

# #21

# TRANSPARENT

Ein Newsletter von TransnetBW für die Politik  
Ausgabe 01/2024

## SYSTEMSTABILITÄT

robust und klimaneutral/  
100%

## HEUTE UND BIS 2030

### EDITORIAL

**Energiewende:**  
Wir müssen ihre Komplexität, aber auch ihre Bezahlbarkeit beherrschen.

### AKTUELLES

**Network Codes:**  
die Sprache für einen zuverlässigen europäischen Stromnetzverbund.

### STIMMFREQUENZ

**Jetzt handeln für**  
eine stabile und sichere Stromversorgung bis 2030.

### LANGE LEITUNG

**Das braucht das**  
Stromversorgungsnetz von morgen.

# INHALT

EDITORIAL	<b>GRUSSWORT</b>	<b>03</b>
DREHSCHIEBE STROM	<b>Sicherheit in einem dynamischen System</b> <b>KLIMANEUTRAL SOLL ES WERDEN, STABIL SOLL ES BLEIBEN</b>	<b>04</b>
STIMMFREQUENZ	<b>Wie robust ist unser Stromnetz?</b> <b>HEUTE HANDELN FÜR DIE SYSTEMSTABILITÄT VON MORGEN</b>	<b>10</b>
HÖCHSTSPANNEND	<b>Spannung, Frequenz und Transiente</b> <b>PARAMETER FÜR EINE SICHERE STROMVERSORGUNG</b>	<b>12</b>
AKTUELLES	<b>ENTSO-E-Winter-Outlook</b> <b>FÜR DEN WINTER GEWAPPNET</b>	<b>16</b>
	<b>Network Codes</b> <b>DAS EUROPÄISCHE GRUNDGERÜST DER ÜBERTRAGUNGSNETZE</b>	<b>18</b>
LANGE LEITUNG	<b>Paradigmenwechsel im Stromnetz</b> <b>GRID-FORMING: BASIS FÜR EINE ERFOLGREICHE ENERGIEWENDE!</b>	<b>20</b>
ZAHLEN, DATEN, FAKTEN	<b>Gut zu wissen</b> <b>ZAHLEN AUS DER WELT VON TRANSNET BW</b>	<b>22</b>

*„Das Netz muss, um klimaneutral zu werden, nicht nur ausgebaut werden, sondern auch noch betreibbar bleiben. In anderen Worten: unser System muss stabil und belastbar sein.“*

Dr. Werner Götz, Vorsitzender der Geschäftsführung



#### Liebe Leserinnen und Leser,

die Transformation unseres Energiesystems ist ein komplexes Unterfangen. Die damit verbundenen Herausforderungen werden immer deutlicher erkennbar und die Dynamik nimmt zu. Mit dem nun vorgesehenen Ausbau der erneuerbaren Energien und dem anvisierten Kohleausstieg im Jahr 2030 wird für uns Übertragungsbetreiber klar, dass es mit dem Netzaus- und -umbau nicht getan ist. Das Netz muss, um klimaneutral zu werden, nicht nur ausgebaut werden, sondern auch noch betreibbar bleiben. In anderen Worten: unser System muss stabil und belastbar sein. Wie das sichergestellt werden soll, beschreiben wir in dieser Ausgabe von TRANSPARENT.

Lassen Sie mich aber Ihre Aufmerksamkeit auf ein Thema lenken, das ebenfalls an Bedeutung gewinnt: die Bezahlbarkeit der Energiewende. Für uns und unsere Kunden war es ein kleiner Schock, als im Dezember

letzten Jahres die Nachricht eintraf, dass der Wirtschaftsstabilisierungsfonds Ende 2023 eingestellt wird und damit die angekündigten Zuschüsse zum Übertragungsnetzentgelt entfallen. Die fällige Preiserhöhung hat schmerzhaft aufgezeigt, dass der Umbau zu erheblichen Belastungen führen kann.

Unser Anspruch als Netzbetreiber ist es, unseren Kunden unser Netz so effizient wie möglich und allen Ansprüchen genügend zur Verfügung zu stellen. Dementsprechend prüfen wir jedes Kostensenkungspotential. Und ein solches liegt bei den nun im Netzentwicklungsplan neu ausgewiesenen Gleichstromverbindungen vor. Eine Umsetzung als Freileitung und nicht, wie bisher gesetzlich vorgesehen, als Erdkabel, würde die Kosten erheblich vermindern. Dies ist noch ohne Zeitverzögerung umsetzbar. Es braucht dafür aber eine politische Entscheidung, die von einer möglichst breiten

Mehrheit getragen wird. Wir setzen uns dafür ein – kommen Sie gerne auf uns zu, wenn Sie dazu weitere Informationen benötigen.

Mit freundlichen Grüßen  
Ihr Dr. Werner Götz

Sicherheit in einem dynamischen System

# KLIMANEUTRAL SOLL ES WERDEN, STABIL SOLL ES BLEIBEN



Im Netzentwicklungsplan 2023 zeigen die vier Übertragungsnetzbetreiber (ÜNB) zum ersten Mal ein Stromnetz, das für die Zeithorizonte 2037 und 2045 eine klimaneutrale Stromversorgung ermöglicht. Dabei wird das energiepolitische Zieldreieck gemäß § 1 EnWG verfolgt: Wirtschaftlichkeit, Umweltverträglichkeit und Versorgungssicherheit. Doch wie steht es um die Versorgungssicherheit, wenn die Stromerzeugung bis zu 100 Prozent aus volatilen erneuerbaren Energien erfolgt? Ein Überblick über das Thema.

### Integration der erneuerbaren Energien

Im deutschen Stromnetz werden aktuell rund 50 Prozent des Stroms aus erneuerbaren Energien produziert. In Anbetracht des Wandels innerhalb der kommenden 20 Jahre hin zu einem Stromnetz, in das bis zu 100 Prozent erneuerbare Energien eingespeist werden, tritt die Frage nach der Notwendigkeit von systemstabilisierenden Maßnahmen immer mehr in den Vordergrund. Wind- und Photovoltaikanlagen, die in den kommenden Jahren in exponentiell steigender Zubaugeschwindigkeit integriert werden müssen, weisen andere technische Eigenschaften als konventionelle Kraftwerke auf. Die Einspeisung erfolgt über leistungselektronische Stromrichter, die nicht so zuverlässig wie die Synchrongeneratoren konventioneller Kraftwerke zur Netzstabilität beitragen können. Dies erfordert auch eine Überarbeitung der technischen Anforderungen und Standards, um sicherzustellen, dass diese Anlagen nicht nur Energie liefern, sondern auch die Stabilität des Stromnetzes gewährleisten können – so genannte netzdienliche Eigenschaften (mehr hierzu in der Rubrik [Lange Leitung](#)). Auch zusätzliche Maßnahmen zum Erhalt und zur Sicherung der Systemstabilität sind notwendig.

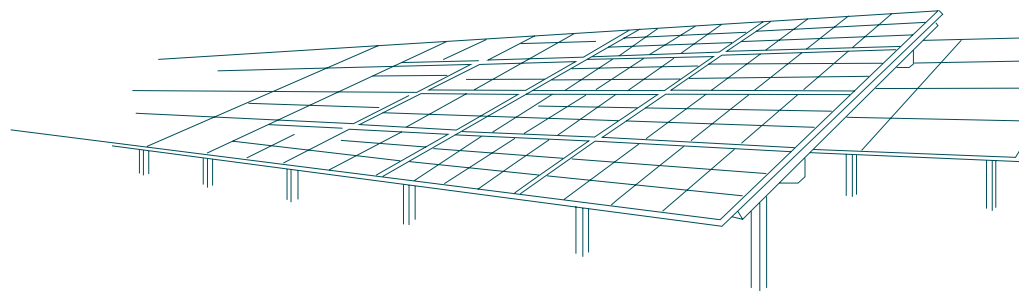
Politik, Regulierungsbehörde, Netzbetreiber und Industrie sind sich einig: In einem ersten Schritt ist eine umfassende Bestandsaufnahme not-

wendig. Darauf aufbauend können Prozesse und Maßnahmen definiert werden, die in den kommenden Jahren gemeinsam angegangen werden müssen. Darüber hinaus ist eine kontinuierliche Analyse dieser Maßnahmen und der sich stetig ändernden Rahmenbedingungen im Stromnetz erforderlich. Zur Umsetzung dieser Schritte wurden in jüngster Vergangenheit diverse Analysen und Prozesse initiiert. Im Netzentwicklungsplan, der seit 2012 den zukünftigen Netzausbaubedarf beschreibt, wird nun auch ein Begleitdokument angefügt, das die Systemstabilität des Netzes analysiert. Um die zusätzlichen Herausforderungen für die Systemstabilität, die der geplante Kohleausstieg 2038 bzw. 2030 mit sich bringt, zu untersuchen, wurde die Langfristanalyse 2030 erstellt. Die Roadmap Systemstabilität wurde von der Bundesregierung auf den Weg gebracht, um alle beteiligten Akteure zu verbinden und konkrete Prozesse und Fristen

zu definieren, die für ein stabiles Stromnetz notwendig sind. Um die Untersuchung der Systemstabilität zu verstetigen, werden die ÜNB ab sofort regelmäßig einen Systemstabilitätsbericht erstellen und diesen der Bundesnetzagentur (BNetzA) zur Verfügung stellen. Die folgenden Absätze sollen einen Einblick in die erwähnten Analysen und Prozesse geben.

### Die Systemstabilität im Netzentwicklungsplan

Alle zwei Jahre veröffentlichen die ÜNB den Netzentwicklungsplan (NEP) und ermitteln darin den Netzausbaubedarf für das künftige Stromnetz. Das Begleitdokument „Systemstabilität“ wurde erstmals im NEP 2019 mit Zieljahr 2030 integriert und im aktuellen NEP 2023 (2037/2045) fortgesetzt. Dabei wurden mögliche Risiken für Störungen sowie Lösungen und Maßnahmen zu deren Beseitigung identifiziert.



