

Strategie für eine sichere Stromversorgung in Bayern

Gesicherte Leistung mit smarten Lösungen

Der Industriestandort Bayern braucht eine sichere Stromversorgung. Allerdings nimmt die sichere Erzeugung durch Stilllegung von Kraftwerken ab, während gleichzeitig der Strombedarf steigt. Die Kraftwerksstrategie der Bundesregierung wird durch eine Ausschreibung von wasserstofffähigen Gaskraftwerken zusätzliche Kapazität auch in Bayern sicherstellen. Dennoch braucht es weitere Maßnahmen, um die Versorgungssicherheit zu gewährleisten. Dezentrale Lösungen im Verteilnetz können hier einen wichtigen Beitrag leisten.

Von **Matthias Löhlein, Dr. Andreas Kießling, Alexander Jäger** und **Abraham Pfeiffer**, Bayernwerk AG, sowie **Dr. Henning Schuster** und **Dr. Henrik Schwaeppe**, E-Bridge Consulting GmbH

Zwei Trends führen zusammen dazu, dass die Versorgungssicherheit in Bayern durch eine Lücke an gesicherter Leistung kritischer wird. Mit dem Ausstieg aus Kern- und Kohlekraft sinkt laut den Monitoringberichten zum einen die Anzahl an Kraftwerken und damit die verfügbare, gesicherte Erzeugungsleistung in Bayern von 11,1 GW in 2020 auf 7,1 GW in 2030. 2023 ist in Bayern das letzte Kernkraftwerk außer Betrieb gegangen. Bis 2030 werden außerdem weitere Kohle- und Ölkraftwerke vom Netz gehen. Ein Beispiel dafür ist das Kraftwerk Zolling (Steinkohle 472 MW), welches 2027 außer Betrieb genommen wird.

Zum anderen erhöhen neue Verbraucher wie Wärmepumpen und Elektroautos, aber auch elektrifizierte Prozesse in der Industrie, die residuale Jahreshöchstlast von 9,4 GW in 2020 auf 14 GW in 2030 (die residuale Jahreshöchstlast berücksichtigt bereits die Einspeisung volatiler erneuerbarer Energien.)

Bayerische Industrie braucht gesicherte Leistung

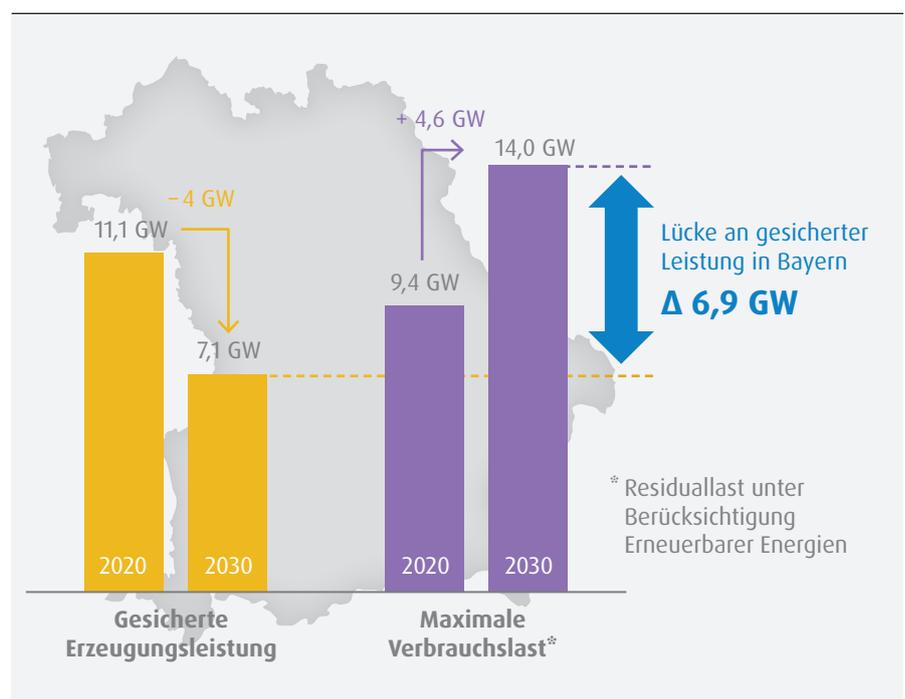
Im Jahr 2030 ergibt sich dadurch eine Lücke an gesicherter Leistung in Bayern von 6,9 GW (Abb. 1). Diese wird sich weiter vergrößern, wenn nicht gehandelt wird. Gerade für den Industriestandort Bayern ist Versorgungssicherheit ein

wichtiger Faktor. Bis 2030 sind es aber nur noch 300 Wochen. Die Abnahme an gesicherter Leistung muss daher thematisiert werden.

