



# SYSTEMFÜHRUNG DER NÄCHSTEN GENERATION

Wie Amprion das Stromnetz stabil und sicher hält

08

**FÜR EIN STABILES STROM-  
NETZ IN EINEM KLIMA-  
NEUTRALEN ENERGIESYSTEM**

Was die Systemführung für Volkswirtschaft und Klimaschutz leistet

12

**WIR ÜBERNEHMEN  
VERANTWORTUNG**

Damit das Stromnetz in Deutschland und Europa stabil und sicher ist

14

**IMMER IM GLEICHGEWICHT**

Wie sieht der Alltag der Expert\*innen der Systemführung aus?

18

**WERKZEUGE DER  
SYSTEMFÜHRUNG**

Regelleistung, Blindleistung, Redispatch – wir erklären die wichtigsten Hilfsmittel für ein stabiles Netz

22

**TIEFER BLICK INS NETZ**

Wie die Hauptschaltleitung in Brauweiler arbeitet – und warum sie für die Zukunft der Systemführung steht

24

**EINSATZ FÜR EUROPA**

Als oberster Frequenzwächter trägt Amprion dazu bei, das Stromnetz für 500 Millionen Menschen stabil zu halten



28

**DATEN: ROHSTOFF DER  
ZUKUNFT**

Warum die Analyse großer Datenströme für die Systemführung immer wichtiger wird

32

**INNOVATIONEN FÜR DAS  
NETZ DER ZUKUNFT**

Künstliche Intelligenz und weitere innovative Technologien halten Einzug in die Systemführung

36

**KONTAKT / IMPRESSUM**

**Liebe Leserinnen und Leser,**

damit Deutschland und Europa klimaneutral werden, wird sich unser Energiesystem tiefgreifend verändern. Strom und Wasserstoff aus erneuerbaren Energien werden langfristig fossile Brennstoffe ablösen. Industrie, Verkehr und Wärmesektor werden sich auf die neuen Energieträger ausrichten. So tiefgreifend der Wandel ist, so wichtig ist es zugleich, während der Transformation die Sicherheit der Energieversorgung zu gewährleisten. Für Amprion als Übertragungsnetzbetreiber geht es wesentlich darum, dass die für den Stromtransport so wichtige Netzinfrastruktur stabil arbeitet. Die Systemführung von Amprion trägt wesentlich dazu bei: Unsere Ingenieur\*innen überwachen und steuern das Stromsystem – und nutzen dafür unter anderem die größte Leitwarte Europas in Brauweiler bei Köln. Kolleg\*innen aus verschiedenen Teams leisten die dafür nötigen Vorarbeiten und kümmern sich um Datenmanagement und Prozesstechnik, Vorschauprozesse und die Beschaffung der notwendigen Systemdienstleistungen. Weitere Teams schalten Leitungen und Anlagen. Diese gemeinsame Leistung trägt maßgeblich dazu bei, dass Menschen dem deutschen Energiesystem vertrauen. Ich lade Sie herzlich ein, unsere Arbeit kennenzulernen.

Viel Vergnügen bei der Lektüre wünscht Ihnen

DR. FRANK REYER  
Leiter Systemführung Netze bei Amprion



## Systemführung der nächsten Generation

Amprion hält das Stromnetz stabil und sicher – und bereitet damit den Weg für ein klimaneutrales Energiesystem. Die Systemführung hat daran einen wesentlichen Anteil: Die Ingenieur\*innen überwachen und steuern das Übertragungsnetz – und nutzen dafür unter anderem die größte Leitwarte Europas. Sie verfügt über eine Großbildanzeige mit einer Fläche von 108 Quadratmetern. Zudem setzen die Expert\*innen auf innovative Technologien, um erneuerbare Energien sicher ins Netz zu integrieren.

## Serverschränke, so weit das Auge reicht

Moderne Rechenzentren unterstützen die Arbeit der Systemführung. Ihre Server und Programme verarbeiten täglich Millionen von Daten aus dem Stromnetz. Dazu zählen die Zustände von 70.000 Schaltgeräten in 1.100 Schaltanlagen sowie die Messwerte von rund 3.500 Leitungen. Die gesamte Speicherkapazität der Systemführung beträgt aktuell etwa fünf Petabyte. Zur Einordnung: Mit einem einzigen Petabyte lassen sich 512.000 Stunden HD-Videos speichern oder 256 Millionen Fotos.

## Wo Systemführung ganz praktisch wird

Das Übertragungsnetz steuern - das geschieht bei Amprion arbeitsteilig: Die Ingenieur\*innen der Hauptschaltleitung in Brauweiler veranlassen bestimmte Leitungen oder Netzelemente in oder außer Betrieb zu nehmen. Das Schalten selbst übernehmen dann die Kolleg\*innen in den Gruppenschaltleitungen. Sie haben unter anderem Zugriff auf die Betriebsmittel in den Umspannanlagen und stellen diese so ein, dass das Netz optimal arbeitet. Weitere Teams leisten systematische Vorarbeiten in den Back-Offices. Systemführung ist Teamwork.

# Für ein stabiles Stromnetz in einem klimaneutralen Energiesystem

»Die Aufgabe der Systemführung ist es, das Übertragungsnetz zu überwachen und so zu steuern, dass es stabil arbeitet.«

Dr. Frank Reyer, Leiter Systemführung, erläutert, was sein Team für die Netzsicherheit, die Volkswirtschaft und den Klimaschutz leistet.



## STROM KOMMT AUS DER STECKDOSE, DENKEN VIELE MENSCHEN. WOZU BRAUCHT ES DA EINE SYSTEMFÜHRUNG VON AMPRION?

Erst einmal ist Strom lebenswichtig für unsere Gesellschaft und unsere Volkswirtschaft. Und: Bevor der Strom aus der Steckdose kommt, wird er irgendwo erzeugt und durch das Netz zu den Verbraucher\*innen transportiert. Amprion ist für den „Fernverkehr“ im Stromnetz in seiner Regelzone zuständig. Dafür gibt es das sogenannte Übertragungsnetz. Die Aufgabe der Systemführung ist es, das Übertragungsnetz zu überwachen und so zu steuern, dass es stabil arbeitet. Daran arbeiten wir das ganze Jahr hindurch 24 Stunden am Tag.

## WANN ARBEITET EIN NETZ STABIL?

Es arbeitet stabil, wenn Stromerzeugung und -verbrauch stets im Gleichgewicht sind. Das sehen wir an der Netzfrequenz. Darüber hinaus arbeitet das Netz stabil, wenn wir die Spannung konstant halten – und wenn der Strom so fließt, dass Leitungen nicht überlastet sind. All das haben die Kolleg\*innen in der Systemführung im Blick und sorgen dafür, dass die Werkzeuge, die den stabilen Betrieb unterstützen, einsatzbereit sind.

### AMPRION BEREITET DEN WEG FÜR EIN KLIMANEUTRALES ENERGIESYSTEM. WIE TRÄGT DIE SYSTEMFÜHRUNG DAZU BEI?

Unser Stromnetz verbindet Erzeugung und Verbrauch. Auf beiden Seiten ändert sich derzeit viel, damit Deutschland bis 2045 klimaneutral wird. Statt konventioneller Kraftwerke produzieren immer mehr Windparks und Solaranlagen Strom. In der Industrie steigt zugleich der Bedarf an grüner Energie für klimafreundliche Produktionsverfahren. Der kluge Ausbau des Netzes ermöglicht es, dass in Zukunft der regenerative Strom dorthin fließt, wo er gebraucht wird. Die Erzeugung erneuerbarer Energien ist jedoch vom Wetter abhängig und schwankt. Wir sorgen dafür, dass das Netz trotzdem im Gleichgewicht bleibt. Damit leisten wir einen wichtigen Beitrag für ein klimaneutrales Energiesystem. Diese Aufgabe wird immer anspruchsvoller.

### MACHEN SIE SICH DESHALB MANCHMAL SORGEN?

Der Umbau des Energiesystems ist eine Operation am offenen Herzen, die sich über die nächsten Jahrzehnte hinziehen wird. Wir müssen – um im Bild zu bleiben – dafür sorgen, dass der Blutkreislauf weiter gut funktioniert und alle Organe versorgt werden. Darin haben wir jahrzehntelange Erfahrung. Wir vertrauen auf unsere Stärken – und entwickeln uns weiter.



»Der Umbau des Energiesystems ist eine Operation am offenen Herzen, die sich über die nächsten Jahrzehnte hinziehen wird.«

### IN WELCHE RICHTUNG VERÄNDERT SICH DIE SYSTEMFÜHRUNG?

Das Energiesystem wird flexibler und wir entwickeln übergreifende Lösungen. Lange hatten wir nur das Stromnetz im Blick. Inzwischen beziehen wir immer stärker andere Sektoren und Energieträger ein. Wasserstoff etwa lässt sich per Elektrolyse aus erneuerbarem Strom erzeugen. Power-to-Gas-Anlagen und Wasserstoffspeicher werden das Stromsystem ergänzen. Die Systemführung der nächsten Generation wird diese vernetzte Energiewelt koordinieren. Wir stellen uns schon heute darauf ein. Dafür haben wir eine der modernsten Systemführungen Europas aufgebaut.

### DIE HAUPTSCHALTLEITUNG GILT ALS DAS HERZ DER SYSTEMFÜHRUNG VON AMPRION. WAS BEDEUTET DAS?

In der Hauptschaltleitung in Brauweiler laufen alle Informationen zusammen. Mithilfe der dort gesammelten Daten entscheiden die Ingenieur\*innen in Echtzeit, welche Schritte unternommen werden müssen, um das Netz stabil zu halten. Diese Entscheidungen werden immer öfter mithilfe intelligenter Algorithmen vorbereitet. Das ist ein weiteres Beispiel für die Systemführung der nächsten Generation. Aber Systemführung geht weit über die Arbeit in der Hauptschaltleitung hinaus.

### INWIEFERN?

Das hat zwei Dimensionen: Jeder Stromtag im Netz, den die Kolleg\*innen der Hauptschaltleitung in Echtzeit managen, wird aufwendig vor- und nachbereitet. In Front Office und Betriebsplanung beispielsweise wird anhand von Wetterprognosen und Strommarktdaten so genau wie möglich ermittelt, was am jeweiligen Folgetag im Netz los sein wird. Wir brauchen darüber hinaus die Prozesstechnik und die Kolleg\*innen, die die Werkzeuge der Systemführung beschaffen und ihren Einsatz nachbereiten. Systemführung ist Teamwork. Die zweite Dimension betrifft die Umsetzung von Maßnahmen: Amprion setzt auf konsequente Aufgabenteilung in Form einer „verteilten Netzführung“: Die Hauptschaltleitung behält den Überblick und leitet alle notwendigen Schritte ein. Die beiden Gruppenschaltleitungen führen die Maßnahmen anschließend aus. Sie nehmen unter anderem Leitungen in oder außer Betrieb. So greift ein Rad ins andere. Wir gewährleisten damit eine hohe System- und Schaltsicherheit und können neue Betriebsmittel relativ einfach in das Netz integrieren.

