

**Porsche Consulting**

Strategisch denken. Pragmatisch handeln.



**// ENERGIEWIRTSCHAFT**

# **Beschlossen, aber nicht lieferbar**

Ein Realitätscheck für die Energiewende

# CONTENT

<b>Executive Summary</b>	<b>03</b>
<b>01 Einleitung – Der Engpass liegt in der Umsetzung</b>	<b>04</b>
<b>02 Kunden-Perspektive – Wer bestellt die Energiewende?</b>	<b>07</b>
<b>02.1</b> Stromerzeugung 2035	08
<b>02.2</b> Übertragung 2035	09
<b>03 Realisierer-Perspektive – Was muss geliefert werden?</b>	<b>11</b>
<b>03.1</b> Stromerzeugung: Vom Projekt- zum Plattformgeschäft	14
<b>03.2</b> Stromübertragung: Vom Komponenten- zum Systemgeschäft	17
<b>03.3</b> Woran hakt die Umsetzung?	21
<b>04 Lösungsoptionen: Von anderen Branchen lernen</b>	<b>24</b>
<b>04.1</b> Produktisierung & Industrialisierung	25
<b>04.2</b> Erfolgreiche Beispiele aus der Industrie	30
<b>05 Fazit – Vom einzelnen Projekt zur industriellen Lösung</b>	<b>32</b>
<b>Appendix</b>	<b>35</b>



## EXECUTIVE SUMMARY

Die politischen Ausbauziele sind gesetzt: 215 Gigawatt (GW), Photovoltaik (PV), 115 GW Wind an Land, 30 GW Offshore-Wind und mindestens 20 GW H<sub>2</sub>-ready-Kraftwerke. Parallel dazu Investitionen von über 160 Milliarden Euro in die Übertragungs- und 250 Milliarden Euro in die Verteilnetze. Während auch die Ausbaupläne selbst derzeit einem Realitätscheck unterzogen werden, ist klar: Der Ausbau bleibt signifikant. Die Betreiberlandschaft steht bereit, Investoren planen langfristig. Doch die Industrie steht vor einer einfachen, aber entscheidenden Frage: Kann sie all das rechtzeitig liefern?

### **Die Realität:**

Schon heute sind zentrale Komponenten wie Leistungstransformatoren mit Lieferzeiten von über 24 Monaten belegt. Der Preis für Trafos ist seit 2019 real um 75 Prozent gestiegen. Hochspannungskabel, HGÜ-Konverter, Steuerungskomponenten und standardisierte Trafostationen gelten branchenweit als Engpassware. Der für 2035 erwartete Investitionshochlauf entspricht einer sechsfachen Steigerung des Investitionsvolumens im Vergleich zu den Jahren 2015 bis 2024. Und das in einem Sektor, dessen Werke, Personal und Lieferketten bereits heute am Limit sind.

Kritisch wird die Kombination aus politischem Zeitdruck, technischer Komplexität und fehlender Standardisierung. Individuelle Projektlösungen sind nicht im erforderlichen Maß skalierbar. Was jetzt fehlt, ist ein industrieller Systemwechsel: Produktisierung (modulare, anschlussfähige Serienlösungen) und Industrialisierung (taktbare Prozesse, Vorfertigung, digitale Integration). Der Realitätscheck zeigt anhand konkreter Beispiele, wie andere Industrien diesen Wandel bereits vollzogen haben. Was dort funktioniert, lässt sich auf die Energietechnik übertragen.

### **Fazit:**

Die Energiewende wird nicht an Zielen scheitern. Sondern an der Frage, ob ausreichend Anlagen, Bauteile und Systeme geliefert werden können. Die Energieanlagen von morgen müssen wie Industrieprodukte gedacht und gebaut werden. Andernfalls wird ambitionierte Politik zur Lieferillusion.

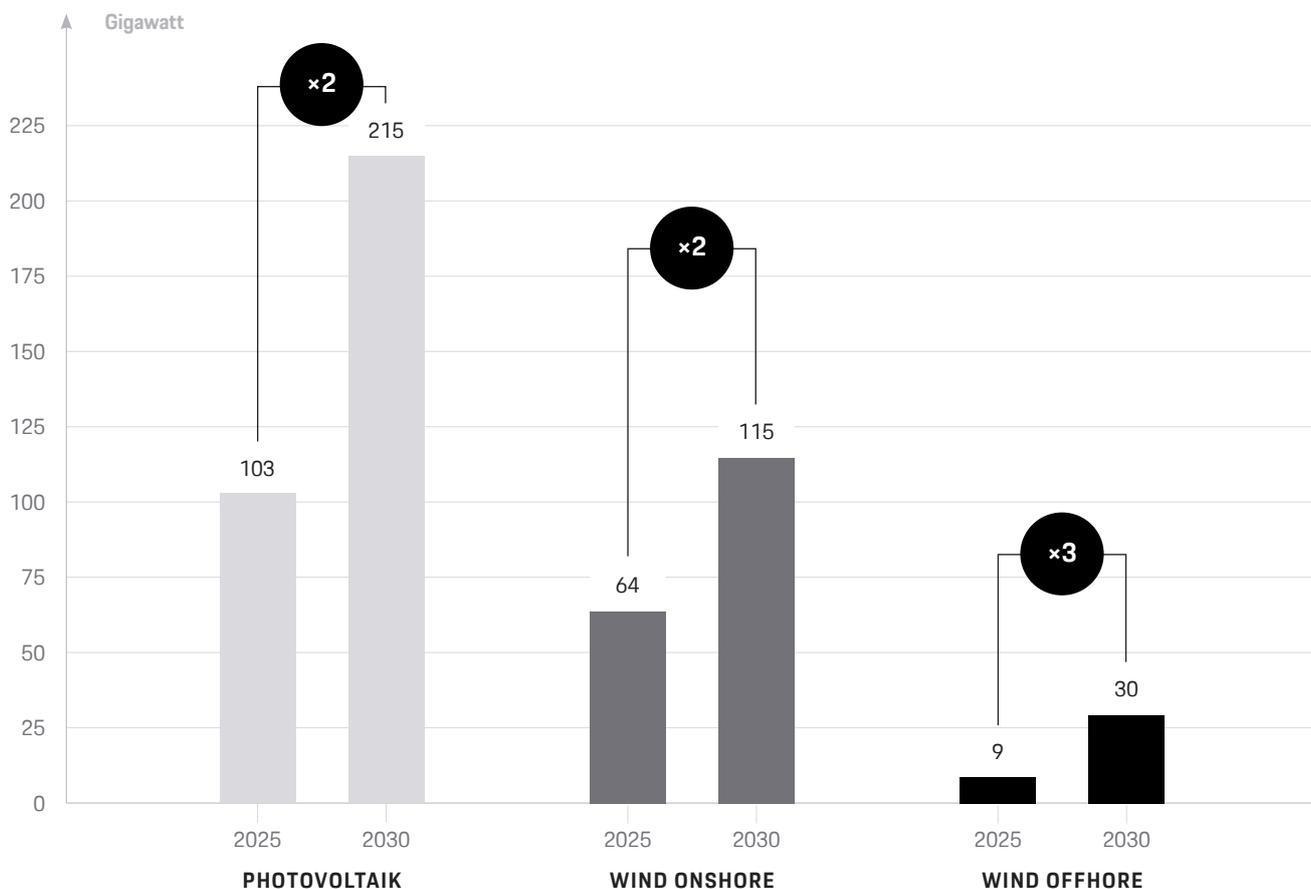


# EINLEITUNG

Der Engpass liegt in  
der Umsetzung

Deutschland verfolgt mit seiner Energiewende eines der ambitioniertesten Transformationsprojekte weltweit. Ziel ist es, das Land bis 2045 klimaneutral zu machen und gleichzeitig die Versorgungssicherheit und Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Die politischen Leitplanken sind gesetzt, die Ziele definiert: Bis 2030 soll der Strom zu mindestens 80 Prozent aus erneuerbaren Quellen stammen. Bis 2045 soll der gesamte Energiesektor weitgehend treibhausgasneutral operieren.<sup>1</sup> Der Koalitionsvertrag 2025 bestätigt diese Richtung, betont jedoch auch die Notwendigkeit zur Priorisierung und Koordination. Auch Betreiber von Energieinfrastruktur bitten um einen Realitätscheck, um die Kosten für das Gesamtsystem zu senken. Er erkennt an, dass frühere Bedarfsannahmen – etwa zum Stromverbrauch – teilweise zu hoch lagen, und fordert ein systematischeres Ineinandergreifen von Planung, Genehmigung und Umsetzung.<sup>2</sup>

Auch auf Seiten der Betreiber herrscht weitgehend Konsens. Ob im Bereich der Stromerzeugung oder im Übertragungs- und Verteilnetz: Die Ausbauziele sind formuliert, Investitionsprogramme stehen bereit, konkrete Projekte laufen. Die Betreiberlandschaft – von großen Versorgern über Stadtwerke bis hin zu Netzgesellschaften – agiert zunehmend strategisch, investiert in neue Kapazitäten, baut Know-how auf und bereitet sich auf wachsende technische Komplexität vor. Bis 2030 sollen etwa 215 GW Photovoltaik, 115 GW Wind an Land und 30 GW Offshore-Windleistung installiert sein.<sup>3</sup> Zudem sieht der Koalitionsvertrag der neuen Bundesregierung bis zu 20 GW an H<sub>2</sub>-ready-Gaskraftwerken vor.<sup>2</sup>



© Porsche Consulting

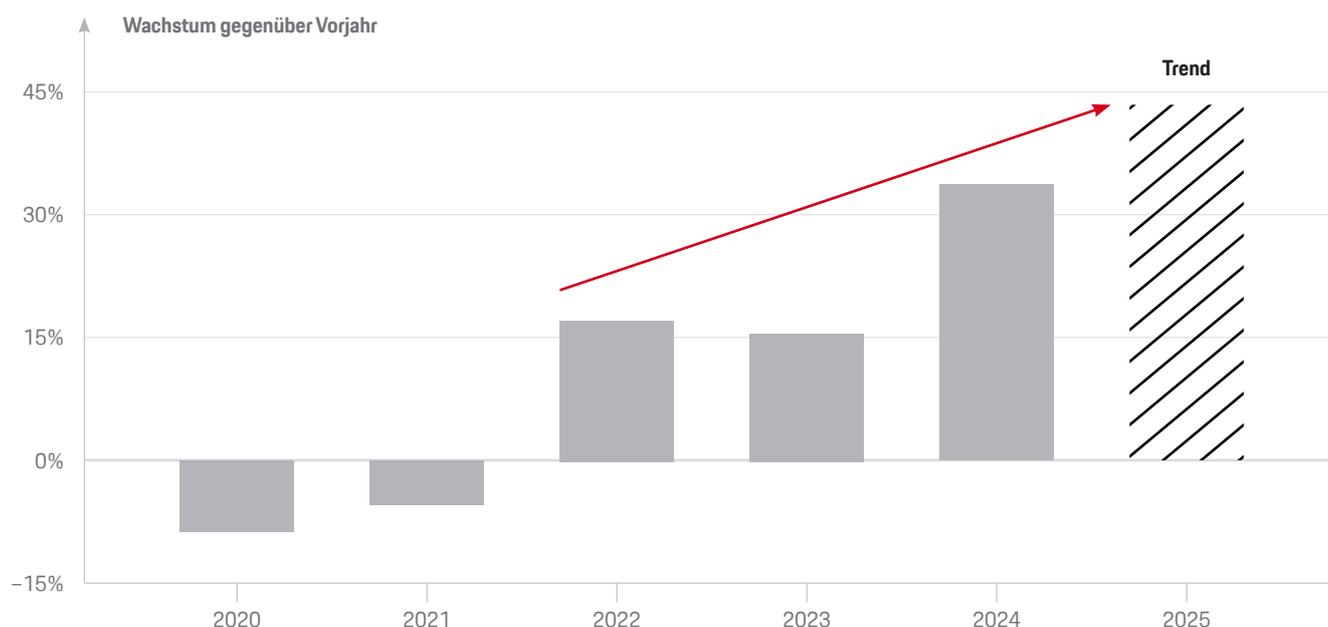
Abb. 1. Deutschland plant bis 2030 einen umfassenden Ausbau erneuerbarer Energien sowie ergänzender flexibler Kraftwerkskapazitäten. Quelle: BMWK

