) beinhaltet ein einheitliches Grenzwertkonzept für die deutschen Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB). Dabei handelt es sich um eine abgestimmte Sichtweise zur Verwendung von Grenzwerten in Netzleitsystemen sowie auch die Verwendung von eindeutigen und durchgängig angewendeten Begriffen und Definitionen (siehe Kapitel 2).

Um eine Höherauslastung des elektrischen Übertragungsnetzes zu ermöglichen wird zunehmend der kurative Einsatz lastflusssteuernder Maßnahmen in Erwägung gezogen. Daher beschreibt das Grenzwertkonzept ein Engpassmanagement, welches die präventiven um kurative Ansätze ergänzt.

Dabei bezieht sich das Dokument auf die Strom- und Spannungsgrenzwerte und diesbezüglich die Ermittlung von Engpassströmen (siehe Kapitel 3) und Spannungsgrenzwerten (siehe Kapitel 4). Hinsichtlich der Überwachung der Grenzwerte liegt der Fokus auf dem Echtzeitbetrieb (siehe Kapitel 5), aber auch die Verwendung von Grenzwerten in der Betriebsplanung spielt eine wichtige Rolle (siehe Kapitel 6). Um die Überwachung von Grenzwerten zu gewährleisten, ist der Datenaustausch (siehe Kapitel 7) zwischen den Übertragungsnetzbetreibern sehr wichtig. Eine abschließende Einordnung als Schlussbemerkung ist am Ende des Dokuments (siehe Kapitel 8) ergänzt.

Die Kurzschlussstromberechnung ist nicht Inhalt dieses Dokuments und die sich diesbezüglich ergebenden Verpflichtungen sind innerhalb der System Operation Guideline (SO GL) beschrieben. Ebenfalls werden Maßnahmen zur Wahrung der Frequenzstabilität innerhalb des DGWK derzeit nicht behandelt.

Der Inhalt dieses Dokuments dient den deutschen Übertragungsnetzbetreibern als Beschreibung des Zielzustandes für ein einheitliches Grenzwertkonzept. Dieses wird hausinternen Konzepten, Betriebsanweisungen und Implementierungen in den Netzleitsystemen zu Grunde gelegt.

## 2 Glossar und Betriebsmitteldefinition

### 2.1 Glossar

Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf dem gemeinsamen Verständnis für folgende Begriffe, welche im Sinne dieses Dokumentes festgelegt und z. T. erläutert werden:

Begriff (Abkürzung) <sup>1</sup>	Erläuterung	Quelle
Allgemeine Begriffe		
Betriebsplanung	Die zentrale Aufgabe ist die frühzeitige Analyse der Netzsicherheit und die Sicherstellung, dass im späteren Echtzeitbetrieb trotz unvermeidlicher Prognoseunsicherheiten ausreichende Möglichkeiten zur Vermeidung von Grenzwertverletzungen bereitstehen. <i>Hinweis: Diese wird auch als vorbereitende Tätigkeit für den Netzbetrieb und als (Netz-)Betriebsplanung bezeichnet.</i>	VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Ziff. 3.9
Erfüllungszeiten	Bezeichnet die Zeitpunkte und damit die Zustände des Netzes (beispielsweise Netztopologie, Einspeise- und Lastsituation), auf die sich die Vorschau datensätze beziehen.	
Kundenanlage	Gesamtheit aller elektrischen Betriebsmittel hinter dem Netzanschlusspunkt, mit Ausnahme der Messeinrichtung, zur Versorgung der Anschlussnehmer und der Anschlussnutzer (oder des Kunden).	VDE-AR-N 4130 (TAR HöS), Ziff. 3.1.27
Kuppelleitung	Ein Stromkreis (ggf. ein Transformator), der die Übertragungsnetze von ÜNB verbindet.	ÜNB-PIGrS
Kurative Maßnahme	Bezeichnet eine zuvor geplante Maßnahme, welche nach Eintritt einer Ausfallvariante unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Zeit zum Einsatz kommt, um die Betriebsmittelbelastung zu reduzieren und die Grundfallsicherheit herzustellen. Hinsichtlich des Stromes ist das eine Rückführung unterhalb der dauerhaften Strombelastbarkeit und bei den Spannungen zurück in das Betriebsspannungsband.	
Netz- und marktbezogene Maßnahmen (kurativ)	Betriebliche Maßnahmen, die für ein (potentielles) Störungsereignis vorbereitet und nach dessen Eintreten umgesetzt werden.	
Netz- und marktbezogene Maßnahmen (präventiv)	Betriebliche Maßnahmen, die eingesetzt werden, um einer (potentiell) kritischen Netzsituation (z.B. Störungsereignis) entgegenzuwirken.	
Netzführende Stelle	Stelle eines Netzbetreibers, die die operativen Aufgaben der Netz- und Systemführung durchführt.	VDE-AR-N 4130 (TAR HöS), Ziff. 3.1.34
Netz- und Systemführungsvertrag (NSV)	Bilaterale Verträge zwischen direkt verbundenen ÜNB, die Ergänzungen und Präzisierungen enthalten, die nicht im multilateralen „Synchronous Area Framework Agreement for Regional Group Continental Europe (kurz „SAFA“) geregelt sind.	
Observability Area	Bezeichnet das eigene Übertragungsnetz eines ÜNB sowie die relevanten Teile von Verteilernetzen und Übertragungsnetzen benachbarter ÜNB, die der ÜNB in Echtzeit überwacht und modelliert, um die Betriebssicherheit in seiner Regelzone einschließlich der Verbindungsleitungen aufrechtzuerhalten. Observability Area steht für: Beobachtungsgebiet	SOGL, Art. 3
Stromkreis	Elektrische einsystemige Verbindung von zwei oder mehr Umspannwerken, die Schaltfelder und Leitungen	VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Ziff.

<sup>1</sup> Die Abkürzungen werden nur aufgeführt, wenn diese auch im weiterführenden Dokument verwendet werden.

	gen einschließt. <i>Hinweis: Dabei kann die Verbindung (Leitung) zwischen den Umspannwerken (Schaltfeldern) aus unterschiedlichen (Stromkreis-)Abschnitten bestehen.</i>	3.1
Stromkreisabschnitt	Unterteilung eines Stromkreises aufgrund unterschiedlicher technischer und/oder eigentumsrechtlicher Gegebenheiten.	VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Ziff. 3.2
Witterungsabhängiger Freileitungsbetrieb (WAFB)	Berücksichtigung der Abhängigkeit der Strombelastbarkeit eines Stromkreisabschnitts von den variablen Witterungsgrößen (z.B. Außentemperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Globalstrahlung) im Netzbetrieb, in der Netzbetriebsplanung und in der Netzausbauplanung. <i>Erläuterung: Der früher gebräuchliche Begriff „Freileitungsmoitoring (FLM)“ wurde durch den Begriff „Witterungsabhängiger Freileitungsbetrieb (WAFB)“ abgelöst.</i>	VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Ziff. 3.7
<b>Spannungsbegriffe</b>		
Bemessungsspannung	Spannung eines Gerätes oder einer Einrichtung, für die das Gerät oder die Einrichtung durch eine Norm oder vom Hersteller zum dauerhaften Betrieb ausgelegt ist. <i>Hinweis zur Norm: z. B. DIN EN 60071 Teil 1 und Teil 2</i>	VDE-AR-N 4130 (TAR HöS), Ziff. 3.1.44.5
Betriebsspannungsband	Bezeichnet den zulässigen Wertebereich der Spannung, in dem das Netz stabil betrieben werden kann.	
Relative Spannungsänderung	Bezeichnen schnelle Spannungsänderungen, welche sich in Folge von geplanten Lastflussänderungen bzw. geplanten Schaltvorgängen (z.B. Schalten von Spulen und Kondensatoren) ergeben. Des Weiteren um Spannungsänderungen in Folge ungeplanter Schaltmaßnahmen (z.B. Schutzabschaltungen).	
Schutzgrenzspannung	Bezeichnet den, dem Schutzengpassstrom zu Grunde gelegten Spannungswert. Bei Unterschreitung kann es zu unkontrollierten Auslösungen durch Schutzeinrichtungen kommen, obwohl der Schutzgrenzstrom noch nicht erreicht wurde.	
Sollspannungsband	Der angestrebte Wertebereich innerhalb des Betriebsspannungsbandes, der sich für eine optimale Übertragung eignet.	
Spannungsgrenzwerte	Bezeichnen die maximalen und die minimalen Spannungswerte bei denen eine Befundung im Rahmen der Spannungsüberwachung erfolgt.	
<b>Strombegriffe</b>		
Bemessungsdauerstrom	Effektivwert des Stromes, mit dem Betriebsmittel unter den in einer Festlegung genannten Randbedingungen dauerhaft belastet werden können. <i>Anmerkung zum Begriff: Bei Schaltgeräten handelt es sich um den Bemessungs-Dauerstrom nach DIN EN 62271-1 (VDE 0671-1), für Stromwandler ist der thermische Bemessungs-Dauerstrom nach EN 60044-1 (VDE 0414-9-1) maßgebend. Bei Leitern ist es die in der DIN EN 50182 beispielhaft genannte Dauerstrombelastbarkeit für eine Hochsommerwetterlage.</i>	VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Anhang B
Dauerhafter Engpassstrom	Dieser wird innerhalb der Grundfall-Überwachung und Ausfallvariantenrechnung berücksichtigt und entspricht der dauerhaften Strombelastbarkeit (PATL).	
Dauerhafte Strombelastbarkeit (PATL)	Bezeichnet den Strom, mit dem ein Stromkreis- bzw. Stromkreisabschnitt dauerhaft belastet werden kann. Als Eingangsgrößen gehen Systemische Limitierun-	

	gen, Externe Limitierungen, der Schutzengpassstrom und der dauerhafte thermische Engpassstrom ein. <i>PATL steht für: permanent admissible transmission loading</i>	
Dauerhafter thermischer Engpassstrom (eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnittes)	Strom, mit dem ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt dauerhaft belastet werden kann, ohne eines der enthaltenen Betriebsmittel thermisch zu überlasten. Dabei kann für die jeweiligen Betriebsmittel entweder ein statischer (z.B. Bemessungsdauerstrom eines Primärgerätes) oder zeitvarianter dauerhafter thermischer Engpassstrom (z.B. in Folge eines witterungsabhängigen Freileitungsbetriebs) zu Grunde gelegt werden. <i>Hinweis: Die Einführung des kurativen Engpassmanagements hat eine Weiterentwicklung der Begrifflichkeiten nach der „VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Anhang B“ erfordert.</i>	
Engpassstrom (eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnittes)	Oberbegriff des dauerhaften und temporären Engpassstroms, welche in Abhängigkeit der dauerhaften und temporären Strombelastbarkeit für einen Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt ermittelt werden. Bei der Ermittlung sind die vier folgenden limitierenden Faktoren zu berücksichtigen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Externe Limitierungen</li> <li>• Systemische Limitierungen</li> <li>• Schutz-Engpassstrom</li> <li>• Thermischer Engpassstrom</li> </ul> Beim thermischen Engpassstrom wird dabei zwischen dem dauerhaften und temporären thermischen Engpassstrom unterschieden. <i>Hinweis: Die Einführung des kurativen Engpassmanagements hat eine Weiterentwicklung der Begrifflichkeiten nach der „VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Anhang B“ erfordert.</i>	
Externe Limitierung	Gibt Grenzen für die zulässigen Betriebszustände eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnittes vor, deren Ursache außerhalb des Stromnetzes liegt. (siehe Kapitel 3.1.1.)	
Schutzengpassstrom	Wert, der sich aus dem Schutzgrenzstrom unter Berücksichtigung von Sicherheitsmargen für transiente Ausgleichsströme ergibt. Damit werden „ungewollte“ Schutzauslösungen während solcher Vorgänge vermieden. (siehe Kapitel 3.1.3)	VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Anhang B
Schutzgrenzstrom	Wert des stationären Stromes, der ohne Gefahr des Auslösens von Schutzeinrichtungen sicher übertragen werden kann. (siehe Kapitel 3.1.3)	VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Anhang B
Systemische Limitierung	Gibt Grenzen für die zulässigen Betriebszustände eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnittes vor, deren Ursache außerhalb der jeweiligen Betriebsmittel, aber innerhalb des Stromnetzes liegt. (siehe 3.1.2)	
Temporärer Engpassstrom	Dieser Strom wird innerhalb der Ausfallvariantenrechnung für den Zeitpunkt nach Eintritt der Ausfallvariante berücksichtigt. Er wird durch einen Auswahlprozess anhand der zur Verfügung stehenden kurativen Maßnahmen aus den temporären Strombelastbarkeiten (TATL) oder der dauerhaften Strombelastbarkeit (PATL) ermittelt.	
Temporäre Strombelastbarkeit (TATL)	Bezeichnet den Strom, mit dem ein Stromkreis- bzw. Stromkreisabschnitt für eine unterstellte Anwendungsdauer temporär belastet werden kann. Dabei kann es für den Stromkreis- bzw. Stromkreisab-	

