



Quelle: Fotolia/AnwarulBrah

Energieszenarien 2050 der Rheinischen Netzgesellschaft

# Langfristige Entwicklung der Versorgungsaufgaben für Strom, Gas und Wärme

Für ein effizientes und zielgerichtetes Assetmanagement der Energienetze ist eine konkrete Vorstellung über die künftigen Versorgungsaufgaben für Strom, Gas und Wärme notwendig. Wie sich diese bis zum Jahr 2050 im Netzgebiet der Rheinische Netzgesellschaft (RNG) entwickeln, hat das Unternehmen zusammen mit E-Bridge Consulting analysiert. Damit steht eine quantitativ und qualitativ hochwertige Entscheidungsgrundlage für künftige Investitionsentscheidungen zur Verfügung.

Die Energiewende ist in vollem Gange – die politischen Ziele der Bundesregierung sind ambitioniert: So sollen Treibhausgasemissionen und Primärenergieverbrauch reduziert, der Anteil des aus erneuerbaren Energien erzeugten Stroms am Bruttostromverbrauch gesteigert und die Strommenge aus Kraft-Wärme-Kopplung erhöht werden. Die Energiewirtschaft wird jedoch nicht nur von politischen Vorgaben beeinflusst, sondern auch durch technische und gesellschaftliche Trends wie die Digitalisierung. Für ein effizientes, sicheres und langfristiges Assetmanagement ist in diesem komplexen Kontext eine konkrete Vorstellung über die künftigen Versorgungsaufgaben

für Strom, Gas und Wärme notwendig. Die Rheinische Netzgesellschaft (RNG) hat sich mit Unterstützung von E-Bridge Consulting dieser Aufgabe angenommen und Energieszenarien für das vor allem städtisch, aber auch ländlich geprägte Netzgebiet im Jahr 2050 entwickelt.

## Politische, technische und gesellschaftliche Entwicklungen greifbar machen

Ziel der Studie »Energieszenarien 2050 – Langfristige Entwicklung der Energielandschaft auf Basis politischer, technologischer und gesellschaftlicher Veränderungen« war die Erarbeitung

einer quantitativ und qualitativ hochwertigen Entscheidungsgrundlage für das Assetmanagement, vor allem für die strategische Netzplanung und die Betriebsmittelstrategie. Der Blick in das Jahr 2050 ist dabei notwendig, um die fundamentalen Entwicklungen der Versorgungsaufgabe bewerten zu können. Im Bereich der Netzinfrastruktur ist das Betrachtungsjahr 2050 sinnvoll, da Investitionszyklen sehr lange sind und technische Nutzungsdauern für primärtechnische Netzbetriebsmittel teilweise mehr als 50 Jahre betragen.

Es wurden vier alternative Szenarien für die Energielandschaft 2050 entwickelt, die die wichtigsten Unsicherheiten der

politische Entwicklungen		technische Entwicklungen		gesellschaftliche Entwicklungen	
1 Dekarbonisierung	2 Versorgungssicherheit	4 Digitalisierung und Vernetzung	5 Elektrifizierung	10 neue Mobilitätsmuster	11 Wandel der Arbeitswelt
3 Kosteneffizienz		6 Speicher	7 lokale Erzeugung	12 Urbanisierung	13 Kommunalisierung und Autarkie
		8 Konvergenz von Technologien	9 ubiquitäre Intelligenz	14 demografischer Wandel	15 Individualisierung

Bild 1. Die 15 Treiber für Veränderungen der Energielandschaft im Netzgebiet der RNG

künftigen politischen, technischen und gesellschaftlichen Entwicklungen für die RNG abbilden.

### Treiber für Veränderungen im Netzgebiet der RNG bis 2050

Die Energielandschaft wird sich langfristig sehr stark wandeln. Dabei bestimmen nicht nur politische und technische Treiber die Entwicklungen, auch gesellschaftliche Trends gewinnen zunehmend an Relevanz. Doch was sind die relevanten Entwicklungen für die künftige Energielandschaft? Um diese Frage zu beantworten, wurden Megatrends und deren Einfluss auf die Energielandschaft der Zukunft analysiert (Bild 1).