Auch auf Bundesebene wird über das Thema Versorgungssicherheit diskutiert. Eine Reaktion auf die zu erwartende

deutschlandweite Lücke an gesicherter Leistung ist die Kraftwerksstrategie der Bundesregierung. Ein Bestandteil der Strategie ist die schrittweise Ausschreibung von 12,5 GW Kapazität von wasserstofffähigen Großkraftwerken sowie 500 MW Langzeitspeichern. Laut dem „Gutachten für den Monitoringbe-

01 Entwicklung gesicherter Erzeugungsleistung, Verbrauchslast und Lücke an gesicherter Leistung in Bayern 2020 bis 2030



richt 2022 zur Versorgungssicherheit mit Strom“ werden bis 2031 jedoch bis zu 22 GW Kraftwerke gebraucht. Ergänzend zu wasserstofffähigen Großkraftwerken müssen dabei dezentrale Lösungen im Verteilnetz einen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten.

Gesicherte Leistung durch smarte dezentrale Lösungen

Die Energiewende findet vor Ort und im Verteilnetz statt. Hier finden sich als Ergänzung zu den wasserstofffähigen Großkraftwerken eine Vielzahl von dezentralen Erzeugungsanlagen und Speichern. Sie können zusammen mit steuerbaren Verbrauchern im Falle einer Dunkelflaute regional gesicherte Leistung bereitstellen (Abb. 2). Solche dezentralen Lösungen bieten gleich mehrere Vorteile. Erstens lassen sie sich schnell umsetzen und bieten regionale Wertschöpfung. Zweitens steigern sie die lokale Resilienz gegen krisenhafte Ereignisse und drittens sind sie kosteneffizient, insbesondere, wenn sie mit der kommunalen Wärmewende verknüpft sind.

Flexumer einbinden

Heim- und Gewerbespeicher sowie Elektroautos sind ohnehin verfügbare Kapazitäten von Flexumern, die bisher noch nicht für die Versorgungssicherheit nutzbar sind. Mit einer smarten Vernetzung bietet die Vielzahl an Anlagen ein hohes Potenzial. Vorteile von Flexumer-Lösungen sind die lokale Wirkung und die geringen Investitionskosten.