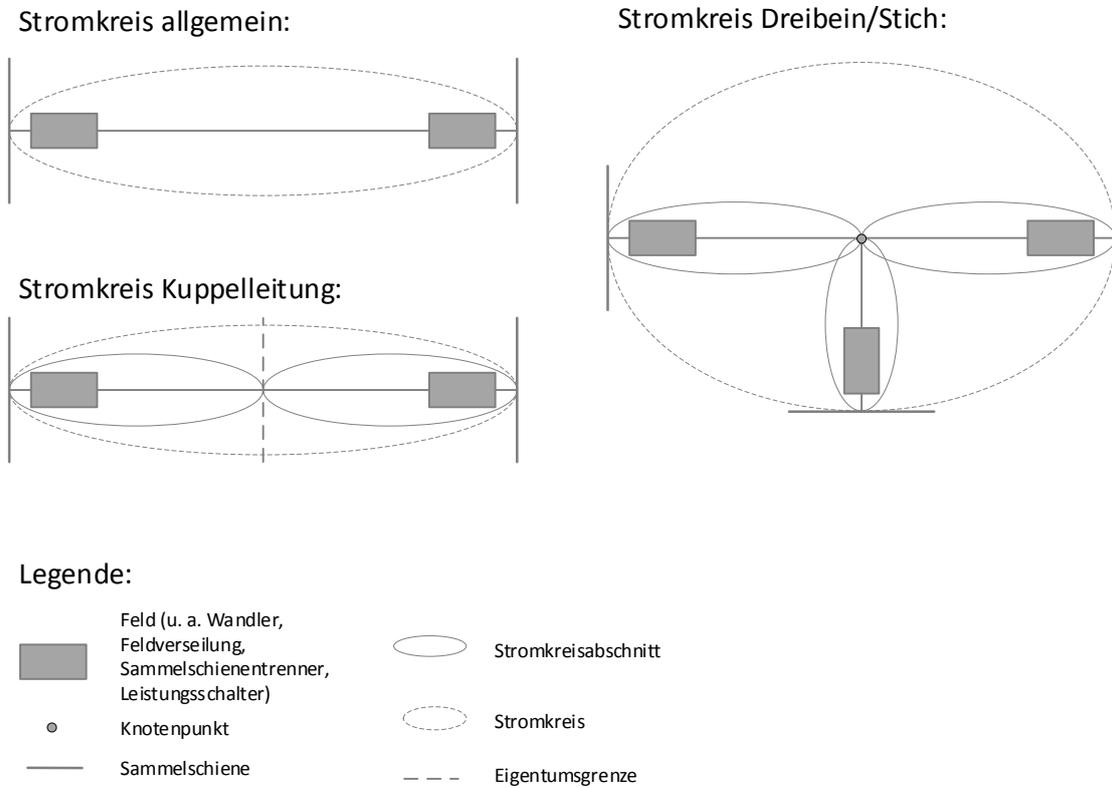
	schnitt gleichzeitig verschiedene TATL-Werte für unterschiedliche Anwendungsdauern geben. Als Eingangsgrößen gehen Systemische Limitierungen, Externe Limitierungen, der Schutzengpassstrom und der temporäre thermische Engpassstrom ein. <i>TATL steht für: temporary admissible transmission loading</i>	
Temporärer thermischer Engpassstrom (eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnittes)	Zeitvariante Größe, welche aus dem Minimum der temporären thermischen Engpassströme aller Betriebsmittel eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts gebildet wird. Für Betriebsmittel, für die kein temporärer thermischer Engpassstrom vorliegt, wird ersatzweise der dauerhafte thermische Engpassstrom (statisch und/oder zeitvariant) verwendet. <i>Hinweis: Die Einführung des kurativen Engpassmanagements hat eine Weiterentwicklung der Begrifflichkeiten nach der „VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Anhang B“ erfordert.</i>	
Thermischer Engpassstrom	Oberbegriff des dauerhaften und temporären thermischen Engpassstroms. Dieser wird so festgelegt, dass bei konzeptgemäßem Betrieb kein Betriebsmittel innerhalb einer Kette von zusammengeschalteten Betriebsmitteln (thermisch) unzulässig belastet wird. Dabei wird zwischen einem dauerhaften und temporären thermischen Engpassstrom unterschieden. <i>Hinweis: Die Einführung des kurativen Engpassmanagements hat eine Weiterentwicklung der Begrifflichkeiten nach der „VDE-AR-N 4210-5 (TAR WAFB), Anhang B“ erfordert.</i>	
<b>Stabilitätsbegriffe</b>		
Dynamische Sicherheitsanalyse (DSA)	Analyse, die über die Sicherheitsrechnung (SIRE) hinausgeht und die Anlagen- und Systemstabilität bewertet. Dabei wird z.B. der zeitliche Übergang zwischen dem stationären Vor- und Nachfehlerzustand analysiert. Die Analyse wird mithilfe eines DSA (Dynamic Security Assessment)-Tools durchgeführt.	
Frequenzstabilität	Bezeichnet die Fähigkeit des Übertragungsnetzes, in der im Grundfall und nach einer Störung eine stabile Frequenz aufrechtzuerhalten	SOGL, Art. 3
Stabilitätsaspekte	Allgemein gebräuchliche Bezeichnung für die unterschiedlichen Aspekte der Stabilität. Die klassische Netzstabilität teilt sich auf in: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Winkelstabilität (Kleinsignalstabilität und Transiente Winkelstabilität)</li> <li>• Frequenzstabilität</li> <li>• Spannungsstabilität (Kurzzeit-Spannungsstabilität und Langzeit-Spannungsstabilität)</li> </ul>	Kundur "Definition and Classification of Power System Stability"; IEEE/CIGRE
Statische Spannungsstabilität/Langzeit-Spannungsstabilität	Fähigkeit des Systems, kleine Änderungen um den Arbeitspunkt ohne Verlust der Stabilität ausgleichen zu können. Die statische Stabilität ist gegeben, wenn das System im oberen Ast der sog. Nasenkurve betrieben wird und noch Abstand zum sogenannten Kollapsunkt (Kippunkt) vorhanden ist sowie an allen Knotenpunkten ein akzeptables Spannungsniveau vorherrscht.	
Transiente Spannungsstabilität/Kurzzeit-Spannungsstabilität	Fähigkeit des Systems, nach einem Kurzschluss eine stabile stationäre Spannung zu erreichen. Bei Verlust der transienten Spannungsstabilität kommt es nach der Fehlerklärung innerhalb von Sekunden zu einem Spannungskollaps.	
Transiente Stabilität	Dabei handelt es sich um einen Oberbegriff. Es wird dabei zwischen der Transienten Winkelstabilität und	

	der Transienten Spannungsstabilität unterschieden.	
Transiente Winkelstabilität	Fähigkeit des Systems oder einer Erzeugungsanlage nach einem Kurzschluss synchron zu bleiben. Bei Verlust der transienten Winkelstabilität tritt ein Asynchronlauf von Netzregionen gegeneinander oder von Erzeugungsanlagen gegenüber dem Netz auf, was mit entsprechenden elektrischen Ausgleichvorgängen und/oder mechanischen Belastungen sowie möglichen Netzauftrennungen verbunden ist. <i>Hinweis: Diese wird auch als Polradwinkelstabilität bezeichnet.</i>	SO GL, Art. 3
<b>Grenzwertüberwachung</b>		
Ausfallvariante	Bezeichnet den simulierten Ausfall von einem oder mehreren Betriebsmitteln innerhalb der Netzsicherheitsrechnung.	
Ausfallvariantenliste	Bezeichnet die Liste der Ausfälle, die bei der Prüfung der Einhaltung der betrieblichen Sicherheitsgrenzwerte zu simulieren sind. Neben Einfach-Ausfällen können auch die ECs Teil der Ausfallvariantenliste sein.	SOGL, Art. 3, Ziff. 4
Ausfallvariantenrechnung	Bezeichnet die computergestützte Simulation von Ausfällen aus der Ausfallvariantenliste	SOGL, Art. 3
Ausfallvarianten-Alarm (AV-Alarm)	Bezeichnet einen Befund der Stromgrenzwert-Überwachung innerhalb der Ausfallvariantenrechnung. Dieser erfolgt bei Überschreitung von 90 % des jeweiligen Engpassstromes (dauerhaft oder temporär).	
Ausfallvarianten-Befund (AV-Befund)	Bezeichnet die festgestellte Überschreitung eines Grenzwertes (Strom oder Spannung) als Ergebnis der Ausfallvariantenrechnung. Bei den Stromgrenzwerten wird zwischen den Befunden der AV-Warnung, dem AV-Alarm und der AV-Gefährdung unterschieden.	
Ausfallvarianten-Gefährdung (AV-Gefährdung)	Bezeichnet einen Befund der Stromgrenzwert-Überwachung. Dieser erfolgt bei Überschreitung von 100 % des jeweiligen Engpassstromes (dauerhaft oder temporär).	
Ausfallvarianten-Warnung (AV-Warnung)	Bezeichnet einen Befund der Stromgrenzwert-Überwachung innerhalb der Ausfallvariantenrechnung. Dieser ist optional einführbar und könnte beispielsweise bei einer Überschreitung von z.B. 80 % des jeweiligen Engpassstromes (dauerhaft oder temporär) vorliegen.	
Ausfallvarianten-Verletzung (AV-Verletzung)	Bezeichnet einen Befund der Stromgrenzwert-Überwachung. Dieser liegt vor, wenn eine AV-Gefährdung nicht nur vorübergehend besteht und ihre Beseitigung nicht zeitnah möglich ist.	
Exceptional Contingency (EC)	Damit wird das gleichzeitige Auftreten mehrerer Ausfälle mit der gleichen Ursache bezeichnet. Bemerkung: Im deutschen Sprachgebrauch wird von „außergewöhnlicher Ausfallvariante“ gesprochen.	SOGL Artikel 3
Grundfall (GF)	Der Grundfall ((n-0)-Fall) bezeichnet das Basisszenario, d. h. in der Echtzeitüberwachung den realen Netzzustand, und in der Netz- und Betriebsplanung das zu untersuchende (modellierte) Ausgangsszenario. Der Grundfall dient auch als Basis zur Simulation von Fehlerszenarien, insbesondere der zu betrachtenden Ausfallvarianten.	
Grundfall-Alarm (GF-Alarm)	Bezeichnet einen Befund der Stromgrenzwert-Überwachung innerhalb der Grundfallrechnung. Dieser erfolgt bei einer Überschreitung von 90 % des dauerhaften Engpassstromes.	

Grundfall-Befund (GF-Befund)	Bezeichnet die festgestellte Überschreitung eines Grenzwertes (Strom oder Spannung) als Ergebnis der Grundfallrechnung. Bei den Stromgrenzwerten wird zwischen den Befunden der GF-Warnung, dem GF-Alarm und der GF-Verletzung unterschieden.	
Grundfall-Warnung (GF-Warnung)	Bezeichnet einen Befund der Stromgrenzwert-Überwachung innerhalb der Grundfallrechnung. Dieser ist optional einführbar und könnte beispielsweise bei einer Überschreitung von z.B. 80 % des dauerhaften Engpassstromes vorliegen.	
Grundfall-Verletzung (GF-Verletzung)	Bezeichnet einen Befund der Stromgrenzwert-Überwachung innerhalb der Grundfallrechnung. Dieser erfolgt bei einer Überschreitung von 100 % des dauerhaften Engpassstromes.	
Netzsicherheitsrechnung (SIRE)	Bestandteil des Netzleitsystems, welcher u.a. die elektrischen Grenzen für Spannungen und Ströme überwacht. Dies findet sowohl für den Grundfall als auch für die zu betrachtenden Ausfallvarianten, ggf. inklusive der kurativen Maßnahme(n), statt.	
SCADA	Darunter versteht man das Überwachen und Steuern technischer Prozesse mittels eines Computersystems. Hierbei handelt es sich um das Netzleitsystem. <i>SCADA steht für: Supervisory Control and Data Acquisition</i>	
State Estimation	Auf Basis der elektrischen Kenngrößen, der Netztopologie und der Güte der verschiedenen Messwerte erfolgt eine Bereinigung von Messungenauigkeiten und Messfehlern. Als Ergebnis steht ein vollständiger, in sich stimmiger Satz an Netzzustandsgrößen (P, Q, U, $\varphi$ ) zur Verfügung, der als Grundlage für weitere Berechnungen, insbesondere für die Netzsicherheitsrechnung, dient.	

## 2.2 Betriebsmitteldefinition

Zur Zuordnung der Engpassgrößen auf miteinander verbundene Betriebsmittel ist es notwendig, dasselbe Verständnis anzuwenden. Auch wenn in den einzelnen Unternehmen unterschiedliche Begriffe genutzt werden könnten, so gilt im Sinne dieses Dokuments folgende Festlegung, insbesondere für Kuppelleitungen (siehe Abbildung 1):



**Abbildung 1:** Betriebsmittelverständnis in diesem Dokument  
(Bemerkung: Eigentumsgrenze muss nicht Netzführungsgrenze sein)

### 3 Engpassstromermittlung

#### 3.1 Ermittlung der limitierenden Faktoren

Bei der Engpassstromermittlung sind gültige Regelwerke wie z.B. normative Vorgaben anzuwenden. Darüber hinaus erfolgt bei den deutschen ÜNB die Engpassstromermittlung unter Berücksichtigung von vier unterschiedlichen Aspekten:

- Beachtung externer Limitierungen
- Beachtung systemischer Limitierungen
- Beachtung des Schutzkonzepts (Schutzengpassstrom)
- Beachtung der thermischen Begrenzungen der Betriebsmittel (Thermischer Engpassstrom)

Dies gilt sowohl für die Ermittlung der dauerhaften Strombelastbarkeit (PATL) als auch für die Ermittlung der temporären Strombelastbarkeit (TATL). Die Bestimmung der Limitierungen und Begrenzungen obliegt in beiden Fällen dem verantwortlichen Übertragungsnetzbetreiber.

Daher werden die einzelnen Aspekte in den folgenden Unterkapiteln behandelt:

- Kapitel 3.1.1: Externe Limitierungen
- Kapitel 3.1.2: Systemische Limitierungen
- Kapitel 3.1.3: Schutzengpassstrom
- Kapitel 3.1.4: Thermischer Engpassstrom

##### 3.1.1 Externe Limitierungen

Externe Limitierungen geben Grenzen für die zulässigen Betriebszustände eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts vor, deren Ursache außerhalb des Stromnetzes liegt.

Externe Limitierungen für den dauerhaften bzw. temporären Engpassstrom eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts liegen beispielsweise durch die vorhandenen Genehmigungen für den Betrieb der Leitung vor. Ebenfalls fallen hierunter Limitierungen durch Beeinflussungen von Nachbarinfrastrukturen (z.B. Rohrnetzbetreiber) oder sonstige immissionsschutzrechtliche Gründe (z.B. BImSchV<sup>2</sup>).

Für die PATL- und TATL-Bestimmung unterscheiden sich in der Regel die externen Limitierungen nicht.

##### 3.1.2 Systemische Limitierungen

Systemische Limitierungen geben Grenzen für die zulässigen Betriebszustände eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts vor, deren Ursache außerhalb der jeweiligen Betriebsmittel, aber innerhalb des Stromnetzes liegt.

Die systemischen Limitierungen für den dauerhaften bzw. temporären Engpassstrom eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts können beispielsweise aus Gründen der Netzstabilität, Kraftwerksstabilität oder Spannungshaltung<sup>3</sup> vorliegen. In vielen Fällen lassen sich die Ursachen der systemischen Limitierungen aus technischer Sicht nicht zwingend einzelnen Stromkreisen bzw. Stromkreisabschnitten zuordnen, ergeben sich aber in der Gesamtbetrachtung für eine Kombination verschiedener Stromkreise bzw. Stromkreisabschnitte. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn aus Gründen der Netzstabilität die Transportleistung über einen Übertragungskorridor begrenzt werden muss, obwohl eine höhere Transportleistung hinsichtlich der Stromtragfähigkeit der einzelnen Betriebsmittel möglich wäre. In einem solchen Fall kann die maximal zulässige Transportleistung eines Übertragungskorridors auf die Übertragungskapazität einzelner Stromkreise bzw. Stromkreisabschnitte umgerechnet werden.