### Die langfristige Netzanalyse

Das Kohleverstromungsbeendigungsgesetz (KVVG), das am 14. August 2020 in Kraft trat, bestimmt den Fahrplan für das Ende der Stein- und Braunkohleverstromung in Deutschland bis spätestens 2038. Die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Stromnetzes sind entscheidend, um diesen schrittweisen Übergang erfolgreich zu gestalten. Die ÜNB haben gemäß den gesetzlichen Vorgaben des KVVG eine umfassende langfristige Netzanalyse zur Beendigung der Kohleverstromung bis 2038 durchgeführt. Diese Analyse befasste sich mit verschiedenen Aspekten wie Netzengpässen, Frequenz und Spannungshaltung sowie der Gewährleistung eines sicheren Versorgungswiederaufbaus nach möglichen Ausfällen. Diese Aspekte der Systemstabilität werden in der Rubrik [Höchstspannend](#) aufgeführt. Die Analyse bestand aus drei Hauptteilen: einer qualitativen Studie zu Systemsicherheits- und Stabilitätsaspekten, einer quantitativen Analyse für das Jahr 2027/28 sowie Überlegungen zum Netz- und Versorgungswiederaufbau. Ende 2020 wurden die Ergebnisse der Analyse an die BNetzA und das damalige Bundesministerium für Wirtschaft und Energie übergeben.

Angesichts des Ziels einer Vorverlegung des Kohleausstiegs auf das Jahr 2030 gemäß des Koalitionsvertrags von 2021 hat dann das Ministerium die ÜNB aufgefordert, diese Langfristanalyse zu aktualisieren. Dabei soll bewertet werden, ob die

### Um die Stabilität auch zukünftig zu gewährleisten, sehen die ÜNB folgende Lösungsansätze:

- / Anpassung der Anforderungen an Erzeugungsanlagen und Großverbraucher, um netzdienliches Verhalten zu fördern.
- / Schaffung von Anreizen für die Bereitstellung von Momentanreserve und Blindleistung.\*
- / Erweiterung von geplanten Gas- und Pumpspeicherkraftwerken für den Phasenschieberbetrieb.
- / Errichtung zusätzlicher Kompensationsanlagen für stationäre und regelbare Blindleistung.
- / Erweiterung von Blindleistungsbetriebsmitteln um Kurzzeitspeicher bzw. zusätzliche Schwungmasse.
- / Suche nach alternativen Lösungen zur temporären Blindleistungsbereitstellung.
- / Nutzung von Potentialen aus dem Verteilnetz zur Unterstützung der Netzstabilität.
- / Überwachung der Systemstabilität durch ein kontinuierliches Monitoring.
- / Begrenzung der Wirkleistungsübertragung und gezielte Entlastung von Transitkorridoren nach Fehlerereignissen.

Diese Maßnahmen zielen darauf ab, die Systemstabilität zu gewährleisten und das Stromnetz auf die veränderten Anforderungen vorzubereiten. Ein zentraler Aspekt ist die Netzreserve, die die Erzeugungskapazitäten für die Sicherheit des Elektrizitätsversorgungssystems bereitstellt.

Quelle: Langfristanalyse vier ÜNB auf [Netztransparenz.de](http://Netztransparenz.de)

\* Aspekte der Systemstabilität: weitere Informationen in der Rubrik [Höchstspannend](#).

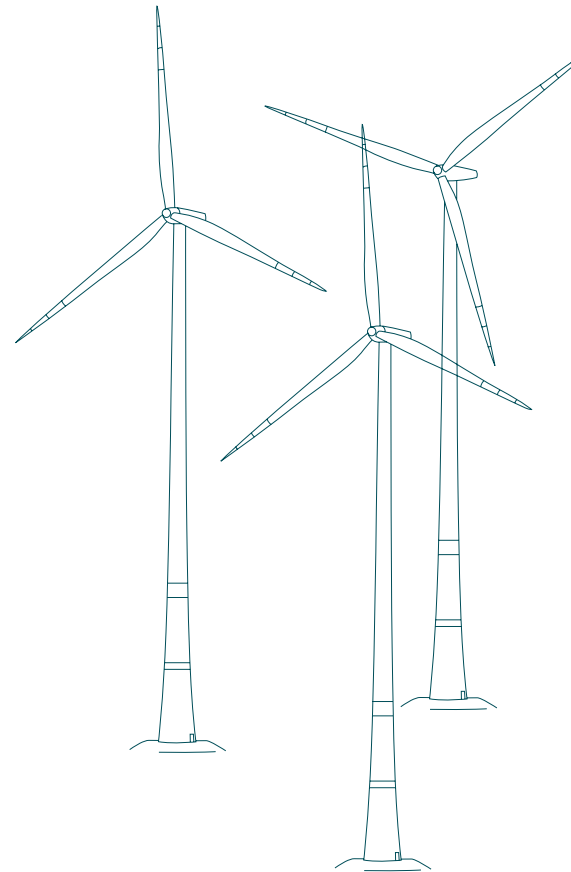
bisherigen Ergebnisse ihre Gültigkeit behalten oder ob neue Herausforderungen für die Systemsicherheit und -stabilität für 2030 entstehen. Der neue Bericht dieser Langfristanalyse 2030 beinhaltet eine Aktualisierung der qualitativen Studie, die aufzeigt, welche neuen Anforderungen ein beschleunigter Kohleausstieg an die Systemsicherheit und -stabilität stellt. Es werden technische, rechtliche und marktbezogene Empfehlungen formuliert, um diesen Herausforderungen bis 2030 zu begegnen. Des Weiteren bietet der Bericht eine quantitative Analyse für das Jahr 2030, vergleichbar mit früheren Untersuchungen für 2027/28.

**Ergebnisse und Handlungsempfehlungen aus der Langfristanalyse 2030**

Im Folgenden werden exemplarisch Ergebnisse der Langfristanalyse 2030 präsentiert, ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Die durchgeführten Stabilitätsanalysen verdeutlichen den dringenden Handlungsbedarf für einen sicheren Netzbetrieb. Es wurden zwei Szenarien gegenübergestellt: der konservative und der progressive Netzausbaufortschritt. Bei den zugrundeliegenden Annahmen eines vollständigen Kohleausstiegs und Ausbaus erneuerbarer Energien in beiden Szenarien treten erhöhte Leistungsansätze und eine gesteigerte Belastung des

bestehenden Übertragungsnetzes auf. Diese Herausforderungen wurden in Analysen zur Spannungsstabilität, Frequenzstabilität und transienten Stabilität quantifiziert und bewertet.

Die Ergebnisse geben unter anderem an, dass in beiden Szenarien ein erhöhter Bedarf an Maßnahmen zur Sicherung der Systemstabilität besteht, der beim konservativen Netzausbaufortschritt deutlich erhöht wird. Auch die Integration erneuerbarer Energien zeigt deutliche Unterschiede: Mit einem progressiven Ausbau würden 11,7 TWh weniger abgeregelt im Vergleich zu einem konservativen Fortschritt.



**BLICK AUF 2030:**

**Annahmen:**

- / vollständiger Kohleausstieg
- / Ausbau erneuerbarer Energien



Erhöhte Leistungsansätze und gesteigerte Belastung des bestehenden Übertragungsnetzes

**KONSERVATIVER NETZAUSBAUFORTSCHRITT**

Redispatchbedarf 2030  
**30,3 TWh**

Vorgehaltene Kapazitäten für Netzreserven  
**10,7 GW**

**PROGRESSIVER NETZAUSBAUFORTSCHRITT**

Redispatchbedarf 2030  
**15,5 TWh**

Vorgehaltene Kapazitäten für Netzreserven  
**5,8 GW**

Mehr EE-Integration  
→ **11,7 TWh EE**  
weniger abgeregelt

### Die Roadmap Systemstabilität

Damit das Ziel eines klimaneutralen Stromnetzes erreicht werden kann, müssen einige Herausforderungen gemeistert werden. Die zahlreichen Akteurinnen und Akteure zu koordinieren ist dabei nicht trivial. Der Prozess zur Erstellung einer Roadmap Systemstabilität wurde daher 2021 im Koalitionsvertrag der Ampelparteien als wichtige Initiative festgehalten und im Laufe der Legislaturperiode ins Leben gerufen. Die Roadmap soll die erforderlichen Funktionen, Prozesse und erforderlichen Anpassungen aufzeigen sowie einen ganzheitlichen Transformationspfad skizzieren. Ein wichtiger Aspekt der Roadmap ist es, zu definieren, wer für die jeweiligen Prozesse verantwortlich ist und wann diese Prozesse stattfinden müssen, um die Stabilität des Stromnetzes sicherzustellen.

