

Warum teuer, wenn's auch günstiger geht? Wasserstoff als tragende Säule der Energiewende

Prof. Dr. Markus Hölzle

ZSW-Vorstandsmitglied und Leiter des Geschäftsbereich Elektrochemische Energietechnologien in Ulm
Vorsitzender des Beirats Grüner Wasserstoff am Umweltministerium Baden-Württemberg

Wasserstofftag in Hardthausen am Kocher, 26.06.2025



Das ZSW – Auf einen Blick

Stiftung des Landes Baden-Württemberg - 350 Mitarbeitende - 90% Fremdfinanzierung

Seit 1988: Angewandte Forschung & Entwicklung zu neuen Energietechnologien

- Batterien & Superkondensatoren: Materialien, Produktionstechnologien, Systeme, Qualifizierung
- Brennstoffzellen: Technologie, Systeme, Produktionstechnologien, Testzentrum
- Photovoltaik: Dünnschichttechnologien (CIGS) & Anwendungssysteme
- Erneuerbare Brennstoffe: Power-to-Gas, Biomassevergasung
- Energiepolitik & -wirtschaft, Windenergie

WINDENERGIE



PHOTOVOLTAIK



BATTERIEN



WASSERSTOFF



BRENNSTOFFZELLEN



POLITIKBERATUNG



Drei Leuchttürme auf Bundesebene am ZSW-Standort in Ulm: FPL, HyFaB & Powder-Up!



2014 Forschungsplattform für die industrielle Produktion von großen Lithium-Ionen-Zellen (FPL)



2021 / 2023 Forschungsfabrik für Wasserstoff und Brennstoffzellen (HyFaB)



2024 Pilotanlage für Kathodenmaterialien für Lithium-Ionenbatterien (Powder-Up!)



Test ID	Date	Power	Current	Voltage	Efficiency
TST10	2024-04-04 20:47:00	4.07 kW	1.00 A	4.07 V	No data
TST101	2024-04-03 15:48:00	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST102	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	44.3%
TST103	2024-05-03 14:24:20	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST104	2024-04-30 14:24:20	2.77 kW	1.00 A	2.77 V	No data
TST105	2024-04-30 14:24:20	2.77 kW	1.00 A	2.77 V	No data
TST11	2023-12-05 14:00:41	2.77 kW	1.00 A	2.77 V	27.8%
TST12	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	0%
TST13	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	22.1%
TST14	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST15	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	360%
TST16	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	500%
TST17	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	23.9%
TST18	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	202%
TST19	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	1.1%
TST20	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST21	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST22	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST23	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST24	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST25	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST26	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST27	2023-10-21 10:25:07	2.77 kW	1.00 A	2.77 V	No data
TST28	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST29	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST30	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	600%
TST31	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	230%
TST32	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	0%
TST33	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	No data
TST34	2024-05-03 09:14:23	1.90 kW	1.00 A	1.90 V	0%

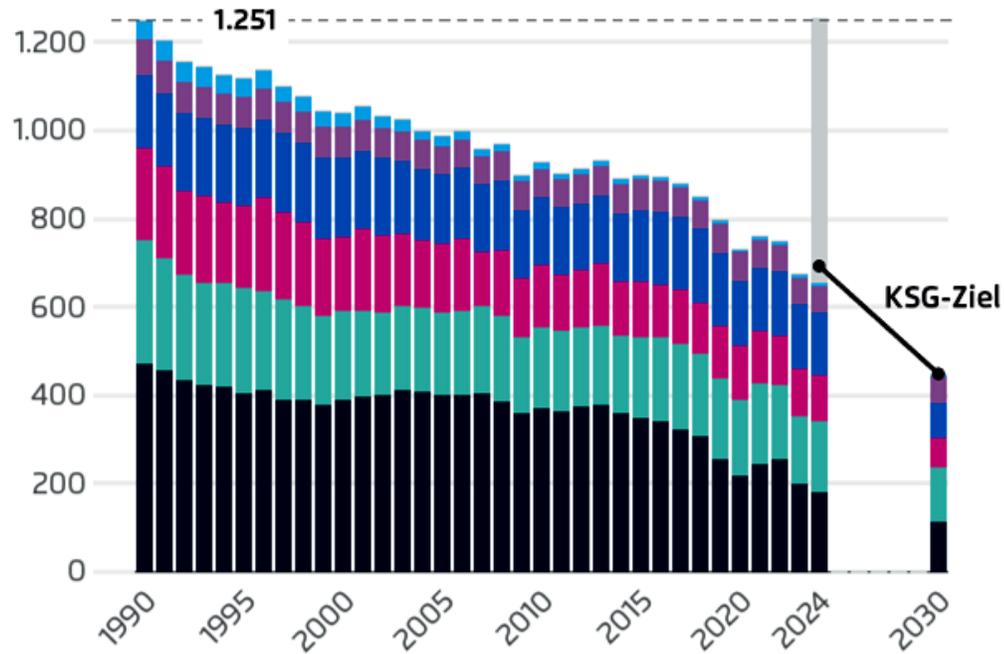
40 Brennstoffzellenteststände für 24/7 Dauerbetrieb im größten unabhängigen Brennstoffzellentestzentrum Europas



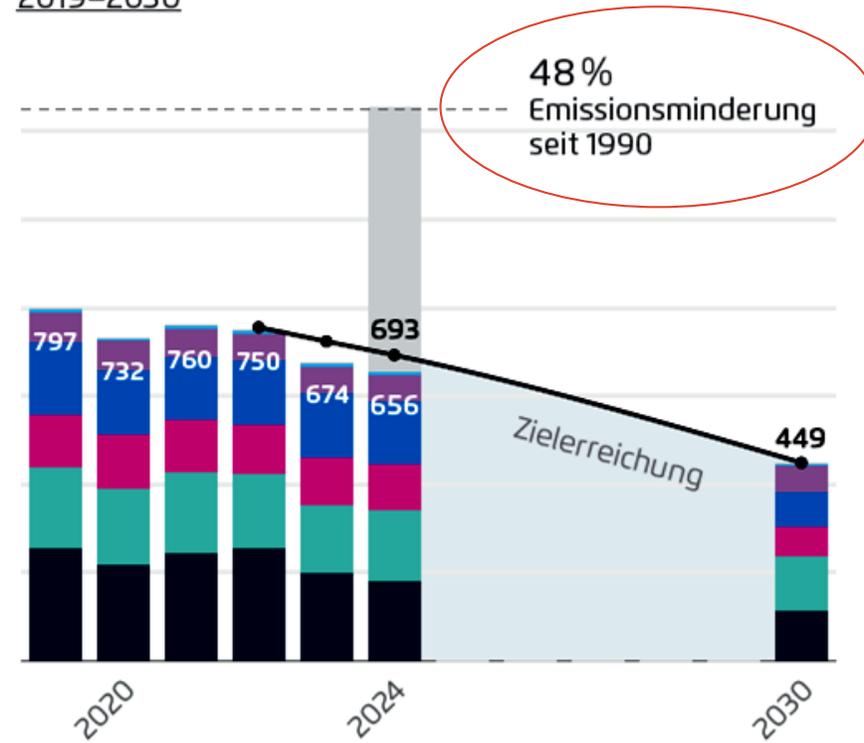
DIE ENERGIEWENDE IN DEUTSCHLAND

Treibhausgasemissionen in Deutschland nach Sektoren 1990 - 2024

[Mio. t CO₂-Äq]



2019–2030



● Energiewirtschaft
 ● Industrie
 ● Gebäude
 ● Verkehr
 ● Landwirtschaft
 ● Abfallwirtschaft und Sonstiges

Agora Energiewende (2024) nach UBA (2024a) • 2024: Schätzung von Agora Energiewende basierend auf AGEBA (2024a). Zielpfad abgeleitet aus Klimaschutzgesetz. Exklusive Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft.

Quelle: Agora Energiewende (2025): Die Energiewende in Deutschland: Stand der Dinge 2024. Rückblick auf die wesentlichen Entwicklungen sowie Ausblick auf 2025.