Falls ein ÜNB über geeignete Möglichkeiten verfügt, die Ursache einer systemischen Limitierung in einem Prozess direkt zu überwachen (z.B. mithilfe eines DSA), kann er diese Möglichkeit nutzen und auf die Umrechnung zu entsprechenden systemischen Limitierungen einzelner Stromkreise bzw. Stromkreisabschnitte in diesem Prozess verzichten.

<sup>2</sup> Bundesimmissionsschutzverordnung

<sup>3</sup> Darunter wird das Einhalten der Betriebsspannungsbänder im operativen Betrieb des Netzes verstanden.

Die systemischen Limitierungen unterscheiden sich grundsätzlich für die Ermittlung des PATL und der TATL eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts nicht<sup>4</sup>.

### 3.1.3 Schutzengpassstrom

Bei allen deutschen ÜNB werden die Schutzeinstellungen so gewählt, dass Kurzschlüsse im Netz erkannt und selektiv abgeschaltet werden. Die Einstellungen der Schutzeinrichtungen hängen damit unmittelbar von den technischen Gegebenheiten im Netz ab. Eine gezielte Überlastschutzfunktion wird nicht implementiert. Potentielle Betriebsmittelüberlastungen müssen daher durch die netzführende Stelle erkannt und durch das Einleiten von Maßnahmen rechtzeitig behoben werden (siehe Kapitel 5).

Obwohl es keine Überlastschutzfunktion gibt, würde es dennoch zur Schutzauslösung kommen, wenn Stromwerte bei gewissen Randbedingungen (Spannungsbetrag und Spannungswinkel) überschritten werden. Zur Berücksichtigung dieses Sachverhaltes wird ein Schutzgrenzstrom eingeführt. Unterhalb dieses Stromwerts kommt es bei normalen betrieblichen Bedingungen ( $U > 360 \text{ kV}$ ,  $\cos(\varphi) > 0,8$ ) gesichert nicht zu einer Auslösung.

Der Schutzgrenzstrom wird vom zuständigen Fachbereich ermittelt und muss gegebenenfalls um einen ausreichenden „transienten Faktor reduziert werden, um dynamische Ausgleichsvorgänge (Vermeidung von unselektiven Schutzanregungen) sicher beherrschen zu können. Der Faktor kann pauschal festgelegt werden (Empfehlung: Faktor in Höhe von:  $\frac{1}{1,2}$ <sup>5</sup>), oder Ergebnis einer dynamischen Simulation sein. Der um den transienten Faktor reduzierte Schutzgrenzstrom wird als Schutzengpassstrom definiert und geht in die Engpassbildung ein.

Für die Ermittlung von PATL und TATL wird der gleiche Schutzengpassstrom verwendet.

Sollte ein ÜNB eine Online-Schutzpolygonüberwachung im Netzleitsystem realisiert haben, so ersetzt bzw. ergänzt diese die Überwachung des Schutzengpassstromes im Echtzeitbetrieb, insbesondere um kaskadierende Auslösungen bspw. bei großen Lastwinkeln zu erkennen. In den Betriebsplanungsprozessen wird aufgrund der Ungenauigkeiten in den verwendeten Netzmodellen jedoch eine Berücksichtigung des Schutzengpassstromes empfohlen.

#### *Hintergrundinformation:*

*Der Schutzengpassstrom wird ermittelt für Spannungen größer der Schutzgrenzspannung und einem vorgegebenen Wert für  $\cos(\varphi)$ , z. B. für Verbundkuppelleitungen  $> 0,8$ . Für die Unterimpedanzanregung, U-I-Phi-Anregung oder Impedanzanregung im Kurzschlussbereich (Spannung  $<$  Schutzgrenzspannung, Strom im stark induktiven Bereich, d. h.  $\cos(\varphi) < 0,8$ ) wird die Anregung empfindlicher eingestellt. In diesem Spannungs- und Winkelbereich ist der Schutzgrenzstrom nicht gültig. Die hier zu Grunde liegenden Annahmen sind im Normalfall des Energietransportes gerechtfertigt. Eine Online-Überwachung des  $\cos(\varphi)$  in diesem Zusammenhang ist daher nicht erforderlich.*

### 3.1.4 Thermischer Engpassstrom

Thermische Engpassströme werden stets so festgelegt, dass innerhalb der Kette von zusammen geschalteten Betriebsmitteln, die den jeweiligen Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt bilden, bei konzeptgemäßem Betrieb (siehe Kapitel 5 und 6) kein Betriebsmittel (thermisch) unzulässig belastet wird.

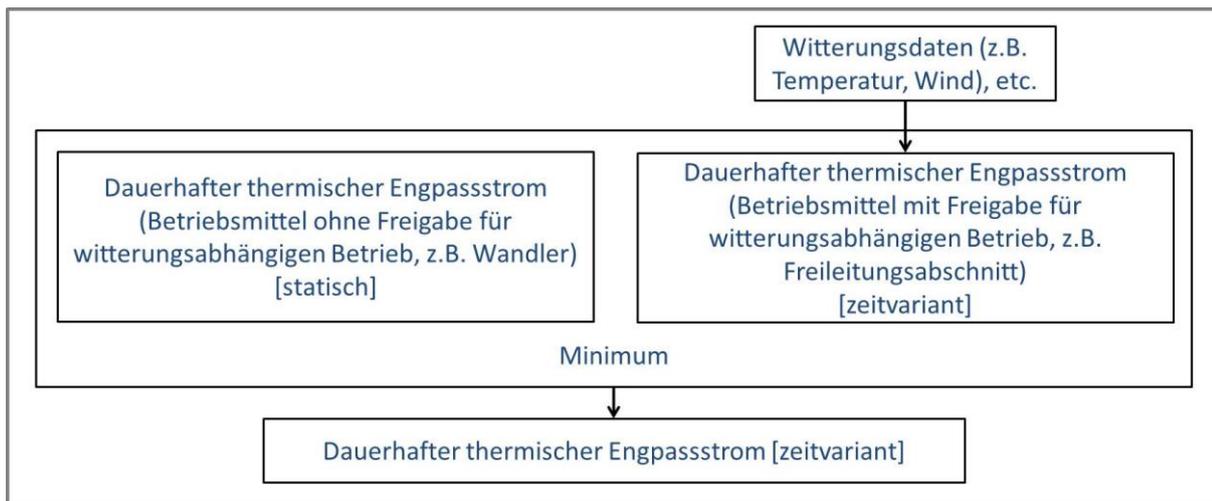
Im Fall von dauerhaften thermischen Engpassströmen von Stromkreisen bzw. Stromkreisabschnitten wird dies sichergestellt, indem bei ihrer Ermittlung das Minimum der dauerhaften thermischen Engpassströme aller Betriebsmittel des jeweiligen Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts gebildet wird. Die dauerhaften thermischen Engpassströme der Betriebsmittel können hierbei entweder zeitvariant sein, beispielsweise im Fall von Leiterseilen bei Anwendung von witterungsabhängigem Freileitungsbetrieb (siehe VDE-AR-N 4210-5 Anwendungsregel:2020-06 „Witterungsabhängiger Freileitungsbetrieb“<sup>6</sup>), oder einem festen Wert entsprechen, beispielsweise dem Bemessungsdauerstrom eines Primärgerätes. Zur Veranschaulichung

<sup>4</sup> Dabei wird sich auf die PATL- und TATL-Werte nach Abklingen der elektromechanischen Ausgleichsvorgänge bezogen.

<sup>5</sup> Die Höhe des Faktors gründet auf durchgeführten Auswertungen im Kontext von Netzpendelungen, welche gezeigt haben, dass es durch den Ausgleichsvorgang nach Fehlerklärung bzw. Schalthandlungen nicht zu einem Überschwingen von größer als dem Wert von 1,2 kommt.

<sup>6</sup> Ziel dieser Anwendungsregel ist die Beschreibung von organisatorischen und technischen Maßnahmen, die als Voraussetzung für einen sicheren, witterungsabhängigen Freileitungsbetrieb umzusetzen sind.

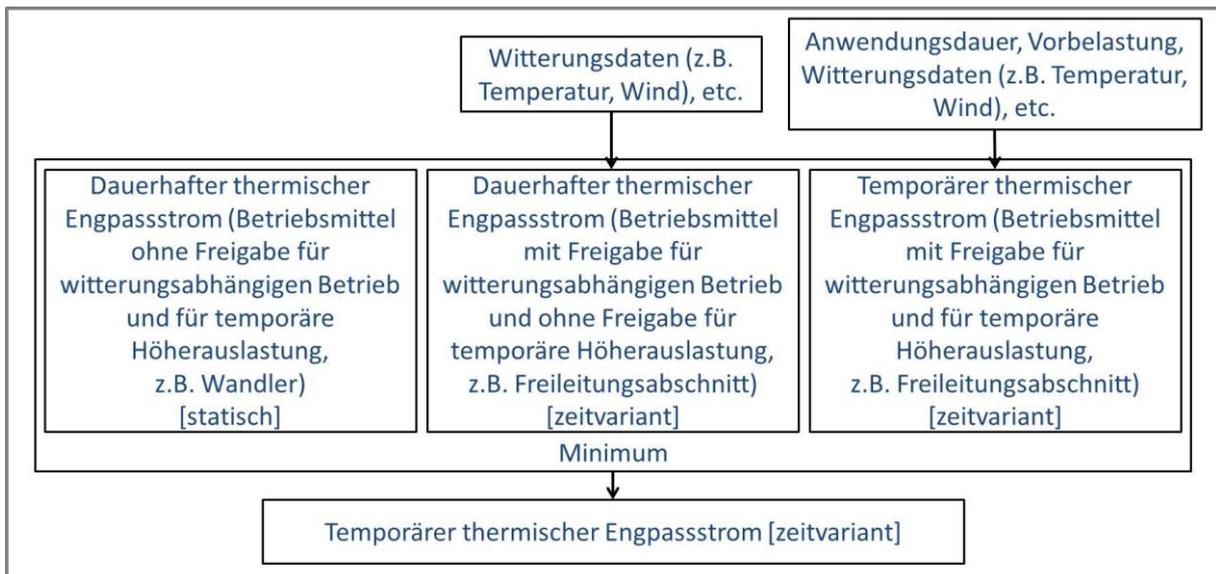
ist die Ermittlung des dauerhaften thermischen Engpassstroms eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts in Abbildung 2 beispielhaft dargestellt.



**Abbildung 2:** Ermittlung des dauerhaften thermischen Engpassstroms eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts

Die Ermittlung von temporären thermischen Engpassströmen von Stromkreisen bzw. Stromkreisabschnitten erfolgt, indem das Minimum der temporären thermischen Engpassströme aller Betriebsmittel des jeweiligen Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts gebildet wird. Die temporären thermischen Strombelastbarkeiten der Betriebsmittel sind dabei stets größer als oder gleich ihrer dauerhaften thermischen Strombelastbarkeiten. Die Ermittlung der temporären thermischen Engpassströme der Betriebsmittel erfolgt so, dass etwaige thermische Reserven der Betriebsmittel ausgenutzt werden, die sich aus einer Vorbelastung des Betriebsmittels unterhalb der dauerhaften thermischen Strombelastbarkeit ergeben. Durch den temporären thermischen Engpassstrom dürfen die thermischen Grenzen der Betriebsmittel innerhalb der zulässigen Anwendungsdauer nicht überschritten werden (siehe auch Kapitel 5 und 6). Ist für ein Betriebsmittel keine temporäre Höherauslastung zulässig, beispielsweise im Fall eines Wandlers, wird bei der Ermittlung des temporären thermischen Engpassstroms des entsprechenden Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts die dauerhafte Strombelastbarkeit des Betriebsmittels berücksichtigt. Dabei wird wie bei der Ermittlung des dauerhaften thermischen Engpassstroms (siehe Abbildung 2) wiederum zwischen statischen und zeitvarianten dauerhaften thermischen Engpassströmen<sup>7</sup> unterschieden. Zur Veranschaulichung ist die Ermittlung eines temporären thermischen Engpassstroms eines Stromkreises in Abbildung 3 beispielhaft dargestellt. Für unterschiedliche maximale Anwendungsdauern ergeben sich für einen Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt ggf. verschiedene temporäre thermische Engpassströme.

<sup>7</sup> Hierzu muss eine Freigabe für witterungsabhängigen Betrieb der Betriebsmittel vorliegen.



**Abbildung 3:** Ermittlung eines temporären thermischen Engpassstroms eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts

Beispiel zur thermischen Strombelastbarkeit eines Betriebsmittels:

Im Fall eines Freileitungsabschnitts wird die Strombelastbarkeit durch die Grenz-Temperatur des Leiterseils (häufig: 80°C) begrenzt. Unter Voraussetzung entsprechender Witterungsbedingungen wird auch bei dauerhaften Strombelastungen oberhalb der Nenn-Strombelastbarkeit<sup>8</sup> die maximal zulässige Leiterseiltemperatur nicht überschritten. Wird dieses Potential bei der Bestimmung der Dauer-Strombelastbarkeit des Leiterseils mittels witterungsabhängigem Freileitungsbetrieb (WAFB) ausgenutzt, entspricht die resultierende maximale Dauer-Strombelastbarkeit genau derjenigen, bei der im Dauerbetrieb die maximal zulässige Leiterseiltemperatur erreicht, aber nicht überschritten wird.