### SYSTEMFÜHRUNG DER NÄCHSTEN GENERATION

Amprion hat eine der modernsten Systemführungen Europas. Dank professioneller Vorbereitung, hoher Expertise und leistungsfähiger IT-Systeme gewährleistet sie die Überwachung und Steuerung des Netzes in Echtzeit.

# Wir übernehmen Verantwortung

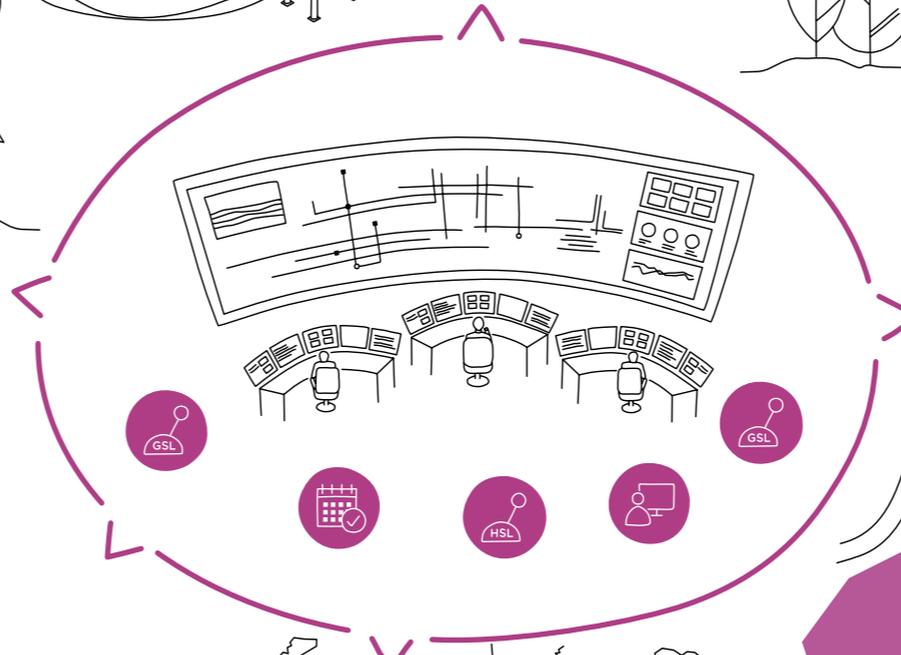
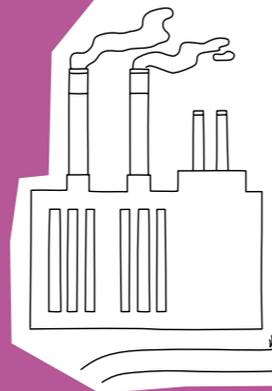
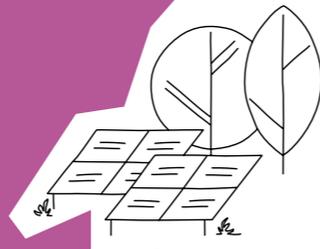
Zu unserem gesetzlichen Auftrag als Übertragungsnetzbetreiber gehört es, das Stromnetz sicher und zuverlässig zu führen. Dieser Auftrag prägt die Arbeit der Systemführung von Amprion.

## ERNEUERBARE ENERGIEN INTEGRIEREN

Je mehr Strom aus Wind und Sonne wetterabhängig erzeugt wird, desto komplexer und vielfältiger werden die Herausforderungen im Übertragungsnetz, die sicher beherrscht werden müssen. Wir setzen in der Systemführung unter anderem künstliche Intelligenz ein, um die Einspeisung aus erneuerbaren Energien in das Stromnetz bestmöglich vorherzusagen (siehe Seite 32).

## DAS NETZ IM GLEICHGEWICHT HALTEN

Wir überwachen Frequenz und Spannung des Übertragungsnetzes. So aktivieren wir bei größeren Frequenzabweichungen Regelenergie aus Erzeugungsanlagen, um Stromerzeugung und -verbrauch wieder ins Gleichgewicht zu bringen (siehe Seite 14).



## KRITISCHE NETZSITUATIONEN ENTSCHÄRFEN

Wir überwachen die Auslastung von Leitungen und Anlagen im Übertragungsnetz. Führt der Ausfall eines Netzelements zu Engpässen oder Überlastungen, reagieren wir schnell und ergreifen geeignete Maßnahmen (siehe Seite 22).

## EIN KLIMANEUTRALES ENERGIESYSTEM ERMÖGLICHEN

Wir können mit unseren operativen Warten perspektivisch ein klimaneutrales Energiesystem integriert planen und koordiniert führen. Indem wir künftig Power-to-Gas-Anlagen in die Systemführung einbinden, tragen wir dazu bei, ein Wasserstoffsystem für die Industrie aufzubauen. Diese will verstärkt grünen Wasserstoff nutzen, um Produktionsprozesse klimaneutral zu machen (siehe Seite 8).

## DEN EUROPÄISCHEN STROMMARKT STÄRKEN

Wir überwachen und koordinieren den Stromhandel und die daraus resultierenden Stromflüsse zwischen den Übertragungsnetzen in Deutschland sowie in Mittel- und Osteuropa. Amprion übernimmt zudem eine zentrale Rolle, um die Frequenz im gesamten europäischen Verbundnetz stabil zu halten (siehe Seite 24).

# IMMER IM GLEICHGEWICHT



**Amprion hält das Stromnetz stabil und sicher – und bereitet den Weg für ein klimaneutrales Energiesystem. Die Expert\*innen der Systemführung tragen wesentlich dazu bei. Ihre Aufgabe aber wird immer anspruchsvoller.**

Über das Wetter zu reden, hat für Dr. Frank Reyer einen ernsten Hintergrund. Denn Wind und Sonne haben erheblichen Einfluss auf seine Arbeit. „Ein großer Teil des Stroms stammt heute aus erneuerbaren Energien, die vom Wetter abhängig sind“, sagt der Leiter Systemführung von Amprion. Nur wenn Windräder und Photovoltaikanlagen zusammen mit Kraftwerken und Speichern in jeder Sekunde so viel Energie einspeisen, wie auch verbraucht wird, bleibt das Stromnetz im Gleichgewicht. Nur dann liegt die Frequenz beim Sollwert von 50 Hertz. Zu große Abweichungen gefährden die Anlagen im Stromnetz und damit die stabile Versorgung der Bevölkerung mit elektrischer Energie. Das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch zu halten, ist daher eine wichtige Aufgabe der Systemführung von Amprion in Brauweiler bei Köln.

#### Die Komplexität nimmt zu

Das „System“ ist das 11.000 Kilometer lange Höchstspannungsnetz von Amprion in einem Gebiet zwischen der Nordsee und den Alpen. Das Netz im Gleichgewicht zu halten, wird dabei immer anspruchsvoller. „Früher haben konventionelle Kraftwerke genauso viel Strom produziert, wie benötigt wurde“, sagt Frank Reyer. Mit der Einspeisung aus erneuerbaren Energien wird die Erzeugung volatiler. „Die Komplexität im Netz nimmt zu.“



**»Wir koordinieren die Fahrpläne der Marktteilnehmer und anderer Übertragungsnetzbetreiber. Am Ende steht ein abgestimmtes Regelprogramm für Deutschland und Nordeuropa.«**

**RALF LONSDORFER,**  
Leiter des Front Office

Hinzu kommt: Der Strom muss über größere Entfernungen als früher transportiert werden, insbesondere von Windparks im Norden in die Verbrauchszentren im Westen und Süden Deutschlands. Außerdem wird immer mehr Strom an den europäischen Börsen gehandelt und anschließend über die Netze der deutschen Übertragungsnetzbetreiber übertragen. Das alles gilt es in der Systemführung zu berücksichtigen. Dafür sind Vorarbeiten nötig.

#### Planungen für den Folgetag

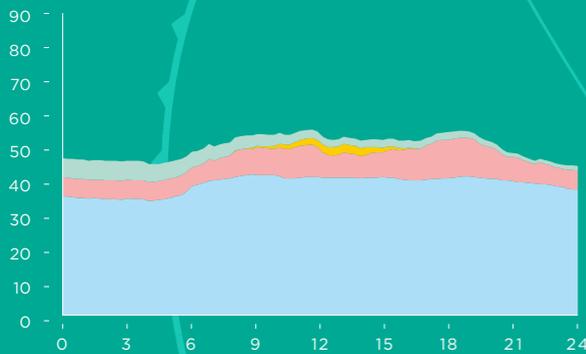
So versucht das Team des Front Office, anhand von Wetterprognosen möglichst genau zu ermitteln, wie viel Strom aus erneuerbaren Energien am Folgetag ins Netz eingespeist wird. Zudem nimmt es neben den Kraftwerksplanungen auch das Börsengeschehen des Folgetags in den Blick: Die Expert\*innen koordinieren die Fahrpläne der Marktteilnehmer und anderer Übertragungsnetzbetreiber. „Am Ende steht ein abgestimmtes Regelprogramm für Deutschland und Nordeuropa“, sagt Ralf Lonsdorfer, Leiter Front Office. Das Team der Betriebsplanung analysiert daraufhin, was das alles für das Stromnetz bedeutet. „Wir nehmen die Kapazitäten der Leitungen in den Blick. Sonst droht ein Stau auf den Stromautobahnen“, sagt Oliver Weis, Leiter Betriebsplanung. Neben der Kapazitätsberechnung, welche als Input für den internationalen Börsenhandel dient, prüft sein Team, welche Kraftwerke am Folgetag ihre geplante Stromproduktion verändern müssten, um Leitungsabschnitte vor einer Überlastung zu schützen.

#### Nachsteuern in Echtzeit

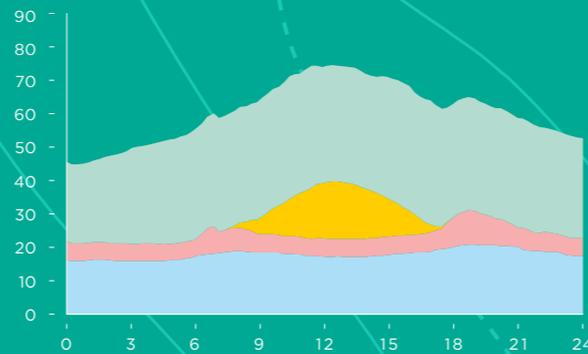
Durch die Vorarbeiten von Front Office und Betriebsplanung lassen sich die Vorgänge im Netz relativ gut vorhersehen und bereits im Vorhinein Maßnahmen einplanen. „Wenn am Tag selbst das Wetter Kapriolen schlägt und Windparks oder Photovoltaikanlagen unerwartet viel oder wenig Strom liefern, muss nachgesteuert werden“, so Peter Gilsdorf, Leiter Hauptschaltleitung Brauweiler. Das Nachsteuern gehört zu den zentralen Aufgaben der Hauptschaltleitung in Brauweiler. Sie ist die größte und modernste Leitwarte Europas. Dort laufen alle Fäden zusammen, um das Stromnetz in Echtzeit stabil zu halten. Ein Team von Ingenieur\*innen arbeitet im Schichtbetrieb rund um die Uhr. Eine 108 Quadratmeter große Anzeigewand voller digitaler Diagramme, Tabellen und Graphen zeigt, wie sich Frequenz, Spannung und Stromflüsse im Netz entwickeln. Damit ist sie ein wichtiges Werkzeug, um die überregionalen Zusammenhänge schnell erfassen zu können.