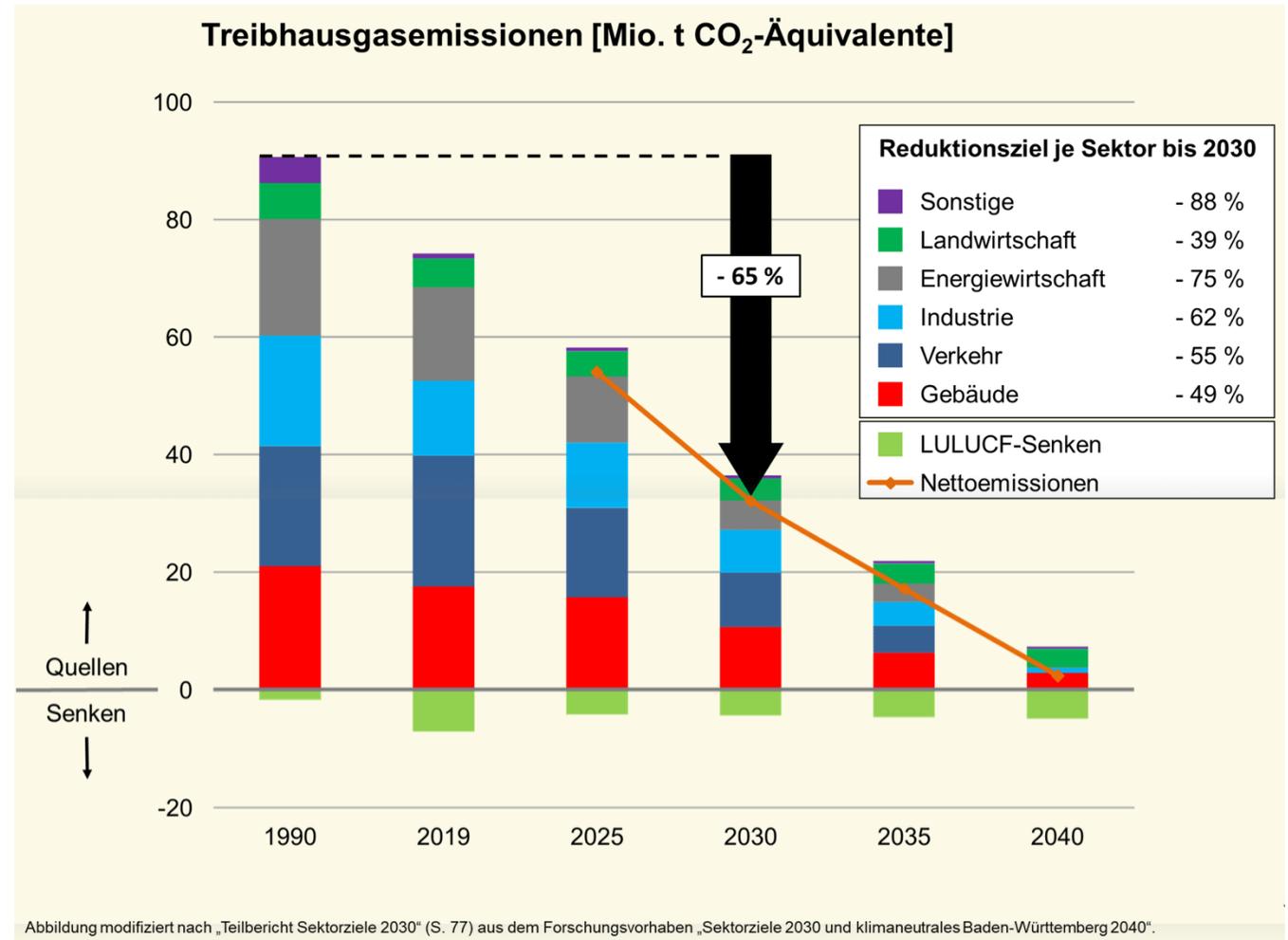
Klimaziele und Sektorenziele in Baden-Württemberg

Das **Klimaschutzgesetz BW** von 2021 gibt Klimaziele für Einzelsegmente in Baden-Württemberg vor:

- **Klimaneutralität bis 2040.**
(Bund: 2045, EU: 2050)
- Reduktion der Treibhausgasemissionen um 65% bis 2030.
(Bund: 65%, EU 55%)



**Baden-Württemberg
Ministerium für Umwelt, Klima
und Energiewirtschaft**



Was benötigen wir für die Energiewende?



Erzeugung

PV / Wind / Biomasse



Verteilung

Stromtrassen / Gaspipelines



Speicherung

Wasserstoff / Batteriespeicher

- Das „Magische Dreieck“ der Energiewende: **Erzeugung, Verteilung und Speicherung** muss synchron entwickelt werden – ansonsten drohen hohe Kosten und im Worst-Case Systemausfälle

Bilder: Stromtrasse: <https://www.nabu.de/umwelt-und-ressourcen/energie/stromnetze-und-speicher/naturschutz/18759.html>
Gaspipeline: <https://www.finanzen.ch/nachrichten/rohstoffe/nord-stream-2-ursache-fuer-druckabfall-in-gaspipeline-bisher-unklar-1031764276>
Clay Tye von FRV in mit 198 Megawattstunden: <https://www.pv-magazine.de/2023/11/10/erneuerbare-energien-rund-um-die-uhr-mehr-flexibilitaet-durch-grosse-batteriespeicher/>
H2-Tankstelle: ZSW



WINSENT: ZSW Windtestfeld auf der schwäbischen Alb bei Stötten.

ERZEUGUNG

Der BIRDRECORDER des ZSW



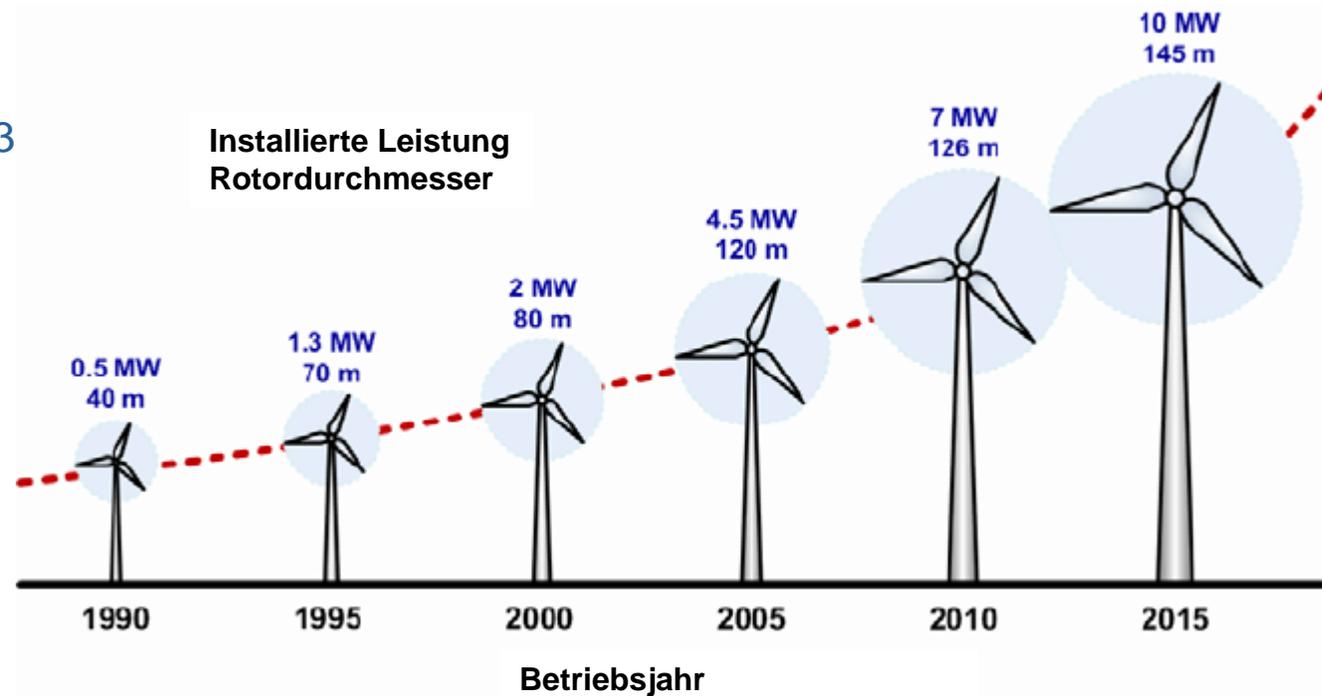
WINSSENT – Das Windtestfeld des ZSW auf der Schwäbischen Alb