#### Politische Entscheidungen

Die bisher größten Veränderungen in der Energielandschaft beruhen auf

politischen Entscheidungen. Beispiele hierfür sind die Förderung von Erneuerbare-Energien-Anlagen über Einspeisevergütungen und der Kernenergieausstieg. Auch künftig werden politische Entscheidungen im Spannungsfeld zwischen Dekarbonisierung, Versorgungssicherheit und Kosteneffizienz einen großen Einfluss auf die Zukunft des Energiesystems haben.

#### Technische Entwicklungen

Doch auch die technische Entwicklung ist rasant. Sie wird teilweise auch ohne ordnungspolitische Entscheidungen die Energielandschaft verändern. Die Digitalisierung und Vernetzung ermöglicht eine intelligente Steuerung von Einspeisung, Speicherung und Lasten. Diese kann sowohl von Kunden genutzt werden, um die Strombezugskosten zu reduzieren, ermöglicht

aber auch ein Engpassmanagement für Netzbetreiber. Mit der Digitalisierung einher geht der Trend der Elektrifizierung – auch unabhängig von politischen Vorgaben in Bezug auf die Dekarbonisierung –, denn die Elektrifizierung eignet sich besonders gut zur Steuerung komplexer Systeme und erhöht den Komfort. Die Elektrifizierung wird durch enorme Preisdegressionen bei Batteriespeichern und PV-Anlagen gefördert, sodass die Elektrifizierung häufig mit Speichern und lokaler Erzeugung einhergeht und Möglichkeiten zur lokal autarken Stromversorgung schafft. Eine ubiquitäre Intelligenz, das heißt die Allgegenwärtigkeit von Sensoren und intelligenten Algorithmen auch in Alltagsgegenständen, beeinflusst ebenfalls die Art und Weise, wie Energie erzeugt, gespeichert und verbraucht wird, denn Sensoren

Anzeige

Smart Energy & Power Quality Solutions

# Energie sichtbar machen



Besuchen Sie uns auf der  
E-world in Essen  
05 - 07. Februar 2019  
Halle 5, Stand 202



### 3-in-1 Monitoring-System: EnMS + PQ + RCM

- Reduktion von Energiekosten
- Sicherheit der Energieversorgung
- Schnellere Fehleridentifikation
- Präventiver Brandschutz
- Minimaler Aufwand für DGUV V3





# Janitza®

[www.janitza.de](http://www.janitza.de)





Bild 2. Methodischer Ansatz der Analyse

und Algorithmen führen dazu, dass die Zeitgleichheit des Stromverbrauchs tendenziell steigt<sup>1</sup>.

**Gesellschaftliche Entwicklungen**

Auch gesellschaftliche Entwicklungen verändern die Art, Höhe und Zeit des Energieverbrauchs. Diese Veränderung ist in langfristigen Energieszenarien zu berücksichtigen. Technologische Entwicklungen ermöglichen

einen Wandel der Arbeitswelt mit flexiblen Arbeitszeiten und Arbeitsorten. Energieintensive Pendlerströme sind künftig nicht mehr in einem solchen Umfang nötig, wie wir sie heute kennen. Trotz dieser zunehmenden Unabhängigkeit vom Arbeitsort in der Stadt ist der Trend der Urbanisierung weiterhin deutlich – hier bestimmt der angestrebte Lifestyle die Entwicklung. Lokale Erzeugungs- und Speichereinrichtungen ermöglichen den gesellschaftlichen Willen zur Autarkie im Bereich der Energieversorgung. Die

demografische Entwicklung führt zu einer immer älter werdenden Bevölkerung, die jedoch in Bezug auf Lebens- und Arbeitsmodelle individueller und differenzierter ist als heute.