**HERAUSFORDERUNG: SCHWANKENDE EINSPEISUNG AUS ERNEUERBAREN ENERGIEN** - Erzeugte Leistung in Deutschland in Gigawatt

**24.01.2023**  
Bis zu 5,6 Gigawatt aus Wind und Sonne



**20.02.2023**  
Bis zu 60 Gigawatt aus Wind und Sonne



■ Windkraft ■ Photovoltaik ■ Andere erneuerbare Energien ■ Konventionelle Energien

Quelle: ENTSO-E Transparency Platform

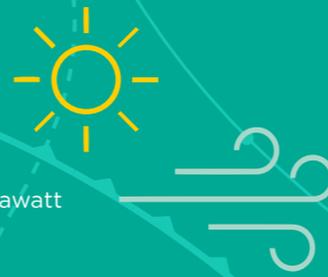
Die Ingenieur\*innen nehmen dabei das Amprion-Netz sowie den zentralen Teil des kontinentaleuropäischen Stromnetzes in den Blick – von Nordfrankreich bis Tschechien und von Dänemark bis Norditalien.

**Eingriffe in den Netzbetrieb**

Nachsteuern in Echtzeit – das bedeutet, bei Bedarf in den Netzbetrieb einzugreifen. „Das ist wie beim Autofahren – da muss man auch lenken, die Spur wechseln oder den richtigen Gang einlegen“, sagt Dr. Christoph Schneiders, Leiter Netzführung und Systemsteuerung. Beispiel Netzfrequenz: Um sie konstant zu halten, kommt unter anderem sogenannte Regelreserve zum Einsatz: Kraftwerke speisen teils automatisch, teils auf Anforderung kurzfristig mehr oder weniger Strom ins Netz ein, um das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch wiederherzustellen. Beispiel Stromflüsse: Droht an einer bestimmten Stelle im Netz durch Überlastung ein Engpass, werden Erzeugungsanlagen diesseits des Engpasses angewiesen, ihre Einspeisung zu drosseln, während Anlagen jenseits des Engpasses ihre Einspeiseleistung erhöhen müssen. Expert\*innen sprechen in einem solchen Fall von Redispatch. Betreiber von Erzeugungsanlagen werden für diese Eingriffe in ihre Fahrpläne entschädigt.

**»Wenn am Tag selbst das Wetter Kapriolen schlägt und Windparks oder Photovoltaikanlagen unerwartet viel oder wenig Strom liefern, muss nachgesteuert werden.«**

**PETER GILSDORF,**  
Leiter Hauptschaltleitung Brauweiler



**»Wir nehmen die Kapazitäten der Leitungen in den Blick. Sonst droht ein Stau auf den Stromautobahnen.«**

**OLIVER WEIS,**  
Leiter Betriebsplanung



**Systemführung ist Teamwork**

Die Ingenieur\*innen in der Hauptschaltleitung konzentrieren sich darauf, die für die Netzstabilität nötigen Schritte einzuleiten. Ausgeführt werden die Maßnahmen durch ihre Kolleg\*innen in den Gruppenschaltleitungen. Sie nehmen unter anderem Leitungen in oder außer Betrieb. Außerdem koordinieren sie die Schaltungen mit den Verteilnetzbetreibern, die für den regionalen Stromtransport verantwortlich sind, und mit großen Industrieunternehmen, die direkt an das Amprion-Netz angeschlossen sind. „So greift in der Systemführung ein Rad ins andere“, erklärt Frank Reyer.

Um die täglich wechselnden Herausforderungen für die Netzstabilität zu meistern, braucht es nicht nur die Expertise der Systemführung. „Auch das Stromnetz selbst muss sich verändern und wachsen“, sagt der Leiter Systemführung von Amprion. „Der Netzausbau muss Schritt halten mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien.“ Jeder Kilometer Netz mehr helfe dabei, Übertragungskapazitäten zu erhöhen und Engpässe zu vermeiden.

**PLANEN UND NACHSTEUERN**

Die Vorgänge im Netz bestmöglich planen und dann am Tag selbst kurzfristig nachsteuern – so lässt sich die Arbeit in der Systemführung vereinfacht beschreiben. Daran sind verschiedene Teams beteiligt – vom Front Office und der Betriebsplanung bis zur Hauptschaltleitung und den Gruppenschaltleitungen. Sie alle tragen dazu bei, dass das Übertragungsnetz stabil arbeitet.

# Werkzeuge der Systemführung

**Um das Stromnetz stabil und sicher zu betreiben, steht der Systemführung ein gut gefüllter Werkzeugkasten zur Verfügung. Wir erklären, wie diese Systemdienstleistungen eingesetzt und bewirtschaftet werden.**



**»Wir schließen Rahmenverträge etwa mit Kraftwerksbetreibern – und reservieren bei ihnen Kapazitäten für den Bedarfsfall.«**

THORSTEN SCHNEIDERS,  
Leiter Prozesse Regelreserven

Systemführung ist wie Autofahren: Damit Autos sicher und zügig unterwegs sind, müssen die Fahrer\*innen lenken und schalten. Die Systemführung von Amprion greift ins Netz ein, um dessen Frequenz und Spannung stabil zu halten oder Leitungen vor Überlastung zu schützen. Sie nutzt dafür bestimmte Werkzeuge, die Expert\*innen als Systemdienstleistungen bezeichnen.

### Regelreserve stabilisiert die Netzfrequenz

Zu ihnen gehört beispielsweise die Regelreserve (siehe Übersicht Seite 22). Sie bezeichnet die Leistung, die ein Netzbetreiber benötigt, um auf Abweichungen in der Netzfrequenz zu reagieren und Erzeugung und Verbrauch im Gleichgewicht zu halten. Konkret veranlasst die Systemführung zum Beispiel, dass ein Kraftwerk im Rahmen der sogenannten Sekundärregelreserve innerhalb von fünf Minuten seine Einspeisung erhöht oder drosselt. Dafür hat das Team von Thorsten Schneiders, Leiter Prozesse Regelreserven, mit verschiedenen Kraftwerksbetreibern und anderen Anbietern Rahmenverträge geschlossen. „Gegen eine Vergütung reservieren wir damit bestimmte Erzeugungs- und Lastkapazitäten.“ Anbieter von Regelreserve sind dabei nicht nur Kraftwerke. Es können auch Windparks oder Biomasseanlagen sein. „Auch Elektroautoflotten werden in Zukunft eine Rolle spielen, um Strom kurzfristig zu speichern oder einzuspeisen“, so Schneiders.

### Vom Rahmenvertrag zum Abruf im Bedarfsfall

Mit dem Rahmenvertrag erhalten Anbieter die Möglichkeit, Gebote an dem Regelleistungs- und Regelarbeitsmarkt abzugeben:

- Über den Regelleistungsmarkt sichern die deutschen Übertragungsnetzbetreiber die für den Folgetag benötigten Kapazitäten, damit jederzeit genug Regelreserve für einen stabilen Systembetrieb zur Verfügung steht.
- Auf dem Regelarbeitsmarkt geben Anbieter untertäglich bis zu 30 Minuten vor Echtzeitbetrieb Gebote für die tatsächliche Erbringung von Regelreserve ab und platzieren zusätzlich verfügbare Kapazitäten.

Wie auf jedem Markt erfolgen Angebote zu bestimmten Konditionen. Je niedriger der Preis, desto eher kommen Anbieter zum Zuge. Darüber hinaus stimmt sich Amprion bei der Suche nach dem günstigsten Anbieter mit den anderen kontinental-europäischen Übertragungsnetzbetreibern ab.

### Sekundengenaue Abrechnung

Nachdem etwa die benötigte Menge Sekundärregelenergie in Echtzeit abgerufen und geliefert wurde, wird dies sekundengenau abgerechnet. Das ist Aufgabe des Teams von Nicole Schwarz, Leiterin Backoffice Systemdienstleistungen. „Basis für die komplexen Berechnungen ist eine Fülle von Daten der betroffenen Marktakteure aus verschiedenen operativen IT-Systemen. Um diese zu verarbeiten, ist die IT für uns sehr wichtig.“ Die Abrechnungsweise unterscheidet sich je nach Systemdienstleistung. „Sie wird umso komplexer, je



**»Systemdienstleistungen werden bis zu sekundengenau abgerechnet. Dafür greifen wir auf eine Fülle von Daten zurück.«**

NICOLE SCHWARZ,  
Leiterin Backoffice Systemdienstleistungen

mehr Marktakteure involviert sind. Dabei haben wir in unseren Prozessen immer mehr internationale und dezentrale Partner im Blick.“ So rechnet Amprion zum Beispiel auch Regelreserve ab, die Kraftwerke aus dem Netzgebiet von Amprion beispielsweise für das französische Übertragungsnetz bereitstellen. „Die Systemführung von Amprion verfügt über einen gut gefüllten Werkzeugkasten“, erläutert Schwarz. „Wir im Team wissen Cent- und Kilowattstunden-genau, wie die Werkzeuge eingesetzt werden.“

### SEKUNDENGENAUE ABRECHNUNG

Wie Amprion Systemdienstleistungen bewirtschaftet



## WAS DIE FREQUENZ STABIL HÄLT

### Regelreserve einsetzen

Regelreserve bezeichnet die Leistung, die ein Netzbetreiber benötigt, um unter anderem unvorhergesehene Frequenzschwankungen auszugleichen und Erzeugung und Verbrauch im Gleichgewicht zu halten. Betriebsbereite Erzeugungsanlagen fahren an oder drosseln ihre Einspeisung. Die sogenannte Primärregelreserve wird automatisch abgerufen und muss nach 30 Sekunden für mindestens 15 Minuten bereitstehen. Sie sorgt dafür, dass die Frequenz im Netz innerhalb der zulässigen Grenzwerte bleibt. Sie stabilisiert also die Netzfrequenz. Die ebenfalls automatisch aktivierte Sekundärregelreserve sorgt dann dafür, dass bei einer andauernden Frequenzabweichung die Frequenz wieder auf den Sollwert zurückgeführt wird. Sie muss nach fünf Minuten zur Verfügung stehen. Die Minutenreserve löst die Sekundärregelreserve im Bedarfsfall nach einer Viertelstunde ab und wird von der Systemführung manuell angefordert. Der derart gestufte Einsatz der Reservarten garantiert, dass stets ausreichend schnelle Regelreserve zur Verfügung steht, um die Netzfrequenz stabil zu halten.