Was fehlt, ist der industrielle Unterbau, der all das umsetzt. Die Energiewende ist kein theoretisches Konstrukt mehr, sondern ein gigantisches Realisierungsprojekt. Es geht um Hunderttausende Tonnen Stahl, um Kilometer an Kabeln, um Tausende Transformatoren, Module, Schaltschränke, Speicher und Steuergeräte. Die Internationale Energieagentur (IEA) zeigt allein, dass der globale Bedarf an großen Leistungstransformatoren seit 2022 um mindestens 15–30 Prozent pro Jahr steigt. Ein Trend, der sich in Deutschland widerspiegelt.<sup>4</sup>

Der Realitätscheck rückt die Perspektive der Umsetzer in den Mittelpunkt – insbesondere jene der technischen Hersteller und Zulieferer. Denn sie sind es, die in den kommenden Jahren nicht nur liefern, sondern auch mitentwickeln, mitfinanzieren, mitverantworten müssen. Sie stehen im Zentrum des Realitätschecks: Ist das, was bestellt ist, überhaupt realisierbar? Und wenn ja – zu welchem Preis, in welchem Zeitrahmen und unter welchen Bedingungen?

Dabei wird deutlich: Es geht nicht nur um technologische Leistungsfähigkeit. Entscheidend sind industrielle Mechanik, Fertigungstiefe, Lieferkettenstabilität, Skalierbarkeit und Zusammenarbeit. Die zentrale These lautet: Die Energiewende darf nicht nur geplant werden, sondern muss auch umgesetzt werden. Und umgesetzt wird sie nur dann rechtzeitig, wenn Produktentwicklung, Produktionsstruktur und Betreiberanforderungen enger zusammenfinden – technisch, organisatorisch und ökonomisch.

Die folgenden Kapitel analysieren diese Anforderungen entlang der Perspektive der Betreiber, und damit der Kunden von Anlagen-Lieferanten (Erzeugung und Netzbetreiber) sowie der Realisierer (Hersteller und Zulieferer). Sie zeigen, wo Engpässe entstehen, was die Industrie leisten kann – und unter welchen Voraussetzungen sie es schneller und besser leisten könnte.



© Porsche Consulting

**Abb. 2.** Anstieg des Auftragsbestands von Leistungstransformatoren für ausgewählte Hersteller\*.

\*Auftragsbestandszahlen von folgenden Herstellern: Hitachi Energy, Schneider Electric, Siemens Energy, GE Vernova. Quelle: IEA



# KUNDEN- PERSPEKTIVE

Wer bestellt die  
Energiewende?

Die Energiewende ist kein abstraktes Ziel mehr, sondern ein operatives Großprojekt. Die entscheidenden Akteure auf Kundenseite – Betreiber von Erzeugungs- und Übertragungsanlagen – haben ihre Richtung gefunden. Sie investieren, planen und beauftragen. Doch je weiter der Umbau voranschreitet, desto klarer wird: Es handelt sich nicht um ein lineares Ausbauprojekt, sondern um ein komplexes, technisches Echtzeitprojekt – mit Risiken, Zielkonflikten und einer hohen Abhängigkeit von der industriellen Lieferfähigkeit.

## 02.1

# Stromerzeugung 2035

### TRENDS

Im Zentrum steht der massive Ausbau erneuerbarer Erzeugungskapazitäten. Die Bundesregierung plant bis 2030 eine installierte Leistung von 215 GW Photovoltaik, 115 GW Windenergie an Land und 30 GW Offshore-Wind.<sup>3</sup> Zusätzlich sollen mindestens 20 GW an flexiblen, H<sub>2</sub>-ready-Gaskraftwerken errichtet werden.<sup>2</sup> Hintergrund dieser Zahlen ist ein prognostizierter Anstieg des Strombedarfs: Laut der Bundesnetzagentur (BNetzA) wird der Verbrauch von aktuell rund 560 Terrawattstunde (TWh) pro Jahr auf 750–800 TWh bis 2035 ansteigen – unter anderem durch Wärmepumpen, Elektromobilität und Power-to-X-Technologien.<sup>5</sup> Anlagenbetreiber halten diese Pläne für zu ambitioniert, aber selbst bei einer Korrektur nach unten bleibt der Ausbau signifikant.

Parallel nimmt die Volatilität im Stromsystem zu: Sonne und Wind erzeugen nicht bedarfsdeckend, sondern angebotsgetrieben. Damit werden Speicher und steuerbare Anlagen strategisch – nicht als Beiwerk, sondern als Rückgrat eines neuen Lastmanagements. Bereits heute verzeichnen Batteriespeicher und Wasserstoff-Elektrolyseure wachsende Investitionsvolumina. Der Ausbau verläuft jedoch zeitlich und strukturell hinter den Erneuerbaren.

### BETREIBER

Die Betreiberstruktur ist vielfältig: Große integrierte Energieversorger wie RWE, EnBW und LEAG treiben den Ausbau mit systematischer Umstellung ihrer Erzeugungsportfolios voran. Auch wenn die Pläne kürzlich revidiert wurden, plant RWE noch immer Investitionen von über 45 Milliarden Euro bis 2030 – mit Fokus auf Offshore-Wind, PV und Speicherlösungen. Die LEAG verfolgt in der Lausitz die Transformation zur sogenannten GigawattFactory mit rund sieben GW EE- und H<sub>2</sub>-Anwendungen. Neben den Konzernen engagieren sich auch Stadtwerke, regionale Projektierer und neue IPPs. Besonders dynamisch ist der Markt für PV-Großprojekte, in dem auch internationale Player aktiv sind.

### Auffällig ist:

Die Investoren planen langfristig, technisch professionell – aber auch risikobewusst. Entscheidungen hängen zunehmend an Fragen der Anschlussfähigkeit, Netzstabilität, regulatorischen Sicherheit und Lieferfähigkeit der Hardware. Die Phase der Einzellösungen weicht einer Systemlogik: Erzeugung muss eingebettet sein – in das Netz, das Versorgungssystem und eine stabile Planungsarchitektur.



## HERAUSFORDERUNGEN

# 01

### **Umsetzungszeiträume:**

Die Planung neuer EE-Projekte ist nach wie vor durch lange Vorlaufzeiten und Unsicherheiten geprägt. Im Windbereich beispielsweise dauert die Realisierung von Projekten bis zum erfolgreichen Netzanschluss oft mehr als fünf Jahre. Das politische Ziel steht im Missverhältnis zu den tatsächlichen Voraussetzungen – verursacht sowohl durch fehlende Genehmigungen als auch durch Engpässe bei der Hardware.

# 02

### **Marktvolatilität & Risiko:**

Die Börsenstrompreise schwanken stark, Ausschreibungsmodelle setzen auf Minimalpreise, was wirtschaftliche Risiken für Betreiber erhöht. Nur technisch skalierbare, kosteneffiziente Anlagen mit hohem Standardisierungsgrad können diese Unsicherheit auffangen.

# 03

### **Versorgungssicherheit:**

Flexible Anlagen – insbesondere Gaskraftwerke und Speicher – spielen eine wichtige Rolle, sind aber wirtschaftlich fragil. Investitionen erfolgen nur bei regulatorisch abgesicherter Nutzungsperspektive. Ohne klare Betriebskonzepte entsteht keine Nachfrage nach entsprechender Hardware. Ein relevanter Lösungsbaustein kann der Schritt zum Kapazitätsmarkt sein.



## 02.2

# Übertragung 2035

## TRENDS

Die Übertragungs- und Verteilnetze sind die physische Voraussetzung für alles Weitere – und gleichzeitig ein Flaschenhals. Die BNetzA schätzt den Investitionsbedarf im Übertragungsnetz allein bis 2035 auf über 160 Milliarden Euro, hinzu kommen etwa 200–250 Milliarden Euro im Verteilnetzbereich.<sup>6</sup> Große Vorhaben zur Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) wie SuedLink (700 km, 4 GW), SuedOstLink oder NordOstLink sind im Bau oder in Vorbereitung. Gleichzeitig entsteht mit Offshore-Wind-Clustern ein neues Netzsystem in der Nordsee – modular, international und digital steuerbar.

Im Verteilnetz steigen die Anforderungen durch bidirektionale Flüsse, dezentrale Einspeiser, Wärmepumpen und Ladeinfrastruktur. Bis 2030 sollen rund sechs Millionen Wärmepumpen und 15 Millionen E-Autos am Netz sein – eine Herausforderung für Spannungshaltung, Lastmanagement und Netzausbau.<sup>7</sup>

Der Koalitionsvertrag 2025 fordert, den Netzausbau künftig nicht nur an politischen Zielgrößen, sondern an realem Bedarf und Versorgungskonzepten auszurichten. Bestehende Projekte sollen priorisiert, neue erst bei bestätigtem Mehrwert gestartet werden – ein Paradigmenwechsel.

## PLAYER

Vier Übertragungsnetzbetreiber (TenneT, Amprion, TransnetBW und 50Hertz) verantworten den Hoch- und Höchstspannungsbereich. Alle vier agieren systemrelevant und unter Aufsicht der BNetzA. Sie planen, realisieren und betreiben. Im Verteilnetz agieren über 800 Unternehmen – meist kommunal oder regional verankert, aber teils mit großem Versorgungsgebiet. Westnetz, Bayernwerk, Netze BW oder EWE Netz gehören zu den größten VNBs.

Alle Netzbetreiber stehen vor ähnlichen Herausforderungen: Die Systeme müssen schneller, digitaler, robuster werden. Der Rollout intelligenter Messsysteme (bis 2032 flächendeckend) ist ebenso in Umsetzung wie neue Netzleitsysteme, Flexibilitätsregister oder Marktplätze für steuerbare Lasten.

## HERAUSFORDERUNGEN

# 01

### **Genehmigungen & Zeitdruck:**

Viele HGÜ-Vorhaben sind genehmigungspflichtig, flächenintensiv und mit Einsprüchen konfrontiert. Auch die Lieferzeiten zentraler Komponenten – z. B. Leistungstransformatoren – liegen inzwischen bei deutlich über 24 Monaten, Tendenz steigend.<sup>4</sup>

# 02

### **Digitalisierung & Systemintegration:**

Netzbetreiber benötigen Systeme, die Steuerbarkeit, Prognose und Fehlertoleranz vereinen. KI-basierte Netzführung, automatisierte Umschaltungen und Resilienz gegen Cyberangriffe sind kein Bonus, sondern Pflicht.

# 03

### **Technik & Produktverfügbarkeit**

Viele Netzkomponenten sind nicht standardisiert. Unterschiedliche Last- und Spannungsszenarien erfordern individuelle Lösungen – ein Widerspruch zur industriellen Skalierung. Der Markt verlangt modulare, kompatible Technik mit hoher Verfügbarkeit.



# REALISIERER- PERSPEKTIVE

Was muss geliefert  
werden?