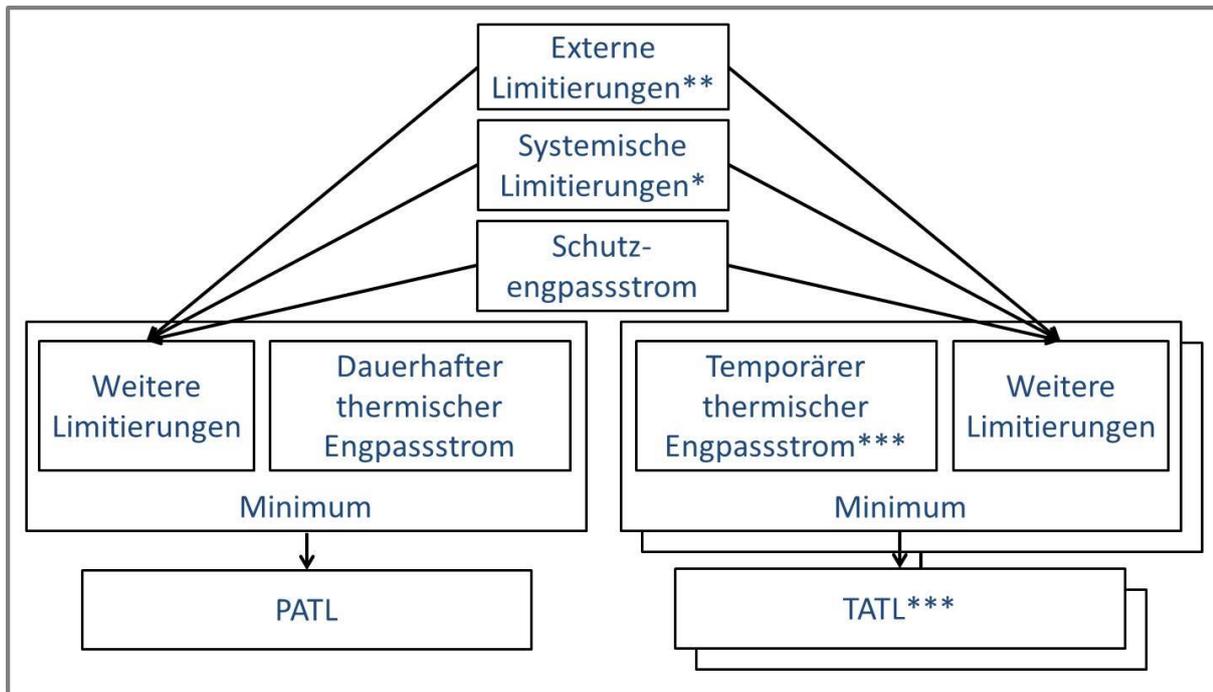
Im tatsächlichen Betrieb können allerdings weitere Potentiale vorhanden sein, da das Leiterseil mit einem Strom kleiner der Dauer-Strombelastbarkeit betrieben wird, beispielsweise um die (n-1)-Sicherheit gewährleisten zu können. Bei einer derartigen Ausgangsbelastung liegt die tatsächliche Leiterseiltemperatur unter der maximal zulässigen Leiterseiltemperatur. Aufgrund der Wärmekapazität des Leiterseils, kann es ausgehend von diesem Zustand für eine begrenzte Zeit mit einem Strom oberhalb der Dauer-Strombelastbarkeit belastet werden. Zwar führt dies zu einem Anstieg der Leiterseiltemperatur, allerdings ist dieser unkritisch, solange die Strombelastung spätestens bei Erreichen der maximal zulässigen Leiterseiltemperatur auf kleiner gleich der Dauer-Strombelastbarkeit reduziert wird.

Damit dieser Zeitpunkt nicht überschritten wird, erfolgt die Angabe eines temporären thermischen Engpassstroms immer in Verbindung mit der maximalen Anwendungsdauer (siehe Kapitel 3.2).

### 3.2 Ermittlung der dauerhaften und temporären Strombelastbarkeit

Grundsätzlich werden die Strombelastbarkeiten eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts wie in Abbildung 4 dargestellt ermittelt: Der kleinste Wert aus externen Limitierungen, systemischen Limitierungen, Schutz-Engpassstrom und dem jeweiligen dauerhaften thermischen Engpassstrom bildet den PATL, also die dauerhafte Strombelastbarkeit. Für die Bestimmung des TATL, also die für eine bestimmte maximale Anwendungsdauer gültige temporäre Strombelastbarkeit eines Stromkreises bzw. eines Stromkreisabschnitts, erfolgt die Einbeziehung des temporären thermischen Engpassstroms in die Minimumbildung.

<sup>8</sup> Die Nenn-Strombelastbarkeit entspricht der zulässigen dauerhaften thermischen Strombelastbarkeit unter Normbedingungen.



**Abbildung 4:** Ermittlung der dauerhaften und temporären Strombelastbarkeit

*Erklärungen:*

\* *Bedarfsweise Berücksichtigung von Begrenzungen durch Stabilität, statische Spannungshaltung, Winkelbefunde, etc.*

\*\* *Genehmigung, BImSchV, Beeinflussungen (z.B. Fremdstrombeeinflussung Rohrnetzbetreiber), etc.*

\*\*\* *Für verschiedene Anwendungsdauern (Zeitdauer der temporären Überlastfähigkeit) können unterschiedliche temporäre thermische Engpassströme und damit unterschiedliche TATL-Werte ermittelt werden.*

Sowohl die Eingangsgrößen als auch die resultierenden PATL- und TATL-Grenzwerte können zeitvariant sein, im Fall von thermischen Engpassströmen beispielsweise infolge eines witterungsabhängigen Freileitungsbetriebs (WAFB<sup>9</sup>).

Insbesondere der zulässige thermische Engpassstrom eines Stromkreises bzw. eines Stromkreisabschnitts kann sich für den Dauerbetrieb und temporäre Höherauslastungen<sup>10</sup> unterscheiden. Die TATL-Werte sind unter anderem abhängig von der maximalen Anwendungsdauer der temporären Höherauslastung der Betriebsmittel. Daher ist es möglich, verschiedene TATL-Werte für unterschiedliche maximale Anwendungsdauern<sup>11</sup> von Stromkreisen bzw. Stromkreisabschnitten anzugeben.

Ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt muss für den Betrieb mit temporären Höherauslastungen explizit vom jeweiligen verantwortlichen Übertragungsnetzbetreiber freigegeben werden. Sofern diese Freigabe nicht vorliegt, entsprechen die TATL immer dem PATL. Wenn der Betrieb mit temporären Höherauslastungen freigegeben ist, sind die TATL immer größer oder gleich dem PATL.

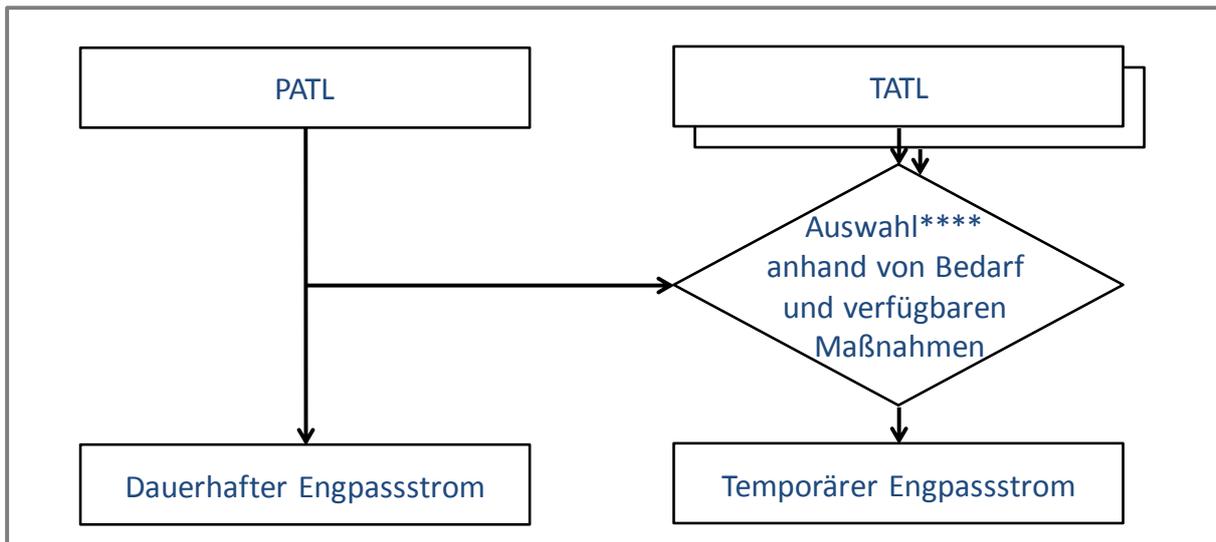
### 3.3 Ermittlung der Engpassströme

Grundsätzlich werden die Engpassströme eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts wie in Abbildung 5 dargestellt ermittelt: Der dauerhafte Engpassstrom entspricht immer dem PATL. Zur Bestimmung des temporären Engpassstroms erfolgt hingegen eine Auswahl aus dem PATL und den verschiedenen TATL und den in der jeweiligen maximalen Anwendungsdauer verfügbaren Entlastungsmaßnahmen.

<sup>9</sup> Die Überwachung des WAFB wird mit dem Freileitungsmonitoring (FLM) sichergestellt.

<sup>10</sup> Unter einer temporären Höherauslastung wird ein Betrieb eines Betriebsmittels über dessen dauerhaftem thermischen Engpassstrom verstanden, welcher für eine bestimmte Zeitdauer freigegeben ist.

<sup>11</sup> Dabei bezieht sich Anwendungsdauern auf die Zeitdauer der Wirkung einer kurativen Maßnahme und damit der Zeitdauer, in dem der Stromkreis über seinem Bemessungsstrom belastet wird.



**Abbildung 5:** Ermittlung des dauerhaften und temporären Engpassstroms

*Erklärung:*

\*\*\*\* Die Auswahl aus dem PATL- bzw. den verschiedenen TATL erfolgt anhand der maximalen Anwendungsdauer und den dazu verfügbaren Maßnahmen. Da die PATL- und TATL-Werte zeitvariant sein können, gilt dies auch für den resultierenden dauerhaften Engpassstrom und selbst bei unveränderter maximaler Anwendungsdauer auch für den resultierenden temporären Engpassstrom.

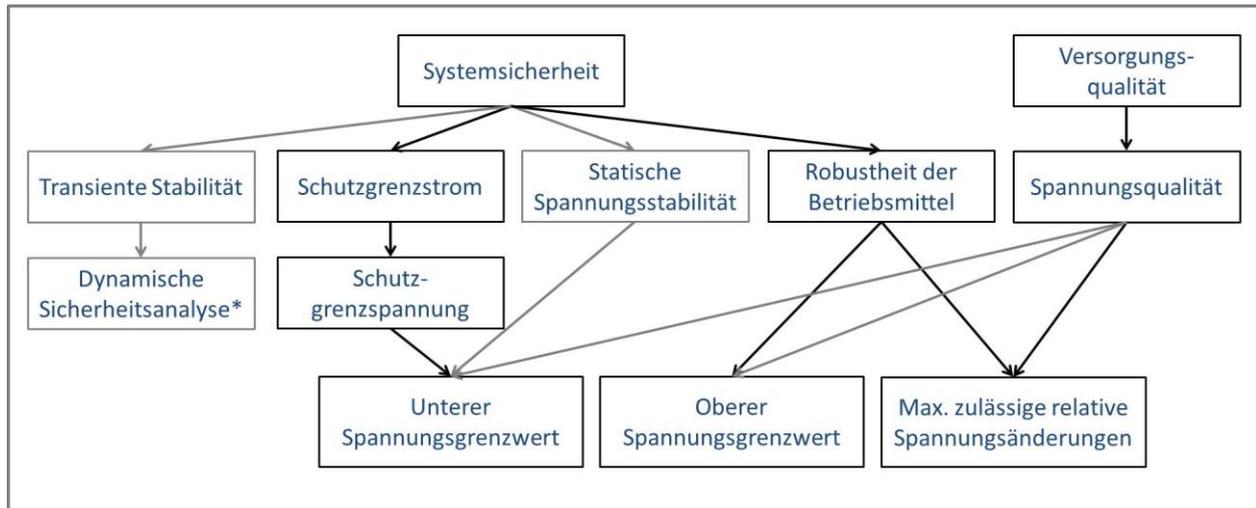
## 4 Ermittlung der Spannungsgrenzwerte

Bei den Spannungsgrenzwerten sind gültige Regelwerke wie z.B. normative oder gesetzliche Vorgaben zu berücksichtigen.

Der untere Spannungsgrenzwert wird durch die Rahmenbedingungen bei der Ermittlung des Schutzgrenzstromes vorgegeben (siehe Kapitel 4.1). Es sind aber auch ggf. die Statische Spannungsstabilität und Spannungsqualität zu beachten. Beim oberen Spannungsgrenzwert sind im Wesentlichen die Anforderungen, die sich aufgrund der Betriebsmittelrobustheit und der Spannungsisolation ergeben, zu berücksichtigen (siehe Kapitel 4.2).

Neben den reinen Spannungsgrenzwerten sind zur Einhaltung der Spannungsqualität mit entsprechenden Auswirkungen auf Kundenanlagen und der Systemsicherheit auch die relativen Spannungsänderungen geeignet zu überwachen (siehe Kapitel 4.3).

Dies wird in nachfolgender Abbildung 6 gezeigt.



**Abbildung 6:** Ermittlung der Spannungsgrenzwerte

*Erklärung:*

\* Nach aktuellem Stand können Stabilitätsaspekte nur eingeschränkt oder gar nicht berücksichtigt werden. Dementsprechend können vielfach keine konkreten Grenzwerte benannt werden (siehe Kapitel 4.4).

Können die Spannungsgrenzwerte nicht durch Maßnahmen die Spannungshaltung betreffend eingehalten werden, können sich daraus systemische Limitierungen entsprechend Abschnitt 3.1.2 ergeben.

### 4.1 Unterer Spannungsgrenzwert

In Anlehnung an den Schutzgrenzstrom ist die Schutzgrenzspannung angegeben. Zur Vermeidung einer Anregung des Distanzschutzes darf dieser Wert nicht unterschritten werden. Heutige Distanzschutzsysteme nutzen entweder die Impedanzanregung mit Lastkegelausschnitt oder die U-I-Phi-Anregung (spannungsgesteuerte Stromanregung). In beiden Fällen wird u.a. aus der Randbedingung Unterspannung ein äquivalenter Schutzanregestrom ermittelt. Diese Spannung wird als Schutzgrenzspannung bezeichnet. Sie liegt üblicherweise bei 90%  $U_N$ .<sup>12</sup>

Bei der Definition der zulässigen Spannungsbänder wird implizit davon ausgegangen, dass die Grenze der statischen Spannungsstabilität (Spitze der Nasenkurve) unterhalb von 360 kV liegt. Diese Annahme kann für das heutige Netz noch getroffen werden. Bei vermehrtem Einsatz von Kondensatoren (MSCDN<sup>13</sup>) wird diese Grenze angehoben und könnte größer als 360 kV werden. In diesem Fall müssten restriktivere Spannungsgrenzwerte als die in Kapitel 5.4 genannten bestimmt und eingehalten werden.