## WAS DIE SPANNUNG STABIL HÄLT

### Blindleistung regulieren

Blindleistung wird physikalisch bedingt benötigt, damit Leitungen Wechselstrom transportieren können. Sie hat zudem einen starken Einfluss auf die Spannung im Netz. Indem Netzbetreiber die Blindleistung steuern, können sie damit die Spannung so einstellen, dass elektrische Anlagen und Leitungen zuverlässig funktionieren und nicht beschädigt werden. Früher lieferten die großen Kraftwerke die Blindleistung aus ihren Generatoren. Seitdem die Zahl der Kraftwerke abnimmt, müssen andere Anlagen ins Netz integriert werden, um die Blindleistung zu regulieren. Dazu zählen sogenannte rotierende Phasenschieber, STATCOM-Anlagen oder Drosseln. Die Systemführung kann die benötigte Blindleistung entsprechend der Bedürfnisse im Netz einstellen und somit die Spannung im Netz stabil halten.



## WAS DAS NETZ ENTLASTET

### Stromflüsse steuern

Zeichnen sich auf Basis der Wetterprognosen, der Kraftwerksfahrpläne und der Lastprognosen Überlastungen auf bestimmten Leitungen ab, muss die Systemführung vorbereitend reagieren, um den Engpässen zu begegnen. Hierfür kommen verschiedene Werkzeuge zum Einsatz. Prinzipiell nutzt die Systemführung dabei zuerst die Möglichkeit, durch Schaltungen die Stromflüsse im vermaschten Übertragungsnetz so zu steuern, dass Überlastungen vermieden werden. Dazu können auch Betriebsmittel wie Phasenschieber-Transformatoren (PST) eingesetzt werden, um Stromflüsse im vermaschten Netz von drohenden Engpässen weg auf weniger belastete Abschnitte umzuleiten. Topologische Maßnahmen wirken wie Weichen im Netz.



### Redispatch durchführen

Redispatch bezeichnet Eingriffe in die Einsatzpläne – Englisch: Dispatch – von Erzeugungsanlagen. Diese werden außerplanmäßig herunter- und heraufgeregelt, damit Stromleitungen nicht überlastet werden. Engpässe drohen etwa an windreichen Tagen, wenn viel Strom in den Süden transportiert werden soll, oder auch, wenn Stromhändler Energie an weit entfernten Handelsplätzen eingekauft haben. In diesen Fällen weist die Systemführung eine Erzeugungsanlage, die vor dem Engpass liegt, an, weniger Strom ins Netz einzuspeisen. Zum anderen fordert sie ein Kraftwerk, das sich hinter dem Engpass befindet, auf, mehr Strom einzuspeisen. Dies können auch Reservekraftwerke sein, die Amprion eigens für diesen Zweck kontrahiert. So ist das Gleichgewicht zwischen Erzeugung und Verbrauch stets gewährleistet und der Engpass entschärft. Da immer mehr Erzeugungsanlagen an die Verteilnetze angeschlossen sind, stimmen sich die Betreiber von Übertragungs- und Verteilnetzen beim Redispatch miteinander ab.

# Tiefer Blick ins Netz

DIE HAUPTSCHALTLEITUNG  
BRAUWEILER



Amprion bereitet den Weg für ein klimaneutrales Energiesystem. Um es zu steuern, bedarf es innovativer und leistungsstarker Technologien. Amprion hat seine Systemführung in Brauweiler bei Köln fit für die Zukunft gemacht und eine neue Hauptschaltleitung gebaut. Sie hilft Amprion dabei, die Herausforderungen der Energiewende zu meistern – als wichtiger Meilenstein auf dem Weg zu einem Übertragungsnetzbetreiber der nächsten Generation.

## WINDSTROM IM FOKUS

Der in Norddeutschland erzeugte Windstrom fließt auf dem Weg nach Süden auch durch das Amprion-Netz und beeinflusst die Leitungsauslastungen und Spannungen im Netzgebiet. Eine für diesen Zweck entwickelte Anzeige lässt erkennen, wie viel Strom die Windparks in der Nordsee in diesem Moment liefern. Damit bereitet sich die Hauptschaltleitung auch darauf vor, dass Amprion Offshore-Windparks an das Übertragungsnetz anbinden wird. Die Schichten in verschiedenen Farben geben wieder, an welcher Anbindungsstelle wie viel Offshore-Strom ins Netz eingespeist wird. Verändert sich das Bild unerwartet deutlich, sind die Schichtingenieur\*innen vorgewarnt – und können sich frühzeitig auf eine veränderte Lastflusssituation im Netz einstellen.

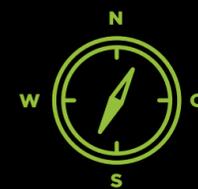
Für Amprion spielt Offshore eine immer wichtigere Rolle.

## INNOVATIONEN IM NETZ

Das Energiesystem verändert sich nicht nur durch den Ausbau der erneuerbaren Energien. Auch der grenzüberschreitende Austausch von Strom nimmt weiter zu. Dafür braucht es leistungsstarke „Strombrücken“ zwischen den nationalen Netzen. Eine davon ist Aachen Lüttich Electricity Grid Overlay (ALEGrO) – die erste direkte Stromverbindung zwischen Deutschland und Belgien. Die 90 Kilometer lange Leitung verläuft als Erdkabel zwischen Aachen und Lüttich und ging 2020 in Betrieb. ALEGrO ist auf der Großbildanzeige in Violett dargestellt, denn es handelt sich um eine Gleichstromverbindung. Die Stromflüsse lassen sich hier einfacher steuern als bei Wechselstromverbindungen – gleichzeitig ist es eine herausfordernde Aufgabe, den Einsatz der neuen Gleichstromverbindung im engmaschigen Wechselstromsystem zu koordinieren.



Schaltzeichen: Die Sinuskurve steht für Wechselstrom, die Doppellinie für Gleichstrom.



Innovative Visualisierung: Quellen und Senken im Netz werden schnell erkannt.



Im Herzen der Systemführung: Die Großbildanzeige in der Hauptschaltleitung Brauweiler ist die größte in Europa. Per Mausclick erscheinen dort nicht nur Leitungen von Amprion, sondern auch von benachbarten Netzbetreibern im kontinentaleuropäischen Verbundnetz.



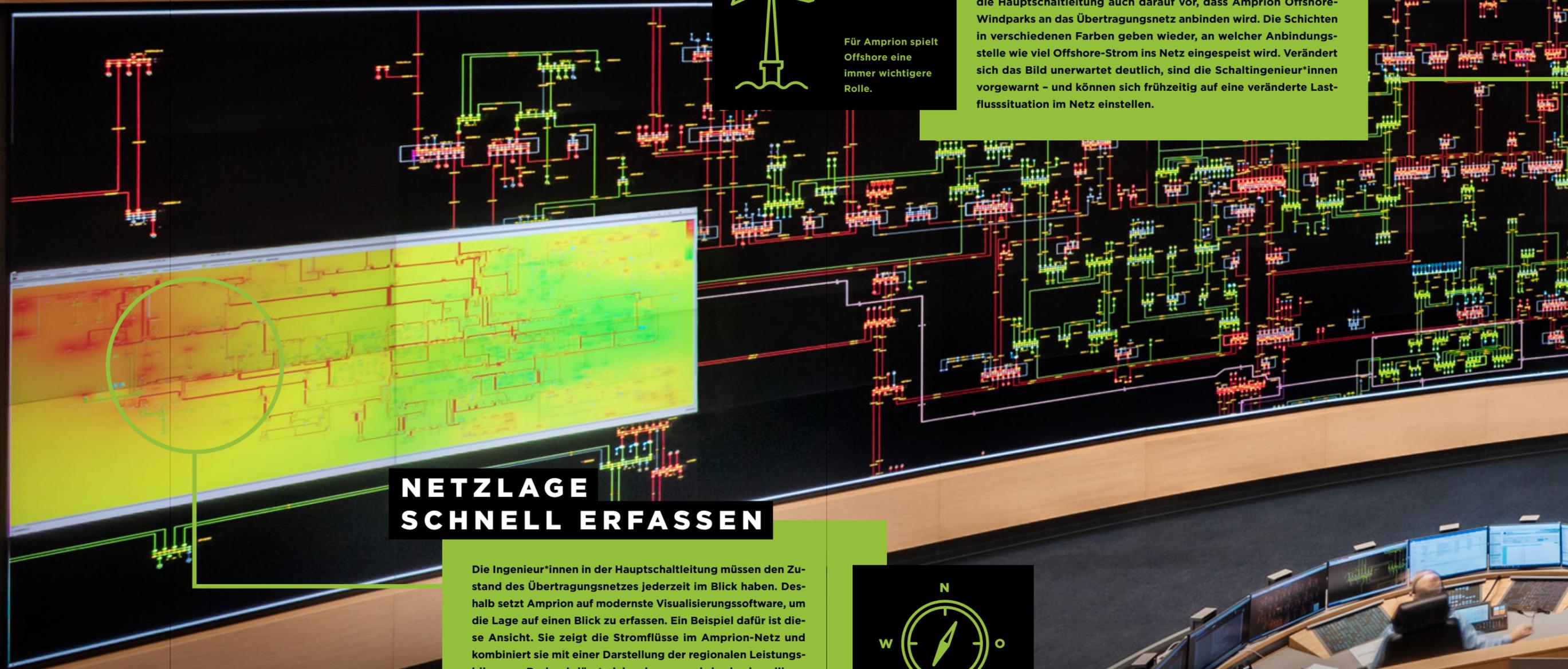
DR. CHRISTOPH SCHNEIDERS,  
Leiter Netzführung und Systemsteuerung

## EXPERTE FÜR VISUALISIERUNG

Dr. Christoph Schneiders leitet die Abteilung Netzführung und Systemsteuerung von Amprion. „Unsere Warten – von Front Office und Betriebsplanung über die Hauptschaltleitung bis zu den Gruppenschaltleitungen – sind das Herzstück der operativen Systemführung“, sagt der Elektroingenieur. Für ihn steht fest: „Die Klimaziele in Deutschland und Europa lassen sich nur erreichen, wenn wir erneuerbare Energien ins Stromsystem integrieren und sie zudem in andere Sektoren bringen. Die neue Hauptschaltleitung wird eine Schlüsselrolle bei dieser Entwicklung spielen.“

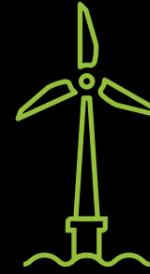
## EUROPA IM BLICK

In der Hauptschaltleitung überwachen Ingenieur\*innen Stromflüsse, Spannung und Frequenz des Übertragungsnetzes. Wichtigstes Arbeitsmittel ist eine Großbildanzeige mit einer Fläche von 108 Quadratmetern – eine der weltweit größten im Energiebereich. „Sie wird der Systemverantwortung gerecht, die Amprion für die Stabilität des deutschen und europäischen Stromnetzes übernimmt“, sagt Dr. Christoph Schneiders, Leiter Netzführung und Systemsteuerung von Amprion. Sein Team nimmt dafür die Übertragungsnetze von Nordfrankreich bis Tschechien, von Dänemark bis Norditalien in den Blick – und verfügt damit über das größte Beobachtungsgebiet mit Echtzeitinformationen in Europa. Per Mausklick erscheinen Leitungen des kontinentaleuropäischen Verbundnetzes auf der Großbildanzeige. Leitungen, Umspannanlagen und Schalter sind in verschiedenen Farben dargestellt. Zwei hochmoderne Rechenzentren verarbeiten täglich Millionen von Informationen aus dem Netz. Beispielsweise werden alle drei Sekunden die Zustände von 70.000 Schaltgeräten in 1.100 Schaltanlagen und die Messwerte von rund 3.500 Leitungen erfasst. In der Hauptschaltleitung werden sie visualisiert und so zu einem stets aktuellen Lagebild zusammengefügt.