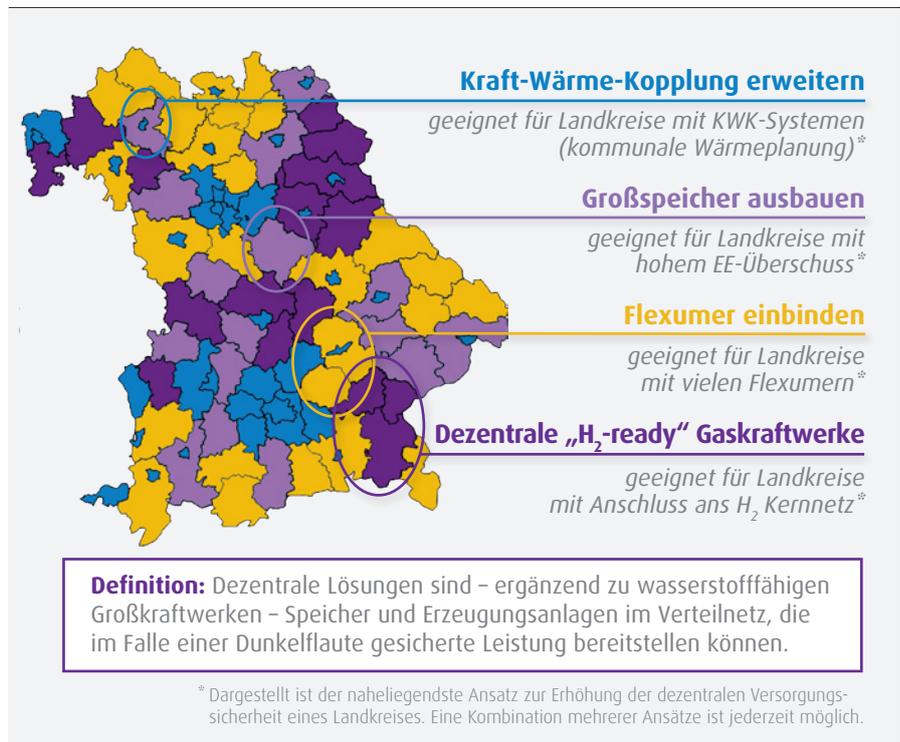
Großspeicher ausbauen

Großspeicher können dazu beitragen, überschüssige Energie aus Erneuerbaren zu speichern und bei hohem Bedarf zurückzuspeisen. Selbst in einer Dunkelflaute können Speicher durch konventionelle Kraftwerke in bezugsschwachen Phasen geladen werden und Lastspitzen abdecken. Speicher können sowohl Großbatterien als auch Elektrolyseure mit der Möglichkeit einer Wasserstoffspeicherung und Rückverstromung sein.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) erweitern

Lokale Kraft-Wärme-Kopplungs-Kraftwerke können einen zusätzlichen Beitrag zur Versorgungssicherheit leisten, wenn sie im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung überdimensioniert und

02 Lokale Eignung dezentraler Lösungen zur Versorgungssicherheit in Bayern



damit flexibilisiert werden. Bislang wurden KWK-Anlagen so ausgelegt, dass sie eine möglichst hohe Volllaststundenzahl erreichen. Würden die Anlagen größer ausgelegt, würden sie seltener betrieben, könnten aber bedarfsgerecht (elektrische) gesicherte Leistung zur Verfügung stellen – auch in einer Dunkelflaute. Um die Wärmeversorgung weiterhin sicherzustellen, sind Wärmespeicher eine gute Option.

Dezentrale „H₂-ready“ Gaskraftwerke

Kleine Wasserstoffkraftwerke mit einer Leistung von etwa 25 MW auf Landkreisebene wären einfacher ins Energiesystem zu integrieren. Planungs- und Bauzeiten wären deutlich kürzer als Genehmigungsverfahren und Umsetzungszeiträume bei Großkraftwerken. Auf der anderen Seite benötigen diese natürlich einen Anschluss an ein Wasserstoffnetz oder einen Wasserstoffspeicher.