**Methodischer Ansatz zur Analyse künftiger Entwicklungen**

Um zu analysieren, was die genannten Entwicklungen für die Energielandschaft 2050 der RNG bedeuten, wurde ein Vorgehen in drei Schritten gewählt (Bild 2).

<sup>1</sup> E-Bridge: Sichere und effiziente Koordination von Flexibilitäten im Verteilnetz. 2017.





	1	2	3	4
	Szenario »Dekarbonisierung mit synthetischem Gas«	Szenario »Dekarbonisierung durch Elektrifizierung«	wahrscheinlichstes Szenario »Vernetzung und gesell- schaftliche Veränderung«	Szenario »regionale Autarkie«
				
E-Mobility	40 % PKW, ÖPNV	80 % PKW, ÖPNV	85 % PKW, ÖPNV	100 % PKW, ÖPNV
Power-to-Heat	10 % HH	70 % HH	75 % HH	85 % HH
PV	15 % Dachfläche	25 % Dachfläche	30 % Dachfläche	100 % Dachfläche
Speicher	30 % aller PV-Anlagen	65 % aller PV-Anlagen	30 % aller PV-Anlagen	100 % aller PV-Anlagen
Effizienz	15 %	15 %	15 %	15 %
Flexibilität	bedarfsorientierter Verbrauch	bedarfsorientierter Verbrauch	intelligent gesteuerter Verbrauch	intelligent gesteuerter Verbrauch
Gesellschaft	-	-	Homeoffice Carsharing	Homeoffice Carsharing

Bild 3. Szenarien der Energielandschaft 2050

Zunächst wurden in **Schritt 1** die künftigen Treiber und Veränderungen der Energielandschaft in Bezug auf deren konkreten Einfluss auf Erzeugung und Nachfrage von Strom, Gas und Wärme analysiert und quantifiziert. Um das Spektrum der wichtigsten Entwicklungen analysieren zu können, wurden vier Szenarien der Energielandschaft 2050 entwickelt. Anschließend wurde in **Schritt 2** die Energielandschaft 2050 im Netzgebiet der RNG detailliert modelliert und simuliert. Höhe, Zeit und Ort der künftigen Nachfrage nach Strom, Gas und Wärme wurden für 106 Gemarkungen im Netzgebiet berechnet.

Im Rahmen der Studie wurde ein Modellierungswerkzeug entwickelt, mit dem die Szenarien und der Einfluss einzelner Treiber simuliert werden können (**Bild 5**). Auf Basis dieser Simulationen konnten in **Schritt 3** Schlussfolgerungen für die langfristige Entwicklung der Netzinfrastruktur gezogen werden. Die regionalen Energieverbräuche und vor allem Leistungsspitzen des Strom- und Gasverbrauchs sind wichtiger Input für das Assetmanagement.

#### Szenarien für die Energielandschaft 2050 im Netzgebiet der RNG

Die vier Szenarien für die Energielandschaft 2050 bilden die wichtigsten Auswirkungen der politischen, gesellschaftlichen und technischen Entwicklungen ab (**Bild 3**).

**Szenario 1:** Dekarbonisierung mit synthetischem Gas: In Power-to-Gas-Anlagen mit Strom aus erneuerbaren Energien erzeugtes synthetisches Gas steht zur Verfügung, sodass eine umfassende

Elektrifizierung der Wärmeerzeugung im Haushaltsbereich kaum und im Mobilitätssektor nur moderat stattfindet.

**Szenario 2:** Dekarbonisierung durch Elektrifizierung: Hoher Grad der Elektrifizierung von Mobilität und Wärmeerzeugung.

**Szenario 3:** Vernetzung und gesellschaftliche Veränderung: Neue innovative technische Entwicklungen mit Möglichkeiten der Vernetzung und Digitalisierung führen zu gesellschaftlichen Veränderungen mit Rückwirkungen auf das Verbraucherverhalten von Strom, Gas und Wärme.