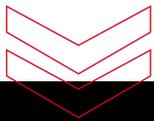
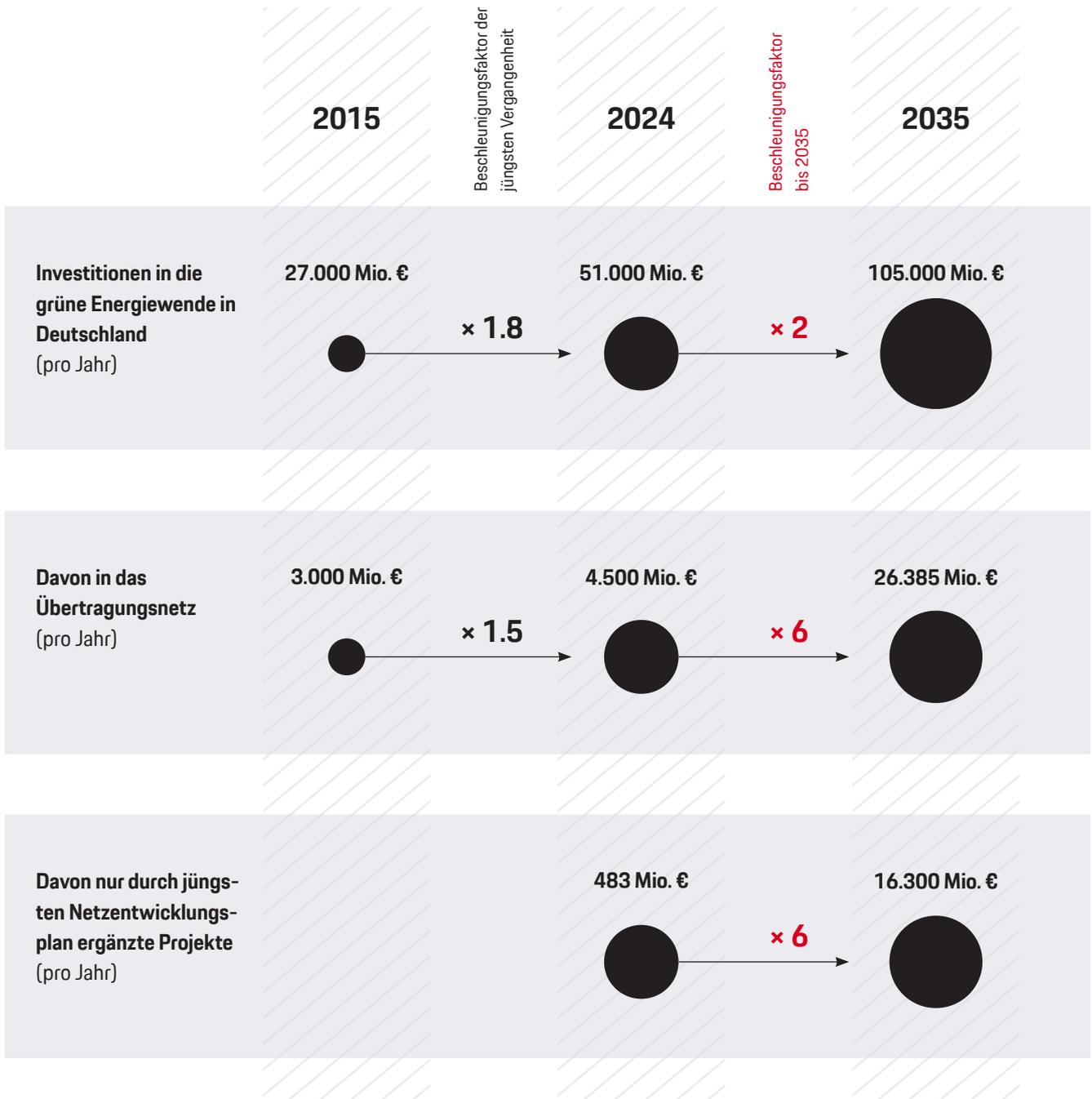


Technische Infrastruktur ist mehr als Hardware. Sie ist ein funktionaler Baustein im Gesamtsystem – ein Ergebnis aus Planung, Spezifikation, Fertigung, Logistik, Integration, Inbetriebnahme und Service. Hersteller technischer Energieanlagen liefern heute nicht mehr nur ein Bauteil, sondern einen vollständigen Projektbeitrag. Und dieser Beitrag wird komplexer, größer und anspruchsvoller.

Zwischen 2024 und 2035 wird das Investitionsvolumen in Energieinfrastruktur nach aktuellen Planungen bis auf das Sechsfache anwachsen – verglichen mit dem Zuwachs von 2015 bis 2024.<sup>8</sup> Die Projekte werden größer, technisch anspruchsvoller und operativ zeitkritischer. Gleichzeitig steigen regulatorische Anforderungen, Systemabhängigkeiten und Kundenerwartungen. Ein Transformator muss nicht nur Spannung wandeln – er muss steuerbar, zertifiziert, lieferbar, integrierbar und dokumentiert sein. Dasselbe gilt für HGÜ-Module, Batteriesysteme, Schaltschränke oder H<sub>2</sub>-ready-Gaskraftwerke.

Was früher im Projektverlauf gemeinsam mit dem Kunden entwickelt wurde, muss heute vorher abgestimmt, produktisiert und anschlussfähig bereitgestellt werden. Ausschreibungen fordern technische Kompatibilität, standardisierte Betriebs- und Sicherheitsunterlagen, CE-Kennzeichnung, Cybersecurity, digitale Datenräume und schnelle Verfügbarkeit. Ohne abgestimmte Spezifikationen und vorgeplante Schnittstellen wird jede Lieferung zum Einzelprojekt – und damit zum Engpass.

Hinzu kommt, dass das Volumen exponentiell wächst. Die geplanten 215 GW Photovoltaik, 115 GW Wind an Land, 30 GW Offshore-Wind und über 160 Milliarden Euro Netzinvestitionen erzeugen einen Bedarf an Tausenden identischen, kompatiblen und wartungsfähigen Assets – in Serie. Der Einzelfall ist die Ausnahme, das strukturierte Serienprodukt wird zum Normalfall.



**Akteure der Energieversorgungs- und Energieanlagenindustrie müssen die Produkt- und Projektlieferung in den nächsten Jahren um den Faktor 2 bis 6 beschleunigen.**

Abb. 3. Um die CAPEX-Ziele für 2035 zu erreichen, ist ein Beschleunigungsfaktor von ×2 bis ×6 notwendig.

## 03.1

# Stromerzeugung: Vom Projekt- zum Plattformgeschäft

## Massive Skalierung – aber mit Systembruch

Die Stromerzeugung verändert sich nicht nur im Volumen, sondern auch in ihrer Systemlogik. Bis 2030 ist ein Zubau von rund 300 Gigawatt an neuer Erzeugungsleistung vorgesehen – verteilt auf Photovoltaik, Wind an Land und auf See, ergänzende Gaskraftwerke sowie Speicher. Das entspricht einer signifikanten Vervielfachung der heutigen Projektvolumina.

Allein im Jahr 2024 wurden in Deutschland rund 16 Photovoltaik (leicht über Vorjahr) und 2,5 GW Windenergie an Land (leicht unter Vorjahr) sowie 0,7 GW Windenergie auf See (doppelt so viel wie im Vorjahr) neu installiert.<sup>9</sup> Stand Mai 2025 liegt die kumulierte Leistung bei 103 GW PV, 64 GW Wind Onshore und 9 GW Wind Offshore. Die politischen Zielmarken verlangen nun einen nahezu verdoppelten Ausbau bei PV und Wind an Land sowie eine Verdreifachung der Offshore-Kapazitäten.

### Konkret bedeutet das:

#### » Photovoltaik

Von 103 (April 2025) auf 215 GW (2030)

→ CAGR ~16%

Bei gleichmäßigem Hochlauf müssten also pro Jahr ca. 20 GW und damit ca. 1.000 mittelgroße PV-Parks entstehen und ins Netz integriert werden.

#### » Wind an Land

Von 64 auf 115 GW → CAGR ~12%

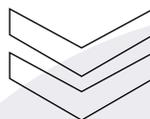
Bei gleichmäßigem Hochlauf müssten also pro Jahr ca. 30 GW und damit ca. 5.000 Windturbinen errichtet und ins Netz integriert werden.

#### » Wind Offshore

Von 9 auf 30 GW → CAGR ~27%

Bei gleichmäßigem Hochlauf müssten also pro Jahr ca. 20 GW und damit ca. 1.300 Windturbinen errichtet und ins Netz integriert werden.

Gleichzeitig verändert sich die Art der Projekte: Der Markt entfernt sich von einfachen PV-Freiflächen und klassischen Windparks. Stattdessen entstehen komplexe Hybridprojekte mit mehreren Erzeugungsarten, integrierten Speichern, H<sub>2</sub>-Optionen und digitaler Steuerung. Die Technik wird breiter, die Schnittstellen mehr, die Systemanforderungen steigen.



### Für Hersteller bedeutet das:

Nicht nur mehr vom Gleichen – sondern mehr vom Komplexeren. Lösungen müssen anschlussfähig, interoperabel und „netzintelligent“ sein – sowohl physisch als auch steuerungstechnisch. Schlüsselfertig heißt heute nicht mehr: Anlage läuft. Schlüsselfertig heißt: Anlage ist integrierbar, steuerbar und datenfähig.



## Betreiber kämpfen um Marktzugang

Der Betreiberfokus verlagert sich. Während früher Leistung und Wirkungsgrad im Mittelpunkt standen, dominieren heute auch andere Faktoren: Netzanschlussfähigkeit, Flexibilität, modulare Erweiterbarkeit und Genehmigungsfähigkeit. Immer häufiger sind Skalierbarkeit und Lieferzeit die entscheidenden Kriterien bei der Produktauswahl. Viele Betreiber suchen keine technischen Highlights, sondern stabile, wiederholbare und vorab abgestimmte Lösungen – vor allem in Ausschreibungsprojekten mit engen Fristen.

Zudem steigt der Druck, neue Standards zu erfüllen: Redispatch 2.0, Laststeuerung, Fernwirktechnik und Cybersecurity sind Pflicht, keine Option mehr. Hersteller müssen diese Anforderungen bereits in der Produktlogik berücksichtigen – nicht erst als Projektvariante. Gleichzeitig verändert sich die Geschäftsbeziehung: Kunden wollen keine Komponenten – sie wollen anschlussfähige Systemlösungen mit begleitendem Service, Dokumentation und Planungsunterstützung.



## Investoren drängen – Zeit wird zur neuen Währung

Viele große Investoren und Versorger planen langfristig, aber mit enormem Tempo. Das kürzlich angepasste Ausbaubudget über 45 Milliarden Euro von RWE bis 2030 wird verplant – wenn auch vorsichtiger, angesichts volatiler Bedingungen im Kapitalmarkt.<sup>10</sup> Die GigawattFactory der LEAG oder die Aktivitäten internationaler Fonds im deutschen PV-Markt zeigen: Kapital ist da. Was fehlt, sind schnelle, belastbare Lieferungen – nicht nur der Hardware, sondern auch aller peripheren Bausteine (Skids, Trafostationen, Dokumentation, etc.).

### Die Konsequenz:

Wer lieferfähig ist, gewinnt. Lieferzeit wird zum Differenzierungsmerkmal. Gleichzeitig steigt die Relevanz von vorkonfigurierten Baugruppen, Plug-and-Play-Elementen und standardisierten Ausschreibungsunterlagen. Hersteller, die das frühzeitig produktisieren, verschaffen sich Marktvorteile.