Kaum ein Landkreis ohne Handlungsbedarf

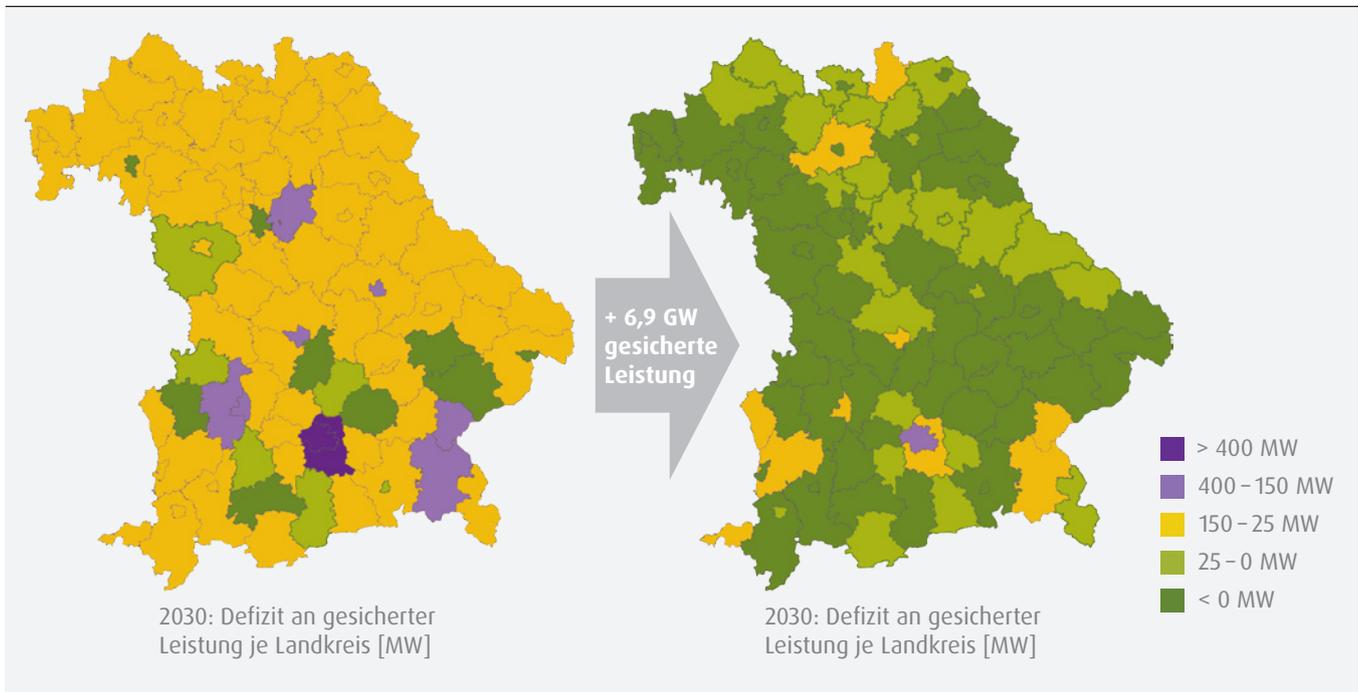
Eine Simulation zeigt, dass kaum ein Landkreis im Jahr 2030 über ausreichend gesicherte Leistung verfügt, wenn keine zusätzlichen Maßnahmen erfolgen und auch dezentrale Lösungen zur Versorgungssicherheiten in Bayern umgesetzt

werden (Abb. 3). Die Lücke an gesicherter Leistung in Bayern lässt sich mit 2,6 GW an Wasserstoffgroßkraftwerken in Ballungsräumen und weiteren 4,3 GW durch dezentrale Lösungen schließen, wie ein Analyseszenario zeigt. Das heißt aber auch: Zusätzliche Kraftwerke und dezentrale Lösungsansätze zur gesicherten Leistung sind in Bayern flächendeckend notwendig.

Der Zubau gesicherter Leistung im Szenario erfolgte iterativ und anhand energiewirtschaftlicher Kriterien. Die Verteilung berücksichtigt dabei vorwiegend die Versorgungssicherheit, wobei gesicherte Leistung nach dem Prinzip „von der größten zur kleinsten Leistungslücke“ verteilt wurde. Nachrangig wurden regional verfügbare beziehungsweise vorhandene Potenziale betrachtet, sodass auch Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit in die Bewertung einfließen, beispielsweise durch verringerte Anschlusskosten oder vorhandene Ausbaupotenziale. Gesicherte Erzeugungsleistung wird mit folgender Logik verteilt:

Zunächst wurden wasserstofffähige Großkraftwerke in Ballungsräumen und Industriezentren verortet, in denen das Leistungsdefizit größer als 100 MW war.

03 Analyse der Lücke an gesicherter Leistung auf der Ebene von Landkreisen



Hintergrund ist, dass dezentrale Lösungen in Ballungsräumen und Industriezentren keinen signifikanten Beitrag leisten können. In Summe ergibt sich ein Bedarf an wasserstofffähigen Großkraftwerken in Höhe von mindestens 2,6 GW.

Im nächsten Schritt wurden in Landkreisen mit besonders viel erneuerbarer Einspeisung Großspeicher mit rund 1 GW gesicherter Leistung verteilt. Angenommen wurden vierstündige Speicher, deren Kapazität zu 50 Prozent als gesichert angenommen wird (sog. Derating).