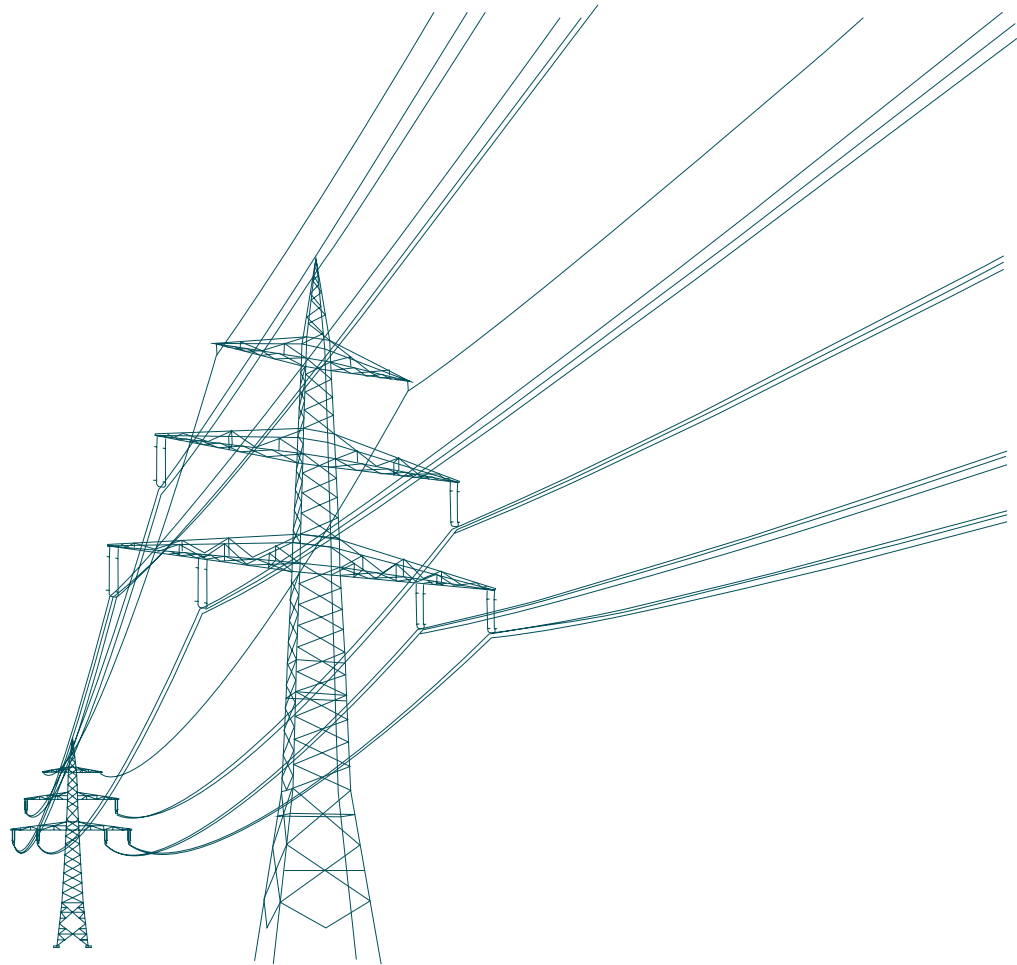
Die Erstellung der Roadmap erfolgte unter Federführung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) mit Beteiligung zahlreicher Expertinnen und Experten, darunter auch die Übertragungs- und Verteilnetzbetreiber. In vier Arbeitsgruppen mit elf Unterarbeitsgruppen und begleitet von einem Beirat wurden spezifische Themen wie Frequenz, Spannung, Winkelstabilität, Betriebsführung sowie Netz- und Versorgungswiederaufbau bearbeitet.

### Der Systemstabilitätsbericht

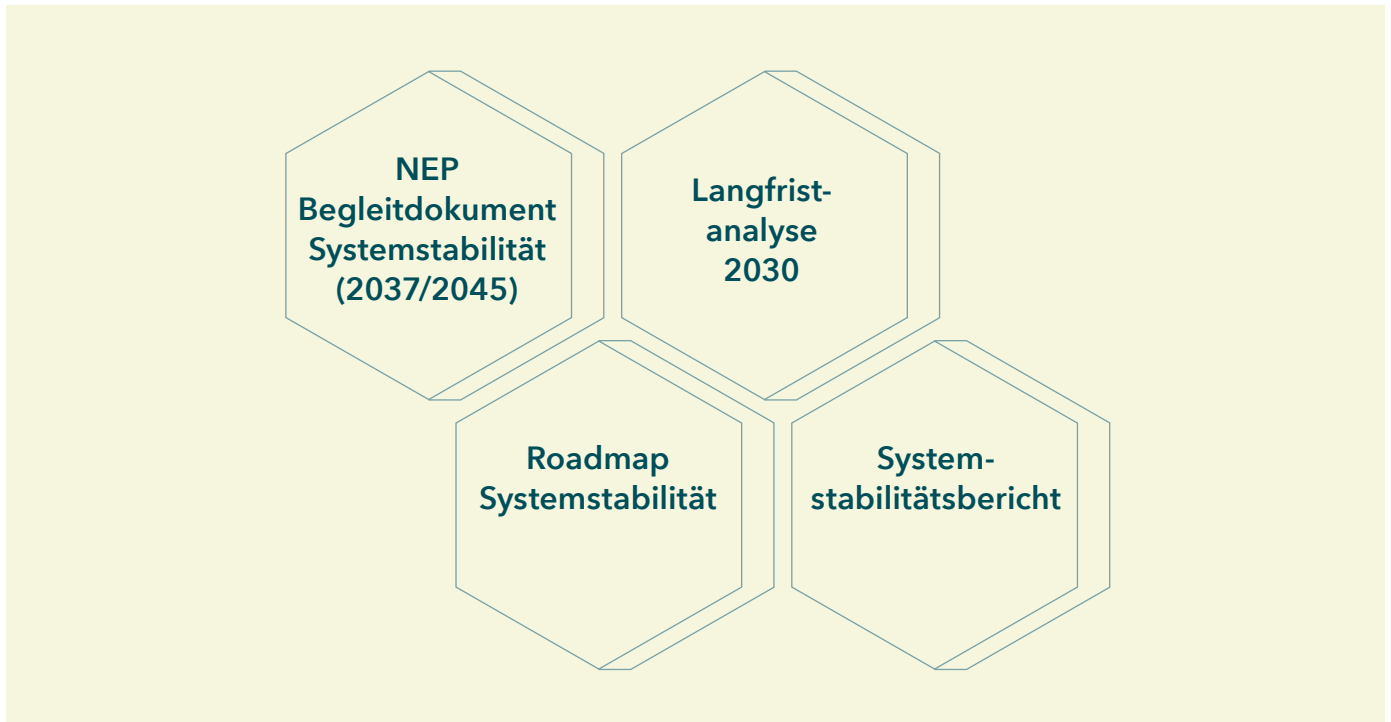
Gemäß § 12 Abs. 3 b EnWG (Novelle von Oktober 2023) wurden die ÜNB von der BNetzA dazu aufgefordert, einen Stabilitätsbericht zu erstellen. Dieser Bericht soll nun neue zusätzliche Analysen enthalten, die speziell Aspekte eines stromrichterdominierten Systems (mehr zum stromrichterdominierten System in der Rubrik Lange Leitung) behandeln, die bisher nicht im Netzentwicklungsplan und der Langfristanalyse 2030 berücksichtigt wurden. Die Abgabe dieses Berichts ist im Januar dieses Jahres erfolgt.

Auf Grundlage des § 12 i EnWG, der im Rahmen des Solarpakets 1 neu gesetzlich verankert wird, müssen Betreiber von Übertragungsnetzen ab 2025 alle zwei Jahre Berichte über die Sicherheit, Stabilität und Leistung ihrer Netze vorlegen. Diese Berichte

sollen den aktuellen Stand und Handlungsbedarf für einen sicheren Betrieb, insbesondere bei Nutzung erneuerbarer Energien, darlegen. Die Regulierungsbehörde bewertet diese Berichte, gibt Empfehlungen und überwacht die Umsetzung von Maßnahmen zur Systemstabilität. Die Ergebnisse werden dem BMWK vorgelegt und veröffentlicht.







### Ausblick

2030 liegt noch in der Zukunft; heute befindet sich das Stromversorgungssystem mitten im Umbau zu einem klimaneutralen System. Um die Sicherheit und Zuverlässigkeit des Systems nicht zu gefährden, müssen jedoch noch einige Anforderungen definiert werden. Mit der Roadmap Systemstabilität sollen diese Anforderungen durch die Koordination verschiedener, zum Teil sektorübergreifender Prozesse abgedeckt werden. Aus Sicht der Netzbetreiber ist dabei das Zusammenspiel von fortschreitendem Netzausbau und Anpassung bestehender Systemdienstleistungen sowie der Einsatz innovativer Betriebsmittel zu berücksichtigen. Nun gilt es, die richtigen Weichen zu stellen und die Prozesse aus der Roadmap umzusetzen, damit das Stromsystem von morgen klimaneutral und sicher wird.

/ Dr. Michael Heihsel  
Patrizia Kaiser

Wie robust ist unser Stromnetz?

# HEUTE HANDELN FÜR DIE SYSTEMSTABILITÄT VON MORGEN

Mirjam König leitete 2022 die Winteranalysen der vier ÜNB – besser bekannt als „Stresstest“. Jetzt analysiert sie mit ihrem Team das Gesamtsystemverhalten im Höchstspannungsnetz.

**2022 hast du als Leiterin eines Projekts mit vier ÜNB viel Arbeit in den so genannten Stresstest gesteckt. Was war der Fokus bei diesen Analysen?**

Der Stresstest war eine Sonderanalyse vor dem Hintergrund des russischen Angriffskriegs in der Ukraine. Bei dieser Analyse haben wir untersucht, wie wir die Stromversorgung im Winter 2022/2023 sowie einen sicheren Systembetrieb gewährleisten können. Wir haben geprüft, ob die Netzreservekraftwerke für einen sicheren Strombetrieb ausreichen würden.

**Wie habt ihr euch ad hoc organisiert, um diese Sonderaufgaben auszuführen?**

Der Auftrag seitens des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) war dringend. Dafür haben wir auf der Ebene der vier ÜNB ein agiles Team zusammengestellt. Die Kolleginnen und Kollegen, die sich normalerweise mit der Bedarfsanalyse beschäftigen, wurden dafür hinzugezogen, andere Themen mussten hintenanstehen. Es war eine sehr spannende Zusammenarbeit, aber auch ein intensiver Arbeitsmodus, der an die Substanz ging.



**Letztes Jahr beauftragte das BMWK die ÜNB mit der Ausarbeitung der so genannten Langfristanalyse 2030. Wo lag hier der Fokus?**

Mit der Transition des Energiesystems hin zu den erneuerbaren Energien haben wir den Auftrag bekommen, das System mit Blick auf 2030 zu überprüfen. Insbesondere weil zu diesem Zeitpunkt die Kohlekraftwerke nicht mehr am Netz sein werden.

Daraus ist die Langfristanalyse 2030 entstanden und das Thema Systemstabilität wurde erstmals in dieser Tiefe untersucht. Im Kreis der vier ÜNB beschäftigt uns das Thema schon lange, aber bisher erfuhr es in der Politik wenig Resonanz, weil es ein sehr komplexes Thema ist.