## NETZLAGE SCHNELL ERFASSEN

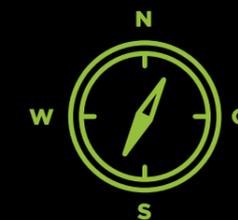
Die Ingenieur\*innen in der Hauptschaltleitung müssen den Zustand des Übertragungsnetzes jederzeit im Blick haben. Deshalb setzt Amprion auf modernste Visualisierungssoftware, um die Lage auf einen Blick zu erfassen. Ein Beispiel dafür ist diese Ansicht. Sie zeigt die Stromflüsse im Amprion-Netz und kombiniert sie mit einer Darstellung der regionalen Leistungsbilanzen. Dadurch lässt sich erkennen, ob in der jeweiligen Region mehr oder weniger Strom erzeugt als verbraucht wird. Im Norden – auf der Ansicht links – speisen Windparks so viel Strom ein, dass sich ein Stromüberschuss ergibt, der rot angezeigt wird. Anders im Süden (rechts), wo Industriezentren viel Strom verbrauchen: Die „Stromsenke“ ist dort grün angezeigt.



Für Amprion spielt Offshore eine immer wichtigere Rolle.

## WINDSTROM IM FOKUS

Der in Norddeutschland erzeugte Windstrom fließt auf dem Weg nach Süden auch durch das Amprion-Netz und beeinflusst die Leistungsauslastungen und Spannungen im Netzgebiet. Eine für diesen Zweck entwickelte Anzeige lässt erkennen, wie viel Strom die Windparks in der Nordsee in diesem Moment liefern. Damit bereitet sich die Hauptschaltleitung auch darauf vor, dass Amprion Offshore-Windparks an das Übertragungsnetz anbinden wird. Die Schichten in verschiedenen Farben geben wieder, an welcher Anbindungsstelle wie viel Offshore-Strom ins Netz eingespeist wird. Verändert sich das Bild unerwartet deutlich, sind die Schaltungingenieur\*innen vorgewarnt – und können sich frühzeitig auf eine veränderte Lastflusssituation im Netz einstellen.



Innovative Visualisierung: Quellen und Senken im Netz werden schnell erkannt.

# AUFGABEN FÜR EUROPA

Weil das Amprion-Netz im Zentrum Europas liegt, ist es zur Drehscheibe des europäischen Stromhandels geworden. Amprion hat weitreichende Koordinierungsaufgaben im europäischen Verbundnetz übernommen, ohne die der EU-Binnenmarkt für Strom nicht funktionieren würde. Die Großbildanzeige in der Hauptschaltleitung umfasst daher auch eine Europakarte, die Systemzustände und Alarmmeldungen, aber auch grenzüberschreitende Stromflüsse zeigt. Blau gefärbte Länder importieren im Moment Strom, rot gefärbte Länder exportieren Strom. Auch Ungleichgewichte lassen sich leicht erkennen und so Gegenmaßnahmen gezielt einleiten.



Amprion übernimmt weitreichende Koordinierungsaufgaben für Europa.

## NETZ IM GLEICHGEWICHT HALTEN

Stromerzeugung und -verbrauch müssen im Netz stets im Gleichgewicht sein. Andernfalls weicht die Frequenz vom Sollwert 50 Hertz ab und das System kann instabil werden. Auf der Großbildanzeige in Brauweiler zeigen Tachometer die aktuelle Frequenzabweichung. Schwankt die Frequenz auch nur um wenige Millihertz, schlägt der digitale Zeiger aus. Normalerweise ist er immer etwas in Bewegung. Bleibt die Abweichung in eine Richtung jedoch länger bestehen oder werden die Ausschläge zu groß, müssen die Schaltungingenieur\*innen aktiv werden. Dafür setzen sie Regelenergie und andere Instrumente ein. Um die Systemsicherheit zu wahren, können sie in Ausnahmefällen umfassende Maßnahmen ergreifen. Extremsituationen und Störungsszenarien werden regelmäßig im Simulator trainiert.



### 50 Hz

Erzeugung und Verbrauch müssen immer im Gleichgewicht sein.

## INNOVATIONEN IM NETZ

Das Energiesystem verändert sich nicht nur durch den Ausbau der erneuerbaren Energien. Auch der grenzüberschreitende Austausch von Strom nimmt weiter zu. Dafür braucht es leistungsstarke „Strombrücken“ zwischen den nationalen Netzen. Eine davon ist Aachen Lüttich Electricity Grid Overlay (ALEGrO) – die erste direkte Stromverbindung zwischen Deutschland und Belgien. Die 90 Kilometer lange Leitung verläuft als Erdkabel zwischen Aachen und Lüttich und ging 2020 in Betrieb. ALEGrO ist auf der Großbildanzeige in Violett dargestellt, denn es handelt sich um eine Gleichstromverbindung. Die Stromflüsse lassen sich hier einfacher steuern als bei Wechselstromverbindungen – gleichzeitig ist es eine herausfordernde Aufgabe, den Einsatz der neuen Gleichstromverbindung im engmaschigen Wechselstromsystem zu koordinieren.

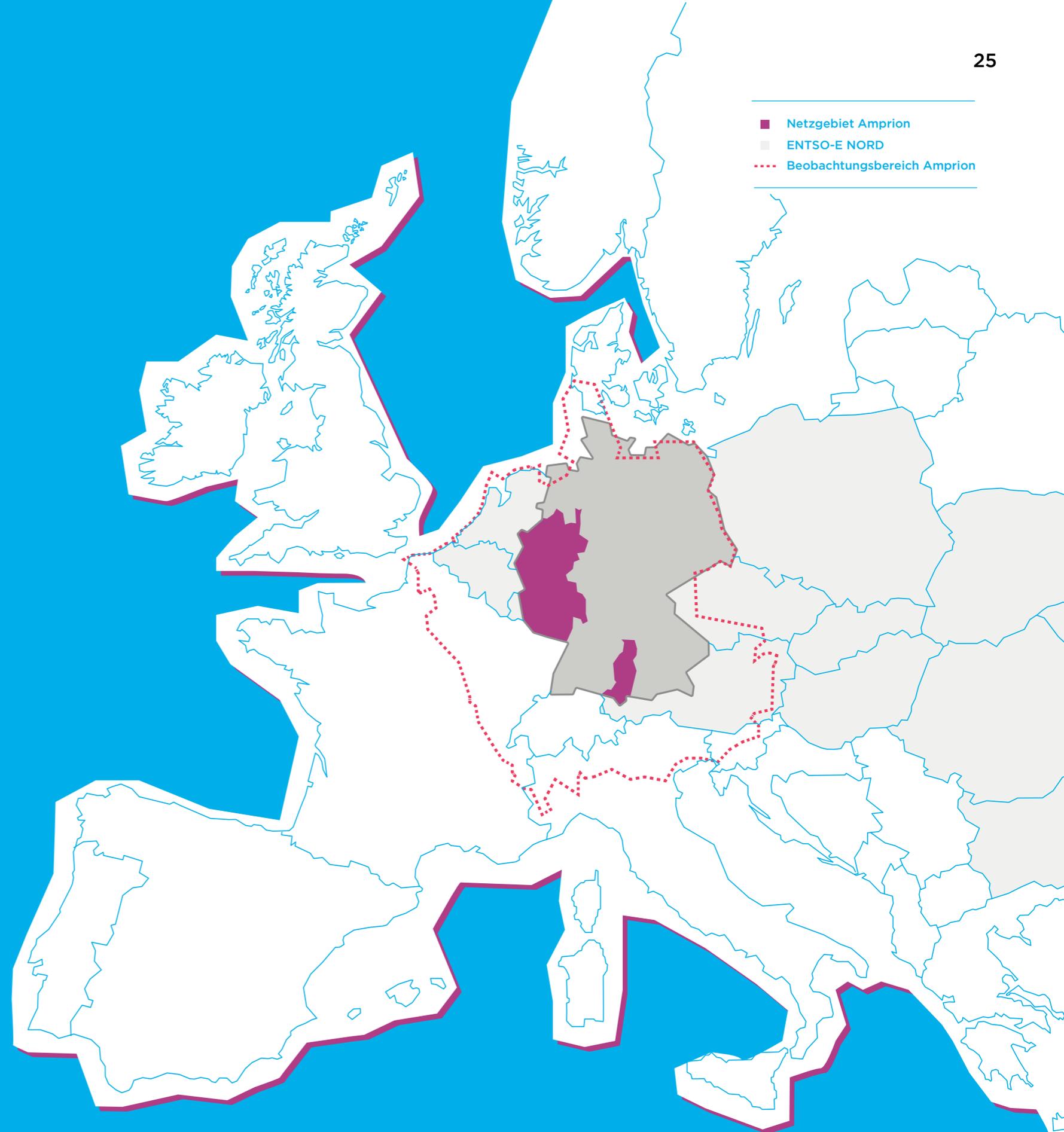


Schaltzeichen: Die Sinuskurve steht für Wechselstrom, die Doppellinie für Gleichstrom.

# Einsatz für Europa

Amprion engagiert sich in besonderer Weise für ein sicheres und effizientes Energiesystem in Europa: Die Systemführung verfügt über das größte Beobachtungsgebiet in Europa und trägt dazu bei, die Frequenz des europäischen Verbundnetzes für 500 Millionen Menschen stabil zu halten. Zudem koordiniert sie die grenzüberschreitenden Stromflüsse im nördlichen Teil des Verbundnetzes.