**Szenario 4:** Regionale Autarkie: Analyse der Möglichkeit lokaler Autarkie auf Basis einer intelligenten Vernetzung von Stromerzeugung, -speicherung und -verbrauch im Netzgebiet der RNG.

Die Grundannahme für das Szenario 3 ist, dass die Digitalisierung neue Möglichkeiten der Vernetzung schafft, die zu einer höheren Gleichzeitigkeit bei einer intelligenten Nutzung der Flexibilität neuer Anlagen führen können. Der Wille und die Offenheit der Gesellschaft gegenüber neuen technischen Möglichkeiten im Zuge der Digitalisierung führen zu Verhaltensänderungen: neue Mobilitätsmuster (Carsharing) werden umfassend genutzt, ein Wandel der Arbeitswelt hin zu mehr Homeoffice findet statt. Gesellschaftliche und technische Entwicklungen verstärken sich gegenseitig, sodass im Jahr 2050 eine höhere Durchdringung mit E-Fahrzeugen, elektrischen Wärmelösungen und PV-Anlagen zu erwarten ist. Synthetisches Gas wird ein weiterer wich-

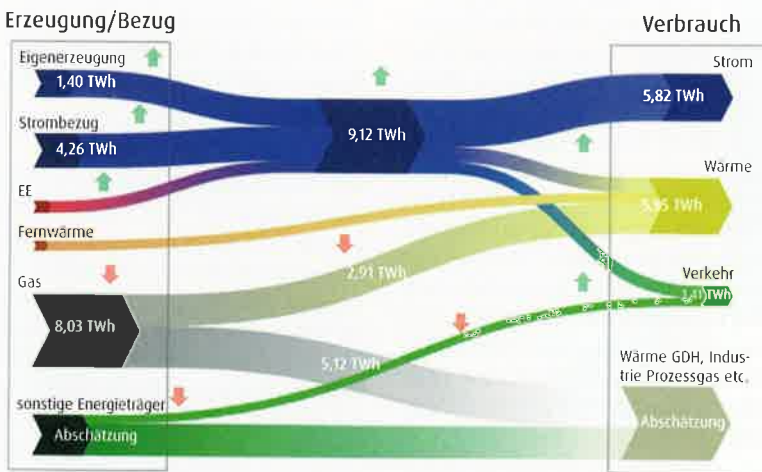


Bild 4. Energiebilanz im Netzgebiet der RNG im Jahr 2050 (Szenario 3 »Vernetzung und gesellschaftliche Veränderung«)



## Plattform für Asset Management und Diagnose von elektrischen Betriebsmitteln

Zusammen mit unserem Expertennetzwerk aus der Forschung, von Energieversorgern, Industriebetrieben, Dienstleistern und Herstellern bieten wir Ihnen mit der **OMICRON Diagnosewoche** eine ideale Plattform für Themen wie:

- > Instandhaltungsstrategien
- > Zustandsbewertung von Betriebsmitteln
- > Kosteneffiziente Wartungsstrategien
- > Analyse der Daten von Ihren Betriebsmitteln und Nutzung dieser Daten
- > Lebenszykluskostenbetrachtung der Betriebsmittel
- > Diagnose von elektrischen Betriebsmitteln

Nutzen auch Sie die Gelegenheit und diskutieren Sie Ihre Fragen auf der **OMICRON Diagnosewoche vom 25.–28. Februar 2019 in Lindau.**

Mehr Informationen finden Sie unter [www.omicronenergy.com/dw19](http://www.omicronenergy.com/dw19)