**Gab es etwas, was dich überrascht hat?**

Es wurden Zustände gefunden, in denen bereits ein n-1-Fehler für eine Systemunterbrechung ausreichen würde. Das heißt, wenn zum Beispiel ein Blitz einschlagen würde, dass so eine Leitung ausfällt, dann könnte das Stromnetz außer Gleichgewicht geraten. Das ist schon beachtlich! Das Netz wäre somit nicht mehr n-1-sicher, dabei ist die n-1-Sicherheit ein Grundprinzip der deutschen Netzplanung. Und das hat auch die Politik wahrgenommen. Besonders aufgefallen ist uns, dass vor allem im Norden, wo die großen Wind-Offshore-Anlagen angeschlossen sind, aber das Netz weniger engmaschig als im Süden ist, die Stabilität des Netzes deutlich gefährdet wird.

### Nun gibt es den Systemstabilitätsbericht, der in Kürze veröffentlicht wird. Welche To-dos ergeben sich aus diesem Bericht?

Die Ergebnisse zeigen vor allem, dass wir so bald wie möglich insbesondere auf Anlagen setzen sollten, die eine netzbildende Eigenschaft besitzen, Grid-forming sind (Artikel [Lange Leitung](#)), denn durch den Verlust von konventionellen Erzeugungsanlagen fallen auch deren systemstabilisierende Betriebsmittel weg. Die Lösung sind hier unter anderem leistungselektronische Anlagen wie zum Beispiel STATCOM-Anlagen\* oder rotierende Phasenschieber.

### Das Systemverhalten muss sich also zügig und massiv verändern, um die erneuerbaren Energien zu integrieren ...

Ja, ganz klar. Im Austausch mit einem erfahrenen Kollegen haben wir kürzlich festgestellt: Wir befinden uns in der zweiten Stufe der Energiewende. Wir sind mittendrin in einem Wandel von einem Synchronmaschinen-basierten hin zu einem Umrichter-basierten System. Synchrongeneratoren befinden sich in den bisherigen konventionellen Kraftwerken - Umrichter befinden sich in den Erneuerbare-Energien- und STATCOM-Anlagen bei Elektrolyseuren und Batteriespeichern. Sie müssen schon morgen zur Systemstabilisierung beitragen.

Die Herausforderung ist jetzt, das Ganze umzusetzen: nämlich parallel an den richtigen Stellen zum Netzausbau und zum Bau neuer klimaneutraler (Gas-)kraftwerke.

### Reichen die aktuellen Maßnahmen aus deiner Sicht aus, mit Blick auf das Ziel 2030?

Nein, wir müssen jetzt handeln, um das Ziel bis 2030 gewährleisten zu können. Beispiel Elektrolyseur: Wir sind gerade dabei, die „EU-Grid Codes\*\*“ umzuschreiben, damit die Anlagen „Grid-Forming“ lernen, voraussichtlich wird das allerdings bis 2027 fertig gestellt werden. Da ist definitiv noch Luft nach oben, um schneller an das Ziel zu kommen.

*„Wir brauchen ein neues Bewusstsein für die Kritikalität der Systemstabilität. Je nachdem, ob wir hier die richtigen Maßnahmen ergreifen oder nicht, steht oder fällt die Energiewende.“*

– Mirjam König, Teamleiterin Systemverhalten, Bereich strategische Netzplanung bei TransnetBW

### Wie sehen eure Aufgaben in den nächsten Jahren aus, bis 2030?

Das Energiewirtschaftsgesetz wurde inzwischen novelliert, sodass wir nun alle zwei Jahre einen Systemstabilitätsbericht erstellen werden. Das bedarf einer neuen prozessualen Anpassung. Der Systemstabilitätsbericht nach § 12 i des EnWG, der 2025 das erste Mal abgegeben wird, sollte sich von der Methodik an dem Piloten des Systemstabilitätsberichts 2023 orientieren.

### Wen siehst du außer den ÜNB noch in der Pflicht?

Für mich ist essentiell, dass ÜNB, Verteilnetzbetreiber, Anlagenhersteller, Zertifizierer und natürlich die Politik an einem Strang ziehen müssen.

Es muss allen klar sein, dass mit dem Bewusstsein für die Kritikalität der Systemstabilitätsthemen und den entsprechenden Maßnahmen, die ergriffen werden oder nicht, die Energiewende steht oder fällt.

### Wird das Thema aus deiner Sicht aktuell in der Öffentlichkeit ausreichend wahrgenommen?

Das Thema ist schon lange bekannt. Es ist aber komplex. Dennoch ist auch ein Verständnis der Bevölkerung wichtig. Es sollte für sie nachvollziehbar sein, warum Eingriffe auch in der unmittelbaren Umgebung vorgenommen werden, zum Beispiel beim Bau einer neuen STATCOM-Anlage oder beim Ausbau von Stromleitungen.

Vielen Dank für den Austausch!

/ Patrizia Kaiser  
Christian Königeter

\* Mehr zu netzbildender Eigenschaft und STATCOM-Anlagen in der Rubrik [Lange Leitung](#).

\*\* Mehr zu EU-Grid-Codes in der Rubrik [Aktuelles](#).



## Spannung, Frequenz und Transiente

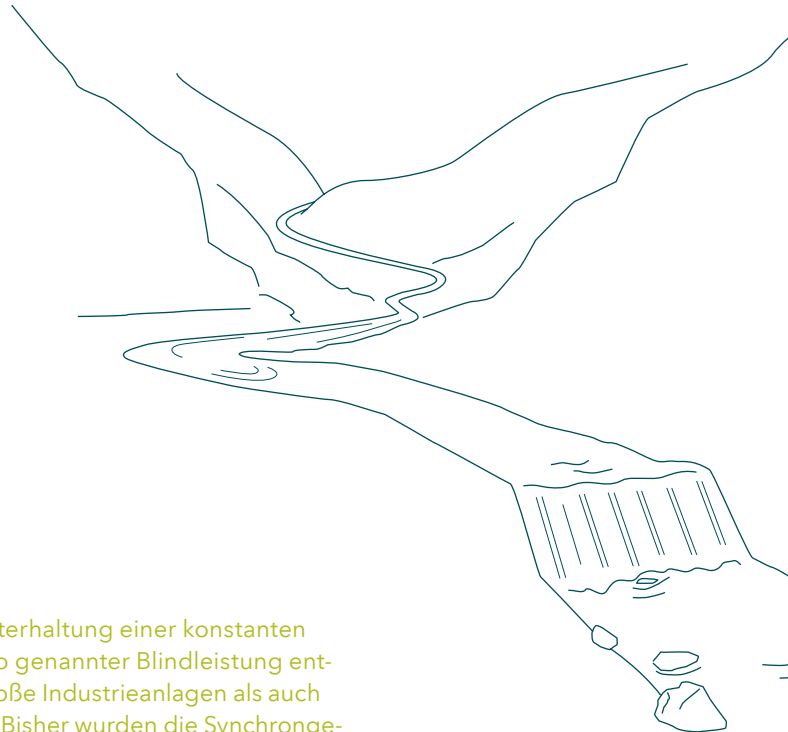
# PARAMETER FÜR EINE SICHERE STROMVERSORGUNG

Der sichere und zuverlässige Betrieb des Netzes ist die Hauptaufgabe eines jeden Stromnetzbetreibers. Ziel ist es, das System jederzeit stabil zu halten. Aus Sicht des ÜNB sind elektrotechnische Größen wie Spannung, Frequenz und die damit verbundene transiente Stabilität zu berücksichtigen.

## SPANNUNG – der Antrieb für den Strom

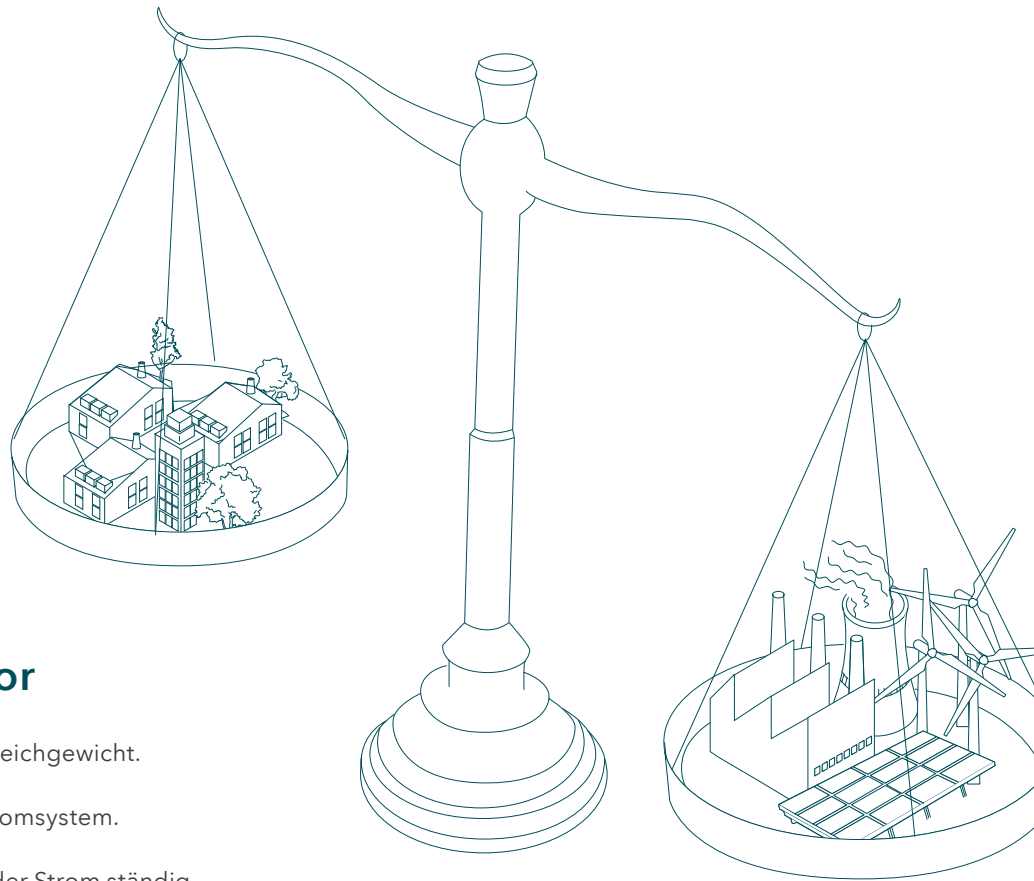
- / Elektrische Ladung zwischen zwei Punkten, gemessen in Volt (V) als Differenz zwischen diesen Punkten.
- / Je höher die Spannung ist, desto mehr Ladung kann fließen und desto mehr Energie kann freigesetzt werden.