Stetige Zunahme des Rotordurchmessers von Windkraftanlagen

Das Scheitern GROWIANs hat den Erfolg der Windenergie nicht beeinträchtigt

GROWIAN

Deutschland 1983
3.0 MW / 100m

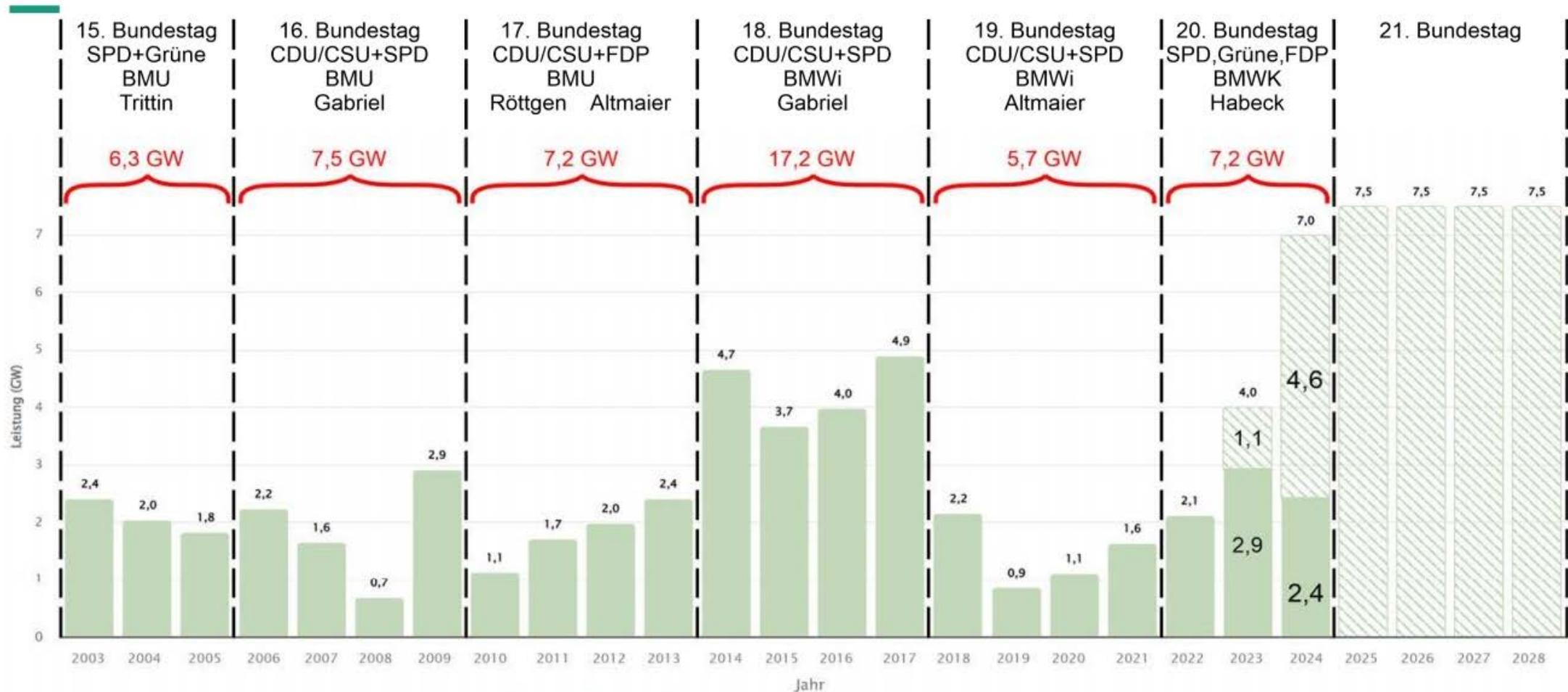


Siemens-Gamesa
SG-14 / 222 DD, 2022
14 MW / 222 m

Source: researchgate, wikipedia

Jährlicher Zubau an installierter Leistung von Wind Onshore

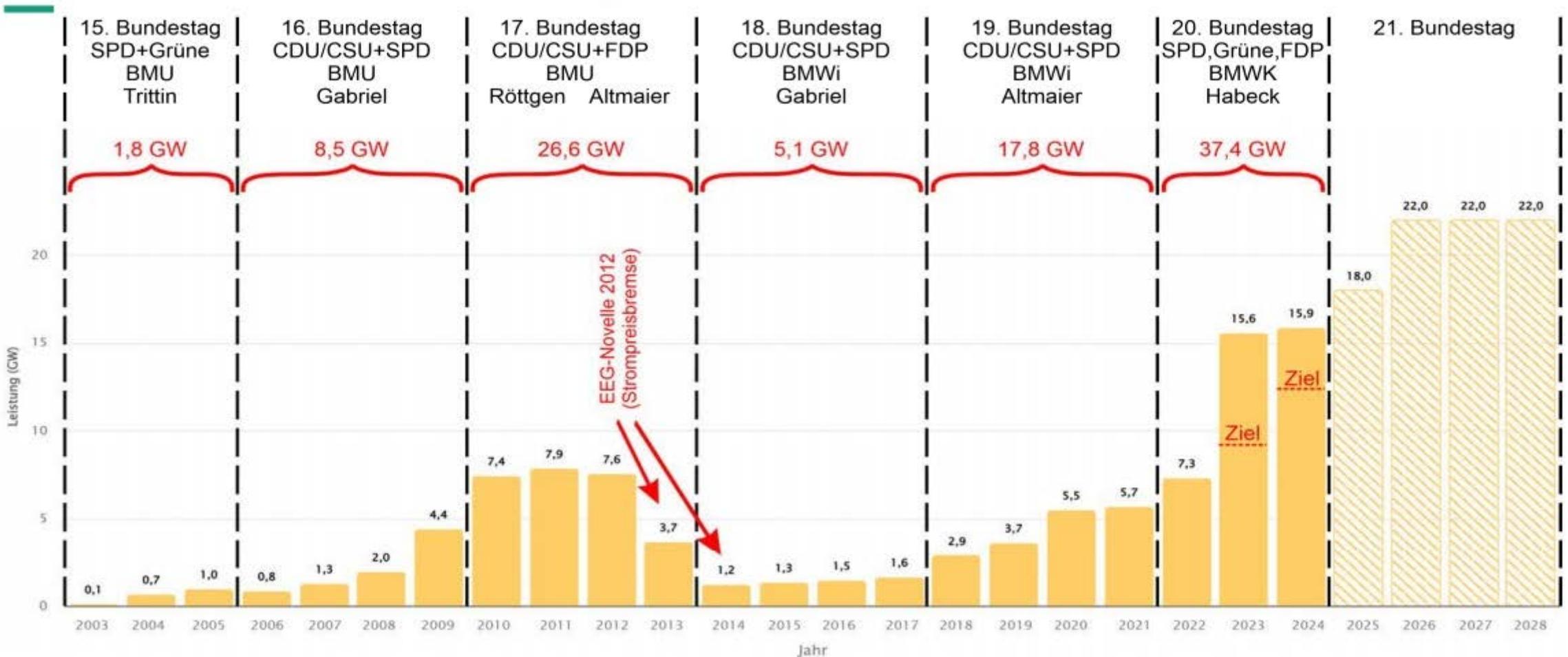
Ist-Werte von 2023 bis 2024 und Planungen bis 2028



Quelle: https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.html?l=de&c=DE&year=-1&expansion=installation_decommission&legenditems=dyb