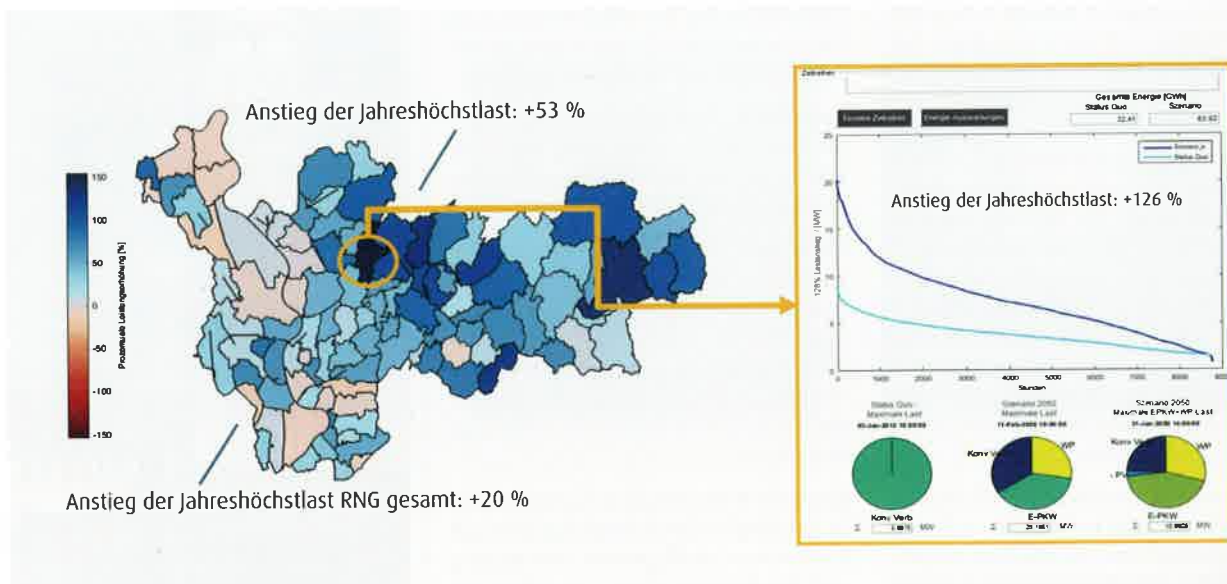


Bild 5. Anstieg der Jahreshöchstlast je Gemarkung bis zum Jahr 2050

tiger Baustein in der Energielandschaft der Zukunft sein und das Erreichen der politischen Ziele sicherstellen. Aus diesen Gründen erwartet die RNG für das Netzgebiet eine Entwicklung, die ähnlich ausgeprägt ist wie in Szenario 3.

Die heutige Energiebilanz im betrachteten Gebiet der RNG zeichnet sich durch einen hohen Energieverbrauch aus. Eine Kopplung der Sektoren findet nur in geringem Umfang statt. Der Strombedarf wird heute durch Stromerzeugung aus Gaskraftwerken (rund 55 %) und durch Strombezug aus überlagerten Netzebenen (45 %) gedeckt. Strom aus erneuerbaren Energien deckt weniger als 1 % des Strombedarfs. Der Wärmebedarf in Haushalten wird zu rund 60 % über Gas, zu rund 15 % über Fernwärme und zu rund 25 % über sonstige Energieträger gedeckt. Elektrische Wärmelösungen decken weniger als 1 % des Wärmebedarfs. Der Energiebedarf des Verkehrssektors (Pkw, ÖPNV) wird nahezu ausschließlich mit fossilen Kraftstoffen gedeckt (Bild 4).

Künftig wird die Kopplung der Sektoren Strom, Wärme und Verkehr deutlich zunehmen. Die Energiebilanz im Jahr 2050 zeichnet sich durch folgende maßgebliche Änderungen aus:

- Der Strombezug im Netzgebiet steigt deutlich an (um rund 35 %) – trotz Effizienzgewinnen im konventionellen Stromverbrauch.
- Die Einspeisung aus Erneuerbare-Energien-Anlagen steigt an, vor allem durch PV-Anlagen. Allerdings wird damit weiterhin nur ein kleiner Teil des Strombedarfs im Netzgebiet gedeckt (rund 15 %).