2,2 GW haben KWK-Anlagen beziehungsweise H₂-ready-Gasmotoren bereitgestellt. Dabei wurden KWK-Anlagen vorwiegend in städtischen Gebieten und Ballungsräumen verortet, da in diesen Gebieten Wärmenetze existieren, welche die KWK-Anlagen speisen können. Dezentrale H₂-ready-Gaskraftwerke wurden an Standorten verteilt, die einen Anschluss an das Wasserstoffkernnetz haben werden. Im letzten Schritt wurden in Landkreisen mit vielen Flexumern das Potenzial von rund 1,1 GW gesicherte Leistung nutzbar gemacht.

Nicht verwundern darf, dass nach wie vor einige Landkreise mit einer Leistungslücke rötlich verbleiben, obwohl in Summe ausreichend gesicherte Leistung bereitsteht. Zum Ausgleich regionaler Unterschiede stellen Landkreise mit hoher gesicherter Leistung Kreisen mit nicht ausreichender gesicherter Leistung, diese zur Verfügung. Das passiert über das regionale Stromverteilnetz und folgt der Logik des „Flower.Power-Energiesystems“, über wir im Artikel Zukunft der bayerischen Energielandschaft, im e|m|w-Heft 01|2020 berichtet haben.

Beispielsweise ist Pfaffenhofen an der Ilm durch die Kraftwerksblöcke in Irsching „überversorgt“ und kann über den

Landkreis hinaus gesicherte Leistung bereitstellen. Dabei treten die Lastspitzen je Landkreis nicht zwangsläufig gleichzeitig auf und das Stromnetz steht zur Verfügung, um Leistungsdefizite auszugleichen.

Dezentrales Potenzial nutzen

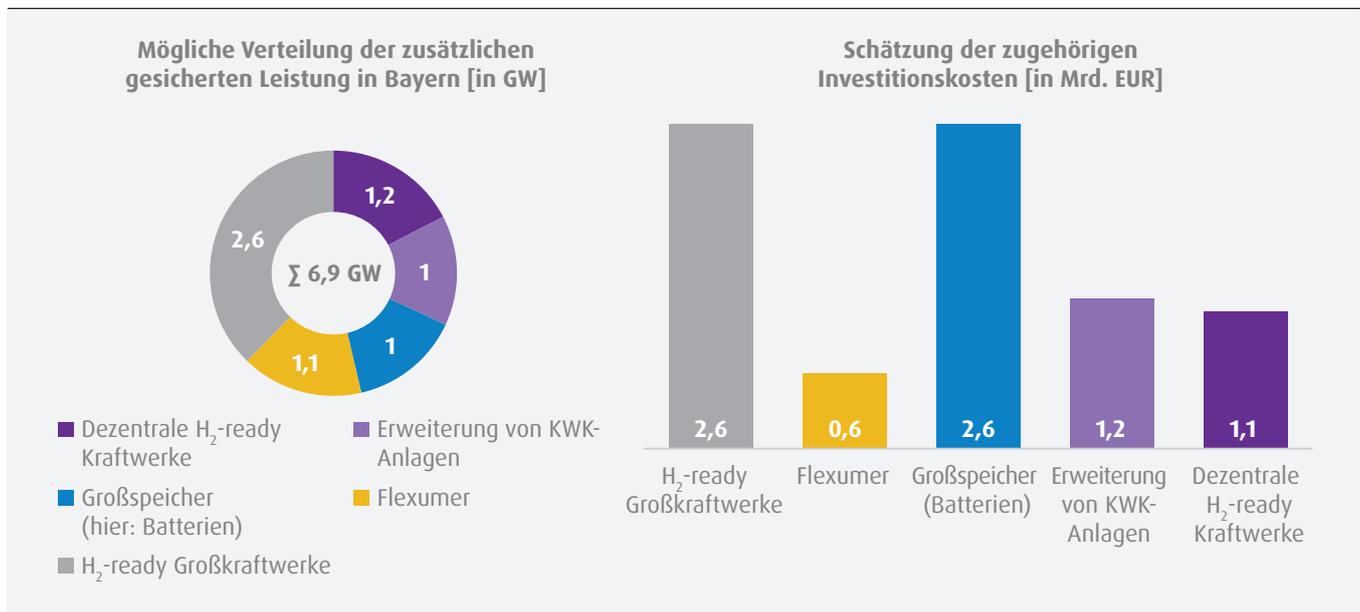
Die Investitionskosten zur Schließung der Lücke an gesicherter Leistung werden auf insgesamt etwa 8,1 Mrd. Euro geschätzt (Abb. 4). Davon entfallen rund 2,6 Mrd. Euro auf den Ausbau von Großkraftwerken, das entspricht etwa 1.000 Euro/kW.