## Neue Technik kommt – aber muss skalierbar sein

Viele neue Technologien stehen bereit: H<sub>2</sub>-ready-Gasturbinen, hybride Batteriespeicher, bifaziale PV-Module und digitale Umspannlösungen. Doch für die Umsetzung entscheidend ist nicht die technische Innovation, sondern die Skalierbarkeit. Die Betreiber fragen nicht „Was ist möglich?“, sondern „Was kann ich sicher umsetzen – innerhalb von 18 Monaten, mit sicherer Zulassung, stabiler Versorgungskette und validierter Wirtschaftlichkeit?“.

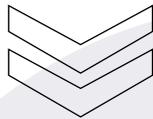
Damit rücken produktnahe Faktoren in den Fokus: Produktzertifizierungen, Lieferkettensertifikate, standardisierte Dokumente für die Inbetriebnahme und modulare Systemarchitekturen. Wer nur Innovation, aber keine Integration bietet, verliert Ausschreibungen – auch wenn die Technik überlegen ist.



## Regulatorische Vorgaben geben den Takt vor

Die Produktgestaltung wird immer stärker durch Ausschreibungs- und Förderlogiken geprägt. Das beginnt bei geforderten Lebenszyklusanalysen, geht über verpflichtende Wartungskonzepte bis hin zu Systemzertifizierungen. Hersteller müssen diese Anforderungen nicht nur kennen – sie müssen ihre Entwicklung, Produktion und Serviceprozesse darauf abstimmen.<sup>11</sup>

Ein Beispiel für Redispatch-Fähigkeit: Ein Erzeugungsmodul, das technisch perfekt ist, aber nicht mit dem Steuerungssystem des Netzbetreibers kompatibel ist, wird in vielen Regionen nicht mehr zugelassen.<sup>12</sup> Oder ein Beispiel für Wasserstoff-Kopplung: H<sub>2</sub>-ready-Komponenten ohne dokumentierte Zulassung verlieren an Relevanz, obwohl technisch bereits verfügbar.



### **Fazit:**

#### **Produktisierung ist überfällig**

Die Stromerzeugungsbranche driftet von einem Projektgeschäft in Richtung Plattformlogik. Wer künftig liefern will, braucht nicht nur gute Technik, sondern industriell verfügbare Lösungen. Die Komplexität steigt – aber der Spielraum sinkt. Standardisierte Produkte, modulare Systemarchitekturen, stabile Lieferketten, frühzeitige Zertifizierbarkeit und abgestimmte Schnittstellen werden zum neuen Mindeststandard.

## 03.2

# Stromübertragung: Vom Komponenten zum Systemgeschäft



## Infrastruktur wird Systemkern – und Druckpunkt

Mit dem Fortschreiten der Energiewende rücken die Stromnetze zunehmend ins Zentrum der Transformation. Ohne Übertragung keine Erzeugung, ohne Verteilung keine Elektrifizierung. Die Politik hat das erkannt – doch die Umsetzung hängt an der technischen Infrastruktur. Die Übertragungsnetzbetreiber (ÜNBs) und Verteilnetzbetreiber (VNBS) stehen vor der Aufgabe, innerhalb eines Jahrzehnts ein Jahrhundertprojekt zu realisieren: ein Netz für ein dekarbonisiertes, volatiles und dezentrales Stromsystem.

### **Für Hersteller bedeutet das:**

Der Markt wächst – aber auch die Anforderungen steigen massiv. Die BNetzA schätzt den Investitionsbedarf im Übertragungsnetz bis 2035 auf über 160 Milliarden Euro, im Verteilnetzbereich auf weitere 200–250 Milliarden Euro.<sup>6</sup> Das Volumen verteilt sich nicht gleichmäßig – sondern konzentriert sich auf Schlüsselkomponenten, Plattformlösungen und steuerbare Systemtechnik.

Ein einfaches Rechenbeispiel zur Hardwareseite des Erneuerbaren-Ausbaus verdeutlicht die Dimensionen, die auf die Industrie zukommen:

### » PHOTOVOLTAIK

**mit einem möglichen Bedarf von ca. 1.000 mittelgroßen Parks pro Jahr**

Jeder PV-Park benötigt zwischen 50 und 100 Wechselrichtern, ein bis drei Sammel-Transformatoren sowie ein bis zwei Mittelspannungsschaltanlagen zur Einspeisung ins Verteilnetz. Hinzu kommen mindestens ein Smart-Meter-System, Stationsgebäude, Kompaktstationen und kilometerweise Netzanschlusskabel. Das Ganze multipliziert sich auf jährlich hunderttausende Einzelkomponenten – inklusive Dokumentation, Zertifikaten und Inbetriebnahmeprotokollen.

### » WIND ONSHORE

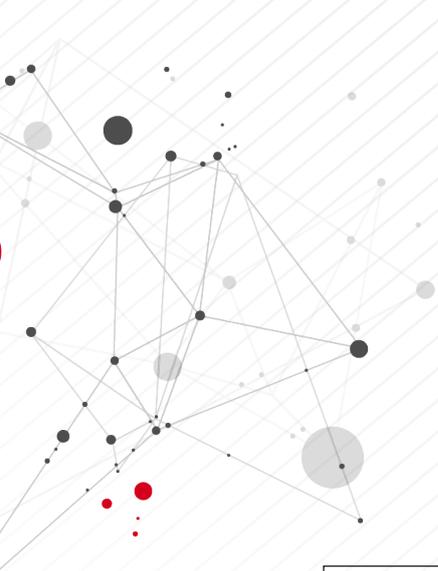
**mit ca. 5.000 neuen Turbinen pro Jahr**

Pro Turbine wird mindestens ein Niederspannungs-/Mittelspannungstransformator benötigt. Windparks enthalten zusätzlich ein bis drei Sammeltrafostationen, teils Wechselrichtermodule, ein bis zwei Mittelspannungsschaltanlagen sowie die komplette Netzinfrastruktur bis zum Übergabepunkt. Hinzu kommen aufwendige Baudienstleistungen, insbesondere im Tiefbau und bei Fundamentierung. Der Bedarf an standardisierten, lieferbaren Systemlösungen wächst proportional.

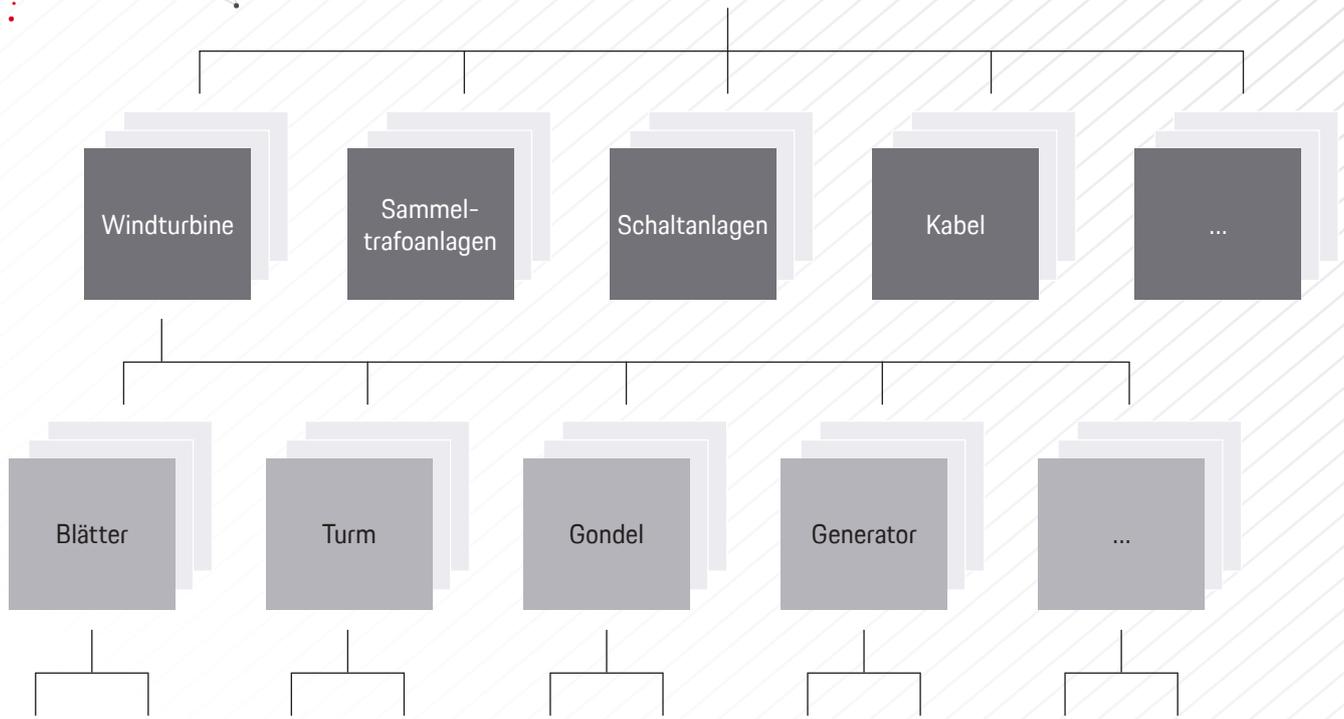
### » WIND OFFSHORE

**mit ca. 1.300 neuen Turbinen pro Jahr**

Jede Offshore-Turbine benötigt einen eigenen Transformator zur Hochsetzung von 0,69 Kilovolt (kV) auf 66 kV, dazu Inter-Array-Kabelsysteme für die interne Parkverkabelung. Etwa alle 250–400 Megawatt (MW) wird eine Offshore-Umspannplattform, ab etwa 500 MW eine HGÜ-Konverterplattform erforderlich. Hinzu kommen kilometerlange Seekabel (AC oder DC) sowie ein bis zwei Netzanbindungstrafos an Land pro Projekt. Auch hier dominieren schwere Technik, lange Lieferzeiten und koordinationsintensive Projektierung.



# ONSHORE-WINDANLAGE



© Porsche Consulting

Abb. 4. Großer Bedarf an kleinen Teilen: Eine Onshore-Windanlage besteht aus diversen Komponenten.



## Von der HGÜ-Leitung zur Systemlösung

Der Bau von HGÜ-Trassen wie SuedLink, Sued-OstLink oder NordOstLink dominiert derzeit die öffentliche Debatte. Doch für Hersteller liegt der Kernmarkt oft woanders: bei Konvertern, Transformatoren, Steuerungseinheiten, Kabelsystemen und Schaltanlagen. Diese Komponenten sind nicht nur teuer, sondern auch technisch komplex – und in der Praxis schwer lieferbar. Die Lieferzeit für Großtransformatoren liegt bei über 24 Monaten, bei HGÜ-spezifischen Komponenten sogar darüber.<sup>4</sup>

Zudem entstehen neue Anforderungen: Modularität, Vorzertifizierung, internationale Kompatibilität. Die Offshore-Hubs der Zukunft – mit mehreren Einspeisepunkten, Interkonnektoren und bidirektionalem Fluss – verlangen Produkte, die über Ländergrenzen hinweg integriert werden können. Standardkomponenten mit „Customization-Option“ sind gefragt – nicht Einzelanfertigungen.<sup>13</sup>



## Digitalisierung ist entscheidend

Digitalisierung ist kein Nebenthema mehr. Netzbetreiber fordern IT-native Produkte – mit digitalen Zwillingen, standardisierten Datenprotokollen, integrierten Cybersecurity-Modulen. Intelligente Umspannwerke, Sensorik für Fehlerlokalisierung, automatisierte Umschaltungen, datenbasierte Lastprognosen – all das funktioniert nur, wenn die Hardware „softwarefähig“ ist.

Hersteller müssen mitdenken, wie ihre Produkte in die Leitsysteme, Plattformen und Datenräume der Netzbetreiber integriert werden. Das bedeutet: Entwicklungsteams brauchen IT-Kompetenz. Dokumentation muss digital anschlussfähig sein. Zertifizierungen müssen auch IT-Sicherheit abdecken. Die klassische Trennung von Hardware und Software schwimmt.