- Der Import sonstiger Energieträger wie Öl nimmt deutlich ab. Vor allem im Bereich der Mobilität werden sie durch Strom und synthetisches Gas ersetzt.
- Die Wärmeversorgung in den Haushalten basiert auf drei Versorgungsarten: elektrische Wärmepumpen, Fernwärme aus Kraftwerken mit Kraft-Wärme-Kopplung, effiziente Gas-Brennwertkessel für synthetisches Gas.
- Gas bleibt auch im Jahr 2050 ein wichtiger Baustein für den Gewerbe- und Industriebedarf – trotz hoher Elektrifizierung im Bereich Wärmeversorgung und Verkehr.

Noch deutlicher als die Energiebilanzen werden sich die für die Netzdimensionierung relevanten Jahreshöchstlasten wandeln – besonders auf lokaler Ebene.

Vor allem der gleichzeitige Stromverbrauch von Elektrofahrzeugen und Wärmepumpen führt zu einem Anstieg der Jahreshöchstlast – auf regionaler Ebene der Gemarkungen um bis zu 150 % (Bild 5). In den Netzgebieten (Gemarkungen), in denen Wärmeerzeugung strukturbedingt nicht durch Stromanwendungen ersetzt wird, zum Beispiel industrielle Gemarkungen, ist der Anstieg der Jahreshöchstlast geringer. Den Simulationen zur Folge ist die Jahreshöchstlast (analog zu heute) in den Wintermonaten zu erwarten. Für das gesamte Netzgebiet ergibt sich in der Zusammenfassung der einzelnen Gemarkungen jedoch nur ein Anstieg der Jahreshöchstlast von 20 %.

Die digitale Vernetzung hat ebenfalls einen deutlichen Effekt auf die zu erwartenden Jahreshöchstlasten im Netzgebiet. Im Rahmen der Studie wurden die

technisch möglichen Flexibilitäten von Haushalten, Industrie, Wärmepumpen, E-Pkw, Kleinspeichern und Einspeisungen lokal aggregiert. Durch eine Zeitreihenanalyse konnte die maximale Veränderung der Jahreshöchstlast abgeleitet werden. Durch die verteilte Flexibilität im Netz kann die Jahreshöchstlast um bis zu 40 % netzdienlich vermindert werden – allerdings auch um bis zu weitere 30 % gesteigert werden, wenn die neuen Anlagen eine hohe Gleichzeitigkeit aufweisen. Je nach Art der Steuerung kann somit der Netzausbaubedarf im Stromnetz durch eine intelligente Vernetzung reduziert oder gar erhöht werden.

### Erwartete Auswirkungen der Szenarien auf die Netzstruktur

Die Szenarien zeigen insgesamt ein breites Spektrum an künftigen Entwicklungen auf. Nichtsdestotrotz lassen sich Gemeinsamkeiten hinsichtlich der zu erwartenden Auswirkungen auf die Struktur des Strom-, Gas- und Fernwärmenetzes feststellen.

#### Stromnetz

Mit Ausnahme von Szenario 1 (»Dekarbonisierung mit synthetischem Gas«) werden in allen Szenarien starke Anstiege der Jahreshöchstlast in vielen Gemarkungen des Netzgebiets erwartet. Diese können bis zu 150 % im Vergleich zur heutigen Jahreshöchstlast betragen und werden vor allem durch die Zeitgleichheit der elektrischen Last von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen getrieben. Durch die Nutzung von Flexibilitäten könnte im günstigsten Fall die Jahreshöchstlast um bis zu 40 % reduziert und damit Netzausbau vermieden werden.