Bildlich kann Spannung anhand eines Flusses veranschaulicht werden. Der Zustand, ob ein Fluss ruhig dahinfließt oder zu einem reißenden Sturzbach wird, hängt vom Höhenunterschied ab, den er überwindet. Somit herrscht an den beiden Enden des Flusses ein Druckunterschied, ähnlich einem Minus- und einem Pluspol. Die Spannung repräsentiert genau diesen Druckunterschied, der die Elektronen in Bewegung setzt, da sie bestrebt sind, diesen Druck auszugleichen. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das Flussbett des Flusses. Im Stromsystem entspricht das dem Leiter, durch den der Strom fließt. Die Beschaffenheit des Flussbetts, also das Material des Leiters und seine Größe und Länge, beeinflusst den Druck bzw. die Spannung.



Für ein stabiles Stromnetz ist die Aufrechterhaltung einer konstanten Spannung durch die Bereitstellung von so genannter Blindleistung entscheidend. Andernfalls können sowohl große Industrieanlagen als auch kleine Haushaltsgeräte Schaden nehmen. Bisher wurden die Synchroneratoren großer Kraftwerke zur Erzeugung von Blindleistung genutzt.

Mit der Energiewende verändert sich jedoch die Art der Energieerzeugung durch nicht steuerbare Erneuerbare-Energien-Anlagen, was die ÜNB vor neue Herausforderungen bei der Spannungshaltung stellt.



## FREQUENZ – die Waage als Indikator

- / Stromerzeugung und Verbrauch im Gleichgewicht.
- / Indikator für die Frequenzstabilität.
- / Anzeige der Momentanleistung im Stromsystem.

In einem Wechselstromsystem, in dem der Strom ständig seine Polarität wechselt, ergibt sich eine Wechselstromfrequenz, die die Häufigkeit der Polaritätswechsel in einer Sekunde in der Einheit Hertz misst. In Deutschland und Europa wechselt die Polarität 50-mal pro Sekunde, was einer Frequenz von 50 Hertz entspricht.



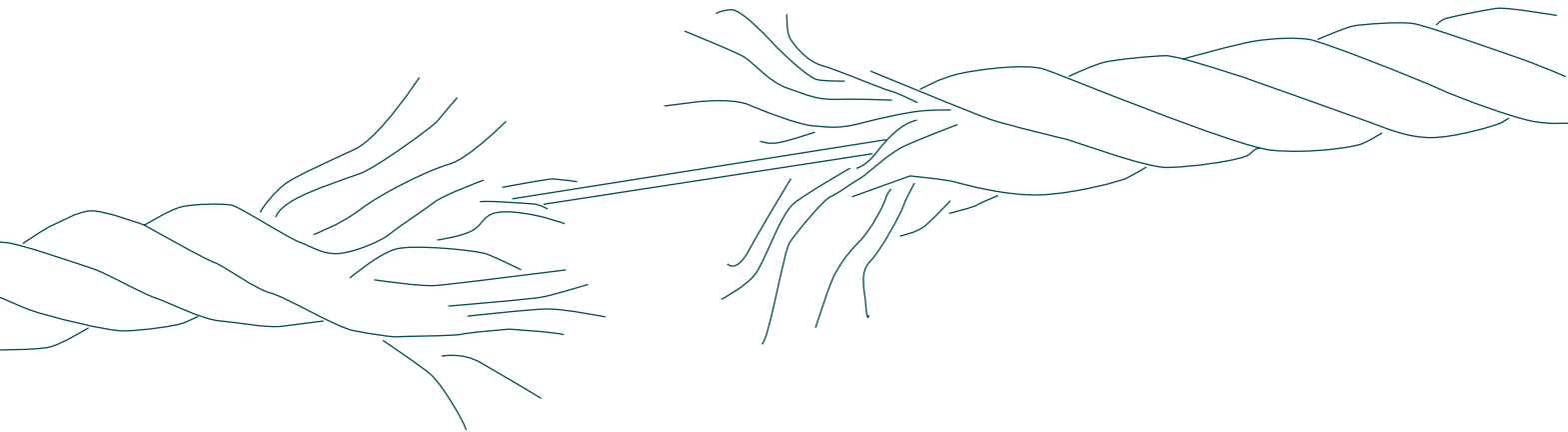
Da sowohl die Erzeugung als auch der Verbrauch ständig schwanken, pendelt auch die Frequenz leicht um den Sollwert von 50 Hertz. Die Frequenz darf jedoch einen bestimmten Toleranzwert über oder unter 50 Hertz nicht über- bzw. unterschreiten. Größere Abweichungen können dazu führen, dass Uhren, die direkt ans Stromnetz angeschlossen sind, vor- oder nachgehen.

Um die Frequenz zu halten, wird Regelenergie (so genannte Momentanreserve) abgerufen. Auch hier sollen schnell hoch- oder herunterfahrbare Kraftwerke zum Einsatz kommen, die von der Hauptschaltleitung in Wendlingen gesteuert werden. Mit zunehmender Volatilität durch erneuerbare Energien wird die schnelle Verfügbarkeit der Momentanreserve jedoch immer unsicherer.

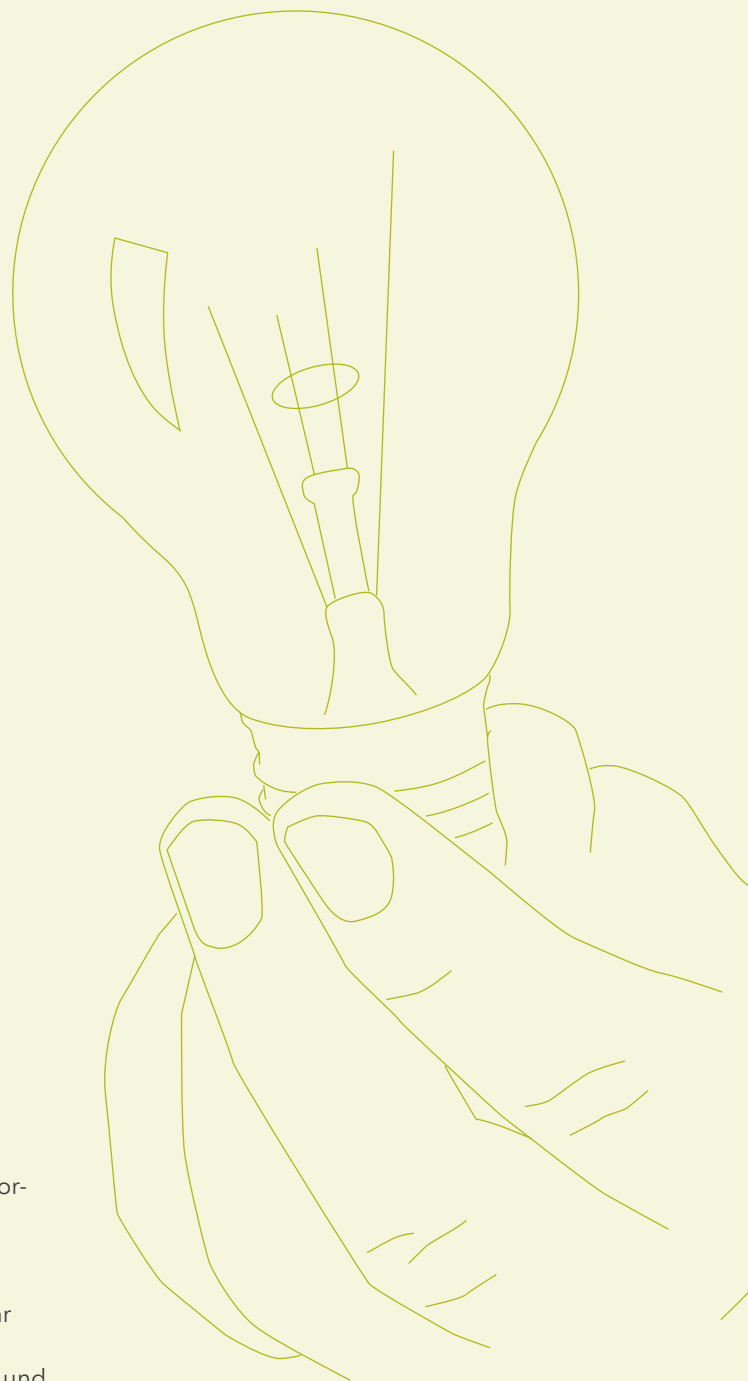
## TRANSIENTE STABILITÄT – in jedem Fall synchron bleiben

- / Aufrechterhaltung der Netzstabilität nach plötzlichen Veränderungen oder Störungen im Netz, beispielsweise nach einem Stromausfall oder einem Kurzschluss.
- / Die Analyse der transienten Stabilität ist ein Indikator für die Betriebbarkeit des Systems. Dabei wird die Beherrschbarkeit von sogenannten Fehlern untersucht.

Auch die Länge der Übertragungswege und ihre Auslastung spielen eine Rolle. Ähnlich einem Faden, der reißt, wenn er an beiden Enden zu straff gezogen wird, kann das Stromnetz instabil werden, wenn die Übertragungsleitungen zu lang sind und die Belastung zu hoch ist.



Die transiente Stabilität ist wichtig, um sicherzustellen, dass das Netz nach unerwarteten Ereignissen nicht zusammenbricht, sondern die Energieversorgung aufrechterhalten werden kann. Die Umstellung auf erneuerbare Energien im Rahmen der Energiewende kann möglicherweise zu weiteren Transienten führen, die vorübergehende und rasche Veränderungen im Stromfluss hervorrufen können.