<sup>12</sup> Vergleiche Höherauslastung der Übertragungsnetze; ETG Fachtagung, Dr. Oechsle

<sup>13</sup> Dabei handelt es sich um mechanisch geschaltete Kondensatorbänke mit Dämpfungsnetzwerk, welche für die Bereitstellung von Kompensationsleistung (spannungshebende Blindleistungseinspeisung) sorgen.

Die Spannungsqualität beschreibt Anforderungen an den quasistationären Betrieb, für dessen Einhaltung der zuständige Übertragungsnetzbetreiber in seinem Netzgebiet verantwortlich ist. Daraus ergeben sich auch Anforderungen hinsichtlich des unteren Spannungsgrenzwerts.<sup>14</sup>

## 4.2 Oberer Spannungsgrenzwert

Die höchste zulässige Spannung der Betriebsmittel ist in DIN EN 60071<sup>15</sup> Teil 1 und Teil 2 geregelt und demnach einzuhalten.

Hierin ist eine maximale Spannung für Betriebsmittel  $U_m$  definiert, welche den Effektivwert der höchsten Außenleiterspannung eines Betriebsmittels, unter Berücksichtigung der Isolation und anderer Eigenschaften (Gerätebestimmungen) beschreibt. Mit dieser Spannung darf ein Betriebsmittel unter normalen Betriebsbedingungen (siehe Gerätebestimmungen) dauerhaft betrieben werden<sup>16</sup>.

Laut der Studie des VDE|FNN „Analyse und Bewertung der Anforderungen an das Leistungsvermögen der Betriebsmittel im Falle von temporären Netzzuständen mit Spannungen oberhalb  $U_m$ “ ist ein temporärer Betrieb mit Spannungen oberhalb  $U_m$  unter bestimmten Voraussetzungen innerhalb der Normen möglich. Ob diese Voraussetzungen erfüllt sind, muss explizit vom jeweiligen verantwortlichen Übertragungsnetzbetreiber geprüft und ggf. eine Freigabe erteilt werden. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass Netznutzer in diesem Fall das Recht haben können, sich vom Netz zu trennen und daher eine Abstimmung mit diesen notwendig ist<sup>17</sup>.

Sollte bei einem Übertragungsnetzbetreiber eine Freigabe vorliegen, soll dieses Potential nur im Ausnahmefall genutzt werden. Demnach ist ein Überschreiten der Bemessungsspannung im Grundfall grundsätzlich zu vermeiden. Aus systemischen Überlegungen darf dieses Potential<sup>18</sup> innerhalb der Ausfallvariantenrechnung nicht vollständig ausgenutzt werden. Dabei ist die Beeinflussung benachbarter Übertragungsnetzbetreiber zu berücksichtigen.

Wie auch beim unteren Spannungsgrenzwert ergeben sich Anforderungen aufgrund der Spannungsqualität an den oberen Spannungsgrenzwert.

## 4.3 Maximal zulässige relative Spannungsänderungen

Um die Anforderungen an die Spannungsqualität zu erfüllen und die ungewollte Trennung von Erzeugungsanlagen zu vermeiden, müssen auch die relativen Spannungsänderungen begrenzt werden. Bei der Festlegung der Grenzwerte ist zu berücksichtigen, dass normalbetriebliche Änderungen und Änderungen in Folge eines gestörten Betriebs zeitlich nah aufeinander folgen und sich dadurch überlagern können.

Dabei wird nach Spannungsänderungen durch geplante Lastflussänderungen bzw. geplante Schaltvorgänge (z.B. Schalten von Spulen und Kondensatoren) und deren Spannungsänderungen in Folge starker Abweichungen vom Normalschaltzustand bzw. in Folge ungeplanter Schaltmaßnahmen (z.B. Schutzabschaltungen) unterschieden.

*Hintergrundinformation zu relativen Spannungsänderungen:*

*Grundsätzlich gibt es verschiedene Gründe die relativen Spannungsänderungen zu begrenzen. Diese fallen in die Bereiche der Spannungsqualität und der Systemsicherheit. Bezüglich der Spannungsqualität sind die DIN EN 50160 und die VDE-AR-N 4141-1 zu berücksichtigen. Diese sind relevant, weil sich Spannungsänderungen im Höchstspannungsnetz in unterlagerte Spannungsebenen fortpflanzen können. Bezüglich der Systemsicherheit ist zu beachten, dass sich normalbetriebliche Änderungen und Änderungen in Folge eines gestörten Betriebs nichtlinear überlagern können. Geschieht dies, darf es nicht zur Trennung von Erzeugungsanlagen (durch Eigenschutz) in unzulässiger Größenordnung oder zu einem Spannungskollaps kommen. Für den Fall eines beginnenden Spannungskollapses, müssen ausreichende Mengen an regelbarer Blindleistung zur Verfügung stehen, um den Einsatz von betrieblichen Maßnahmen entsprechend des Systemschutzplans einleiten zu können.*

<sup>14</sup> VDE-AR-N 4141-1: Spannungshaltung (Kapitel 8.3)

<sup>15</sup> DIN EN 60071-1 VDE 0111-1:2010-09: Isolationskoordination

<sup>16</sup> Diese Spannung wird mit  $U_m$  bezeichnet und ist im VDE 0111 Teil 1, Abschnitt 3.10, geregelt.

<sup>17</sup> Dies ergibt sich aus Artikel 28 der SO GL.

<sup>18</sup> Diesbezüglich ist auch die VDE AR 4130 zu beachten.

#### 4.4 Stabilitätsaspekte

Aufgrund von Effekten, die die transiente Spannungs- und Winkelstabilität betreffen, ergeben sich Begrenzungen, die auf die Robustheit der konventionellen und dezentralen Erzeugungsanlagen gegenüber temporären Über- und Unterspannungen zurückzuführen sind.

Nach aktuellem Stand können Stabilitätsaspekte im Systembetrieb nur eingeschränkt oder gar nicht überwacht werden. Dementsprechend können vielfach keine konkreten Grenzwerte benannt werden. Um diese zunehmend relevanten Effekte berücksichtigen zu können, entwickeln die deutschen ÜNB Systeme für die Überwachung von dynamischen Stabilitätsfaktoren im Systembetrieb (Dynamische Sicherheitsanalyse).

Hintergrundinformation zur transienten Spannungs- und Winkelstabilität:

Bei schwach ausgelasteten Netzen mit unternatürlichem Betrieb steigt die Netzspannung an. Um dem entgegenzuwirken, müssen Generatoren zur Spannungssenkung im untererregten Betrieb gefahren werden. Dies wirkt sich nachteilig auf deren transiente Stabilität aus. Deshalb wird die Blindleistungsaufnahme der Generatoren auf einen bestimmten Wert begrenzt und damit ein instabiles Verhalten verhindert. Erreicht ein Generator diese Grenze, so kann er nicht in noch größerem Umfang spannungssenkend wirken. Ein etwaiger weiterer Anstieg der Netzspannung kann dann nur durch andere Maßnahmen (z.B. Leitungsabschaltung) verhindert werden.

Dagegen werden bei hoch ausgelasteten Netzen die Generatoren im gefährdeten Spannungsbereich zwischen 360 kV und 390 kV übererregt betrieben, d.h. sie wirken spannungshebend. Dies ist bezüglich deren transienter Stabilität ein günstiger Betriebspunkt. Im Zuge der erhöhten Einspeisung aus EE-Anlagen und der Höherauslastung der Bestandsnetze, kann es aber dazu kommen, dass ein zusätzlicher störungsbedingter dynamischer Blindleistungsbedarf des Netzes nicht mehr durch die Generatoren gedeckt werden kann. Ohne ausreichende Gegenmaßnahmen droht ein unzulässig tiefer dynamischer Spannungseinbruch, der zur Trennung von Erzeugungsanlagen aus Gründen des Eigenschutzes, zu einer Netzauftrennung oder zu einem Spannungskollaps führen kann.

Wird ein hoch ausgelastetes Netz plötzlich entlastet (z. B. durch temporäre Wirkstromreduktion aufgrund eines Kurzschlusses) kann es darüber hinaus zu temporären Überspannungen kommen. Diese sind kritisch, weil sich die Erzeugungsanlagen bei vergleichsweise geringer Überspannung aus Gründen des Eigenschutzes vom Netz trennen.

## 5 Überwachung von Grenzwerten im Echtzeitbetrieb

Um das Übertragungsnetz überwachen zu können, werden Messwerte kurzzyklisch (und/oder anlassbezogen) in die Leitstellen übertragen und im Netzleitsystem zur Anzeige gebracht.

Die Plausibilität von Netztopologie und verfügbaren Messwerten wird mit Hilfe der State Estimation überprüft. Auf Basis der elektrischen Kenngrößen, der Netztopologie und der Güte der verschiedenen Messwerte erfolgt eine Bereinigung von Messungenauigkeiten und Messfehlern. Signifikante Diskrepanzen zwischen gemessenen und estimierten Werten werden in Befundlisten des Netzleitsystems zur weiteren Klärung dargestellt. Das Ergebnis der State Estimation ist ein vollständiger, in sich stimmiger Satz an Netzzustandsgrößen ( $P, Q, U, \varphi$ ), der als Grundlage für weitere Lastflussrechnungen, insbesondere für die Netzsicherheitsrechnung (siehe Abschnitt 5.2), dient.

Dabei kommt ein Warn- und Alarmierungskonzept (Kapitel 5.3: Stromgrenzwerte; Kapitel 5.4: Spannungsgrenzwerte) innerhalb der Grenzwert-Überwachung zur Anwendung. Im Netzleitsystem wird ständig überprüft, ob festgelegte technische Grenzen für Strom (siehe Kapitel 3) und Spannung (siehe Kapitel 4) verletzt werden oder bei Eintritt definierter Störungsereignisse verletzt werden könnten.

Als weitere Unterstützung und ggf. als Rückfallebene steht die Messwertüberwachung, die sogenannte SCADA-Alarmierung zur Verfügung.

### 5.1 Berücksichtigung kurativer Maßnahmen

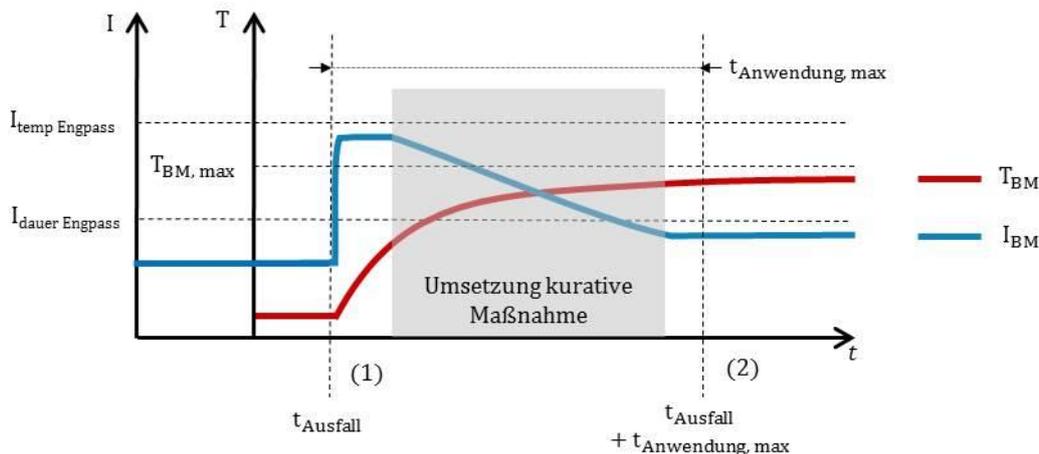
Bei der Überwachung von Grenzwerten sollen kurative Maßnahmen berücksichtigt werden. Da kurative Maßnahmen definitionsgemäß unmittelbar nach Eintritt einer Ausfallvariante angewendet werden, muss die Planung dieser Maßnahmen, wie bei präventiven Maßnahmen, im Vorfeld in Koordination mit den signifikant beeinflussten ÜNB durchgeführt werden.

Kurative Maßnahmen werden immer mit einer oder mehreren auslösenden Ausfallvarianten verknüpft, nach deren Eintritt diese notwendigenfalls angewendet werden. Für die konsequente Einhaltung der Grenzwerte sind die folgenden Zustände schon vor Eintritt der Ausfallvariante durch den anwendenden und alle signifikant beeinflussten ÜNB zu betrachten:

- Zustand (1): Netzzustand unmittelbar nach Eintritt der Ausfallvariante
- Zustand (2): Netzzustand nach Eintritt der Ausfallvariante und mit Wirkung der kurativen Maßnahme(n)
- Sofern vorhanden: auch relevante Zwischenzustände bei der Anwendung der kurativen Maßnahme(n) sind zu berücksichtigen

Mithilfe der nachfolgenden Abbildung 7 sollen die verschiedenen Zustände (Zustand 1 und Zustand 2) gezeigt werden, hinsichtlich ihrer Abhängigkeit auf die Verwendung eines dauerhaften und temporären Engpassstroms. Dem gezeigten Beispiel liegen folgende Annahmen zu Grunde:

- Sowohl für den dauerhaften als auch für den temporären Engpassstrom sind nur thermische Faktoren limitierend. In der Praxis sind weitere hier nicht gezeigte Limitierungen ggf. zu berücksichtigen.
- Zum Zeitpunkt des Ausfalls ( $t_{\text{Ausfall}}$ ) kommt es zu einer Überschreitung des dauerhaften Engpassstroms ( $I_{\text{dauer Engpass}}$ ) des Betriebsmittels. Allerdings wird der temporäre Engpassstrom ( $I_{\text{temp Engpass}}$ ) nicht überschritten.
- Die kurative Maßnahme führt die Betriebsmittelbelastung ( $I_{\text{BM}}$ ) wieder zurück und ist hier der Einfachheit halber linear dargestellt. Des Weiteren ist hier nur die Wirkung einer einzigen kurativen Maßnahme gezeigt. Es könnte sich prinzipiell auch um ein Maßnahmenpaket handeln.
- Während der Zeitdauer der Höherauslastung und Anwendungsdauer der kurativen Maßnahme steigt die Betriebsmitteltemperatur ( $T_{\text{BM}}$ ) an. Da aber sowohl der temporäre Engpassstrom als auch die maximale Anwendungsdauer des temporären Engpassstroms ( $t_{\text{Anwendung, max}}$ ) nicht erreicht werden, wird die maximale Betriebsmitteltemperatur ( $T_{\text{BM, max}}$ ) nicht erreicht.
- Die kurative Maßnahme führt dazu, dass als Zielzustand eine Belastung unterhalb des dauerhaften Engpassstroms erreicht wird.