## VNB-Markt wird zum Serien-geschäft

Während bei den Übertragungsnetzbetreibern (ÜNBs) Großprojekte dominieren, entsteht bei den Verteilnetzbetreibern (VNBs) ein breiter Markt für Wiederholung: Trafostationen, Ortsnetzverstärkungen, Batteriesysteme zur Netzstützung, Smart Meter Gateways, Schaltgeräte für E-Mobilitäts-Lastmanagement. Hier geht es weniger um Technikführerschaft – sondern um Lieferfähigkeit, Standardisierung und Vorintegration.

Hersteller, die modulare Serienlösungen mit hoher Vorfertigung bieten, verschaffen sich Vorteile. Ausschreibungen werden größer, aber standardisierter. Plattformbasierte Produktlinien – mit einheitlicher Dokumentation, schneller Zertifizierbarkeit – sind klar im Vorteil gegenüber projektspezifischen Sonderlösungen.



## Netzplanung unter Zeitdruck – Lieferfähigkeit entscheidet

Die politische Erwartung an Netzbetreiber ist eindeutig: schneller planen, schneller bauen, schneller umsetzen. Der Koalitionsvertrag 2025 fordert eine Priorisierung nach Systemrelevanz – aber auch eine Beschleunigung der Umsetzung. Das bedeutet für Hersteller: Der Zeitdruck landet bei ihnen. Projekte, die nicht planbar beliefert werden können, werden nicht mehr beauftragt.

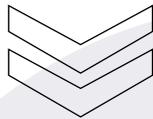
Zugleich werden industrielle Fertigungsprozesse zum Entscheidungskriterium: Lieferzeit, Planbarkeit, Montagefreundlichkeit, Vorabzertifizierung, Integrationstiefe. Hersteller, die nur über technisches Know-how verfügen, geraten ins Hintertreffen. Die industrielle „Delivery-Logik“ wird entscheidend.



## Internationale Verschiebungen

Schwankungen auf den Weltmärkten – etwa durch protektionistische Politik in den USA (z. B. die jüngste Executive Order zur Windkraft) – verschieben Angebot und Nachfrage. Asiatische Anbieter fokussieren sich stärker auf Europa. Für europäische Hersteller bedeutet das: mehr Wettbewerb, mehr Preisdruck und höhere Anforderungen an Lieferperformance.

Zudem entstehen neue Marktanforderungen auf EU-Ebene: Einheitliche Normen, interoperable Plattformen und gemeinsame Zulassungsprotokolle. Wer hier nicht frühzeitig mitentwickelt, verliert langfristig Anschlussfähigkeit.



### **Fazit:**

#### **Vom Lieferanten zum Systempartner**

Die Rolle der Hersteller technischer Infrastruktur wandelt sich. Es geht nicht mehr nur darum, Hardware zu liefern, sondern um integrierbare Systemlösungen. Hersteller müssen sich stärker in Planung, Spezifikation und Systemdesign einbringen. Wer nur auf Bestellung produziert, verliert. Wer mitplant, mitstandardisiert und mitverantwortet, gewinnt.

## 03.3

# Woran hakt die Umsetzung?

## 03.3.1

### Unsicherheiten und Zeitdruck

Die Transformation der Strominfrastruktur hätte schon vor Jahren beginnen müssen. Das ist die stille Grundspannung, unter der heute viele Entscheidungen getroffen werden. Politik und Betreiber holen jetzt auf, was lange zu zögerlich angegangen wurde. Die Folgen sind deutlich: Zeit ist der neue Engpass. Hersteller technischer Infrastruktur müssen heute mit maximalem Tempo liefern – obwohl viele Spezifikationen, Projekte und Prozesse noch in Bewegung sind.

Diese Unsicherheit betrifft nicht nur Termine. Sie betrifft vor allem die Planbarkeit: Wann wird tatsächlich beauftragt? Welche technischen Anforderungen gelten verbindlich? Welche Normen und Zertifizierungen werden vorausgesetzt? Wer jetzt Produktions- oder Personalentscheidungen trifft, muss auf Sicht fahren – und gleichzeitig maximale Verlässlichkeit garantieren. Besonders für mittelständische Zulieferer entsteht hier ein strategisches Dilemma: frühzeitig investieren oder Risiko vermeiden? Die klare Antwort der Branche lautet: Ohne politische und regulatorische Stabilität bleibt der Skalierungswille begrenzt.



## 03.3.2

### Eigene Produktionskapazität, Werke und Mitarbeiter

Die Kapazitäten vieler Hersteller sind heute schon am Limit – oder darüber hinaus. Die aktuelle Auslastung in Transformatorenwerken, Kabelproduktion, Schaltanlagenfertigung oder Stahlbau zeigt: Bereits der bisherige Markthochlauf (Faktor 1,5 von 2015 bis 2024) führt zu Lieferzeiten von zwei Jahren und mehr. Die nächsten Jahre markieren einen industriellen Kraftakt: Laut BNetzA und BMWK wird das Investitionsvolumen für Energieinfrastruktur bis 2035 um den Faktor 6 gegenüber der vorangegangenen Dekade steigen – ein Sprung, der mit heutigen Produktionsstrukturen nicht zu bewältigen ist.<sup>8</sup> Zwar sieht der Koalitionsvertrag 2025 eine Überprüfung der Zielgrößen vor – etwa hinsichtlich Strombedarf und Ausbauprioritäten. Doch selbst bei moderater Anpassung bleiben die Ausbaupfade steil, der Takt hoch, die Skalierungsanforderung unverändert. Die Grundrichtung steht. Entscheidend wird, ob die Industrie lieferfähig ist – auf einem neuen Niveau industrieller Organisation.

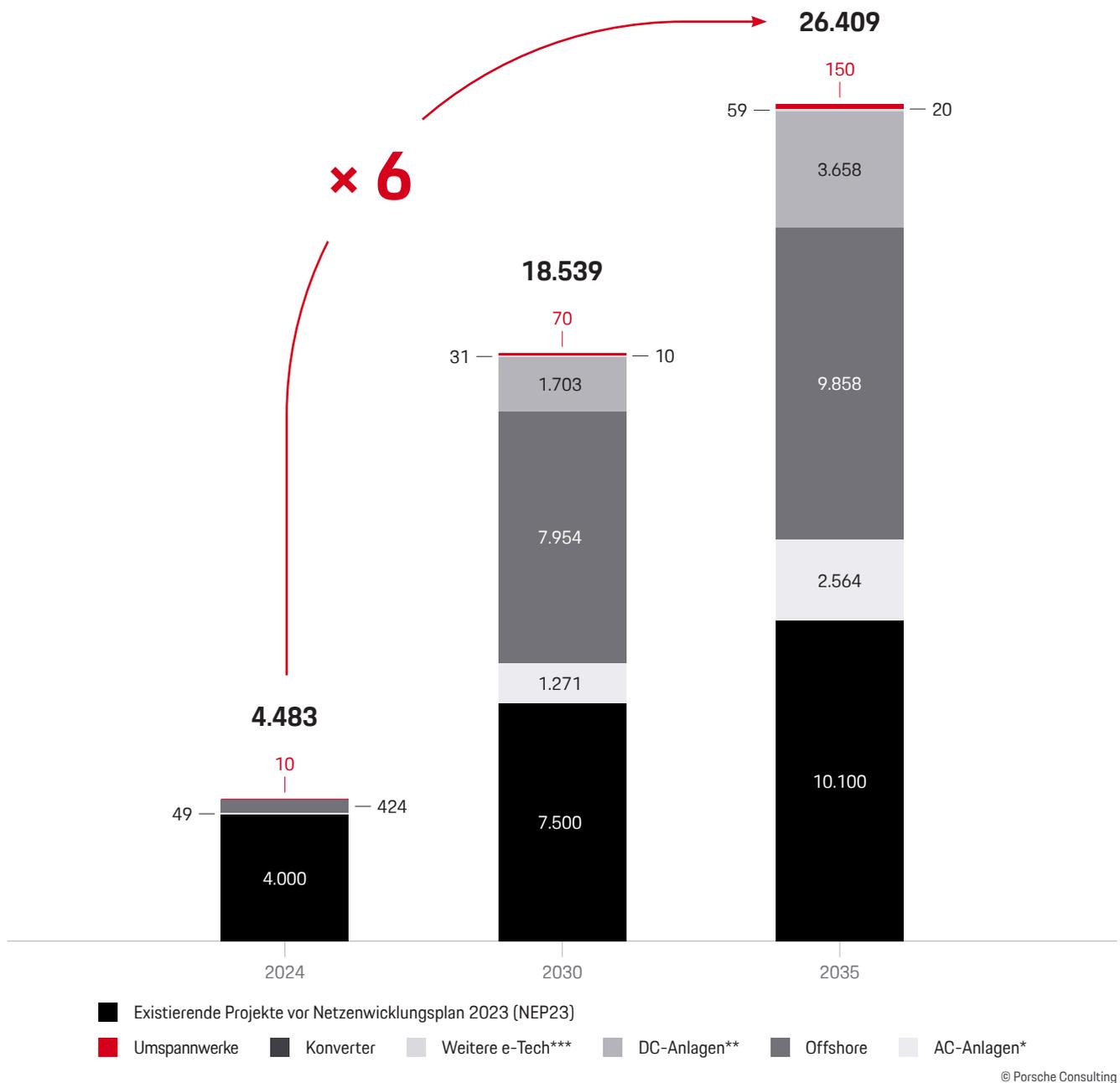


Abb. 5. Investitionen in neue Übertragungsnetzprojekte.

Um dieser Entwicklung standzuhalten, müssten Unternehmen massiv in neue Werke, Automatisierung und Personal investieren. Doch das ist nicht so einfach umzusetzen: Fachkräfte fehlen, Genehmigungsverfahren dauern und Maschinenlieferzeiten sind lang. Vor allem aber: Der Umbau zur Serienfertigung ist mehr als eine Investition – er ist ein kultureller und organisatorischer Wandel.

Hinzu kommt: Hersteller müssen effizienter werden – nicht nur aufgrund der Kosten, sondern wegen der Geschwindigkeit. Produkte müssen vorkonfiguriert, modularisiert und digital vorbereitet sein. Jedes Projekt, das individuell geplant, gebaut und in Betrieb genommen werden muss, führt zu einem Engpass. Industrialisierung ist nicht Luxus – sie ist Überlebensstrategie.