## Integration der erneuerbaren Energien für ein stabiles Netz

### Innovation für ein stabiles Stromnetz

Um die drei Parameter eines stabilen Stromnetzes, das ausschließlich volatile erneuerbare Energien transportieren muss, einzuhalten, setzt TransnetBW auf die innovative Technologie von Kompensationsanlagen mit netzbildenden Eigenschaften, genannt STATCOM-GFM (Static Synchronous Compensator – Grid Forming). Mehr dazu in der Rubrik [Lange Leitung](#). Diese Anlagen sind in der Lage, die netzdienlichen Aufgaben der Spannungs- und Frequenzhaltung sowie des Spannungswiederaufbaus in Sekundenbruchteilen zu übernehmen.

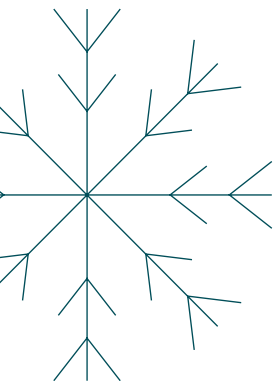
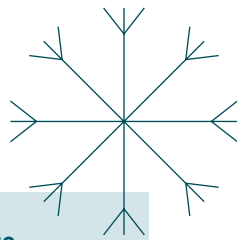
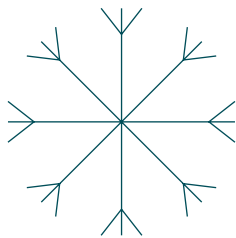
### [STATCOM-Anlagen – Innovation – Porträt – Unternehmen – TransnetBW](#)

/ Dr. Michael Heihsel  
Johannes von Dorrien

ENTSO-E-Winter-Outlook

# FÜR DEN WINTER GEWAPPNET

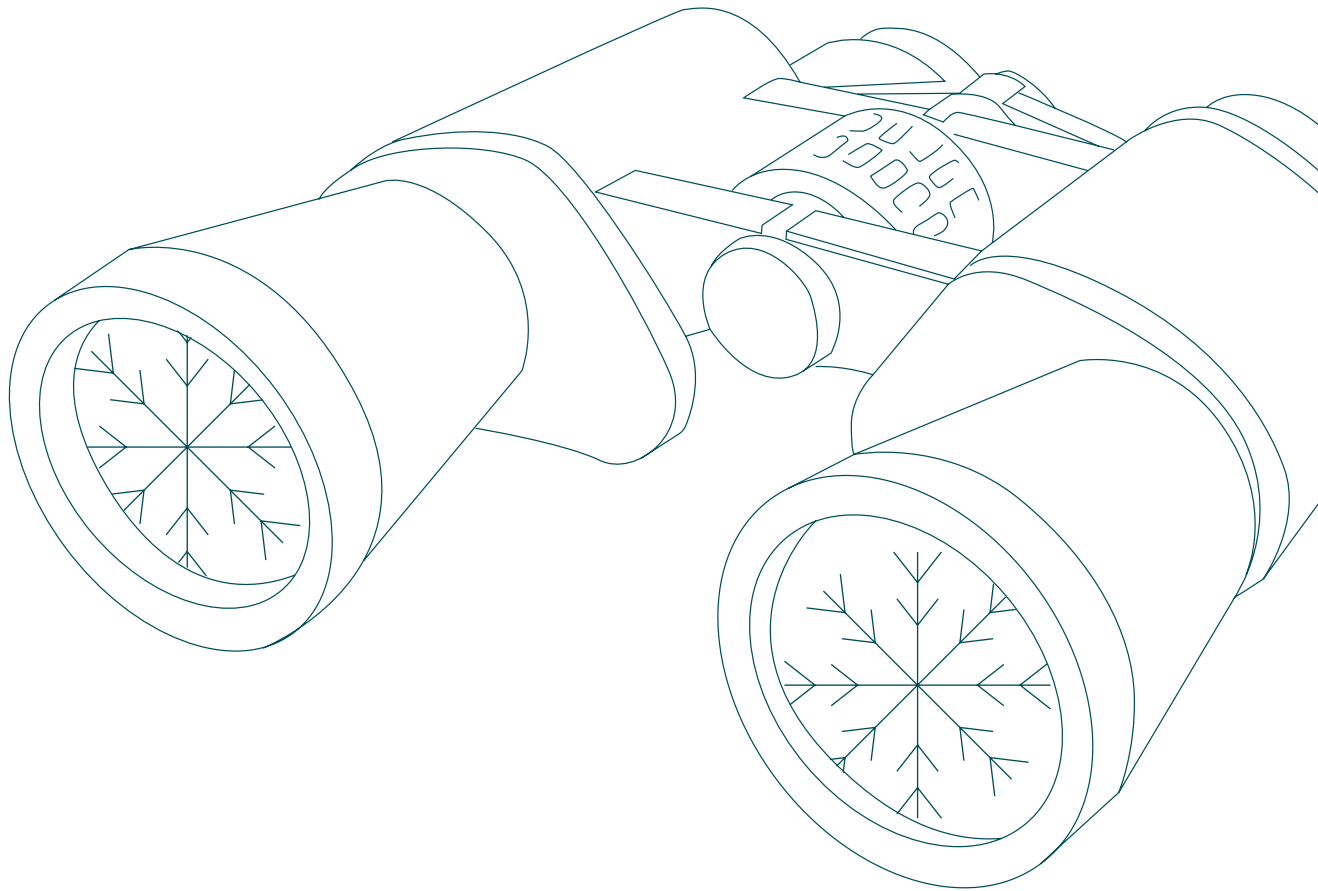
Europa ist ohne Ausfälle durch den Winter 2022/23 gekommen. Die von den Mitgliedsstaaten eingeführten Maßnahmen sowie eine gute grenzüberschreitende Koordination haben gewirkt. Hinzu kam ein weitestgehend milder Winter, sodass es zu keinen lokalen Abschaltungen kam. Wie sind die Aussichten für den kommenden Winter? Ein Blick in den Seasonal Outlook von ENTSO-E hilft.



## Was ist der Seasonal Outlook von ENTSO-E?

Der Seasonal Outlook von ENTSO-E wirft zweimal im Jahr einen Blick auf die europäische Versorgungssicherheit (Resource Adequacy) der bevorstehenden Winter- bzw. Sommersaison. Die Übertragungsnetzbetreiber liefern dazu die aktuellen Informationen zu Kraftwerksausfällen sowie zu Rück- und Zubau konventioneller und erneuerbarer Erzeugungskapazitäten. Über die Abbildung der verschiedenen Prognoseunsicherheiten wird mithilfe des europäischen Strommarktmodells für jede Stunde geprüft, ob die Last durch erneuerbare Energien, konventionelle Kraftwerke, Speicher und grenzüberschreitenden Stromhandel gedeckt werden kann.





Wie das europäische Stromsystem den Winter 2022/23 überstehen wird, stand lange im Fokus der Öffentlichkeit. Maßnahmen wie zum Beispiel die Aufnahme der Reservekraftwerke in den Markt sowie der Umstand, dass der Winter mild ausfiel und die Szenarien eines massiven Importbedarfs in Frankreich nicht eintrafen, haben dafür gesorgt, dass die Stromversorgung im Winter sichergestellt werden konnte. Stromabschaltungen, die befürchtet worden waren, wurden nicht notwendig.

Ein Jahr später gibt es weiterhin Entwarnung: Die Gasspeicher sind gut gefüllt und mehr Kernkraftwerke in Frankreich sind verfügbar. Die europäischen ÜNB bleiben aber wachsam und bewerten unter anderem im ENTSO-E-Winter-Outlook die potentiellen Risiken für die europäische Versorgungssicherheit.

Die Ergebnisse des Winter-Outlooks 2023/24 bestätigen den in den Eingangsdaten identifizierten positiven Trend. Es wurden keine Versorgungssicherheitsrisiken für

Deutschland ermittelt. Jedoch wurden regionale Risiken in Irland, Nordirland, Malta, Zypern, Finnland, Frankreich, Belgien und Großbritannien identifiziert. Diese sind größtenteils durch verfügbare Maßnahmen wie zum Beispiel Reservekraftwerke beherrschbar.

Vor diesem Hintergrund kommt der Winter-Outlook 2023/24 zu dem Schluss, dass das europäische Stromsystem auf die Risiken und Herausforderungen des kommenden Winters besser vorbereitet ist. Obwohl das Vertrauen in die europäische Versorgungssicherheit hoch ist, wird eine grenzüberschreitende Zusammenarbeit und enge Abstimmung auf allen Ebenen auch in diesem Winter von entscheidender Bedeutung sein. Damit wird die Versorgungssicherheit nicht nur in den Modellen, sondern auch im operativen Betrieb gewährleistet. „Wir dürfen uns für diesen Winter erst einmal kalte, weiße Wintertage wünschen, ohne uns gleich um die Versorgungssicherheit (Resource Adequacy) sorgen zu müs-

sen.“, so Max Muller, Experte für Versorgungssicherheit bei TransnetBW.