**Abbildung 7:** Darstellung der verschiedenen Zustände für die Verwendung des dauerhaften und temporären Engpassstroms

*Hinweis:*

*Sollte die Anwendung der kurativen Maßnahme zeitlich befristet sein, so ist auch die Ablösung geeignet zu berücksichtigen. Dies kann auch innerhalb der Betriebsplanungsprozesse erfolgen. Darüber hinaus sind die kurativen Maßnahmen hinsichtlich ihrer Zuverlässigkeit zu überprüfen und ggf. geeignete Reserven einzuplanen.*

Im Regelfall wird durch den Einsatz kurativer Maßnahmen nur dann ein Mehrwert erreicht, wenn dieser in Verbindung mit der Verwendung temporärer Engpassströme bei den anderenfalls unzulässig hoch belasteten Stromkreisen und Stromkreisabschnitten erfolgt. Dabei wird allerdings nur dann ein Nutzen erzielt, wenn die dem temporären Engpassstrom zugrundeliegende Anwendungsdauer größer oder gleich der zur Umsetzung der entlastenden kurativen Maßnahme(n) benötigten Zeit ist. Dies ist die Voraussetzung, um die kurative(n) Maßnahme(n) berücksichtigen und demnach bei Eintritt einer entsprechenden Ausfallvariante anwenden zu können.

Die Auswahl einer geeigneten Anwendungsdauer für die Bestimmung des temporären Engpassstroms aus den TATL-Werten (vgl. Abschnitt 3.3) sollte daher unter Berücksichtigung der verfügbaren kurativen Maßnahmen erfolgen. Die Systematik bei der Überwachung der Grenzwerte ist allerdings unabhängig von der Auswahl der Anwendungsdauer und wird in Abschnitt 5.3 beschrieben.

## 5.2 Netzsicherheitsrechnung

### 5.2.1 Lastflussrechnung

Die Netzsicherheitsrechnung (SIRE) der Netzleitysteme überwacht u.a. die elektrischen Grenzen für Spannungen und Ströme. Dies findet sowohl für den Grundfall als auch für die zu betrachtenden Ausfallvarianten, ggf. inklusive der kurativen Maßnahme(n), statt.

Um die Wirkung kurativer Maßnahmen korrekt bewerten zu können, müssen den signifikant beeinflussten ÜNB für ihre Lastflussrechnung die benötigten Informationen über die kurative(n) Maßnahme(n) durch den anwendenden ÜNB bereitgestellt werden (z.B. auslösende Ausfallvariante, zugehörige kurative Maßnahme(n), relevante Zwischenzustände, Anwendungsdauer). Weitere Informationen sind dem Kapitel 7 zu entnehmen.

In den Netzleitystemen wird eine Netzsicherheitsrechnung (Grundfall- und Ausfallvariantenrechnung) in festen Zeitzyklen angestoßen. Darüber hinaus kann zu jedem Zeitpunkt eine Netzsicherheitsrechnung manuell angestoßen werden.

Sofern sich die Ergebnisse der Netzsicherheitsrechnungen zwischen den betroffenen ÜNB bei Kuppelleitungen z. B. aufgrund unterschiedlicher Netzmodelle unterscheiden, wird zur gemeinsamen Beurteilung im Sinne der Netzsicherheit immer der kritischere Befund berücksichtigt.

### 5.2.2 Dynamische Sicherheitsanalyse

Dynamische Sicherheitsanalysen (DSA) dienen als Ergänzung zur SIRE und prüfen verschiedene Stabilitätsaspekte, die über die stationären Ausfallbetrachtungen der SIRE hinausgehen. Dafür werden z.B. zyklisch iterative Lastflussrechnungen oder Zeitbereichssimulationen durchgeführt. Es ist möglich Indikatoren zu entwickeln, welche die Ergebnisse der Simulationen bewerten und als Grundlage für die Bewer-

tion von Gegenmaßnahmen zur Vermeidung von Instabilitäten dienen. Solche Gegenmaßnahmen können von dem Einschränken der Wirk- und Blindleistungsbereiche von Erzeugungsanlagen über netzbezogene Maßnahmen (u.a. Topologie) bis zur Anwendung von marktbezogenen Maßnahmen (u.a. Redispatch) reichen.

Solange sichergestellt ist<sup>19</sup>, dass die betrieblichen Netzzustände ausreichend weit von den Stabilitätsgrenzen entfernt sind, müssen im Netzbetrieb keine dynamischen Sicherheitsanalysen durchgeführt werden.

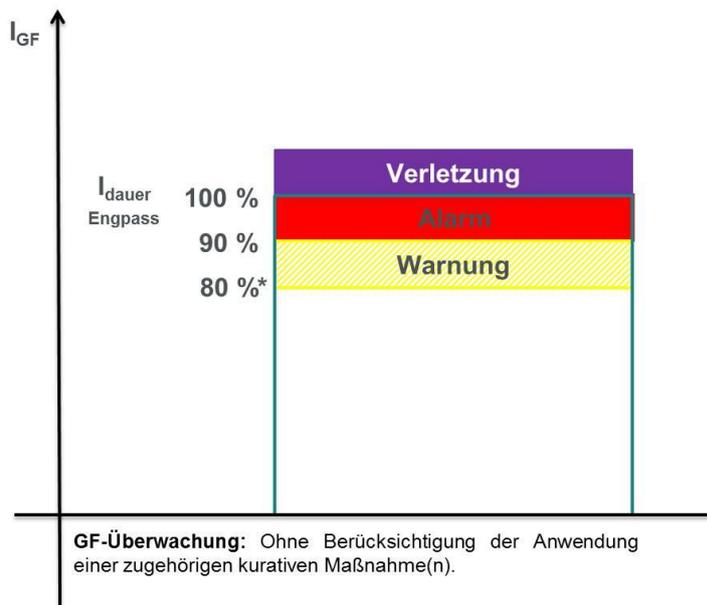
### 5.3 Stromgrenzwerte

In der nachfolgenden Tabelle 1 werden Handlungsanweisungen für Grundfall- und Ausfallvarianten-Betrachtung definiert und die entsprechenden Warn- und Alarmierungsgrenzen (Befundarten) festgelegt:

**Tabelle 1:** Auflistung der Befundarten der Grundfall- und Ausfallvarianten-Überwachung

Grundfall-Überwachung	Ausfallvarianten-Überwachung
Warnung	Warnung
Alarm	Alarm
Verletzung	Gefährdung

#### 5.3.1 Grundfall



**Abbildung 8:** Grundfall-Überwachung

*Hinweis:*

\*Die Befundart Warnung ist optional und kann demnach individuell vom jeweiligen ÜNB eingestellt werden. Die 80 % sind ein Vorschlag.

Im Grundfall (GF) werden die aktuellen Stromkreisauslastungen ( $I_{GF}$ ) zyklisch überwacht (siehe Abbildung 8). Es wird zwischen folgenden Grundfall-Befunden (GF-Befunden) unterschieden:

**GF-Alarm:** Ein GF-Alarm liegt vor, wenn ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt im vorliegenden Netzzustand ohne weitere Veränderungen ( $I_{GF}$ ) mit mindestens 90 % aber weniger als 100 % seines aktuellen dauerhaften Engpassstroms ( $I_{dauer Engpass}$ ) belastet ist.

$$0,9 \times I_{dauer Engpass} \leq I_{GF} < I_{dauer Engpass}$$

<sup>19</sup> Gemäß Artikel 38 und 39 der SO GL.

**Handlungsanweisung:**

Bei Vorliegen eines GF-Alarms sind Gegenmaßnahmen<sup>20</sup> gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13<sup>21</sup> umzusetzen.

**GF-Verletzung:**

Eine GF-Verletzung liegt vor, wenn ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt im vorliegenden Netzzustand ohne weitere Veränderungen ( $I_{GF}$ ) mit 100 % oder mehr seines dauerhaften Engpassstroms ( $I_{dauer\ Engpass}$ ) belastet ist.

$$I_{dauer\ Engpass} \leq I_{GF}$$

**Handlungsanweisung:**

Bei Vorliegen einer GF-Verletzung müssen die bereits vorher eingeleiteten Maßnahmen gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13<sup>21</sup> schnellstmöglich weiter durchgeführt und/oder ergänzt werden.

**GF-Warnung:**

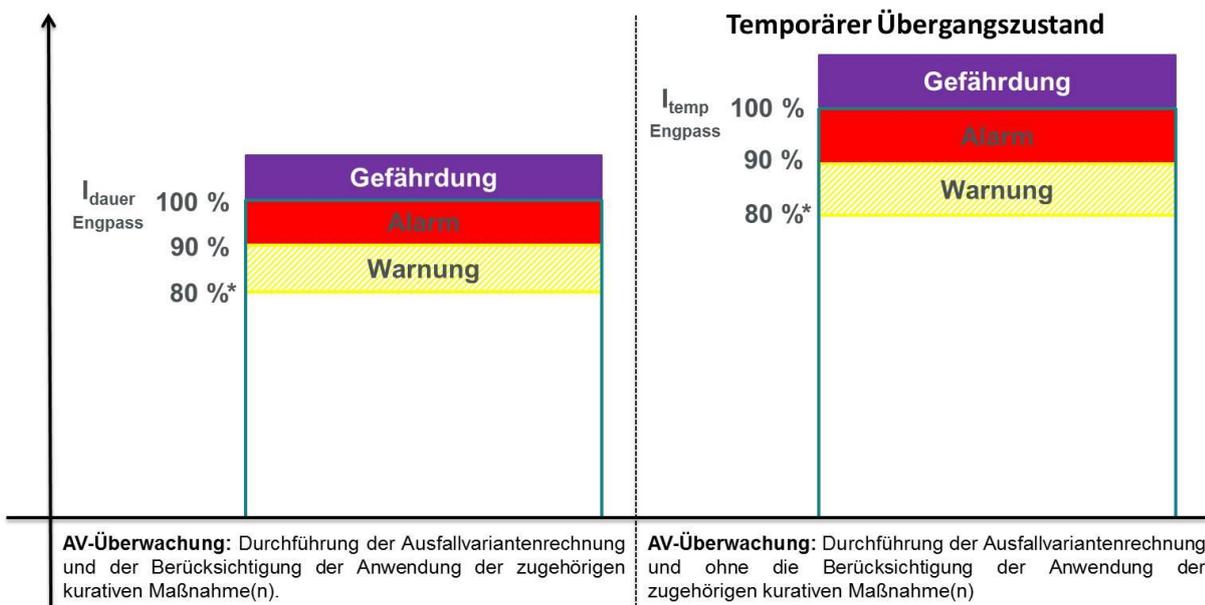
Unterhalb der Schwelle des GF-Alarms, können noch zusätzliche Warnschwellen hinterlegt werden, beispielsweise bei 80 % des jeweiligen Engpassstroms. Diese Schwellen müssen nicht zwischen den ÜNB abgestimmt werden, da sie lediglich zur Sensibilisierung dienen.

**Anmerkung:**

Nach Eintritt einer Ausfallvariante, die mit einer oder mehreren kurativen Maßnahmen verknüpft wurde, um Stromkreise bzw. Stromkreisabschnitte kurativ zu entlasten, liegt für ausschließlich diese Stromkreise erst bei Überschreitung des temporären Engpassstroms eine Grundfall-Verletzung vor. Dies gilt allerdings nur für die Anwendungsdauer des jeweiligen temporären Engpassstroms ( $I_{temp\ Engpass}$ ).

Diese Sonderregel dient lediglich der Klarstellung, dass bei konzeptgemäßer Verwendung von kurativen Maßnahmen nach Eintritt einer Ausfallvariante keine Grundfall-Verletzung vorliegt, obwohl der dauerhafte Engpassstrom ( $I_{dauer\ Engpass}$ ) vorübergehend überschritten werden kann. Bei der Grenzwertüberwachung in den Leitsystemen kann auf eine Implementierung dieser Sonderregel verzichtet werden, da sie definitivonsgemäß nur unmittelbar nach Eintritt einer Ausfallvariante Anwendung findet. Dabei wird wiederum bereits die Umsetzung der kurativen Maßnahmen ausgelöst, welche zur Rückführung der Strombelastung auf oder unter den dauerhaften Engpassstrom ( $I_{dauer\ Engpass}$ ) führen sollen.

**5.3.2 Ausfallvariantenrechnung**



**Abbildung 9:** Ausfallvarianten-Überwachung bezogen auf den dauerhaften und temporären Engpassstrom sowie die verschiedenen Zustände

<sup>20</sup> Dabei handelt es sich sowohl um präventive als auch kurative Maßnahmen.

<sup>21</sup> Enthalten im Betriebshandbuch der dt. Übertragungsnetzbetreiber

**Hinweis:**

*\*Die Befundart Warnung ist optional und kann demnach individuell vom jeweiligen ÜNB eingestellt werden. Die 80 % sind ein Vorschlag.*

Bei der Ausfallvariantenrechnung (AV-Rechnung) werden alle definierten Ausfallvarianten (Ausfallvariantenliste, u.a. Stromkreise, Transformatoren, Generatoren, Kompensationselemente, Kupplungen und ggf. Exceptional Contingencies) berechnet und für jeden Einzelfall überprüft, ob sich die so ermittelten Stromkreisauslastungen innerhalb der zulässigen Grenzen befinden.

Im Fall von kurativen Maßnahmen werden außerdem die Zustände nach Eintritt der jeweiligen auslösenden Ausfallvariante(n) und Anwendung der verknüpften kurativen Maßnahme(n) sowie falls notwendig relevante Zwischenzustände berechnet. Sollte die Anwendung der kurativen Maßnahme(n) zeitlich befristet sein, so ist auch der Zustand nach deren Ablösung geeignet zu berücksichtigen. Dies gilt über alle relevanten Zeitbereiche (Betriebsplanung und Echtzeit), sowohl für Maßnahmen im eigenen Netz als auch für Maßnahmen bei benachbarten Netzbetreibern mit Einfluss auf das eigene Netz. Bei Überschreitungen der Alarmierungsgrenzen werden entsprechende Befunde ausgegeben (siehe Abbildung 9). In den Fällen, wenn kurative Maßnahmen und demnach temporäre Engpassströme nicht freigegeben sind, kommt nur der dauerhafte Engpassstrom zur Anwendung.