\* AC-Anlagen umfassen AC-Kabel und AC-Stationen | \*\* DC-Anlagen umfassen DC-Kabel und DC-Stationen | \*\*\* Weitere e-Tech umfasst Phasenschieber, Schalt- und Kompensationsanlagen

### 03.3.3

## Kapazität der Supply Chain

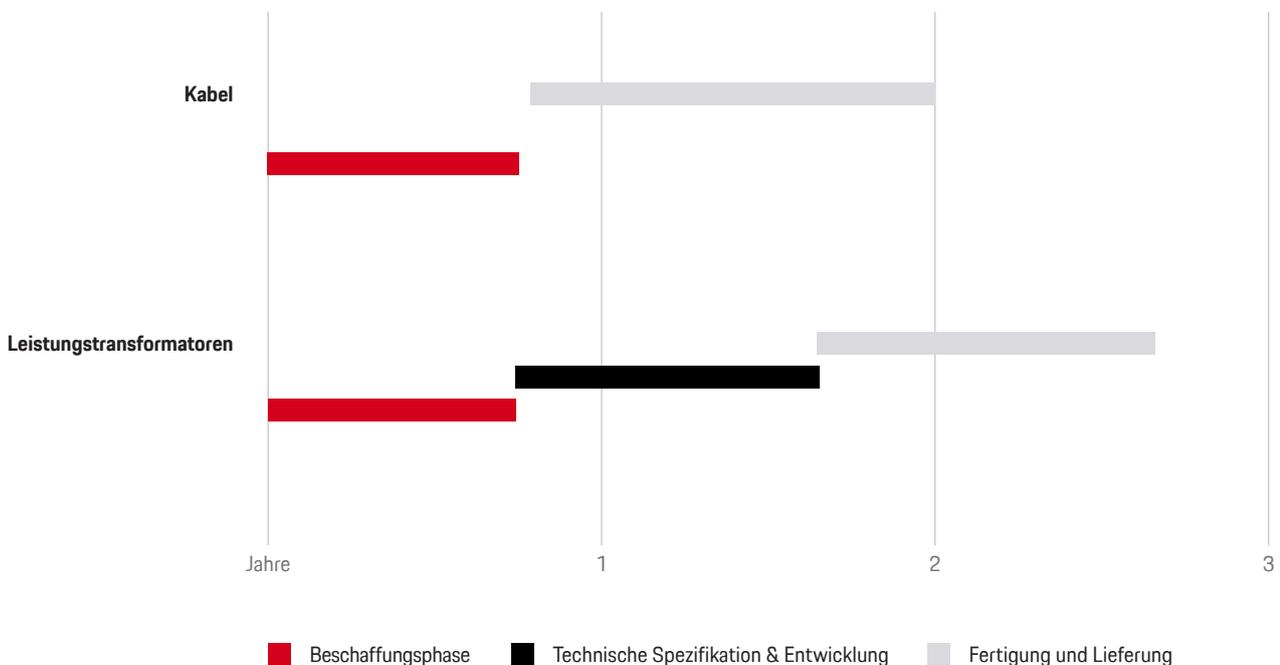
Nicht nur die eigene Fertigung, auch die vorge-lagerten Lieferketten sind kritisch. Ob Kupfer, Aluminium, Silizium, Kunststoffverbunde, Lei-stungshalbleiter oder Isolationstechnologien: Fast jeder zentrale Rohstoff oder jede Kernkomponen-te ist entweder teuer, schwer zu beschaffen oder geopolitisch riskant. Lieferzeiten von zwölf bis 18 Monaten für Schlüsselkomponenten sind nicht die Ausnahme, sondern die Norm.

Die Preise für Leistungstransformationen sind seit 2019 real um bis zu 75 Prozent gestiegen. Lie-ferzeiten für Kabel und Transformatoren im Über-tragungsnetz liegen inzwischen bei mindestens 24 Monaten.<sup>4</sup> Gleichzeitig stagniert die globale Fertigungskapazität – nur wenige Werke weltweit können Spezialausführungen überhaupt liefern.

Entwicklungsvorgaben sind global nicht harmo-nisiert, so dass ein Kapazitätsausgleich über ei-nen globalen Produktionsverbund nicht oder nur schwer möglich ist. Für europäische Hersteller kommt erschwerend hinzu: Die USA schotten sich zunehmend ab, asiatische Produzenten orien-tieren sich stärker Richtung Europa. Der Wettbewerb um verfügbare Komponenten verschärft sich.

#### Die Folge:

Hersteller müssen ihre Lieferketten neu denken – resilienter, regionaler, strategischer. Gleichzei-tig sinkt die Flexibilität. Wer heute bestellt, kann nicht kurzfristig umplanen. Projektverzögerungen, Nachrüstungen oder Systemänderungen werden teuer und riskant.



© Porsche Consulting

Abb. 6. Lieferzeiten für Netzkomponenten (Kabel und Leistungstransformatoren) in 2024. Quelle: IEA



# LÖSUNGS- OPTIONEN

Von anderen Branchen  
lernen

## 04.1

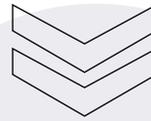
# Produktisierung & Industrialisierung

Die Energiewirtschaft steht heute vor einer Herausforderung, die viele Industrien bereits hinter sich haben: den Übergang von projektgetriebenem Einzelbau hin zu industriell skalierbarer Serienproduktion. Ein Blick auf die Automobilindustrie lohnt sich besonders. Auch sie war einst geprägt von hoher Variantenvielfalt, langer Durchlaufzeit und lokalem Engineering. Heute ist sie vollständig industrialisiert – technisch, organisatorisch und strukturell.

Genau diesen Wandel braucht nun auch der Energiesektor. Die Energiewende ist kein Einmalprojekt – sie ist ein strukturelles Umbauprogramm, das in Serie funktionieren muss. Die heute gängige Praxis – individuelle Planung, projektspezifische Hardware, komplexe Abnahmen – ist in Anbetracht des Skalierungsdrucks nicht mehr tragfähig.

Produktisierung und Industrialisierung sind die Schlüsselbegriffe für den notwendigen Wandel. Es geht nicht darum, bestehende Technik nur effizienter zu bauen – sondern darum, sie in eine neue Logik zu überführen: weg vom Einzelprojekt, hin zum skalierbaren Produkt. Nur wenn Komponenten, Systeme und Prozesse produktartig gedacht und umgesetzt werden, können Taktzeiten verkürzt, Kosten gesenkt und Lieferengpässe systematisch reduziert werden.

Dabei ist Produktisierung mehr als eine technische Frage. Sie beginnt mit der Definition wiederverwendbarer Architekturen, reicht über einheitliche Schnittstellen und Zulassungsprozesse bis hin zu standardisierten Services, Logistik- und Wartungspaketen. Der Fokus liegt nicht nur auf der Hauptfunktion – etwa dem Kernbauteil eines Trafos, einer Windkraftanlage oder eines Batteriesystems. Produktisierung betrifft auch die Peripherie: Schaltschränke, Kühlung, Sensorik, Steuerung, Dokumentation und Montageanleitungen. Alles, was Reibung im Prozess erzeugt, kann systematisiert werden.



### Der Vorteil:

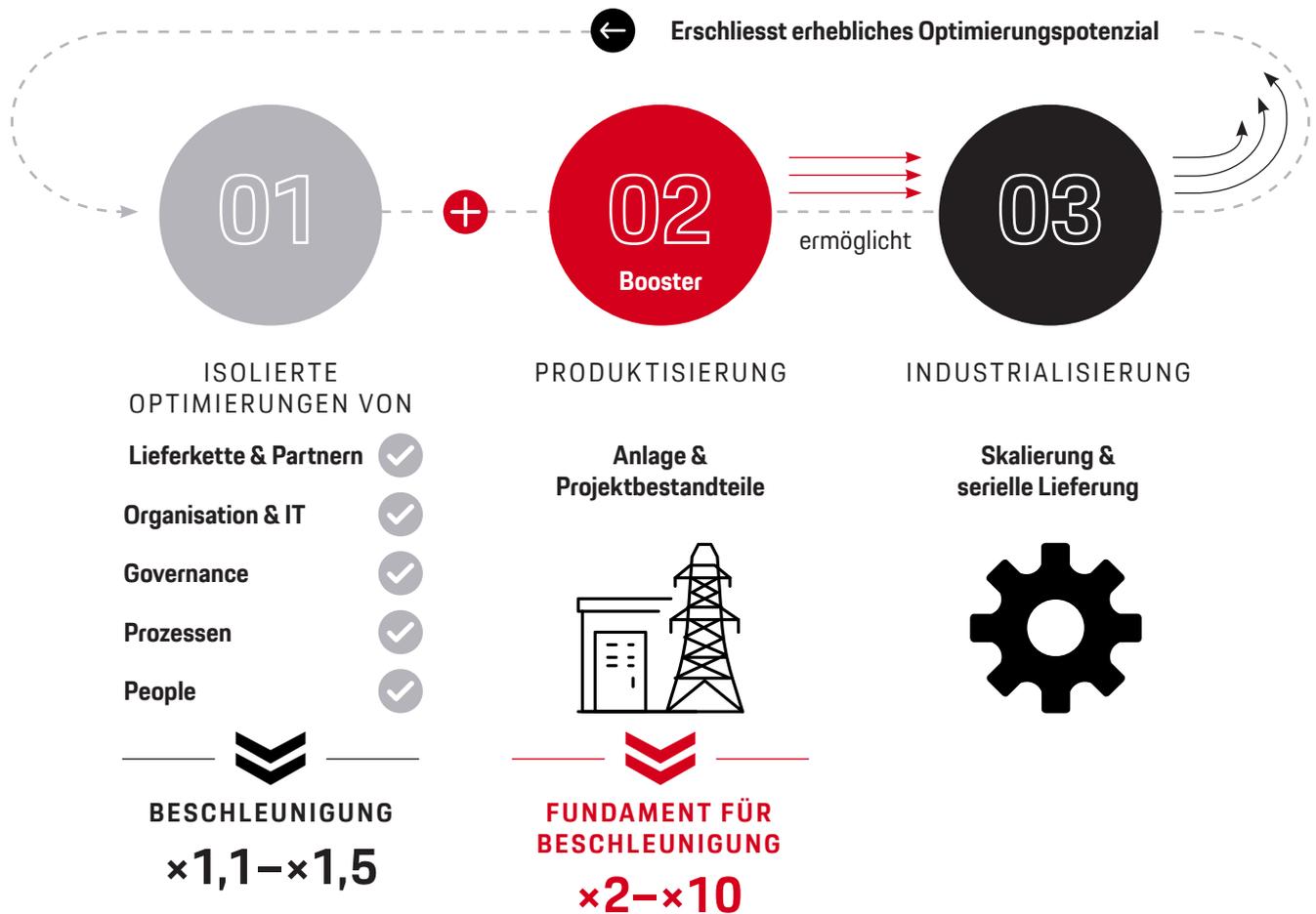
Kunden erhalten klare, anschlussfähige Lösungen. Hersteller profitieren von Lerneffekten, Wiederholbarkeit und stabilen Kostenstrukturen. Ausschreibungen werden vergleichbarer. Lieferzeiten sinken, weil Variantenvielfalt und Individualanpassung reduziert werden. Gleichzeitig entsteht Raum für Innovation. Wer seine Serienbasis beherrscht, kann gezielt neue Features entwickeln, statt jedes Projekt von Grund auf neu zu konfigurieren.

Industrialisierung setzt genau hier an: Sie baut die Prozesse, Maschinen, Logistik- und IT-Strukturen, um diese produktisierte Hardware auch in der nötigen Stückzahl, Qualität und Zuverlässigkeit zu fertigen. Das betrifft nicht nur Großunternehmen. Auch Mittelständler können industrielle Prinzipien anwenden – etwa durch modulare Plattformen, automatisierte oder virtuelle Teststände, Vorzertifizierung und integrierte Lieferantennetze.



## Produktisierung

Produktisierung bedeutet, technische Lösungen so zu gestalten, dass sie reproduzierbar, skalierbar und systemkompatibel sind – unabhängig vom einzelnen Projekt. Es geht darum, aus komplexen, oft einmalig entwickelten Einzelanlagen ein standardisiertes Produktangebot zu formen. Der Schritt zur Produktisierung ist ein strategischer Bruch mit der gewohnten Projektlogik, die in der Energietechnik über Jahrzehnte dominierte.



© Porsche Consulting

Abb. 7. Das Zusammenspiel von Produktisierung und Industrialisierung.