Die Kosten für den Ausbau von Großspeichern wurden anhand von Batteriespeichern abgeschätzt. Da Speicher keine Erzeugungsanlagen sind, muss ihre gesicherte Leistung abgewertet werden (Derating). Dies resultiert in rund 2.600 Euro/kW gesicherter Leistung und insgesamt 2,6 Mrd. Euro. Im Multi-Use-Ansatz können Speicher weitere netz- und systemdienliche Leistungen erbringen.

KWK-Anlagen sowie dezentrale H₂-ready-Gaskraftwerke wurden im Ausbau mit 1.200 Euro/kW sowie 900 Euro/kW angenommen, womit sich Investitionskosten von rund 2,3 Mrd. Euro ergeben.

Das günstigste, aber unsicherste Potenzial wird durch die Einbindung von Flexumern erschlossen. Hierbei wird angenommen, dass ohnehin vorhandene Anlagen nutzbar gemacht werden. Kosten entstehen durch die Beschaffung, Installation und digitale Anbindung von Steuerungshardware und wurden auf 2.000 Euro je 3,6 kW gesicherte Leistung geschätzt (Kosten in der Größenordnung einer Wallbox). Insgesamt ergibt sich dabei eine Summe von rund 600 Mio. Euro.

04 Abschätzung der Investitionskosten für gesicherte Leistung in Bayern



Dabei ist zu berücksichtigen, dass die genannten Investitionskosten nicht ausschließlich der Bereitstellung von gesicherter Erzeugungsleistung dienen. Vor allem Batteriespeicher und Flexumer drängen bereits stark in den Markt, weil sie wesentlich zum Gelingen der Energiewende in Bayern beitragen.

Fazit

Handlungsbedarf besteht jetzt: Um 2030 ein Defizit an gesicherter Leistung in Bayern zu vermeiden, sind heute die richtigen Schritte in die Wege zu leiten. Dazu gehören die

- **Verzahnung von kommunaler Wärmeplanung und Versorgungssicherheit:** Im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung sollten KWK-Anlagen Boni für die Bereitstellung von gesicherter Leistung erhalten.
- **Dezentrale Lösungen ergänzend berücksichtigen:** Ausschreibungen im Rahmen der BMWK-Kraftwerksstrategie und perspektivisch im Kapazitätsmechanismus sollten kleine Kapazitäten berücksichtigen.
- **Dezentrale Lösungen unterstützen:** Landkreise sollten bei Pilotvorhaben, die dezentrale Lösungen zur Versorgungssicherheit umsetzen, gezielt unterstützt werden. ◀

MATTHIAS LÖHLEIN

Jahrgang 1981

→ Leiter Unternehmensentwicklung, Digitalisierung & Nachhaltigkeit, Bayernwerk AG

✉ matthias.loehlein@bayernwerk.de

ALEXANDER JÄGER

Jahrgang 1985

→ Strategy Lead Energienetze, Bayernwerk AG

✉ alexander.jaeger2@bayernwerk.de

ABRAHAM PFEIFFER

Jahrgang 1998

→ Referent für Energiepolitik & Verbändearbeit, Bayernwerk AG

✉ abraham.pfeiffer@bayernwerk.de

DR. HENNING SCHUSTER

Jahrgang 1983

→ Geschäftsführer, E-Bridge Consulting GmbH

✉ hschuster@e-bridge.com

DR. ANDREAS KIESSLING

Jahrgang 1971

→ Leiter Vorstandsbüro & Politik, Bayernwerk AG

✉ andreas.kiessling@bayernwerk.de

DR. HENRIK SCHWAEPPPE

Jahrgang 1991

→ Senior Consultant, E-Bridge Consulting GmbH

✉ hschwaeppe@e-bridge.com