Jährlicher Zubau an installierter Leistung von Photovoltaik

Ist-Werte von 2023 bis 2024 und Planungen bis 2028

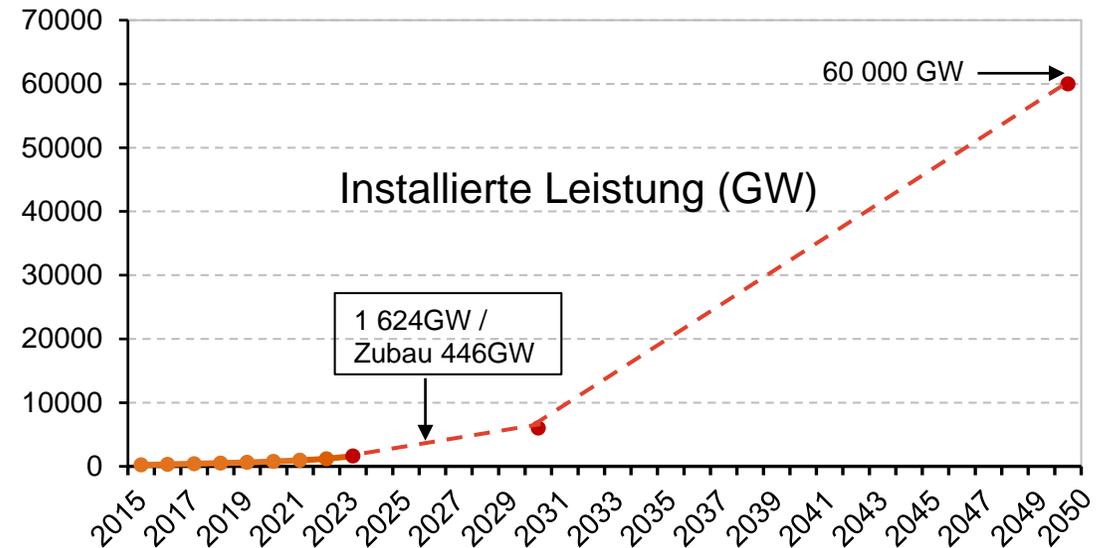
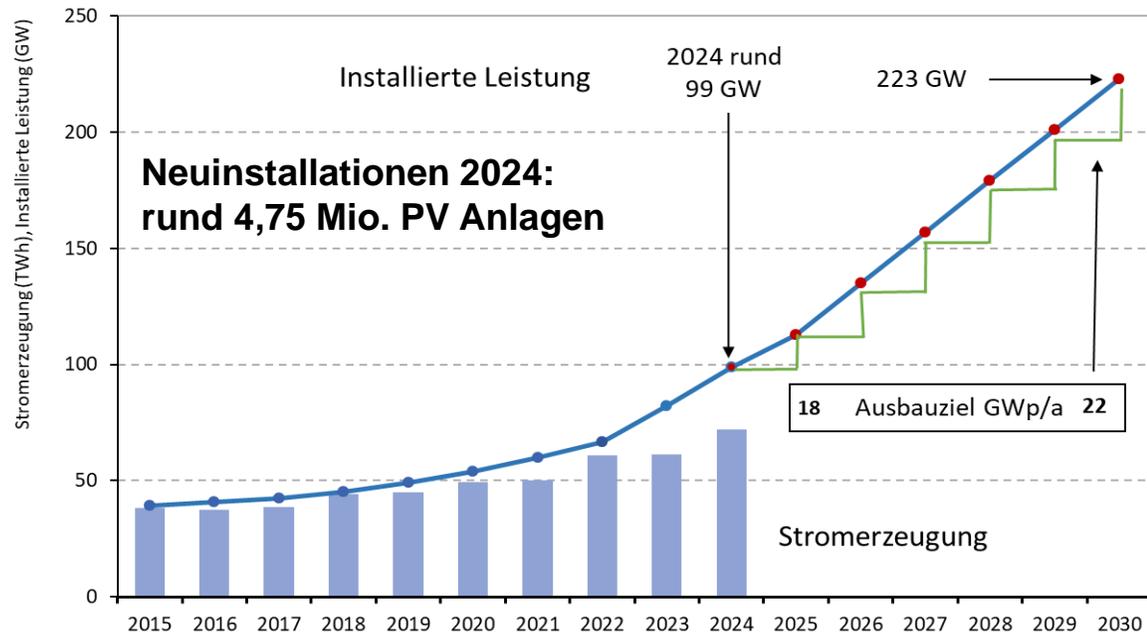


Quelle: https://energy-charts.info/charts/installed_power/chart.htm?l=de&c=DE&year=-1&expansion=installation_decommission&legendItems=cw1

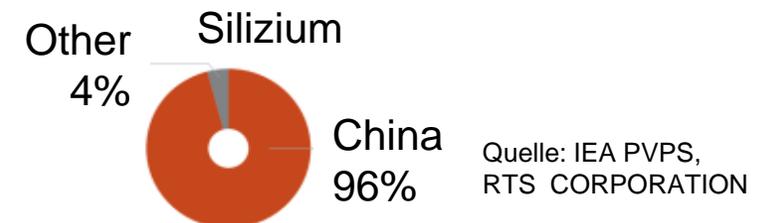
Photovoltaik: Wachstum und Lieferketten

D: Stromerzeugung mit PV und installierte Leistung

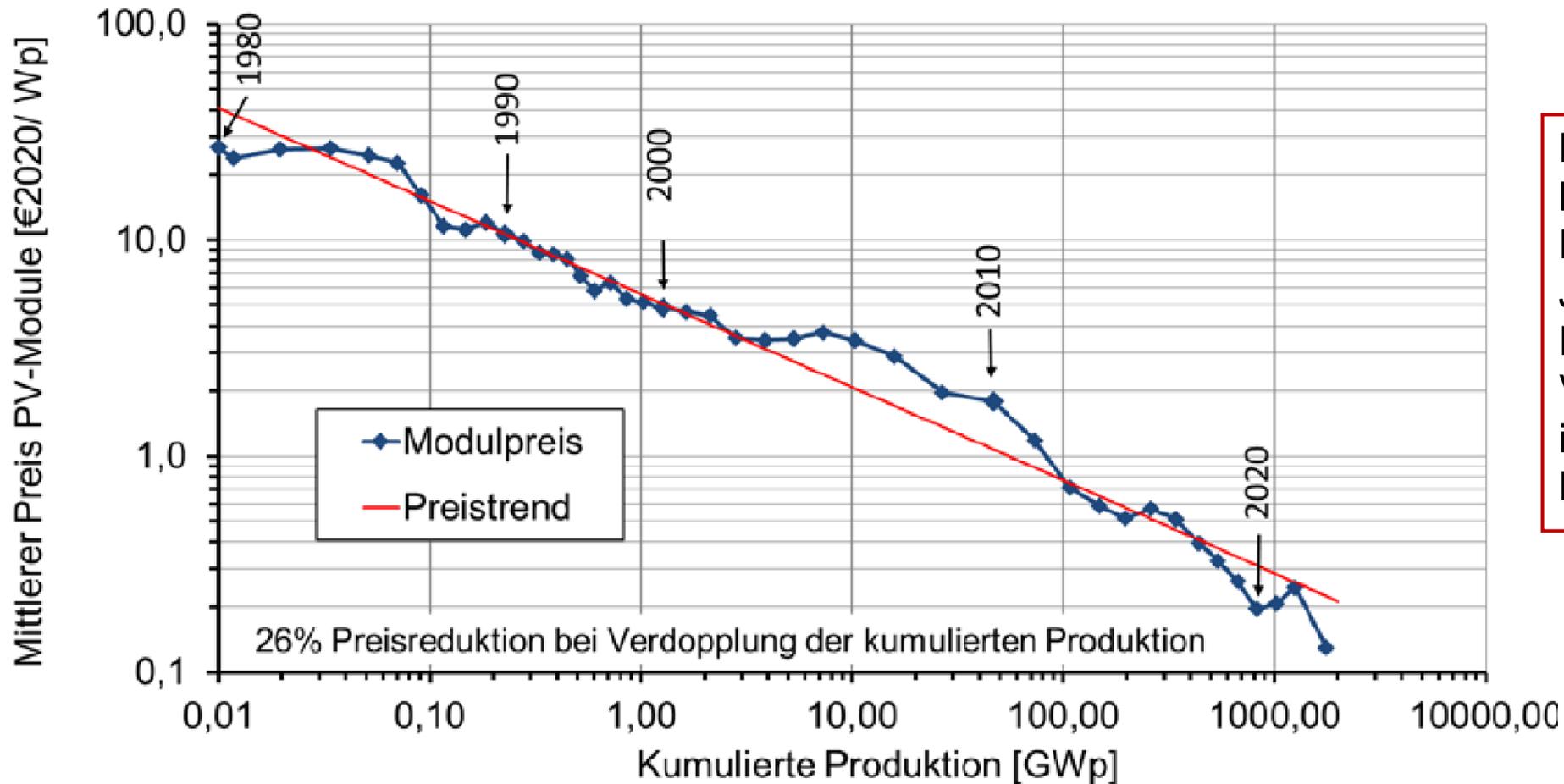
Welt: Installierte Leistung – Prognose bis 2050



- D: 2024 Rekordzubau von 17 GW (ca. 72,2 TWh Stromerzeugung)
- Welt: 2023 wurden 1,6 TW der nötigen 60-80 TW erreicht
- Preise auf historischem Tief, D/EU Hersteller unter Druck
- Fast 100% Abhängigkeit von Zellen und Modulen aus China