Im Folgenden bezeichnet  $I_{AV}$  den Strom in der Ausfallvariante und  $I_{AV, kur}$  den Strom in der Ausfallvariante nach Anwendung der verknüpften kurativen Maßnahme(n):

Sämtliche bei der Berechnung von  $I_{AV, kur}$  zugrunde gelegten kurativen Maßnahmen müssen innerhalb der bei der Bestimmung des temporären Engpassstroms ( $I_{temp Engpass}$ ) zugrunde gelegten Anwendungsdauer sicher angewendet werden können. Die Anwendung kurativer Maßnahmen ist nur dann zulässig, wenn diese vor Eintritt der Ausfallvariante mit allen signifikant beeinflussten ÜNB koordiniert worden ist. Grundsätzlich dürfen durch kurative Maßnahmen zur Entlastung eines Stromkreises bzw. Stromkreisabschnitts keine anderen Stromkreise bzw. Stromkreisabschnitte höher als mit ihrem dauerhaften Engpassstrom belastet werden.

Zwischen folgenden Ausfallvarianten-Befunden (AV-Befunden) wird unterschieden:

**AV-Alarm:** Ein AV-Alarm liegt vor, wenn ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt nach Eintritt einer Ausfallvariante und vor Anwendung etwaiger kurativer Maßnahmen ( $I_{AV}$ ) mit mindestens 90 % aber weniger als 100 % seines aktuellen temporären Engpassstroms ( $I_{temp Engpass}$ ) belastet ist

$$0,9 \times I_{temp Engpass} \leq I_{AV} < 1,0 \times I_{temp Engpass} \quad (1)$$

oder wenn ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt nach Eintritt einer Ausfallvariante und nach Anwendung etwaiger kurativer Maßnahmen ( $I_{AV, kur}$ ) mit mindestens 90 % aber weniger als 100 % seines aktuellen dauerhaften Engpassstroms ( $I_{dauer Engpass}$ ) belastet ist.

$$0,9 \times I_{dauer Engpass} \leq I_{AV, kur} < 1,0 \times I_{dauer Engpass} \quad (2)$$

Die Überprüfung etwaiger relevanter Zwischenzustände bei der Anwendung der kurativen Maßnahme(n) erfolgt analog zu (1). Die etwaige Ablösung zeitlich befristeter kurativer Maßnahmen ist analog zu (2) zu bewerten.

**Handlungsanweisung:**

Bei diesem Befund erfolgt unter Berücksichtigung der aktuellen und zu erwartenden Gesamtsituation eine ingenieurmäßige Prüfung. In Abhängigkeit von dem Ergebnis der Prüfung sind weitere Handlungen/Maßnahmen erforderlich:

- i) Bei einschätzbarer Verschärfung bzw. bei länger andauerndem Fortbestand des Befundes/der Gesamtsituation sind Gegenmaßnahmen gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13<sup>21</sup> einzuleiten. Ein Wert unter 90 % des jeweiligen Engpassstroms ist anzustreben.  
Hinweis: Die Gegenmaßnahmen können auch eine Anpassung der Anwendungsdauer bei der Bestimmung von  $I_{temp Engpass}$  beinhalten:

- a. Wird der AV-Alarm ausschließlich durch **(1)** verursacht, kann eine Verkürzung der Anwendungsdauer ggf. zu einem höheren  $I_{\text{temp Engpass}}$  führen. Sind auch für die verkürzte Anwendungsdauer geeignete kurative Maßnahmen verfügbar, kann dies den AV-Befund verbessern.
- b. Wird der AV-Alarm ausschließlich durch **(2)** hervorgerufen, kann dieser gegebenenfalls durch die Einplanung weiterer oder anderer kurativer Maßnahmen beseitigt werden. Gegebenenfalls werden diese erst durch eine Verlängerung der Anwendungsdauer anwendbar. Solange hierdurch die Bedingung **(1)** unerfüllt bleibt, kann so durch die Verlängerung der Anwendungsdauer trotz der damit einhergehenden Reduzierung von  $I_{\text{temp Engpass}}$  eine Verbesserung des AV-Befunds erreicht werden.
- ii) Bei einschätzbarer Entschärfung des Befundes/der Gesamtsituation ist unter Beibehaltung der erhöhten Aufmerksamkeit die Situation permanent neu zu bewerten.

AV-Gefährdung: Eine AV-Gefährdung liegt vor, wenn ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt nach Eintritt einer Ausfallvariante und vor Anwendung etwaiger kurativer Maßnahmen ( $I_{AV}$ ) mit 100 % oder mehr seines aktuellen temporären Engpassstroms ( $I_{\text{temp Engpass}}$ ) belastet ist

$$1,0 \times I_{\text{temp Engpass}} \leq I_{AV} \quad (3)$$

oder wenn ein Stromkreis bzw. Stromkreisabschnitt nach Eintritt einer Ausfallvariante und nach Anwendung etwaiger kurativer Maßnahmen ( $I_{AV, \text{kur}}$ ) mit 100% oder mehr seines aktuellen dauerhaften Engpassstroms ( $I_{\text{dauer Engpass}}$ ) belastet ist.

$$1,0 \times I_{\text{dauer Engpass}} \leq I_{AV, \text{kur}} \quad (4)$$

Handlungsanweisung:

Bei diesem Befund müssen die bereits vorher eingeleiteten Maßnahmen gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13 weiter durchgeführt und/oder ergänzt werden.

AV-Verletzung: Eine AV-Verletzung liegt vor, wenn eine AV-Gefährdung nicht nur vorübergehend besteht und ihre Beseitigung nicht zeitnah möglich ist.

Die Begründung für den Zeitvorbehalt liegt in der Bestätigung der kritischen Netzsituation bzw. dem Wirksamwerden der bereits eingeleiteten Maßnahmen.

AV-Warnung: Unterhalb der Schwelle des AV-Alarms, können noch zusätzliche Warnschwellen (AV-Warnungen) hinterlegt werden, beispielsweise bei 80% des jeweiligen Engpassstroms. Diese Schwellen müssen nicht zwischen den ÜNB abgestimmt werden, da sie lediglich zur Sensibilisierung dienen.

#### 5.4 Spannungsgrenzwerte

Im folgenden Abschnitt werden Spannungsgrenzwerte und die Handlungsweise der Netzführenden Stelle beschrieben. Auch hier muss zwischen Grundfall- (GF-Befund) und Ausfallvarianten-Befund (AV-Befund) unterschieden werden (siehe Abbildung 10).

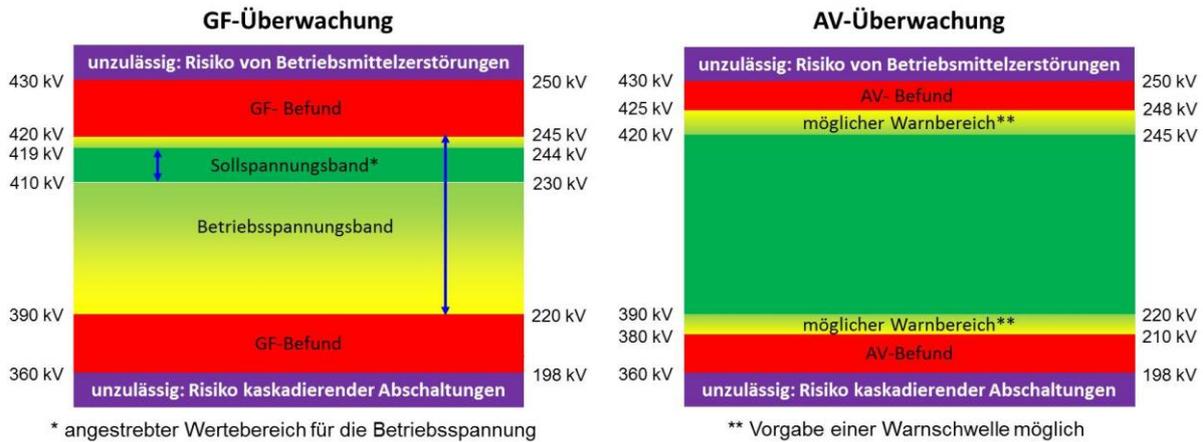


Abbildung 10: Überwachung der Spannungsgrenzwerte in der GF- und AV-Überwachung<sup>22</sup>

#### 5.4.1 Unzulässige Spannungsbereiche

Spannungen größer 430 kV in der 380-kV-Ebene (bzw. 250 kV in der 220-kV-Ebene) oder kleiner 360 kV in der 380-kV-Ebene (bzw. 198 kV in der 220-kV-Ebene), also kleiner der Schutzgrenz-Spannung, müssen immer vermieden werden. Dies ist notwendig, um Betriebsmittelzerstörungen, unkontrollierte Trennungen von Netznutzern und kaskadierende Schutzauslösungen zu vermeiden. Um dies zu gewährleisten, werden die Spannungsgrenzwerte für den Grundfall und die Ausfallvarianten mit entsprechenden Sicherheitsabständen gewählt.

#### 5.4.2 Betriebsspannungsband

Das Betriebsspannungsband (380-kV-Ebene: zwischen 390 kV und 420 kV; 220-kV-Ebene: zwischen 220 kV und 245 kV) entspricht dem betrieblich zulässigen Bereich für Spannungen in der Grundfallbeurteilung.

#### 5.4.3 Sollspannungsband

Innerhalb des Betriebsspannungsbandes ist ein möglichst hoher Wert anzustreben, um eine maximale Übertragungsfähigkeit zu erreichen und die Wirkverluste zu reduzieren. Daher wird ein Sollspannungsband (380-kV-Ebene: zwischen 410 kV und 419 kV; 220-kV-Ebene: zwischen 230 kV und 244 kV) festgelegt.

Bei niedriger Netzauslastung ist tendenziell der untere Wert anzustreben. In bestimmten Situationen, beispielsweise in Vorbereitung auf zu erwartende Spannungsanstiege oder zur Vermeidung von Verletzungen der oberen Spannungsgrenzwerte, kann auch eine Abweichung vom Sollspannungsband nach unten notwendig werden.

Bei hoch ausgelasteten Netzen ist aus Gründen der Netzsicherheit ein möglichst hoher Wert anzustreben, um den Abstand zu tendenziell kollapsgefährdenden niedrigen Spannungen möglichst groß zu halten.

An den Verbundkuppelstellen kann situationsabhängig ein gemeinsamer Sollspannungswert abgestimmt werden. Hierdurch können unkoordinierte Blindleistungsflüsse auf Verbundkuppelleitungen minimiert werden. Es ist zu beachten, dass auf den Verbundkuppelstellen zu den ausländischen Partnern ein Kompromiss zwischen den jeweiligen Grenzwertkonzepten zu finden ist.

#### 5.4.4 Grundfall

Im Grundfall werden die aktuellen Spannungen ( $U_{GF}$ ) zyklisch überwacht. Es werden folgende Grenzwerte überwacht:

Obere Spannungsgrenzwerte: Ein GF-Befund liegt vor bei  $U_{GF} > 420 \text{ kV}$  (380 kV-Ebene) beziehungsweise  $U_{GF} > 245 \text{ kV}$  (220 kV-Ebene)

<sup>22</sup> Die in Abbildung 10 verwendeten Farben haben keinen Bezug zur Ampelsetzung im EAS (ENTSO-E Awareness System).

**Handlungsanweisung:**

Bei Vorliegen dieses GF-Befunds sind grundsätzlich spannungssenkende Maßnahmen gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13 durchzuführen bis der Grundfall-Befund nicht mehr vorliegt. Sofern bei einem ÜNB eine Freigabe für den temporären Betrieb mit Spannungen  $U > 420 \text{ kV}$  (245 kV) besteht (vgl. Abschnitt 4.2), können Spannungen innerhalb dieser weiteren Grenzen ausnahmsweise zugelassen werden. An Verbundkuppelstellen ist dieses Vorgehen mit dem jeweiligen Nachbar-ÜNB abzustimmen.

Untere Spannungsgrenzwerte: Ein GF-Befund liegt vor bei  $U_{GF} < 390 \text{ kV}$  (380 kV-Ebene) beziehungsweise  $U_{GF} < 220 \text{ kV}$  (220 kV-Ebene)

**Handlungsanweisung:**

Bei Vorliegen dieses GF-Befunds sind spannungsstützende Maßnahmen gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13 durchzuführen bis der GF-Befund nicht mehr vorliegt.

**5.4.5 Ausfallvariantenrechnung**

Bei der Ausfallvariantenrechnung werden alle definierten Ausfallvarianten (u.a. Stromkreise, Transformatoren, Generatoren, Kompensationselemente und ggf. Exceptional Contingencies) berechnet und für jeden Einzelfall überprüft, ob sich die so ermittelten Spannungen ( $U_{AV}$ ) innerhalb der zulässigen Grenzen befinden. Im Fall von kurativen Maßnahmen werden außerdem die Zustände nach Eintritt der jeweiligen auslösenden Ausfallvariante(n) und Anwendung der verknüpften kurativen Maßnahme(n) sowie falls notwendig relevante Zwischenzustände berechnet. Dies erfolgt sowohl für Maßnahmen, die der jeweilige ÜNB in seinem eigenen Netzgebiet plant als auch für Maßnahmen bei anderen ÜNB, die Einfluss auf sein Netzgebiet haben.

In allen Fällen werden dieselben Grenzwerte überwacht, sowohl in der jeweiligen Ausfallvariante als auch in der Ausfallvariante nach Anwendung der verknüpften kurativen Maßnahme(n):

Obere Spannungsgrenzwerte: Ein AV-Befund liegt vor bei  $U_{AV} > 425 \text{ kV}$  (380 kV-Ebene) beziehungsweise  $U_{AV} > 248 \text{ kV}$  (220 kV-Ebene)

**Handlungsanweisung:**

Bei Vorliegen eines AV-Befunds sind spannungssenkende Maßnahmen gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13 durchzuführen bis kein AV-Befund mehr vorliegt.

Außerdem kann im Bereich zwischen 420 kV bzw. 245 kV (obere Spannungsgrenze des Betriebsspannungsbands) und dem AV-Befund (oberer Spannungsgrenzwert) eine Warnschwelle vorgegeben werden (siehe Abbildung 10).

Untere Spannungsgrenzwerte: Ein AV-Befund liegt vor bei  $U_{AV} < 380 \text{ kV}$  (380 kV-Ebene) beziehungsweise  $U_{AV} < 210 \text{ kV}$  (220 kV-Ebene)

**Handlungsanweisung:**

Bei Vorliegen eines AV-Befunds sind spannungsstützende Maßnahmen gemäß dem zwischen den vier deutschen ÜNB abgestimmten Handlungsleitfaden zur Umsetzung EnWG §13 durchzuführen bis kein AV-Befund mehr vorliegt.