### Ausblick

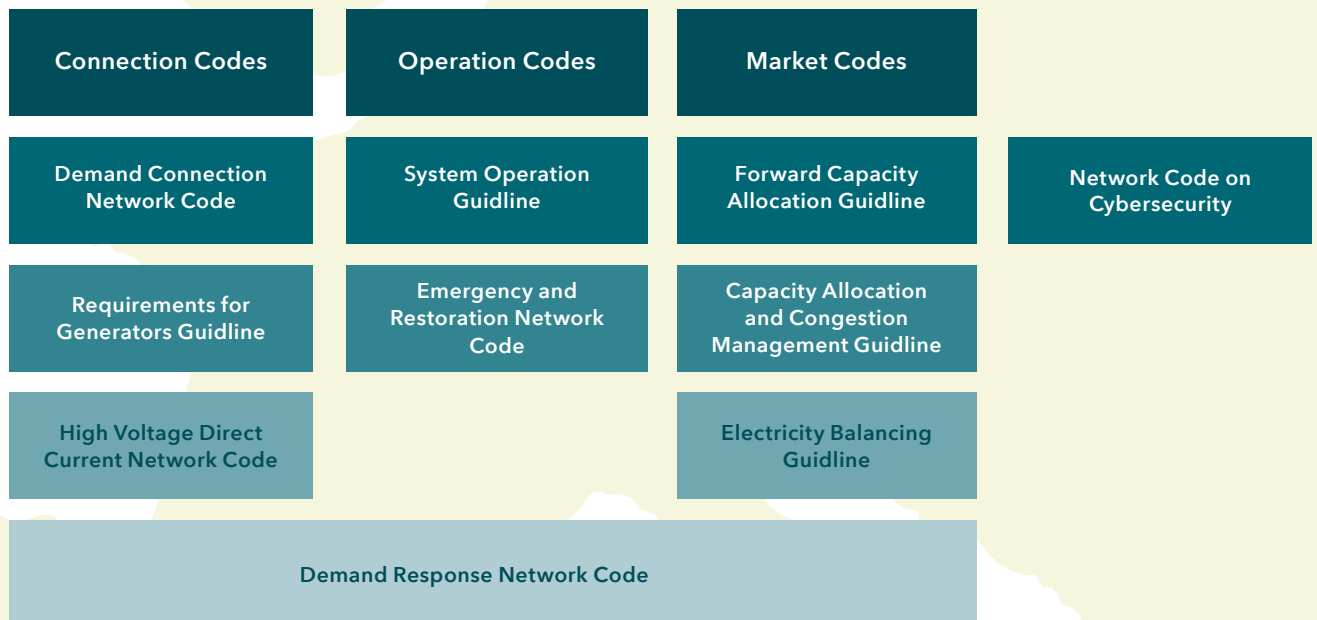
Die Frage, ob für den Winter 2024/25 der weitere Zubau an erneuerbaren Energien und eine mögliche Steigerung der Verfügbarkeit französischer Kernkraft die erneute Außerbetriebnahme deutscher Marktrückkehrer ausreichend kompensieren werden, wird von den vier ÜNB im Rahmen der Bedarfsanalyse 2024 untersucht.

/ Vanessa Bausch

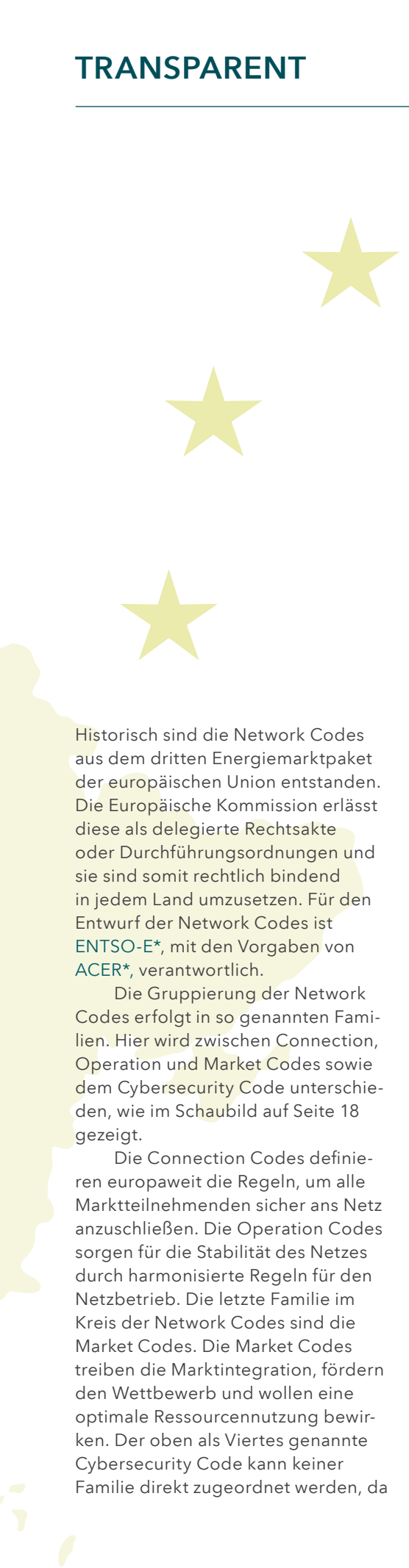
## Network Codes

# DAS EUROPÄISCHE GRUNDGERÜST DER ÜBERTRAGUNGSNETZE

Die europäischen Netzkodizes und Leitlinien (Network Codes) sind Vorgaben, die Mindestanforderungen für den sicheren Netzbetrieb wie auch den Netzzugang in Europa festlegen. Ziel der Network Codes ist es, so einen möglichst effizienten, integrierten und harmonisierten europäischen Strombinnenmarkt zu gewährleisten.



Network Codes



Historisch sind die Network Codes aus dem dritten Energiemarktpaket der europäischen Union entstanden. Die Europäische Kommission erlässt diese als delegierte Rechtsakte oder Durchführungsordnungen und sie sind somit rechtlich bindend in jedem Land umzusetzen. Für den Entwurf der Network Codes ist [ENTSO-E\\*](#), mit den Vorgaben von [ACER\\*](#), verantwortlich.

Die Gruppierung der Network Codes erfolgt in so genannten Familien. Hier wird zwischen Connection, Operation und Market Codes sowie dem Cybersecurity Code unterschieden, wie im Schaubild auf Seite 18 gezeigt.

Die Connection Codes definieren europaweit die Regeln, um alle Marktteilnehmenden sicher ans Netz anzuschließen. Die Operation Codes sorgen für die Stabilität des Netzes durch harmonisierte Regeln für den Netzbetrieb. Die letzte Familie im Kreis der Network Codes sind die Market Codes. Die Market Codes treiben die Marktintegration, fördern den Wettbewerb und wollen eine optimale Ressourcennutzung bewirken. Der oben als Viertes genannte Cybersecurity Code kann keiner Familie direkt zugeordnet werden, da

dieser einen europäischen Standard für Cybersicherheit bei grenzüberschreitenden Grenzflüssen festlegt. Der neueste Code, der gerade im Entwurf ist, ist der Demand Response Code. Dieser ist für die Integration der „Demand Response“ in das europäische Energiesystem sowie ihre Harmonisierung verantwortlich. Darunter ist die Steuerung der Last bei netzgebundenen Dienstleistungen für die Verbrauchenden aus der Industrie, dem Gewerbe oder auch aus privaten Haushalten zu verstehen. Durch seine natürliche Aufgabe hat dieser Code Schnittpunkte mit allen Network-Code-Familien und kann somit nicht klar zugeordnet werden.

Da sich die Anforderungen an das Energiesystem in den letzten Jahren stark verändert haben, sind beispielsweise deutlich mehr dezentrale Erzeugungseinheiten am Netz, wodurch das Netz erheblich schwieriger zu handhaben ist. Dies führt auch dazu, dass „neue“ Erzeugungseinheiten in das Stromnetz integriert werden müssen. Diese „neuen“ Anlagen müssen die Zielanforderungen des alten Systems in gleichem Maße erfüllen, um einen sicheren Netzbetrieb zu ermöglichen. Deshalb ist die aktuelle Überarbeitung der Con-

nection Codes von großer Wichtigkeit, um einen möglichst effizienten, integrierten und harmonisierten Strommarkt zu gewährleisten. In der bisherigen Historie des europäischen Energiesystems wurden vor allem große Erzeugungsanlagen wie Kohlekraftwerke mit der Stabilisierungsaufgabe betraut. In den nächsten Jahren übernehmen diese Aufgabe vermehrt neue Technologien, wie beispielsweise Batteriespeicher, Wärmepumpen, Elektroautos oder Elektrolyseure. „Wenn dieses Potential nicht genutzt werden würde, wäre eine große Chance für die Sicherstellung der Systemstabilität im Netz der Energiewende vertan“, sagt Hans Abele, Connection-Code-Experte von TransnetBW.

/ Katharina Seiter

\* ENTSO-E: European Network of Transmission System Operators for Electricity, ACER: European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators.

## Paradigmenwechsel im Stromnetz

# GRID-FORMING: BASIS FÜR EINE ERFOLGREICHE ENERGIEWENDE!

Der Strom von morgen, der fast ausschließlich aus erneuerbaren Energien (EE) erzeugt wird, soll in das Stromnetz nicht nur integriert werden, sondern auch in der Lage sein, das Netz jederzeit stabil zu halten. Doch dafür fehlt den EE-Anlagen noch die Grid-forming-Eigenschaft, die sie dazu befähigt, insbesondere im Störfall, einen stabilen Netzbetrieb zu gewährleisten.

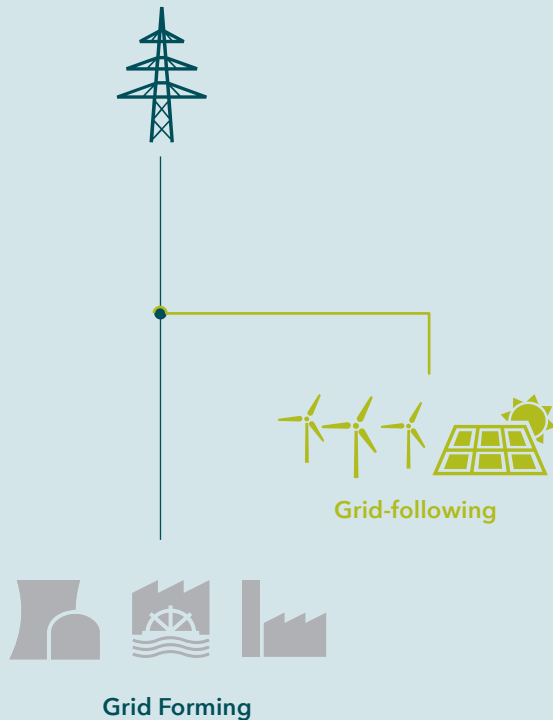
Mit dem Begriff Grid-Forming wird beschrieben, wie eine Stromerzeugungsanlage mit dem Stromnetz zusammenarbeitet, um es stabil zu halten und somit die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Konventionelle Großkraftwerke mit Synchrongeneratoren sind bisher die einzigen Stromerzeugungsanlagen mit der Grid-forming-Eigenschaft und daher weiterhin essenziell für die Netzstabilität. Doch im Zuge der Energiewende sollen die konventionellen Kraftwerke vom Netz gehen und die Grid-forming-Eigenschaft der Synchrongeneratoren langfristig durch den Einsatz von Stromrichtern an Netzknotenpunkten von den EE-Anlagen übernommen werden. Aktuell sind EE-Anlagen gerade auf die Grid-forming-Eigenschaft der Synchron-

generatoren und auf ein von ihnen bereitgestelltes Netz zur Stromspeisung angewiesen. Da sie sich praktisch in dieses Netz "einhängen" und diesem letztlich folgen werden sie als "Grid-Following" bezeichnet. Ein stabiler Stromnetzbetrieb mit ausschließlich Grid-following-Anlagen ist technisch nicht möglich.