Preislernkurve: Solarmodule – immer niedriger als erwartet

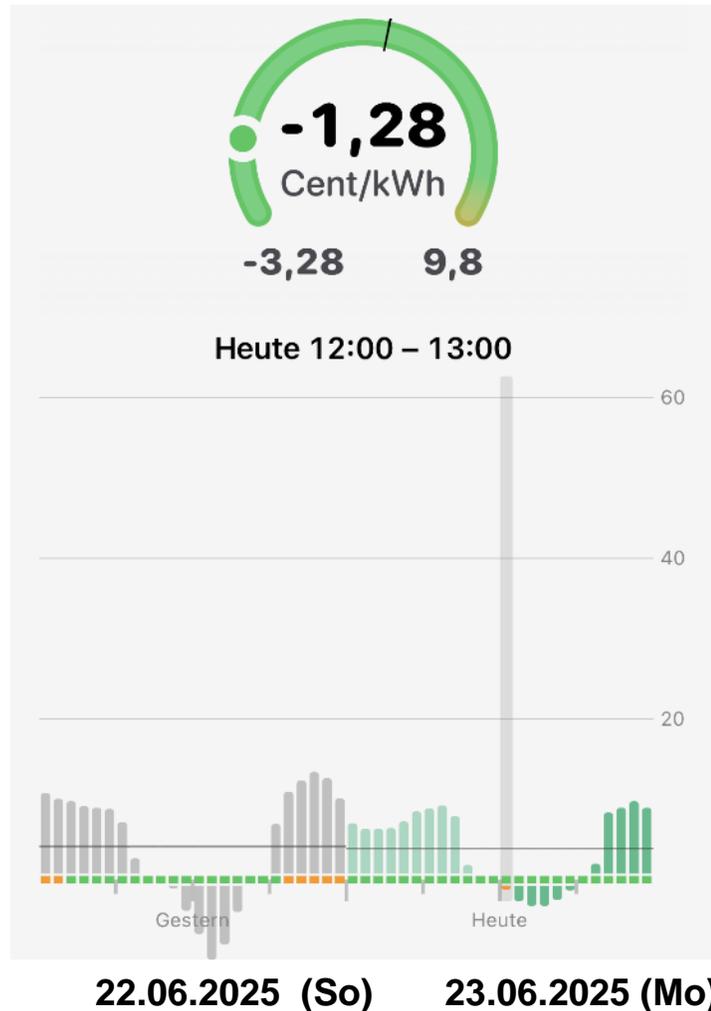


Lernkurve in doppelt-logarithmischer Darstellung: über Jahrzehnte ca. 26% Preisreduktion bei Verdoppelung der installierten (kumulierten) Kapazität.

Quelle: Fraunhofer ISE; Aktuelle Fakten zur PV in Deutschland; 03/2025

Strompreisverlauf an sonnigen Tagen....

Negative Strompreise bei Sonnenschein zwischenzeitlich auch an Werktagen!



Energy-Charts: Neuer Photovoltaik-Rekord mit 47 Gigawatt

Am Dienstag lag die Einspeisung der Photovoltaik-Anlagen ins öffentliche Netz bei bis zu 47,1 Gigawatt, wie die Forscher des Fraunhofer ISE twitterten. Der Strompreis war entsprechend niedrig.

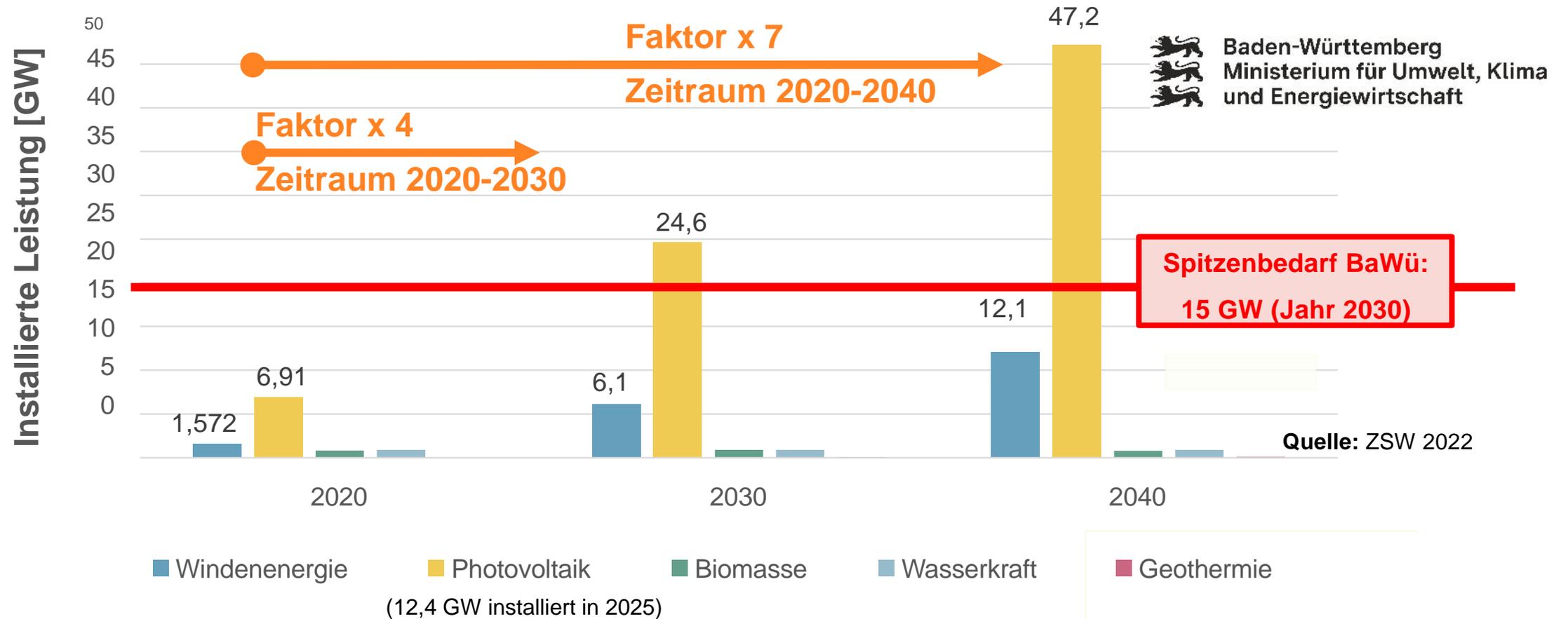
15. MAI 2024 SANDRA ENKHARDT

Quelle:
„SPOT“ App
Für iOS und Android
Kostenlos zum download



Ausbauziele erneuerbare Energien in Baden-Württemberg

Der geplante Ausbau wird den Gesamtbedarf an grünem Strom in Baden-Württemberg bilanziell decken



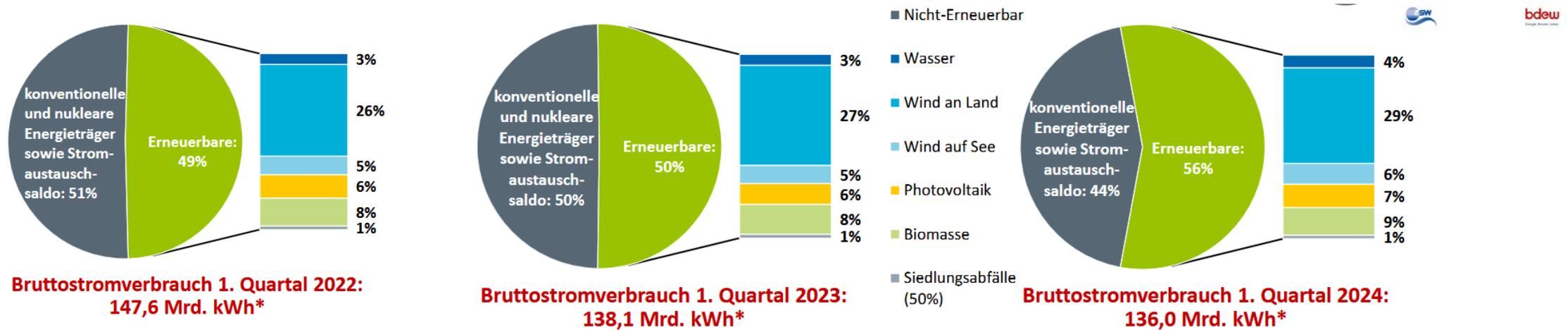
Flächennutzung in Deutschland 2025: Solarparks vers. Golfplätze



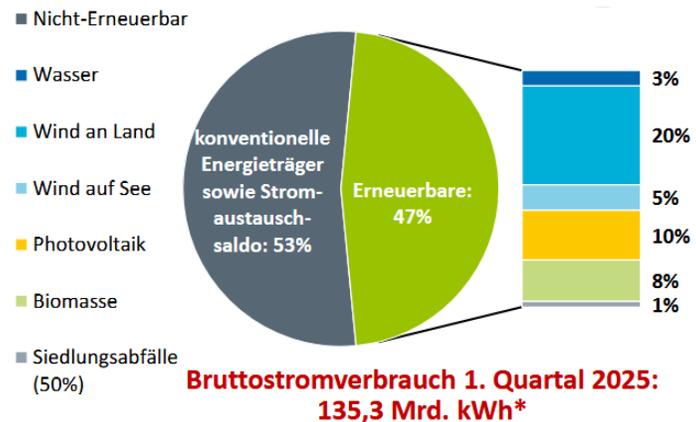
- Der gesamte Flächenverbrauch von Solarparks in Deutschland liegt deutlich unter dem von Golfplätzen (ca. 50.000ha)
- Mit ca. 30.000ha entspricht er in etwa der Anbaufläche von Weihnachtsbäumen.