### Ein Produkt unterscheidet sich vom Projekt durch fünf Merkmale:

- 01. Wiederverwendbare Architektur:** Die Grundstruktur ist gleich – Varianten entstehen durch klar abgegrenzte Optionen, nicht durch Neuentwicklung.
- 02. Anschlussfähigkeit:** Produktisierte Systeme integrieren sich in gängige Netztopologien, Steuerungssysteme und Betreiberanforderungen – mit dokumentierten Schnittstellen.
- 03. Zertifizierbarkeit:** CE-Kennzeichnung, Netzanschlussprüfung, Sicherheitsdokumentation – alles ist vorbereitet oder bereits erfüllt.
- 04. Vorkonfiguration:** Montage, Inbetriebnahme, Wartung – alle Abläufe folgen einem klaren Muster. Manuals, Checklisten, Datenmodelle sind enthalten.
- 05. Verfügbarkeit:** Das Produkt ist nicht nur technisch konzipiert, sondern auch bestellbar, lagerbar, planbar lieferbar.

### Wichtig ist:

Die Produktisierung bezieht sich nicht nur auf den „Kern“ eines Assets – etwa eine Turbine oder ein Schaltfeld. Auch Hilfssysteme lassen sich produktisieren: Schaltschränke, Kühlkreise,

Schmieranlagen, Sensorikmodule und Notstromsysteme. Ebenso kann die Dokumentation standardisiert werden – technische Unterlagen, Betriebsanleitungen und Inbetriebnahmeprotokolle.

Gerade diese peripheren Elemente sind oft der eigentliche Engpass: Sie verursachen Projektverzögerungen, erfordern individuelle Planung und sind selten automatisiert dokumentiert. Wer hier systematisch produktisiert, verschafft sich Vorteile – im Zeitplan, in der Kostensicherheit, in der Ausschreibungsfähigkeit.

Produktisierung ist also keine rein technische Aufgabe, sondern eine strukturierte Übersetzungsleistung: vom Engineering zur Serienlösung. Es erfordert ein Umdenken im gesamten Unternehmen – von Vertrieb über Entwicklung bis Einkauf.

Dabei darf Produktisierung nicht zur Illusion vollständiger Standardisierung führen. In jedem Projekt wird es Elemente geben, die bewusst

individuell ausgelegt sein müssen – etwa aus technischen, regulatorischen oder standortspezifischen Gründen. Genau darin liegt die eigentliche Stärke produktisierter Ansätze: Sie schaffen Kapazität für das Wesentliche. Indem alles, was wiederholbar und skalierbar ist, strukturiert standardisiert wird, entsteht Raum für die Aufgaben, die tatsächlich maßgeschneiderte Lösungen erfordern.

Produktisierung ist damit kein Dogma der Vereinheitlichung, sondern ein Mittel zur strategischen Fokussierung: begrenzte Ressourcen – ob Engineering, Zeit oder Personal – werden dort eingesetzt, wo sie den größten Unterschied machen. Und sie werden nicht gebunden durch Routineaufgaben, die mit industriellen Prinzipien effizienter, schneller und verlässlicher zu lösen wären.

## BEISPIELHAFT

### HEUTE

#### Genehmigung

- EnWG\*
- Raumordnung
- Immissionen
- Netzanbindung
- Baugenehmigungen
- Gutachten
- Netzanschluss
- ...

#### Hardware-Bau

- Transformator
- Schaltanlage
- Windturbine
- Array-Kabelsysteme
- Phasenschieber
- Speicher

#### Abnahme & Inbetriebnahme

- Netzanschlussprüfung
- Statische Abnahme
- Dokumentation
- Zertifizierung
- Redispatch-Anforderungsprüfung
- Elektrotechnische Abnahme
- Sicherheitstechnische Abnahme
- Überlastabnahme
- Techn. Inbetriebnahme

### ZIEL

#### Genehmigung

- EnWG\*
- Raumordnung
- Immissionen
- Netzanbindung
- Baugenehmigungen
- Gutachten
- Netzanschluss
- ...

#### Hardware-Bau

- Transformator
- Schaltanlage
- Windturbine
- Array-Kabelsysteme
- Phasenschieber
- Speicher

#### Abnahme & Inbetriebnahme

- Netzanschlussprüfung
- Statische Abnahme
- Dokumentation
- Zertifizierung
- Redispatch-Anforderungsprüfung
- Elektrotechnische Abnahme
- Sicherheitstechnische Abnahme
- Überlastabnahme
- Tech. Inbetriebnahme

ANLAGE

- Vollständig standardisiert
- Vollständig projektspezifisch
- Teilweise modular/standard/konfigurierbar

© Porsche Consulting

**Abb. 8.** Produktisierung bedeutet mehr als Standardisierung. Sie verwandelt individuelle Lösungen in skalierbare Produkte. Zentrale Komponenten bleiben individuell, während andere systematisch wiederverwendet werden können.

\* Genehmigung zur Errichtung von Energieversorgungsanlagen nach Energiewirtschaftsgesetz



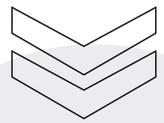
## Industrialisierung

Während Produktisierung definiert, was geliefert wird, beantwortet Industrialisierung die Frage wie. Es geht darum, aus einem fertigen, anschlussfähigen Produkt ein wiederholbares Fertigungs- und Liefermodell zu machen – mit klaren Prozessen, definierten Takten, skalierbaren Kapazitäten und kontrollierbarer Qualität.

**Industrialisierung in der Energiewirtschaft bedeutet nicht nur Automatisierung, sondern:**

- 01. Standardisierte Prozesse:** Von der Konstruktion über die Materialbeschaffung bis zur Endprüfung laufen alle Schritte strukturiert und dokumentiert ab – keine individuellen Lösungen, sondern wiederkehrende Muster.
- 02. Skalierbare Fertigung:** Produktionskapazitäten lassen sich bei Bedarf hochfahren – weil Maschinen, Materialflüsse und Personal flexibel genug organisiert sind.
- 03. Vorfertigung und Modularisierung:** Baugruppen werden vormontiert, getestet und just-in-time geliefert. Das reduziert Montagezeiten auf der Baustelle und verringert die Fehlerquote.
- 04. Digitale Durchgängigkeit:** CAD-Modelle, Stücklisten, Montageanleitungen und Prüfprotokolle sind verknüpft – und erlauben automatisierte Nachverfolgung und Qualitätssicherung.
- 05. Qualitäts- und Zertifizierungsmanagement:** Prüfstände, Testverfahren, Rückverfolgbarkeit und Dokumentation sind Teil des Standardprozesses – nicht Sonderaufwand.

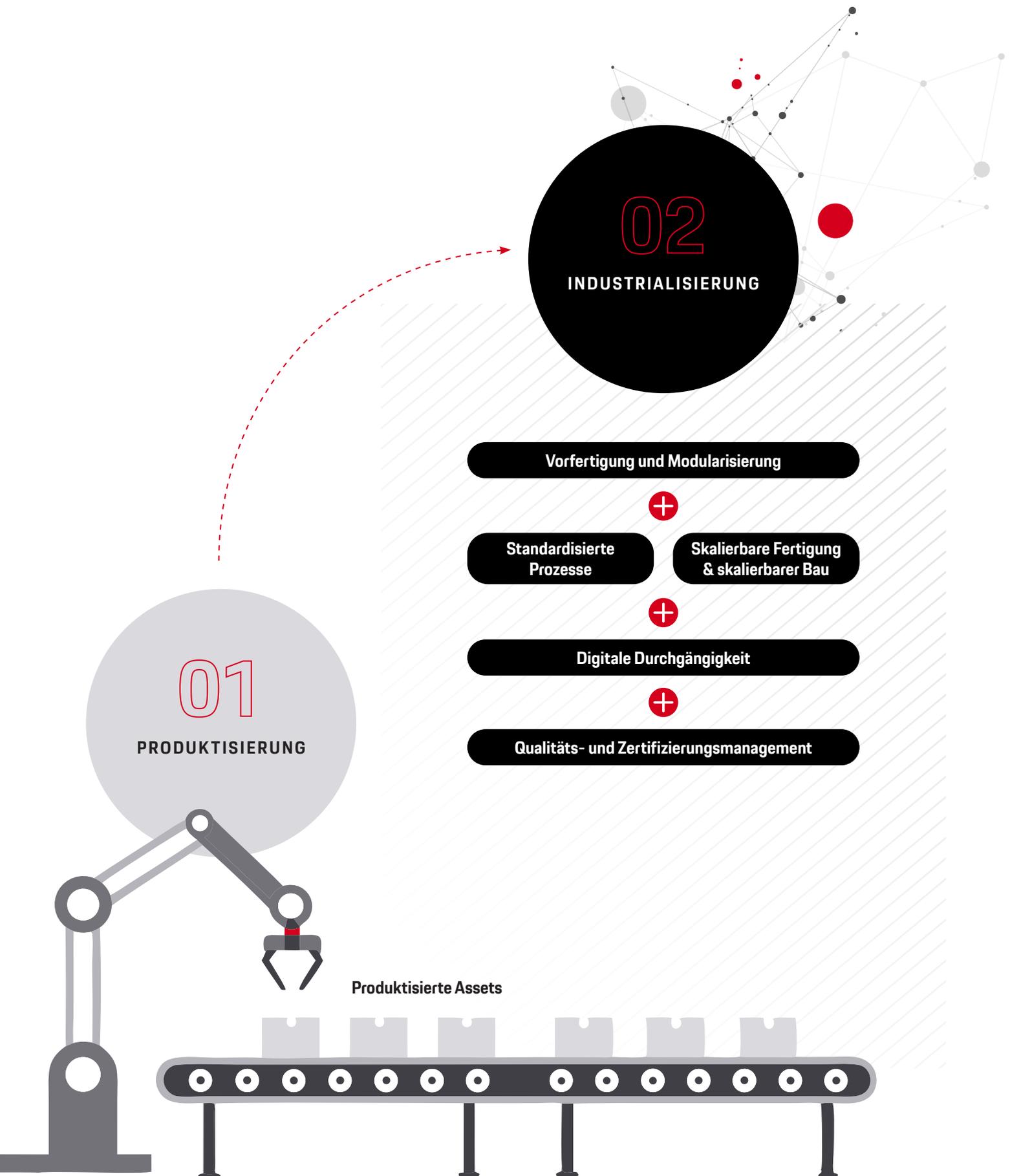
Ein industriell gefertigtes Produkt ist dadurch nicht nur schneller verfügbar, sondern robuster, besser dokumentiert und langfristig günstiger. Die Lernkurve wird steiler – jeder Durchlauf bringt Effizienzgewinne. Das gilt nicht nur intern, sondern auch in der Lieferkette. Zulieferer lassen sich auf gemeinsame Plattformen ein, Vorlieferanten liefern in standardisierten Formaten. So entstehen Ökosysteme statt Einzelprojekte.



### **Der entscheidende Hebel:**

Je stärker ein Asset produktisiert ist, desto eher lohnt sich die Industrialisierung. Ein Bauteil, das in fünf Projekten identisch verbaut wird, ist deutlich effizienter zu produzieren als fünfmal angepasste Varianten. Deshalb ist Produktisierung die Voraussetzung für erfolgreiche Industrialisierung – und umgekehrt wird Industrialisierung der Hebel zur Umsetzung der Energiewende.





© Porsche Consulting

**Abb. 9.** Industrialisierung macht aus einem produktisierten Asset ein lieferfähiges System. Skalierbare Prozesse sichern Tempo, Planbarkeit und Qualität – tausendfach statt einmal.

## Erfolgreiche Beispiele aus der Industrie

### CASE STUDY



### Max Bögl – Vom Baustellenprototyp zur seriellen Wohnlösung

Ein eindrucksvolles Beispiel für erfolgreiche Produktisierung im industriellen Maßstab liefert die Baubranche – konkret der Modulbau-Spezialist Max Bögl. Mit dem sogenannten MaxModul wurde ein vollständig vorkonfiguriertes, industriell gefertigtes Raummodul entwickelt. Es zeigt, wie selbst hochindividuelle Anwendungen wie Wohn- oder Verwaltungsbauten in eine industrielle Logik überführt werden können.