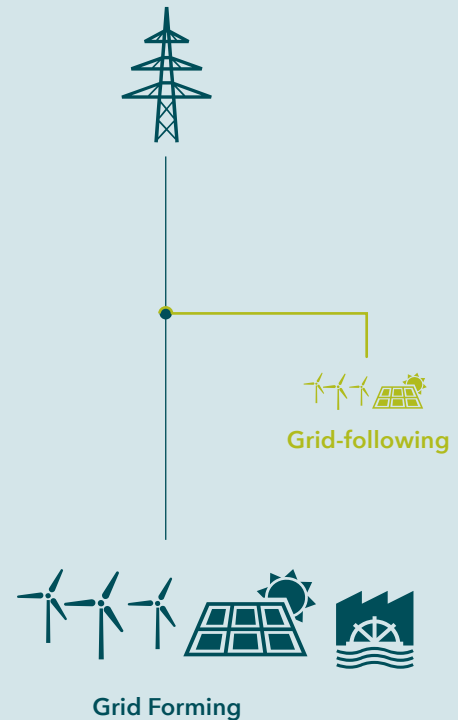
**Video zur Erklärung von Grid Forming:**  
[Grid Forming: Basis für eine erfolgreiche Energiewende – YouTube](#)

## GRID FORMING UND GRID-FOLLOWING: VERANSCHAULICHUNG

## Bisherige Netzlandschaft



## Netzlandschaft mit klimaneutralem Stromsystem



Die Lösung für mehr Grid-Forming in der künftigen Energielandschaft gibt es bereits: mit dem Einbau von Stromrichtern mit Grid-forming-Eigenschaft an ausgewählten Netzknoten.

Doch bislang sind nur wenige davon am Netz angeschlossen und folglich haben sie derzeit noch Pilotcharakter.

Es ist daher notwendig, diese Stromrichter schrittweise in das Netz zu integrieren, um praktische Erfahrungen zu sammeln. Gleichzeitig muss eine durchdachte Regelung entwickelt werden, um einen zuverlässigen Betrieb sicherzustellen.

Der Einsatz von Stromrichtern mit netzstabilisierenden Eigenschaften mag entsprechend noch anspruchsvoll und kostenintensiv sein. Doch

durch die in Stromrichtern eingebaute Regelungstechnik kann Strom aus EE stufenlos und sehr schnell gesteuert werden. Werden

Stromrichter nicht eingesetzt, leidet die Systemstabilität und die Kosten der Energiewende steigen.

„Grid-Forming ist ein absolutes „Must-have“ für das Gelingen der Energiewende und stellt damit einen zwingend notwendigen Paradigmenwechsel in der Regelung von Stromrichtern dar“, so Christian Schöll, Systemexperte bei TransnetBW.

Deshalb wird die Umstellung hin zu Grid-forming-Stromrichtern durch die Integration von STATCOM-Anlagen\* und in den neuen Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragungs (HGÜ)-Projekten bereits umgesetzt. So sollen die im Rahmen vom Netz-

entwicklungsplan 2023 (2037/2045) bestätigten Momentanreservebedarfe mit STATCOMs gedeckt werden.

Die STATCOM-GFM Anlage ist eine stromrichterbasierte Kompensationsanlage mit der Grid-forming-Eigenschaft, die gerade u. a. am Umspannwerk von TransnetBW in Wendlingen geplant wird. TransnetBW möchte mit dieser Anlage die STATCOM-Technologie im Betrieb validieren und praktische Erfahrungen sammeln.

/ Dr. Michael Heihsel  
Angèle Dahl

STATCOM-Anlagen - Innovation - Porträt - Unternehmen - TransnetBW

# ZAHLEN, DATEN, FAKTEN

aus der Welt  
von TransnetBW

Seit über einem Jahr verfügbar

## STROMGEDACHT-APP



- / Über **250.000** Downloads
- / April 2023: Einführung der **Programmierschnittstelle** für Smarthomes und Industriebetriebe (API)
- / **Neun** StromGedacht-Auslösungen mit Bitte um Verbrauchsverschiebung aufgrund von Netzengpässen
- / Vorstellung der App auf dem **Citizens Energy Forum** in Dublin
- / Vorstellung der App auf der **Landespressekonferenz** zum einjährigen Jubiläum der App
- / Seit Anfang November 2023: Dank neuem Signal „**Supergrün**“ erfahren Nutzerinnen und Nutzer, wann besonders viel Strom aus erneuerbaren Energien für Baden-Württemberg zur Verfügung steht

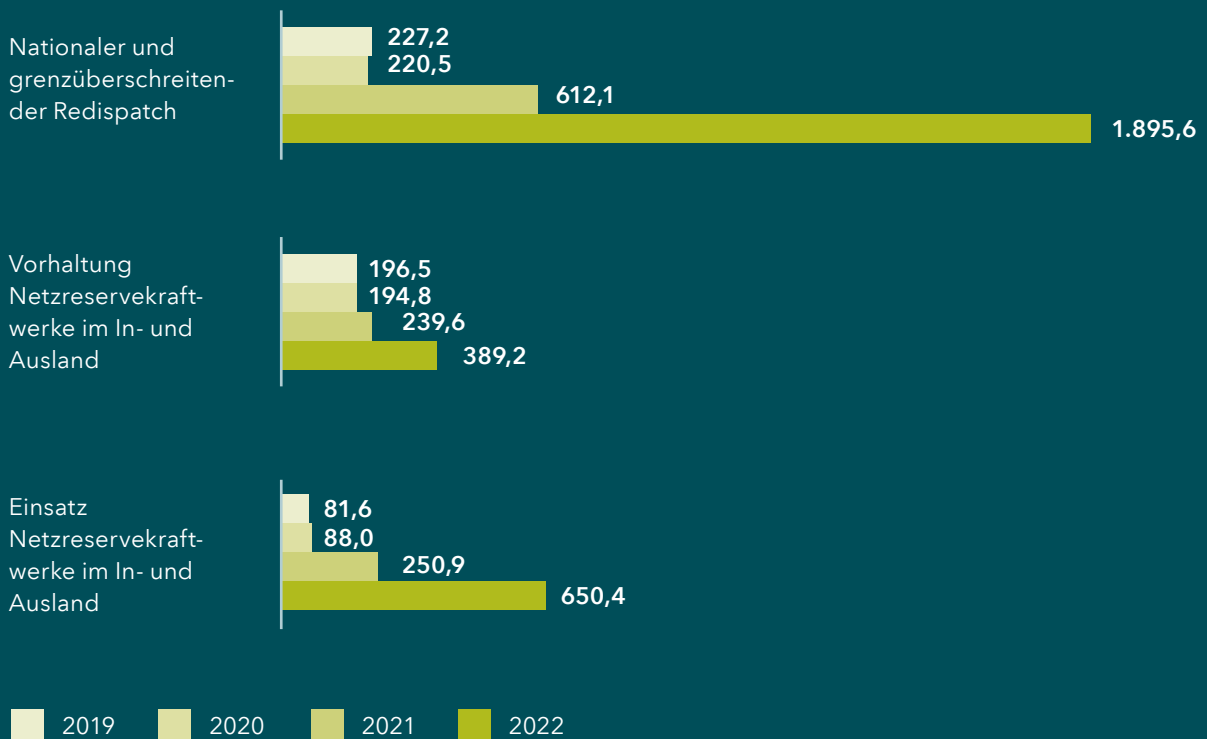


Mehr erfahren auf  
[stromgedacht.de](https://stromgedacht.de)

Kosten von Systemdienstleistungen, die über Netzentgelte gewälzt werden

# REDISPATCH, VORHALTUNG UND EINSATZ VON NETZ- RESERVEKRAFTWERKEN

Entwicklung 2019 - 2022 (in Mio. Euro)



Quelle: Monitoringbericht 2023 ([bundesnetzagentur.de](https://www.bundesnetzagentur.de))

Mehr zu  
[Redispatch](#) und [Netzreserve](#)

/ STROM

/ NETZ

/ SICHERHEIT

/ IMPRESSUM

**Herausgeber**

Dr. Werner Götz, Vorsitzender  
der Geschäftsführung der  
TransnetBW GmbH, Pariser Platz,  
Osloer Str. 15-17, 70173 Stuttgart

**Selbstverlag**

TransnetBW GmbH, Pariser Platz,  
Osloer Str. 15-17, 70173 Stuttgart

**Verantwortlicher Redakteur**

Stefan Zeltner, Leiter Politik,  
Regulierung und Nachhaltigkeit,  
Pariser Platz, Osloer Str. 15-17,  
70173 Stuttgart

/ KONTAKT

**Redaktion**

Vanessa Bausch, Angèle Dahl,  
Dr. Michael Heihsel, Patrizia Kaiser,  
Florian Reuter, Katharina Seiter,  
Johannes von Dorrien

**Kontakt**

Telefon +49 711 21858-0,  
E-Mail [info@transnetbw.de](mailto:info@transnetbw.de)

[transnetbw.de](http://transnetbw.de)  
[linkedin.com/company/  
transnetbw-gmbh](https://www.linkedin.com/company/transnetbw-gmbh)

**Gestaltung und Illustration**

dreisatz – büro für gestaltung,  
Bahnhofstr. 33,  
71332 Waiblingen



**Hinweis**

Ausschließlich zum Zweck der besseren Lesbarkeit  
wird in diesem Newsletter stellenweise auf die  
geschlechtsspezifische Schreibweise verzichtet.  
Alle personenbezogenen Bezeichnungen sind somit  
geschlechtsneutral zu verstehen.