Grafik: PV-Magazin 21.05.2024 / Version 1.0, erstellt von Christian Victor, @cvictordus

Beitrag der Erneuerbaren Energien zur Deckung des Stromverbrauchs in Deutschland – jeweils erstes Quartal



!! Jahr 2025 – wenig Wind und Wasserkraft im ersten Quartal !!



Aktuelle Berechnungen von ZSW und BDEW

Erneuerbare Energien deckten im ersten Quartal 47 Prozent des Stromverbrauchs

Berlin/Stuttgart, 24. April 2025 – Erneuerbare Energien deckten im ersten Quartal 2025 rund 47 Prozent des Stromverbrauchs in Deutschland. Das zeigen vorläufige Berechnungen des Zentrums für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) und des Bundesverbands der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW).

Insgesamt erzeugten Erneuerbare-Energien-Anlagen von Januar bis März 63,5 Milliarden Kilowattstunden (Mrd. kWh) Strom - rund 16 Prozent weniger als im Vorjahreszeitraum. Der Rückgang hat witterungsbedingte Ursachen. Vor allem den windschwachen Monaten Feb-

Pressemitteilung bdeW und ZSW vom 24. April 2025



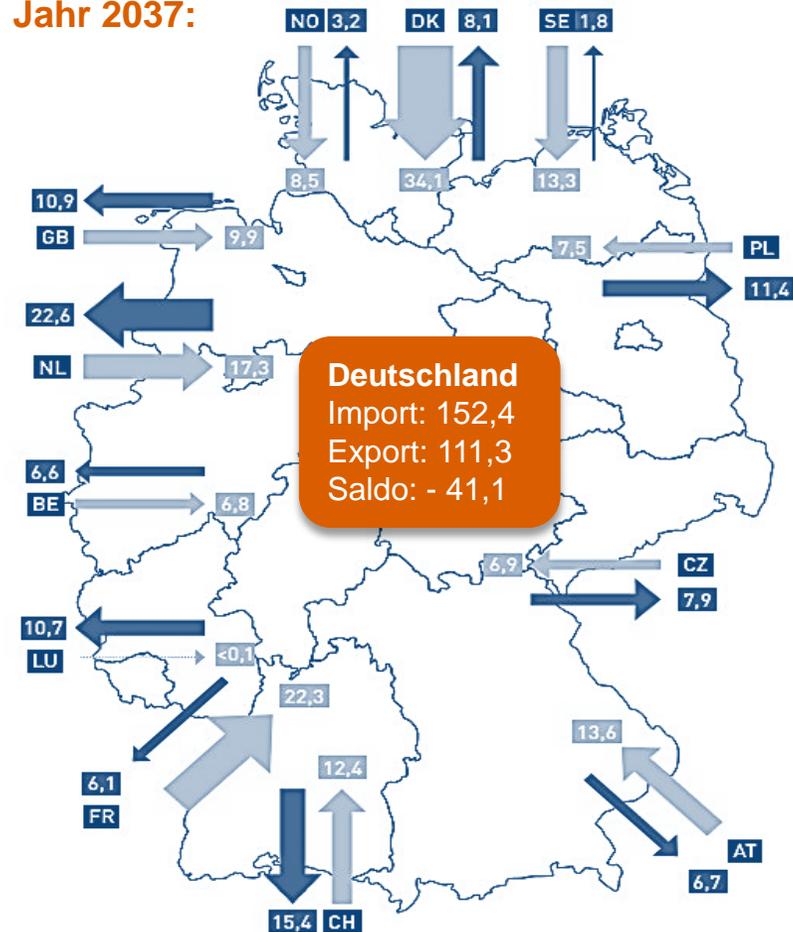
VERTEILUNG

Deutschland im künftigen europäischen Stromnetz: 2037 und 2045

Vom Stromexporteur heute, zum zukünftigen Importeur morgen

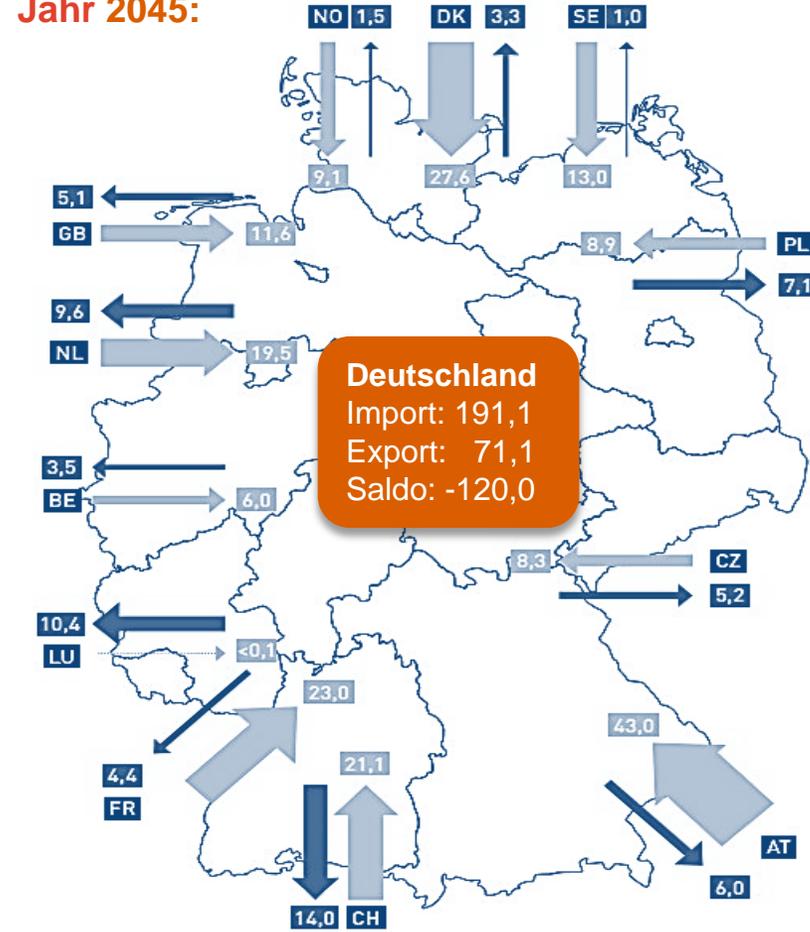
Handelsaustausch Energiemengen

Jahr 2037:



Handelsaustausch Energiemengen

Jahr 2045:

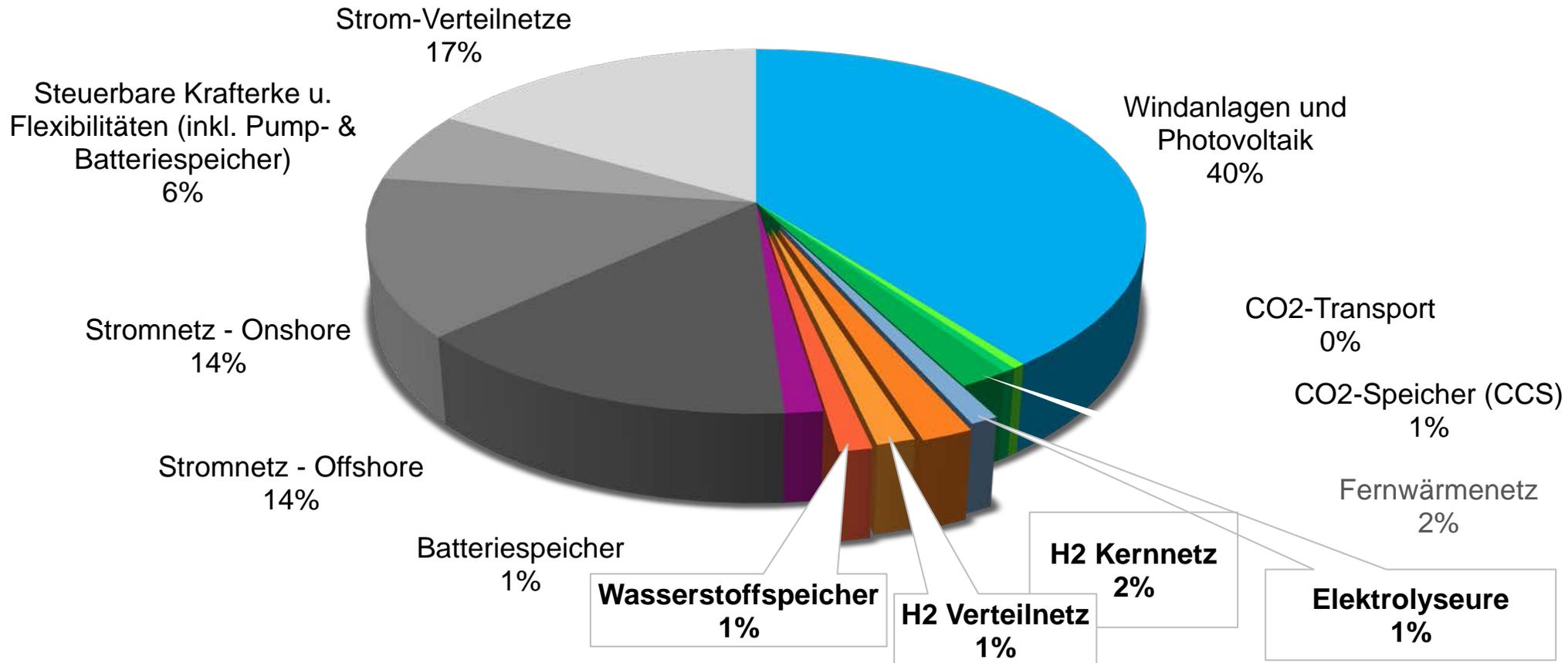


- Deutschland wird in allen Szenarien zum **Nettoimporteur**.
- Tendenz verstärkt sich in 2045 im Vergleich zu 2037.
- Salden (abhängig vom Szenario zwischen - 41 TWh und -162 TWh (bei ca. 1.000 TWh Gesamtbedarf)
- Import insbesondere aus **Skandinavien, Frankreich, Österreich und Schweiz** - aufgrund auch dort hoher EE-Kapazitäten und gesicherter Leistung .

Quelle: Transnet BW

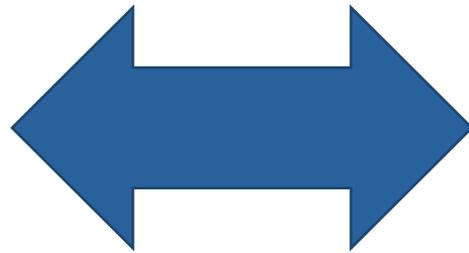
Gesamtkosten der Energiewende in Deutschland

Kosten für die Energiewende bis 2045: 1.110 Mrd. €

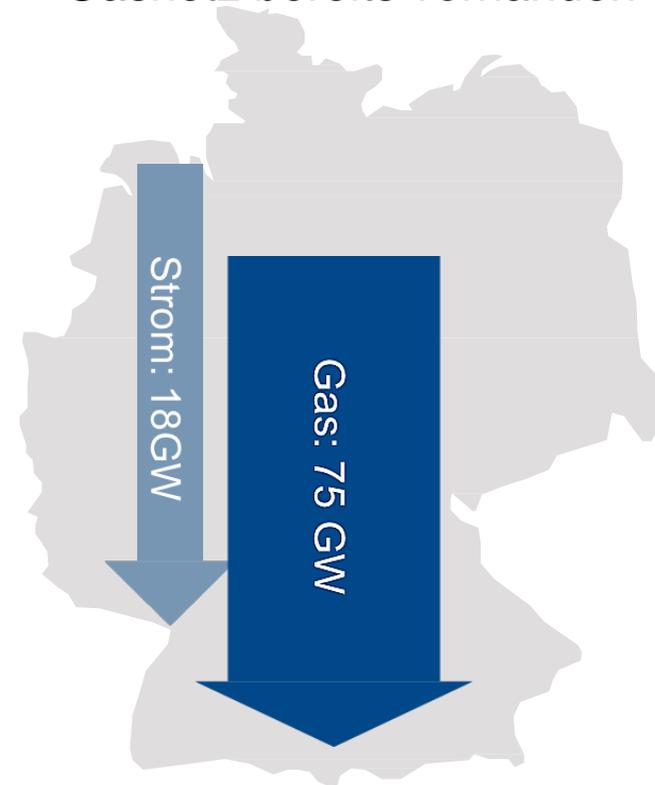


Die Transportkapazität von Hochspannungsleitungen liegt weit unter der von Pipelines

- ✓ Eine Gaspipeline transportiert soviel Energie wie acht Hochspannungsleitungen



- ✓ Riesige Nord-Süd-Transportkapazitäten im deutschen Gasnetz bereits vorhanden



Quelle: Frontier Economis, Grober Vergleich der bestehenden Strom- und Gastransportkapazitäten von Nord- nach Süddeutschland



©The Linde Group

WASSERSTOFF: DAS MINERALWASSER DER ENERGIEWENDE

Wasserstoff – Der Bekannte Unbekannte

- Wasserstoff ist gasförmig, farblos und das **häufigste Element** des Universums.
- Wasserstoff **kommt auf der Erde nicht als solches vor und** muss bei Bedarf hergestellt werden:
 - Die Herstellung erfolgt heute fast ausschließlich aus Erdgas und Erdöl unter **Freisetzung von großen Mengen CO₂** (ca. 10 Kilogramm CO₂ je Kilogramm Wasserstoff)
 - Wasserstoff wird in der Regel **dort produziert, wo er auch verbraucht wird**, deshalb bleibt er für den Normalbürger eine große Unbekannte.
- Wasserstoff ist die **volumenmäßig größte Chemikalie** weltweit:
 - 1-2% der globalen Primärenergie werden für die Wasserstoffherzeugung eingesetzt
 - Ohne Wasserstoff keine Düngemittel, kein Benzin / Diesel, keine Chemikalien, Kunststoffe, Arzneimittel...
 - Preise für Wasserstoff aus Erdgas: ca. 2 €/kg (entspricht 6 Ct./kWh)
- Die Herstellung wird zukünftig CO₂-frei durch Spaltung von Wasser mittels grünem Strom erfolgen.
- **Wasserstoff und grüne elektrische Energie** werden das Rückgrat unserer zukünftigen, CO₂-freien Energieversorgung darstellen.
- **Grüne elektrische Energie** als **regionaler Energieträger** und **grüner Wasserstoff** als **globaler Energieträger**.

Wasserstoff: Ist ein Alleskönner und in vielen Sektoren anwendbar



...und gleicht das wechselnde Angebot an grünem Strom aus



Tomasz Wysoamirski, Getty Images/iStockphoto



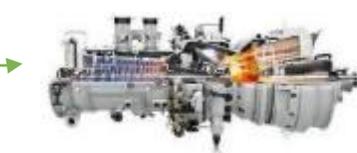
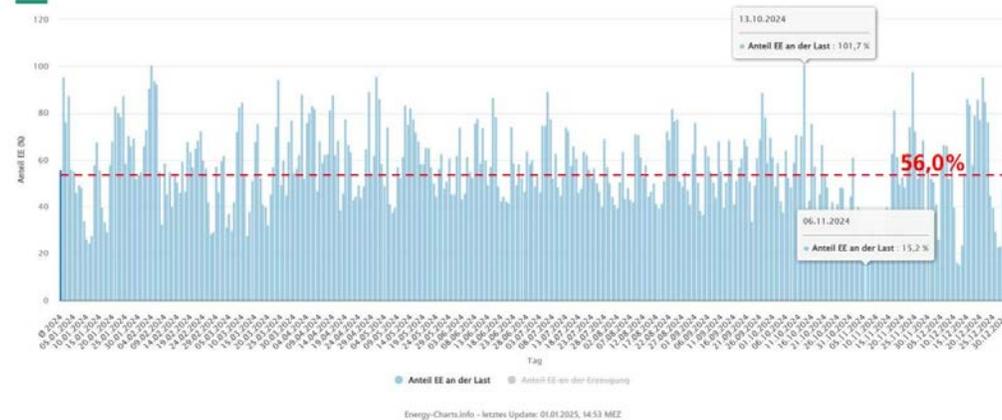
Quelle: Focus online



Quelle: biogasanlagen-info.de

Wasserstoff

Täglicher Anteil erneuerbarer Energien an der Last
Jahr 2024



Quellen: Viessmann / Feudenberg / Imago Images / Pixabay / Pixabay / Siemens

Bundesweite Wasserstoffinfrastruktur bis 2032: das genehmigte Wasserstoff-Kernnetz

9.040 km
Leitungslänge

- 626 km¹⁾

18,9 Mrd. €
Investitionsvolumen

- 0,8 Mrd. €¹⁾

56 %
Umstellungsleitungen

44 %
Neubauleitungen

Die **Genehmigung** des **Wasserstoff-Kernnetzes** am **22.10.2024** war der Startschuss für den Wasserstoffhochlauf. In Deutschland entsteht damit das größte Wasserstoffnetz Europas.