Das MaxModul ist kein klassisches Fertigteil, sondern ein in sich abgeschlossener, anschlussfertiger Baustein. Es wird im Werk produziert, komplett ausgestattet – inklusive Sanitär, Elektrik, Dämmung, Boden- und Wandbelägen. Anschließend wird das Modul als fertige Einheit auf die Baustelle geliefert. Vor Ort erfolgen nur noch die Montage und der Netzanschluss. Das reduziert die Bauzeit drastisch: Während konventionelle Bauprojekte mehrere Monate dauern, kann mit MaxModulen innerhalb weniger Tage eine bezugsfertige Lösung entstehen.

Das Besondere: Trotz hoher Standardisierung bleiben Variabilität und Qualität erhalten. Die Module folgen einer klaren Systemarchitektur, lassen sich aber projektindividuell anordnen, stapeln und kombinieren. Schnittstellen zu Versorgung, Statik und Brandschutz sind dokumentiert, geprüft und auf Wiederverwendbarkeit ausgelegt. Auch Wartung und Rückbau sind durchdacht – ganz im Sinne einer kreislaforientierten Infrastruktur.

Die Logik lässt sich auf die Energiebranche übertragen: Wer standardisierte, anschlussfertige Module entwickelt – sei es für Trafostationen, Steuerungseinheiten oder Speicherlösungen – gewinnt Geschwindigkeit, Planungssicherheit und Skalierbarkeit. Das Beispiel zeigt: Industrialisierung endet nicht bei der Technik – sie beginnt mit einem systematischen Produktgedanken. Und sie entfaltet dann ihre Wirkung in Zeit, Kosten und Qualität – wiederholbar, skalierbar, anschlussfähig.



## INNIO Jenbacher – Skalierbare, dezentrale Stromerzeugung

Ein Beispiel für erfolgreiche Standardisierung im Energiesektor liefert die INNIO Group. Das Unternehmen adressiert mit seinen Jenbacher Lösungen den steigenden Bedarf an dezentraler, zuverlässiger und emissionsarmer Stromversorgung für Rechenzentren. Die Lösungen bieten hohe Flexibilität und sind passgenau auf die unterschiedlichen Anforderungen zugeschnitten – etwa für die Notstromversorgung oder den Dauerbetrieb. In Nordamerika setzt bereits heute eine wachsende Zahl an Hyperscale- und Edge-Data-Center-Betreibern auf diese Lösung. In Deutschland wächst die Nachfrage nach hochflexiblen, dezentralen Spitzenlastkraftwerken – sogenannten Peaker-Anlagen, die als netzdienlicher Ausgleich von erneuerbaren Energien dienen. Das Prinzip dahinter: standardisierte Technik, schnelle Integration und modulare Skalierung. Die Jenbacher Motoren bieten eine elektrische Leistungsbreite von 250 kW bis zu 10,6 MW pro System und lassen sich auf mehrere Hundert Megawatt skalieren. Sie sind flexibel einsetzbar – mit Erdgas, erneuerbaren Gasen oder auf der Basis von Wasserstoff. Daher bieten sie eine resiliente Lösung auch für systemkritische Anwendungen zur Netzstabilisierung oder im Bereich der Rechenzentren. Sie können als Plug-and-Play-Systeme in Containerbauweise geliefert werden. Das heißt: weniger und sehr zielgerichtetes, individuelles Engineering, keine monatelange Planung, erleichterte Genehmigung, keine Sonderbaustelle – sondern Einheiten mit hohem Vorfertigungsgrad, die sich schnell liefern, anschließen und in Betrieb nehmen lassen.

Gehäuse, Steuerung, Peripherie und System-schnittstellen folgen einem definierten Standard. Alle relevanten Komponenten sind 23 DRAFT aufeinander abgestimmt. Die Systeme sind anschlussfähig an gängige Lastmanagement- und Netzführungssysteme und werden mit dokumentierten Datenschnittstellen sowie den für Betreiber notwendigen Zertifikaten wie etwa der VDE-AR-N 4110 oder 4120 ausgeliefert.

INNIO erwartet für die 5-MW-Klasse der Jenbacher Baureihe in den kommenden Jahren steigende Nachfrage – mit einem deutlichen Output-Anstieg. Diese Skalierung wäre mit klassischen Einzelprojekten nicht realisierbar. Entscheidend für den Erfolg ist die industrielle Denkweise: Die Anlage ist ein Produkt – nicht ein Unikat. Der Produktionsprozess ist darauf ausgelegt, Wiederholbarkeit, Taktzeit und Qualität auf hohem Niveau zu sichern. Das Beispiel zeigt eindrücklich, dass auch komplexe Energieanlagen industrialisiert werden können, wenn Modularität, Integration und Skalierbarkeit von Anfang an mitgedacht werden. Besonders relevant ist das für stark wachsende Märkte wie Rechenzentren, Kapazitätsmärkte oder Quartiersversorgung. Hier zählen nicht nur technische Werte, sondern Lieferbarkeit, Integrationsfähigkeit und Time-to-Market.



# FAZIT

Vom einzelnen Projekt  
zur industriellen Lösung



Die Energiewende in Deutschland ist auf dem richtigen Weg: Die Anpassungen der Ausbaupläne an die Realität der Bedarfe sind angestoßen. Die Betreiber – ob von Erzeugungsanlagen oder Netzen – haben ambitionierte Ziele formuliert und konkrete Investitionsentscheidungen vorbereitet oder bereits getroffen. Der Umbau ist kein Gedankenspiel mehr, sondern im vollen Gange. Was jetzt fehlt, ist die industrielle Übersetzung dieser Ambition in lieferbare Realität.

Der Realitätscheck zeigt, dass die Umsetzung an der industriellen Basis entschieden wird. Die Frage ist nicht mehr, ob die Energiewende kommt – sondern, ob sie gebaut werden kann. Und hier drohen Engpässe: bei Kapazitäten, bei Fachkräften, bei Lieferketten – aber auch bei Prozessen, Standards und Denkmodellen.

Die zentrale Herausforderung lautet deshalb: Wie kann ein Energiesystem skaliert werden, das historisch auf individuelle Einzellösungen ausgelegt war, in eine industrielle Struktur, die Reproduzierbarkeit, Geschwindigkeit und Systemintegration ermöglicht?

Die Antwort liegt in zwei Prinzipien: Produktisierung und Industrialisierung. Wer technische Systeme nicht mehr nur projektweise konfiguriert, sondern als modulare, anschlussfähige Produkte gestaltet, gewinnt Geschwindigkeit, Qualität und Ausschreibungsfähigkeit. Wer diese Produkte dann auch in einem industriellen Takt bauen, liefern und betreuen kann, wird zum entscheidenden Faktor der Transformation.

Andere Branchen haben diesen Weg bereits hinter sich – allen voran die Automobilindustrie. Auch dort war die Entwicklung von der Einzelfertigung zur skalierbaren Plattform nicht nur ein technischer, sondern ein kultureller Wandel. Heute baut ein OEM nicht mehr jedes Modell von Grund auf neu – er denkt in Plattformen, Kooperationen, digitalen Zwillingen und vorintegrierten Ökosystemen. Genau diese Logik braucht nun auch die Energietechnik. Erste Beispiele zeigen, dass ein Übertrag funktioniert.

Was die Energiebranche heute leistet, ist in vielem vergleichbar mit dem Umbruch, den die Automobilbranche vor 15 Jahren durchlaufen hat: Standardisierung, Serienreife, Digitalisierung, Schnittstellenmanagement und Lieferfähigkeit. Die gute Nachricht: Die Energiebranche kann lernen. Die Werkzeuge liegen auf dem Tisch.

Die Energiewende ist kein Nischenprojekt. Sie ist das größte industrielle Bauvorhaben Europas. Sie verdient eine industrielle Antwort.



## Autoren



Matthias Baum  
Associate Partner



+49 1523 911 0397  
matthias.baum@porsche-consulting.com



Dirk  
Pfitzer  
Senior Partner



Dominik  
Eckstein  
Associate Partner

## Porsche Consulting

Die Porsche Consulting GmbH ist eine Managementberatung und Tochtergesellschaft des Sportwagenherstellers Porsche AG. Das Unternehmen, führend in der Umsetzung von Strategien, beschäftigt 900 Mitarbeitende. Neben dem Hauptsitz in Stuttgart hat die Beratung Standorte in Hamburg, München, Berlin, Frankfurt am Main, Mailand, Paris, São Paulo, Shanghai, Peking, Atlanta und Palo Alto. Die Experten für die Bereiche Strategie und Organisation, Marke und Vertrieb, Technologie und Entwicklung sowie Operations unterstützen weltweit Unternehmen in den Branchen Automobil, Konsumgüter, Luftfahrt, Industriegüter, Pharma und Medizintechnik, Energiewirtschaft, Bau und Transport. Unter dem Leitmotiv „Strategisch denken, pragmatisch handeln“ verfolgt die Managementberatung einen klaren Auftrag: Überlegenheit im Wettbewerb durch erlebbare Resultate zu schaffen – und dabei stets den Menschen in den Mittelpunkt zu stellen.

# Appendix

## Referenzen

- (1) Bundesregierung (2024): Klimaschutz,  
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/schwerpunkte/klimaschutz-energie-2304638>
- (2) CDU/CSU/SPD (2025): Koalitionsvertrag,  
[https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Sonstiges/Koalitionsvertrag\\_2025\\_LS.pdf](https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Sonstiges/Koalitionsvertrag_2025_LS.pdf)
- (3) BMWK (2024): EEG-Ausbaupfade,  
<https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2025/20250108-ausbau-erneuerbarer-energien-2024.html>
- (4) IEA (2025): Building the Future Transmission Grid,  
<https://www.iea.org/reports/building-the-future-transmission-grid>
- (5) BNetzA (2023): Netzentwicklungsplan Strom,  
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NEP/Strom/start.html>
- (6) BNetzA (2023): Investitionsprognosen Stromnetz,  
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/NEP/Strom/start.html>
- (7) Agora (2023): Energiewende. Windenergie-Ausbaustand,  
<https://www.agora-energiewende.de/publikationen/die-energiewende-in-deutschland-stand-der-dinge-2023>
- (8) Porsche Consulting (2025): Geld ist nicht das Problem,  
<https://www.porsche-consulting.com/de/de/artikel/geld-ist-nicht-das-problem>
- (9) BNetzA (2024): Ausbau Erneuerbarer Energien,  
[https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2025/20250108\\_EE.html](https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2025/20250108_EE.html)
- (10) RWE AG (2025): Hauptversammlung,  
<https://www.rwe.com/investor-relations/finanzkalender-und-veroeffentlichungen/hauptversammlung-2025/>
- (11) Europäische Union (2009, 2014): Richtlinie 2009/125/EG & Verordnung (EU) Nr. 548/2014,  
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=CELEX%3A32009L0125>
- (12) EnWG (2024): Redispatch,  
<https://www.bundesnetzagentur.de/DE/Fachthemen/ElektrizitaetundGas/Versorgungssicherheit/Netzengpassmanagement/Engpassmanagement/Redispatch/start.html>
- (13) TenneT (2024): TenneT, Target Grid 2045, Denmarks Offshore Hub, TotalEnergies Offshore Hub,  
<https://www.tennet.eu/target-grid-0>

## **Porsche Consulting**

STUTTGART | HAMBURG | MUNICH | BERLIN | FRANKFURT | MILAN | PARIS | SÃO PAULO | ATLANTA | PALO ALTO | SHANGHAI | BEIJING

[www.porsche-consulting.com](http://www.porsche-consulting.com)

© Porsche Consulting 2025