Die Stromversorgung in Europa hat sich in den vergangenen Jahrzehnten stark verändert. Aus den nationalen Stromnetzen entwickelte sich ein engmaschiges Verbundnetz, das den erzeugten und an Börsen gehandelten Strom europaweit überträgt und zu den Verbraucher\*innen bringt. Immer mehr Strom stammt dabei aus erneuerbaren Energien, deren Einspeisung wetterbedingt schwankt. Darüber hinaus wächst der europäische Strommarkt immer stärker zusammen, sodass auch mehr Strom über Landesgrenzen fließt. Dadurch wird die Systemführung zu einer immer komplexeren Aufgabe. „Als überzeugte Europäer wollen wir das Verbundnetz stabil halten und noch leistungstärker machen“, sagt Dr. Frank Reyer, Leiter Systemführung bei Amprion.



### Europa im Blick

In der Hauptschaltleitung laufen alle Fäden zusammen, die dem europäischen Stromnetz seine Stabilität verleihen: Das Team nimmt unter anderem die Übertragungsnetze von Nordfrankreich bis Tschechien, von Dänemark bis Norditalien in den Blick – und hat damit das größte Beobachtungsgebiet mit Echtzeitinformationen in Europa. „Die nationalen Stromnetze sind in Europa längst eng miteinander verbunden“, sagt Dr. Christoph Schneiders, Leiter Netzführung und Systemsteuerung bei Amprion. „Weil alles miteinander zusammenhängt, kooperieren wir Übertragungsnetzbetreiber über Grenzen hinweg miteinander. Deshalb haben wir so ein großes Gebiet im Blick und können uns gegenseitig bei der Systemführung unterstützen.“

### Für ein stabiles Verbundnetz

Die Volkswirtschaften in Europa sind auf ein stabiles und sicheres Wechselstromnetz angewiesen. Dazu gehört, dass seine Frequenz nur minimal vom Sollwert 50 Hertz abweicht. Sonst können elektrische Anlagen Schaden nehmen. Um die Netzfrequenz stabil zu halten, müssen Stromeinspeisung und -verbrauch stets im Gleichgewicht sein – und zwar bei jedem Wetter und zu jeder Sekunde des Tages. Die Systemführung von Amprion nimmt bei der Frequenzhaltung im europäischen Verbundnetz eine besondere Verantwortung wahr: Gemeinsam mit dem schweizerischen Übertragungsnetzbetreiber Swissgrid ist Amprion als „Synchronous Area Monitor“ tätig, als eine Art oberster Frequenzwächter. In dieser Funktion überwachen die Ingenieur\*innen der Systemführung die Netzfrequenz für Kontinentaleuropa und nehmen im Fall größerer oder länger andauernder Frequenzabweichungen Kontakt zu den europäischen Partnern auf, leiten Notfallprozesse ein, koordinieren die Umsetzung und berichten über sie. „So tragen wir dazu bei, dass der Strom für 500 Millionen Menschen in Europa sicher fließt“, sagt Frank Reyer. Das geschieht unter dem Dach des Verbands der Europäischer Übertragungsnetzbetreiber (ENTSO-E).

Das hat beispielsweise nach der Auftrennung des europäischen Verbundnetzes am 8. Januar 2021 sehr gut funktioniert. Auslöser war eine Störung in einer kroatischen Umspannanlage, die zu Überlastungen wichtiger umliegender Stromleitungen führte. Das Netz war nicht mehr stabil. „Die automatischen Instrumente der europäischen Netzbetreiber haben diese Instabilität erkannt und das Problem durch Schaltungen isoliert“, erinnert sich Frank Reyer. rückblickend. So wurde

das europäische Verbundnetz getrennt in einen nordwestlichen Teil, in dem die Frequenz wegen mangelnder Erzeugungsleistung abfiel, und einen südöstlichen Teil, in dem die Frequenz sprunghaft anstieg. „Beide Teile waren aber für sich noch funktionsfähig“, so Reyer. Um die Frequenz in den getrennten Netzteilen wieder zu stabilisieren und in einen sicheren Bereich zurückzuführen, gingen unter anderem in Frankreich und Italien Industrieverbraucher vom Netz, während etwa in der Türkei ein Kraftwerk kurzzeitig vom Netz genommen wurde. Die Systemführung von Amprion koordinierte das gemeinsame Vorgehen der europäischen Übertragungsnetzbetreiber: Nach einer guten Stunde war das europäische Verbundnetz wieder im Normalbetrieb.

### Für ein effizientes Stromsystem

Amprion macht das europäische Stromsystem nicht nur sicherer, sondern auch leistungsstärker. Die Systemführung trägt in besonderer Weise dazu bei, dass der Stromhandel effizient funktioniert. So stimmen Amprion und Swissgrid in ihrer Funktion als „Coordination Centres“ Nord und Süd die grenzüberschreitenden und geplanten Stromflüsse im kontinentaleuropäischen Raum aufeinander ab. Zudem koordinieren sie die Abrechnungen zwischen den Übertragungsnetzbetreibern. Amprion konzentriert sich dabei auf den nördlichen Teil des europäischen Verbundnetzes. Dieser „Nordblock“ reicht von den Niederlanden im Nordwesten bis zur Ukraine im Südosten Europas.

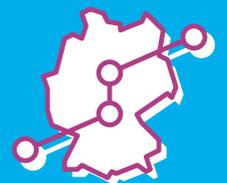
### NETZSTABILITÄT FÜR 500 MILLIONEN MENSCHEN

In seiner Funktion als „Synchronous Area Monitor“ übernimmt Amprion eine zentrale Rolle, um die Netzfrequenz im europäischen Verbundnetz stabil zu halten. So trägt Amprion dazu bei, dass der Strom für 500 Millionen Menschen in Europa sicher fließt.



### NETZSTABILITÄT / SICHERHEIT

Wir helfen dabei, das europäische Verbundnetz sicher zu betreiben.



### KOORDINATION STROMFLÜSSE

Wir überwachen und koordinieren die Stromflüsse im nördlichen Europa (ENTSO-E NORD).



### STROMHANDEL

Unser Netz ist eine Drehscheibe für den europäischen Stromhandel.



### NETZAUSBAU / INTERKONNEKTOREN

Wir schaffen Verbindungen zu den Netzen unserer Nachbarländer.

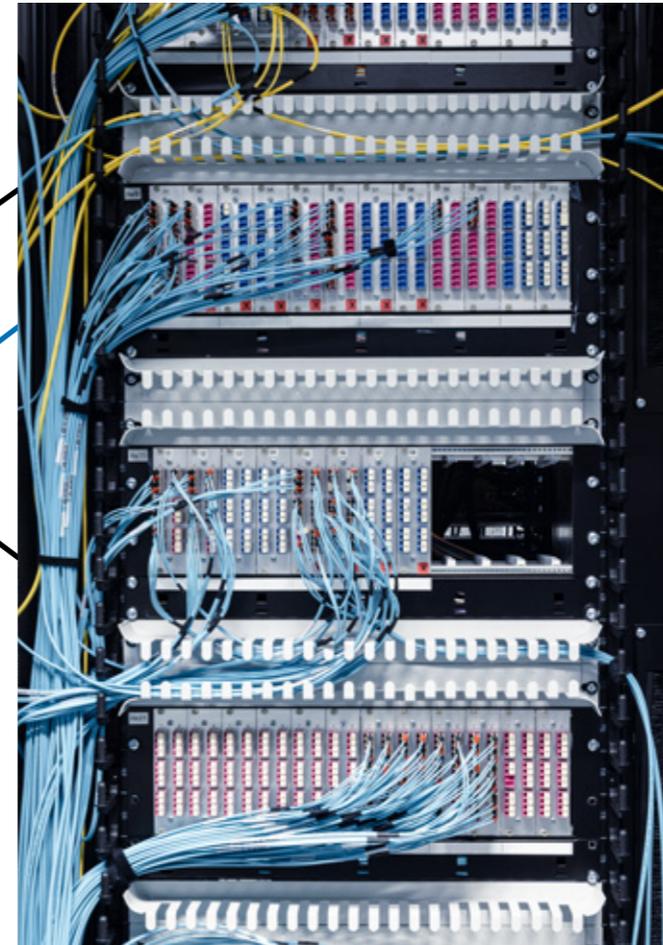
# DATEN:

## ROHSTOFF DER ZUKUNFT

**In der Systemführung geht nichts ohne Bits und Bytes. Für die Datenverarbeitung werden gewaltige Speicher- und Rechnerkapazitäten benötigt. Und die Analyse großer Datenströme wird immer wichtiger.**

In der Hauptschaltleitung von Amprion herrscht konzentrierte Ruhe. Mit geschultem Blick verfolgen die Ingenieur\*innen, was im Netz passiert: Dutzende digitaler Diagramme, Tabellen und Graphen zeigen auf dem 108 Quadratmeter großen Rückmeldebild, wie sich Frequenz, Spannung und Stromflüsse entwickeln. Das sind die für die Stabilität des Netzes entscheidenden physikalischen Größen.

Was das Rückmeldebild anzeigt, setzt sich wiederum aus Milliarden von Datenpunkten zusammen. Die Daten stammen von Kraftwerken und Windparks, Schalt- und Umspannanlagen, Leitungen und Messstationen. Sie werden nicht nur im Netzgebiet von Amprion gesammelt, sondern im gesamten europäischen Verbundnetz. „Die prozesstechnischen Systeme der Systemführung bereiten mithilfe von Analyse- und Optimierungswerkzeugen die Daten so auf,



„dass dadurch das operative Personal bei Handlungsentscheidungen optimal unterstützt wird“, sagt Dr. Tim Bongers, Leiter Anwendungen Systemführung von Amprion.

### **Flure voller Server- und Netzwerkschränke**

Der Datenstrom mündet in eine digitale Eingangshalle, den sogenannten Netzaggregationsraum. Dort fällt der Blick in Flure voller Server- und Netzwerkschränke auf beiden Seiten. Hinter ihren Türen arbeiten zum Beispiel Sicherheitssysteme und Router, die die einströmenden Datenmassen identifizieren, sortieren und zum richtigen Adressaten weiterschicken. Mit Geschwindigkeiten von bis zu 100 Gigabit pro Sekunde haben sie einen rund tausendmal schnelleren Anschluss als eine moderne Internetleitung zu Hause.

Wenig später landen die Daten im Rechenzentrum. „Dort wird das Rohmaterial der Daten für die Systemführung nutzbar gemacht“, sagt Jan Wittig, Leiter Systemtechnik von Amprion. Zum Beispiel, um in der Betriebsplanung die künftigen Übertragungskapazitäten für den europäischen Stromhandel zu berechnen.