**Gasnetz**

Das Gasnetz wird langfristig ein wichtiger Bestandteil des Energieversorgungssystems sein. Auch wenn die Elektrifizierung der Haushaltswärmeerzeugung teilweise zu einem Rückgang in diesem Netzbereich führt, so werden Heizlösungen mit Energieträgern wie Öl durch effiziente Brennwertkessel ersetzt werden. In Szenario 2 (»Dekarbonisierung mit Elektrifizierung«) wird der Gasverbrauch um rund 35 % zurückgehen, wenn der Anteil elektrischer Heizungen hoch ist. Allerdings besteht im Bereich von Gewerbe, Handel und Dienstleistung sowie in der Industrie auch langfristig Bedarf an Gas, sodass auch künftig eine Gasinfrastruktur notwendig ist. In Szenario 1 (»Dekarbonisierung mit synthetischem Gas«) ist auch langfristig ein Gasbedarf in der heutigen Größenordnung zu erwarten.

**Fernwärmenetz**

Das Fernwärmenetz wird ebenfalls einen wichtigen Bestandteil der Energieinfrastruktur darstellen. Effiziente

Kraft-Wärme-Kopplung ist nach Plänen der Bundesregierung auch langfristig ein Baustein des Energiesystems. In allen Szenarien wird zumindest ein Fortbestand der heutigen Fernwärmenetzinfrastruktur angenommen.

**Schlussfolgerungen und Ausblick**

Der Blick in die Zukunft ist immer mit Unsicherheiten behaftet. Technologien entwickeln sich exponentiell und nicht linear und gerade heute stellen sowohl technologische als auch gesellschaftliche Megatrends ganze Branchen in kürzester Zeit auf den Kopf. Vor allem die Digitalisierung der Energielandschaft wird von disruptiven Entwicklungen begleitet, die das Potenzial haben, unser heutiges Bild von der Energiewende umfassend zu verändern. Der Megatrend der ubiquitären Intelligenz wird alle Sektoren nachhaltig verändern und noch ungeahnte Entwicklungen hervorbringen.

Die Analysen zeigen, dass diese Veränderungen vor allem lokal zu sehr hohen

Belastungen des Stromnetzes führen können. Daher ist eine entsprechende Netzverstärkung vorausschauend zu planen. Doch auch auf das Gas- und Fernwärmenetz kann künftig im Netzgebiet der RNG nicht vollständig verzichtet werden.

>> Dr. **Ulrich Groß**,  
Rheinische Netzgesellschaft mbH, Köln

Dr. **Henning Schuster**,  
E-Bridge Consulting, Bonn

**Sigrid Plötz**,  
Rheinische Netzgesellschaft mbH, Köln

**Ann-Kathrin SchlöBer**,  
Rheinische Netzgesellschaft mbH, Köln

**Sara Rodriguez**,  
E-Bridge Consulting, Bonn

**Aileena Helmer**,  
E-Bridge Consulting, Bonn

>> [hshuster@e-bridge.com](mailto:hshuster@e-bridge.com)

>> [www.e-bridge.de](http://www.e-bridge.de)  
[www.rng.de](http://www.rng.de)

Anzeige

## Wir kümmern uns drum.

Innovative Technik. Hohe Standards. Regionale Servicestützpunkte. Das ist die Netze BW GmbH, das größte Netzunternehmen für Strom, Gas und Wasser in Baden-Württemberg. Wir schaffen sichere und effiziente Verbindungen zwischen Kraftwerken und über drei Millionen Haushalten, Gewerbe- und Industriebetrieben. Jeden Tag. Auch in Zukunft. Dabei setzen wir auf engagierte Ingenieure, Techniker und Meister (w/m/d), die gemeinsam mit uns die Netzlandschaft von morgen entwickeln: vom intelligenten Ausbau über den effizienten Betrieb bis hin zur Integration der erneuerbaren Energien. In einem Arbeitsumfeld, in dem Wertschätzung und Entwicklung großgeschrieben werden.

Seien Sie dabei. Und entdecken Sie spannende Zukunftsperspektiven bei der Netze BW.

[www.netze-bw.de](http://www.netze-bw.de)