Außerdem können im Bereich zwischen 390 kV bzw. 220 kV (untere Spannungsgrenze des Betriebsspannungsbands) und dem AV-Befund (unterer Spannungsgrenzwert) eine Warnschwelle vorgegeben werden (siehe Abbildung 10).

**5.4.6 Spannungsänderungen**

Bei der Überwachung von Spannungsänderungen werden die Wechsel zwischen zwei Netzzuständen betrachtet. Im Folgenden beziehen sich relative Spannungsdifferenzen auf die Spannung im Ausgangszustand.

Geplante Schalthandlungen:

Im Fall geplanter Schalthandlungen ist sicherzustellen, dass zwischen den zwei Grundfallzuständen vor beziehungsweise nach der Schalthandlung eine relative Spannungsdifferenz in Höhe von 2 % nicht überschritten wird.<sup>23</sup>

**Handlungsanweisung:**

Sofern dies zur Einhaltung der maximalen relativen Spannungsdifferenz in Höhe von 2 % notwendig ist, sind vor Durchführung einer geplanten Schalthandlung im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten spannungsstabilisierende Maßnahmen durchzuführen (z.B. Erhöhung der Vermaschung). In Ausnahmefällen, in denen dies nicht möglich ist und die Schalthandlung betriebsnotwendig ist, kann eine Überschreitung dieser Grenze zugelassen werden.

**Ausfallvarianten:**

Im Fall von Ausfallvarianten ist sicherzustellen, dass zwischen dem Grundfall und dem Zustand nach Eintritt der Ausfallvariante eine relative Spannungsdifferenz in Höhe von 5 % nicht überschritten wird. Bei Verletzung dieser Grenze liegt ein Befund vor. Zur Sensibilisierung des Betriebspersonals kann außerdem eine Warnung bei einer Überschreitung einer relativen Spannungsdifferenz in Höhe von 2% eingerichtet werden.

**Handlungsanweisung:**

Sofern die maximale relative Spannungsdifferenz in Höhe von 5 % in einer Ausfallvariante überschritten wird, sind im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten spannungsstabilisierende Maßnahmen durchzuführen (z.B. Erhöhung der Vermaschung). Insbesondere sind Maßnahmen zu unterlassen, die zu einer Verschärfung des Befundes führen können (z.B. weitere Entmaschung im Umfeld des Befundes). Falls eine Warnschwelle bei 2 % eingerichtet wurde, sind bei Überschreitung dieser Grenze spannungsstabilisierende Maßnahmen zu prüfen.

**Lastflussänderungen:**

Durch Lastflussänderungen werden Änderungen der regionalen Blindleistungsbilanz des Netzes hervorgerufen, welche zu Spannungsänderungen führen. Absolute relative Spannungsänderungen von mehr als 2 % innerhalb von 10 Minuten (oder kürzer) aufgrund derartiger Effekte sollen nach Möglichkeit vermieden werden.

Die Einhaltung dieses Kriteriums bei Lastflussänderungen kann mit den derzeit vorhandenen Möglichkeiten nicht sicher identifiziert werden. Zukünftig könnten in dieser Hinsicht durch betriebliche dynamische Netzsicherheitsanalysen (vgl. Abschnitt 5.2.2) Verbesserungen erreicht werden.

---

<sup>23</sup> Bei Anlagen, an denen keine vertikalen Anschlüsse (Kundenanlagen) vorhanden sind, gilt diese Begrenzung nicht.

## 6 Verwendung von Grenzwerten in der Betriebsplanung

Die zentrale Aufgabe der Betriebsplanung ist die frühzeitige Analyse der Netzsicherheit und die Sicherstellung, dass im späteren Echtzeitbetrieb trotz unvermeidlicher Prognoseunsicherheiten ausreichende Möglichkeiten zur Vermeidung von Grenzwertverletzungen entsprechend der Handlungsanweisungen in Kapitel 5 bereitstehen. Dabei werden in den Analysen und Berechnungen der Betriebsplanung ebenfalls die Grenzwerte nach der Logik aus dem Kapitel 3 berücksichtigt. Da die zu Grunde liegenden Prognosen mit Unsicherheiten behaftet sind, kann es erforderlich sein, diesen Unsicherheiten in der Dimensionierung von eingeleiteten Maßnahmen, z.B. durch die Berücksichtigung von Sicherheitsmargen, frühzeitig Rechnung zu tragen.

Bereits aus der Betriebsplanung heraus werden über eine reine Potenzialsicherung hinausgehende konkrete Maßnahmen zur Beseitigung von erwarteten Grenzwertverletzungen umgesetzt. Dies gilt insbesondere, wenn Maßnahmen nur mit langen Vorlaufzeiten umgesetzt werden können oder die operative Abwicklung aufgrund einer hohen Zahl an benötigten Maßnahmen nicht kurzfristig bewältigt werden kann.

Damit die Betriebsplanung ihren Aufgaben bestmöglich gerecht werden kann, muss sie auf Basis möglichst exakter Prognosen der erwarteten Netzsituationen erfolgen. Dies schließt die bestmögliche Prognose der Engpassströme entsprechend der in Kapitel 3 beschriebenen Systematik ein. Bestmöglich heißt hierbei, dass Überschätzungen der Engpassströme vermieden werden, da es anderenfalls zu einer Unterschätzung der Befundsituation kommen kann. Gleichzeitig sind auch Unterschätzungen der Engpassströme nach Möglichkeit zu vermeiden, da es hierdurch bei der Planung von Entlastungsmaßnahmen zu Ineffizienzen oder im Extremfall sogar zur Planung von in Echtzeit kontraproduktiven Maßnahmen kommen kann.

## 7 Datenaustausch

In diesem Kapitel wird auf den für Kuppelleitungen notwendigen Datenaustausch zwischen den ÜNBs eingegangen (siehe Kapitel 7.1). Im Zuge der Einführung eines witterungsabhängigen Freileitungsbetriebs oder eines kurativen Engpassmanagements kann es erforderlich sein, weitere und ergänzende Daten im Zuge des Echtzeitbetriebs (siehe Kapitel 7.2) und der Betriebsplanung (siehe Kapitel 7.3) auszutauschen.

Darüber hinaus kann die Kenntnis weiterer Netzdaten der jeweiligen Observability Areas der betreffenden ÜNBs von Bedeutung sein. Dieser erweiterte Austausch von Netzdaten ist allerdings nicht Gegenstand dieses Konzepts. Er kann bei Bedarf separat zwischen den betroffenen ÜNB abgestimmt werden.

Jeder ÜNB ist für die Bereitstellung und Übermittlung von Daten der in seinem Eigentum befindlichen Stromkreise bzw. Stromkreisabschnitte zuständig. Diesbezüglich besteht eine Bringschuld.

### 7.1 Stammdaten Kuppelleitungen

Die ÜNBs informieren sich über maßgebliche Limitierungen, die zur Bildung der dauerhaften Strombelastbarkeit des jeweils zu ihrem Übertragungsnetz gehörenden Teils der Kuppelleitung notwendig sind. Dazu gehören:

- Zulässige dauerhafte Strombelastbarkeit (PATL)
- Bei Anwendung eines witterungsabhängigen Freileitungsbetriebes: die minimalen und maximal möglichen Werte für die dauerhafte Strombelastbarkeit (PATL)
- Optional: Dauerhafter thermischer Engpassstrom des Leiterseils
- Optional: Dauerhafter thermischer Engpassstrom des engpassbildenden Betriebsmittels im Schaltfeld und Benennung des betroffenen Betriebsmittels (Wandler, Schaltgerät etc.)
- Optional: Schutzengpassstrom
- Optional: Systemische Limitierung (z.B. Stabilitätsengpassstrom)
- Optional: Externe Limitierung (z.B. maximaler Strom wegen 26. BImSchV)

Sind für Kuppelleitungen temporäre Höherauslastungen (siehe Kapitel 3.2) freigegeben, so sollten dazu die zugrunde liegenden Randbedingungen ausgetauscht werden. Dabei handelt es sich beispielsweise um die folgenden Größen:

- Höhe der temporären Strombelastbarkeit (TATL)
- Anwendungsdauer für die temporäre Höherauslastung
- Angenommene Vorbelastung der Kuppelleitung

Für die Spannungsgrenzwerte ist dagegen kein zusätzlicher Datenaustausch notwendig, da die Grenzwerte in Kapitel 5.4 festgelegt und erklärt sind.

Der Austausch von Informationen, der über die genannten Anforderungen hinausgeht, kann auch auf der Ebene der zuständigen Fachabteilungen erfolgen. Dazu können beispielsweise Angaben zu den verwendeten Schutzkonzepten und Daten zu bestimmten Ausbau- und Umbauprojekten zählen.

Für die Bereitstellung und Übermittlung der oben festgelegten Daten ist in der Regel das Anlagenmanagement bzw. Assetmanagement als datenverantwortliche Stelle zuständig.

Die netzführenden Stellen sind verantwortlich für den bedarfsgerechten und regelmäßigen Austausch der entsprechenden Anlage des Netz- und Systemführungsvertrages (NSV). Diese Anlage ist unverzüglich bei relevanten Änderungen zu aktualisieren.

Für den Austausch der Daten (nach Kapitel 7.1) wird keine spezielle Form vorgegeben. Die auszutauschenden Dokumente sollen eindeutig und übersichtlich gehalten werden. Gegebenenfalls kann im Begleitschreiben eine Zusammenfassung bzw. Legende mitgeliefert werden. Es werden dabei die Begriffe aus dem Grenzwertkonzept (siehe Kapitel 2.1) berücksichtigt.

Für den Austausch der Daten sind entsprechende Postfächer bei den einzelnen ÜNB eingerichtet worden.

## 7.2 Datenaustausch Echtzeitbetrieb

Durch den witterungsabhängigen Freileitungsbetrieb (Einfluss auf PATL) bzw. die Anwendung temporärer Engpassströme (Anwendung TATL) im Zusammenhang mit kurativen Maßnahmen können die Engpassströme auf den Kuppelleitungen zeitvariant sein. Für diesen Fall ist der Austausch von statischen Grenzwerten nicht mehr ausreichend.

In solchen Fällen sind Konzepte zum Datenaustausch auszuarbeiten, so dass es beiden Partnern möglich ist, den vom jeweils anderen Partner berechneten zeitvarianten Grenzwert für die notwendige Minimalwertbildung und das Überwachen auf einen bestimmten Engpassstrom zu nutzen. Hier bieten sich die Leitstellenkopplungen zwischen den ÜNB, beispielsweise über TASE.2<sup>24</sup> an. Ausgetauscht werden soll der dauerhafte und ggf. temporäre Engpassstrom der Kuppelleitung, unter Berücksichtigung aller limitierenden Größen, bezogen auf Schaltfeld, Leiterverbindung (Freileitung und/oder Kabel) bzw. ggf. systemischen und externen Limitierungen (siehe Abbildung 4). Ziel ist die Verwendung eines einheitlichen Engpassstroms in den Netzsicherheitsrechnungen beider ÜNB.

Der jeweilige Status der aktuell geplanten bzw. angewendeten kurativen Maßnahme sollte in Echtzeit mit den Übertragungsnetzbetreibern ausgetauscht werden, die von der Maßnahme signifikant beeinflusst werden. Dabei können beispielsweise die folgenden Informationen zwischen den ÜNB kommuniziert werden:

- Verfügbarkeit der kurativen Maßnahme
- kurative Maßnahme scharfgeschaltet
- kurative Maßnahme aktiviert bzw. ausgelöst

Verantwortlich für den Datenaustausch hinsichtlich des Echtzeitbetriebs sind die jeweiligen netzführenden Stellen, welche sich über Form und Inhalt der betreffenden Daten austauschen.

## 7.3 Datenaustausch Betriebsplanung

Die Auswirkungen auf den Datenaustausch sind bei der Anwendung des witterungsabhängigen Freileitungsbetriebs (Einfluss auf PATL) und der Anwendung von temporären Engpassströmen (auf Grundlage von TATL-Werten) innerhalb der Betriebsplanung (siehe Kapitel 6) zu berücksichtigen.

Die eingeplanten kurativen Maßnahmen sind geeignet zu koordinieren und nach Abstimmung, z.B. in Form einer Reaktions-Matrix, den Erfüllungszeiten innerhalb der Vorscheurechnung zuzuordnen. Die Reaktions-Matrix kann als Basis für die Anwendung in Echtzeit innerhalb der Netzsicherheitsrechnung genutzt werden.

Verantwortlich für den Datenaustausch hinsichtlich der Betriebsplanung sind die jeweiligen netzführenden Stellen, welche sich über Form und Inhalt der betreffenden Daten austauschen.

---

<sup>24</sup> Es handelt sich um einen Protokoll-Standard, mit dem die Kopplung verschiedener Leitstellen ermöglicht werden soll. TASE.2 steht für: Telecontrol Application Service Element 2.

## **8 Schlussbemerkung**

Mit der Verabschiedung dieses Grenzwertkonzeptes durch die deutschen Übertragungsnetzbetreiber werden die in diesem Dokument verwendeten und vereinheitlichten Definitionen und Begriffe zu dem Themengebiet „Grenzwerte“ verbindlich.

Die für die Netz- und Systemführung relevanten Vereinbarungen und Verträge, im Wesentlichen die bilateralen Netz- und Systemführungsverträge inkl. der relevanten Anlagen sowie ggf. weitere Dokumente zum Datenaustausch zwischen den Übertragungsnetzbetreibern, werden bei Bedarf angepasst und aktualisiert.

Bei der Neu- bzw. Weiterentwicklung von Anwendungen in den Netzleitsystemen dient das vorliegende gemeinsame Grenzwertkonzept als Grundlage und legt die Rahmenbedingungen fest. Dabei sind auch die Notwendigkeit der Weiterentwicklung und des Austausches von Netzmodellen zu berücksichtigen, die besonders für die Betrachtung von Spannungs- und Stabilitätsaspekten zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Zur Umsetzung dieses Grenzwertkonzeptes, insbesondere der Verwendung von temporären Engpassströmen in bestehenden oder ggf. neu zu beschaffenden Netzleitsystemen, sind bei allen Übertragungsnetzbetreibern umfangreiche Aktivitäten erforderlich.