„Die prozesstechnischen Systeme der Systemführung bereiten mithilfe von Analyse- und Optimierungswerkzeugen die Daten so auf, dass dadurch das operative Personal bei Handlungsentscheidungen optimal unterstützt wird.“

DR. TIM BONGERS,  
Leiter Anwendungen  
Systemführung



„Im Rechenzentrum wird das Rohmaterial der Daten für die Systemführung nutzbar gemacht.“

JAN WITTIG,  
Leiter Systemtechnik



„Die Digitalisierung der Energiewende schreitet voran. In Zukunft wird die Auswertung von Massendaten eine immer größere Rolle für die Systemführung spielen.“

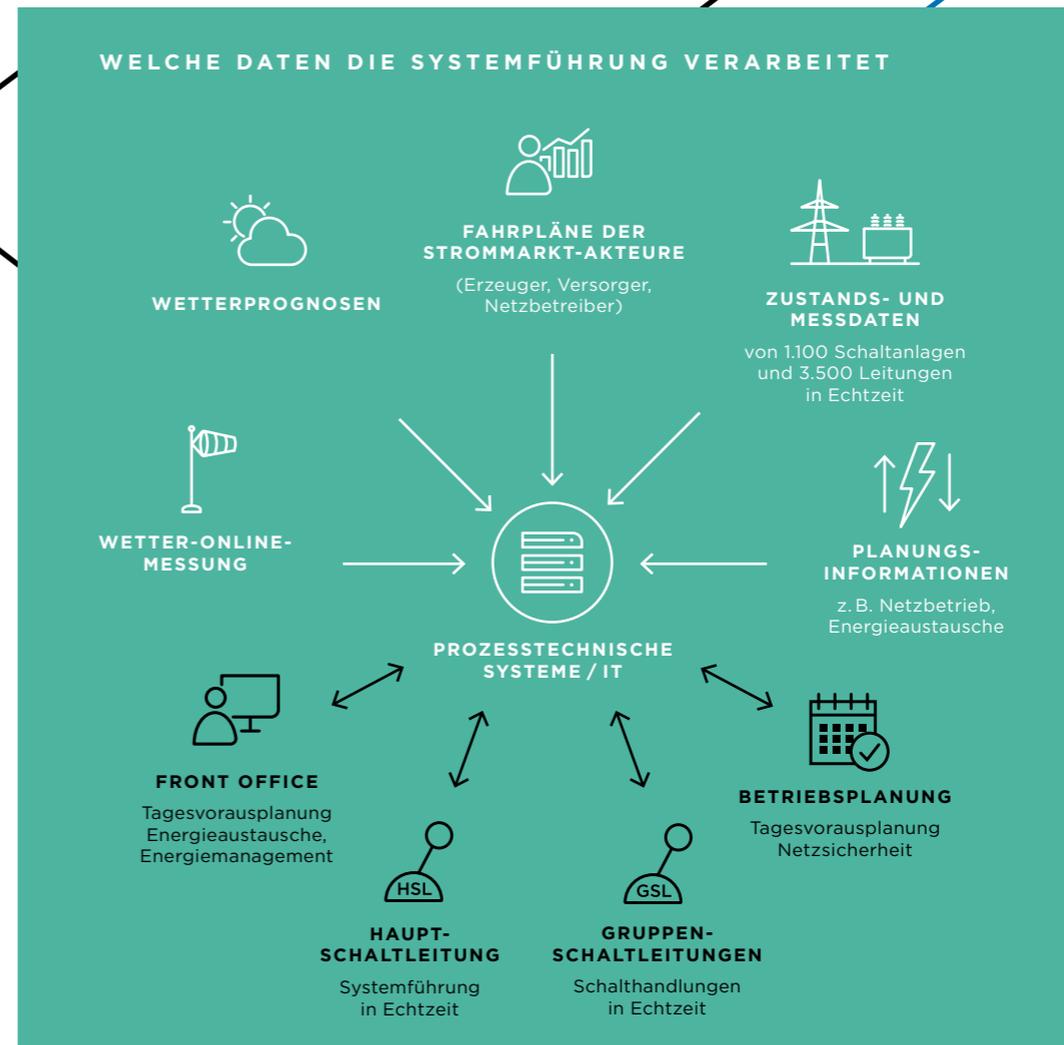
GEORG VAN DE BRAAK,  
Leiter Prozesstechnik

Oder um im Front Office die Einspeise- und Wetterprognosen für den Folgetag zu analysieren. Das geschieht auch mithilfe des Einsatzes künstlicher Intelligenz.

Ein weiterer Anwendungsfall: Die Systeme der Hauptschaltleitung überwachen in Echtzeit die Frequenz im Übertragungsnetz. Bei Abweichungen von der Sollfrequenz veranlassen sie zum Beispiel den Einsatz von Regelleistung. Das bedeutet: Sie passen die Leistung von Erzeugungsanlagen kurzfristig an. Die dafür notwendigen Informationen flitzen im Datenkabel zwischen Leitwarte, Kraftwerken und Industrieunternehmen hin und her.

**Gigantische Speicher**

Insgesamt benötigt die Systemführung gigantische Datenspeicher. Die gesamte Speicherkapazität beträgt aktuell etwa fünf Petabyte. Zur Einordnung: Mit einem einzigen Petabyte lassen sich 512.000 Stunden HD-Videos speichern oder 256 Millionen Fotos. Der Trend ist eindeutig: Die Menge der von der Systemführung verarbeiteten Daten wird weiter wachsen – und mit ihr der Bedarf an Datenanalysen. „Die Digitalisierung der Energiewende schreitet



voran“, sagt Georg van de Braak, Leiter Prozesstechnik von Amprion. „In Zukunft wird die Auswertung von Massendaten eine immer größere Rolle für die Systemführung spielen.“ Genauso wie moderne Autos immer bessere Unterstützungssysteme nutzen, wird auch die Systemführung immer digitaler. Die Räumlichkeiten der Systemführung sind darauf vorbereitet: Es gibt noch freie Flächen für weitere Netzwerkgeräte und Server.

**MILLIARDEN VON BITS UND BYTES**

Die IT-Programme der Systemführung verarbeiten Milliarden von Daten. Sie stammen von Kraftwerken und Windparks, Schalt- und Umspannanlagen, Leitungen und Messstationen. Sie werden nicht nur im Netzgebiet von Amprion gesammelt, sondern im gesamten europäischen Verbundnetz.

# INNOVATIONEN FÜR DAS NETZ DER ZUKUNFT



Auf dem Weg zu einem klimaneutralen Energiesystem wird sich auch die Systemführung verändern. Künstliche Intelligenz und weitere Innovationen werden dabei helfen, das Stromnetz stabil zu halten.

Deutschland 2045: Wirtschaft und Gesellschaft sind klimaneutral. Windparks und Solaranlagen liefern den Großteil der benötigten Energie. An Land und auf See drehen sich Zehntausende neuer Windräder. Das ausgebaute Höchstspannungsnetz verteilt den Windstrom in Deutschland. Es wird mithilfe von IT-Systemen gesteuert, die schon vorher wissen, wie stark der Wind weht und wie viel Strom ins Netz eingespeist wird. Diese Fähigkeit verdanken sie Prognosesystemen auf Basis künstlicher Intelligenz – und Expert\*innen wie Niklas Schmack.

#### Leistungsprognosen mit künstlicher Intelligenz

Sein Team in der Systemführung von Amprion tüftelt an Algorithmen, um aus Wetterdaten Prognosen abzuleiten, wie viel Strom aus Wind und Sonne ins Netz eingespeist wird. Für die Zukunft der Systemführung sind die mit künstlicher Intelligenz arbeitenden Systeme ein wichtiger Baustein. „Sie werden uns helfen, die Herausforderungen der Energiewende zu bewältigen“, sagt Niklas Schmack. Denn je mehr Strom aus Wind und Sonne wet-

terabhängig und zunehmend auch marktabhängig eingespeist wird, desto komplexer und volatiler werden die Abläufe im Übertragungsnetz. Schon heute werten Algorithmen die Erzeugungsprognosen verschiedener Quellen wettersituationsabhängig aus und ermitteln die optimale Vorhersage für die Einspeisung aus Wind- und Solarstrom. Gegenwärtig weichen die Vortagesprognosen im Mittel nur um etwa ein Prozent der installierten Leistung von der wirklichen Einspeisung ab.

Im Zieljahr der Klimaneutralität wird Amprion nicht nur auf bessere Leistungsprognosen zurückgreifen können. „Wir machen die Systemführung an vielen Stellen fit für die Zukunft“, sagt Dr. Frank Reyer, Leiter Systemführung bei Amprion. „Dafür entwickeln und erproben wir innovative Lösungen und Technologien.“ Das gilt auch für den Umgang mit Engpässen im Stromnetz.

Bislang gehen die Mitarbeiter\*innen der Systemführung dabei präventiv vor: Sie werden bereits aktiv, bevor eine Leitung überlastet ist. Ein Beispiel: Besteht an



»Systeme, die mit künstlicher Intelligenz arbeiten, werden uns helfen, die Herausforderungen der Energiewende zu bewältigen.«

NIKLAS SCHMACK,  
Leiter Erneuerbare Energien und  
Handelsaktivitäten

windreichen Tagen das Risiko, dass zu viel Strom durch eine Leitung fließen könnte, greifen die Systemführer\*innen in die Fahrpläne von Erzeugungsanlagen ein: Windparks, die vor einem drohenden Engpass liegen, werden heruntergeregelt. Kraftwerke hinter dem Engpass erhöhen ihre Einspeisung im gleichen Umfang.

Das Modell der „kurativen“ Systemführung sieht dagegen vor, erst dann aktiv zu werden, wenn eine Leitung tatsächlich überlastet ist, um dann aber automatisch sehr schnell zu reagieren. Versuche zeigen: Betriebsmittel im Netz lassen sich kurzzeitig höher auslasten. Wenn innerhalb dieser Zeit Maßnahmen ergriffen werden können, wird der Einsatz von Redispatch reduziert, ohne dass es zu Schäden im Netz kommt. „Kurative und präventive Maßnahmen sollen zukünftig ineinandergreifen und sich ergänzen“, sagt Thomas Schneider, Experte für kurative Systemführung bei Amprion.

#### Dezentrale Netzbooster

Für den kurativen Einsatz eignen sich zum Beispiel sogenannte Netzbooster: Batteriespeicher, die große Mengen Strom aufnehmen, vorhalten und in kürzester Zeit ins Netz einspeisen können. „Sie bilden eine Art Sicherheits-

**»Kurative und präventive Maßnahmen sollen zukünftig ineinandergreifen und sich ergänzen.«**

**THOMAS SCHNEIDER,**  
Experte für kurative Systemführung



**»HGÜ-Verbindungen haben den Vorteil, dass sich Strom verlustarm über weite Distanzen transportieren lässt. Außerdem lassen sich die Leistungsflüsse hervorragend steuern.«**

**DR. MAXIMILIAN SCHNEIDER,**  
Experte für Prozesse zur Engpassbehebung

reserve im Übertragungsnetz“, so Schneider. Ihr Trumpf ist die Geschwindigkeit: Netzbooster können im Gegensatz zu konventionellen Kraftwerken innerhalb von wenigen Sekunden einspringen und Abnehmer hinter einem Netzengpass mit Energie versorgen. Amprion hat das Netzbooster-Konzept weiterentwickelt: Statt eines zentralen Batteriespeichers kommen nun mehrere dezentrale, modulare Speicher zum Einsatz. Sie lassen sich an wichtigen Stellen in die Verteilnetze integrieren und können in beiden Netzebenen zur Systemstabilität beitragen. Dieses Modell eines dezentralen Netzboosters verfolgt Amprion mit E.ON in der Region Bayerisch-Schwaben.

#### Verbindungen mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung

Ein weiteres innovatives Werkzeug werden Verbindungen mit Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) darstellen, die Amprion im ansonsten mit Wechselstrom betriebenen Verbundnetz ausbaut. Ein Beispiel ist Ultratnet, die neue Gleichstrom-

verbindung zwischen Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg. „HGÜ-Verbindungen haben den Vorteil, dass sich Strom verlustarm über weite Distanzen transportieren lässt. Außerdem lassen sich die Leistungsflüsse hervorragend steuern“, sagt Dr. Maximilian Schneider, Experte für Prozesse zur Engpassbehebung. Das mache die Systemführung insgesamt flexibler. Wechselstromverbindungen bieten diesen Vorteil nicht.

All diese Innovationen machen eine Systemführung der nächsten Generation aus. „Wir entwickeln unsere Fähigkeiten permanent weiter“, sagt Amprion-CTO Dr. Hendrik Neumann. „So versetzen wir uns in die Lage, das klimaneutrale Energiesystem der Zukunft koordiniert zu führen.“ Auch die Amprion-Hauptschaltleitung in Brauweiler sei darauf ausgerichtet (siehe Seite 22). „Jede Innovation bringt uns diesem Ziel näher.“

Leistungsprognosen zur Einspeisung erneuerbarer Energien, eine kurative Systemführung, dezentrale Netzbooster und neue Gleichstromverbindungen sind nur einige Beispiele für Innovationen in Netzbetrieb und Systemführung. Sie bringen Amprion dem Ziel näher, das klimaneutrale Energiesystem der Zukunft koordiniert führen zu können.

# NOCH FRAGEN? KONTAKT

## SPRECHEN SIE UNS AN:

Amprion GmbH  
Robert-Schuman-Straße 7  
44263 Dortmund

Kostenlose Info-Hotline:  
0800 58952474

## SO FINDEN SIE UNS:



## IMPRESSUM

**HERAUSGEBER**  
Amprion GmbH  
Telefon 0231 5849-14109  
E-Mail info@amprion.net

**KONZEPTION UND GESTALTUNG**  
3st kommunikation GmbH,  
Mainz

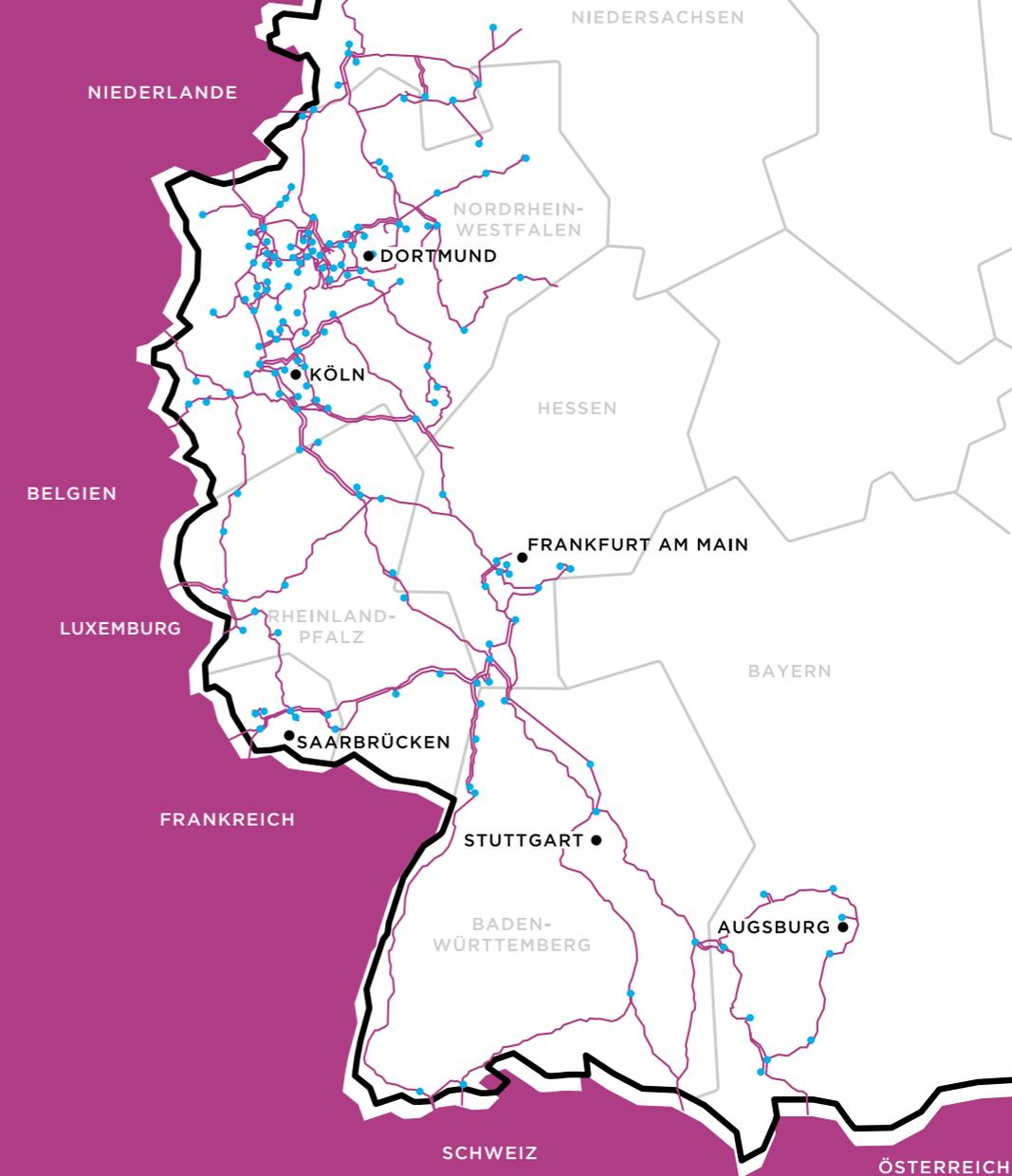
**REDAKTIONSLEITUNG**  
Heimo Fischer, Volker Göttsche,  
Lillia Makovii, Teresa Paus,  
Solveigh Wright

**FOTOS**  
Amprion GmbH (S. 21)  
Matthias Heidemann (S. 2-3)  
Dr. Matthias Livrozet (S. 22-23  
Ausklapper links)  
Marcus Pietrek (Titel, S. 22-23  
Ausklapper Screen und Porträt,  
Rücktitel)  
Frauke Schumann (S. 6-7, 10-11, 18-19)  
Daniel Schumann (U2, S. 4-5, 17, 20,  
29, 30 oben, S. 32, 33)  
Julia Sellmann (S. 1, 8-9, 15,  
30 mittig und unten, 34)

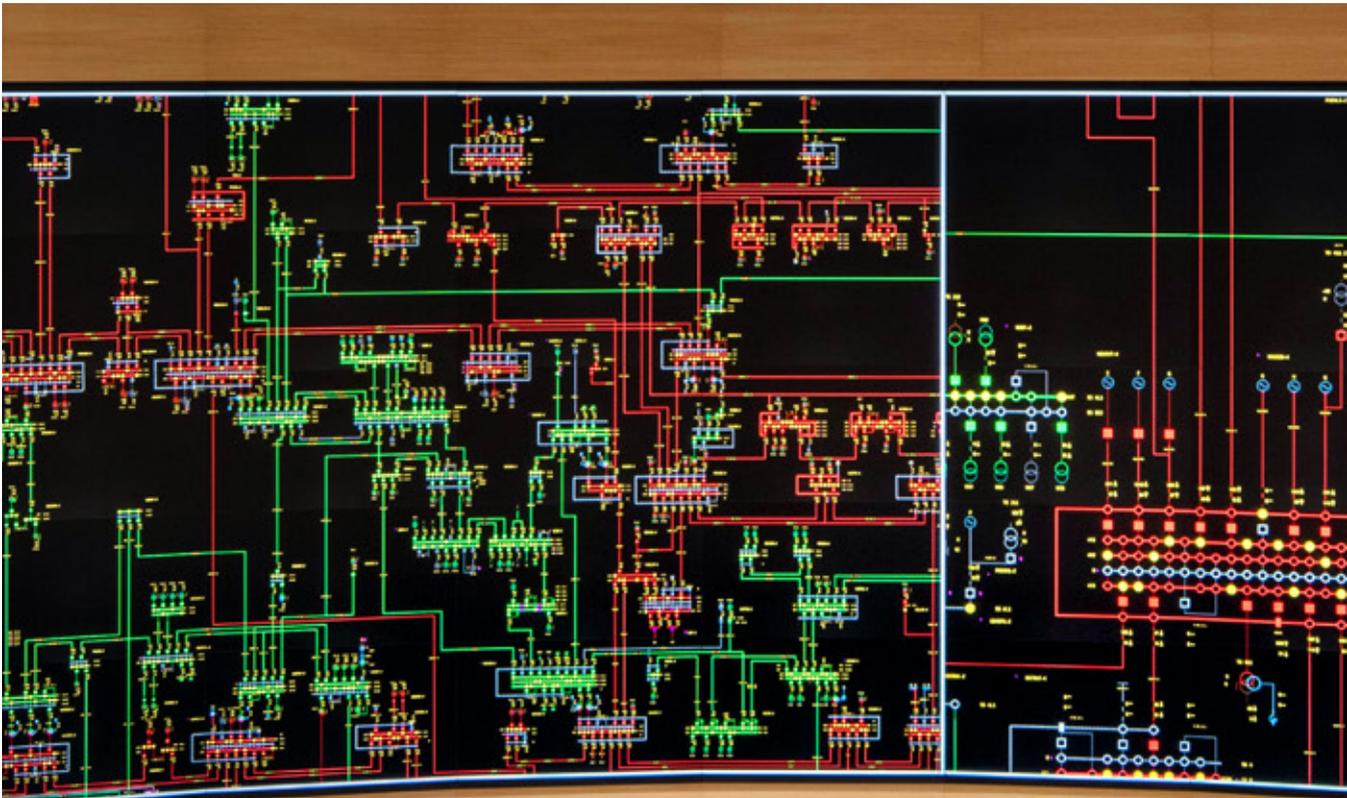
**DRUCK**  
Woeste, Essen



# DAS AMPRION- NETZ



- Leitungen
- Umspannanlagen



**Amprion GmbH**  
Robert-Schuman-Straße 7  
44263 Dortmund

Dezember 2023