1) Unterschied zwischen Antrag (Juli 2024) und Genehmigung (Oktober 2024)



— Wasserstoff-Kernnetz Umstellungsleitung
- - - Wasserstoff-Kernnetz Neubauleitung





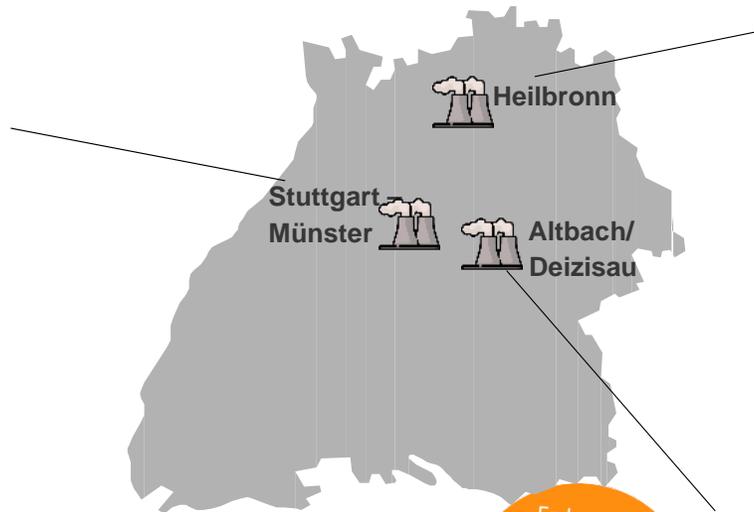
Spatenstich zum Baubeginn der SEL „Süddeutsche Erdgasleitung“ am 01. März 2024 (ab 2040 reiner Wasserstoff)

Stromerzeugung in Baden-Württemberg: Kohle - Gas - Wasserstoff

Fuel Switch Maßnahmen der EnBW



Gasturbinenanlage mit 124 MW_{el} und Abhitzedampferzeuger. Stilllegung Kohlekessel und Gasturbinen.



Erdgas als Übergangsbrennstoff; Perspektive: 100% grüner Wasserstoff



GuD-Anlage mit 675 MW_{el} und bis zu 190 MW Wärmeauskopplung. Stilllegung Kohleblock HLB7 mit 778 MW_{el}.

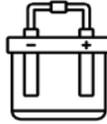
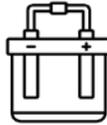
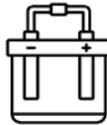


GuD-Anlage mit 665 MW_{el} und bis zu 180 MW Wärmeauskopplung. Stilllegung Kombiblock HKW 2 mit 401 MW_{el}.

Der Fuel Switch (von Kohle auf Gas) trägt zu einem ausgewogenen Portfolio aus Erneuerbaren und disponibler Leistung bei und steht in Einklang mit dem EnBW-Klimaneutralitätsziel 2035

Quelle: Heilbronner Stimme / Stuttgarter Zeitung und EnBW

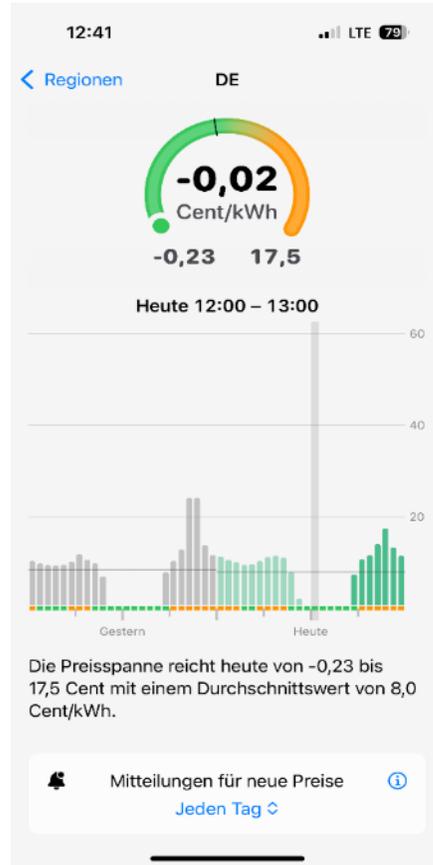
Kostenrechnung für die Bereitstellung von Wasserstoff in Baden-Württemberg: Perspektive 2030 ohne Steuern, Abgaben etc.

Erneuerbarer Strom	Elektrolyse	Transport	Bevorratung*	Aufbereitung*			
 Strom für 3 ct/kWh, 5.000 h/a	 H ₂ für 3,1 €/kg	 LH ₂ Schiff +1,45 €/kg	 1000 km + 0,165 €/kg	 +0,71 €/kg Reinigungsstufe	 Nieder-/Mitteldruckspeicher	 Hochdruckkompressor	* Kosten nicht gesondert berücksichtigt, da für alle Optionen gleich. H₂ beim Nutzer 5,43 €/kg 16,45 ct/kWh
 Strom für 3 ct/kWh, 5.000 h/a	 H ₂ für 3,1 €/kg	 1000 km + 0,165 €/kg	 +0,49 €/kg Reinigungsstufe	 Nieder-/Mitteldruckspeicher	 Hochdruckkompressor	H₂ beim Nutzer 3,76 €/kg 11,4 ct/kWh	
 Strom für 5 ct/kWh, 4.500 h/a	 H ₂ für 3,9 €/kg	 800 km + 0,13 €/kg	 +0,61 €/kg Reinigungsstufe	 Nieder-/Mitteldruckspeicher	 Boosterkompressor	H₂ beim Nutzer 4,64 €/kg 14,1 ct/kWh	
 Strom für 5 ct/kWh, 2.000 h/a 6,5 ct/kWh, 4.000 h/a	 H ₂ für 5,14 €/kg	Eine Wasserstoffproduktion vor Ort kann wettbewerbsfähig sein, auch langfristig und auch für industrielle Abnehmer!		 Nieder-/Mitteldruckspeicher	 Boosterkompressor	H₂ beim Nutzer 5,14 €/kg 15,6 ct/kWh	

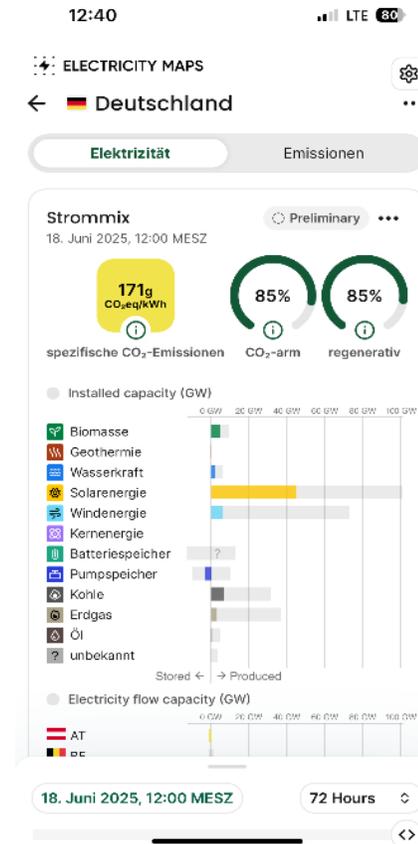
Das Wasserstoffparadoxon in Deutschland....



Strom ist teuer....



.....oder doch billig?..



...ist verfügbar.....

18:13

Rückschlag für «grünen» Stahl - ArcelorMittal ändert Pläne

Von Andreas Hoenig, dpa
Juni. 19, 2025 17:46 MEZ

Wirf deinen LOTTO-Schein nicht weg bevor du diese App getest hast.
Ad • Lotto Scanner | Jetzt...

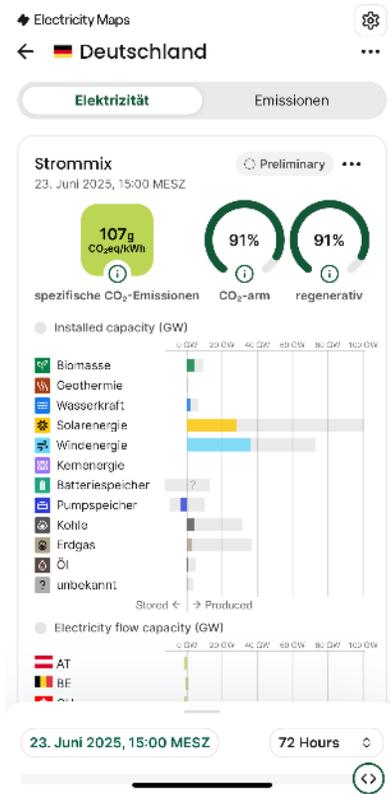
Bremen/Eisenhüttenstadt (dpa) - Rückschlag für den «grünen» Umbau der Stahlindustrie in Deutschland: ArcelorMittal Europe verfolgt Pläne zur Dekarbonisierung der Flachstahlwerke in Bremen und Eisenhüttenstadt nicht weiter, wie der Konzern mitteilte. Aufgrund der Marktsituation und der fehlenden Wirtschaftlichkeit einer CO₂-reduzierten Stahlproduktion könnten die Investitionen nicht weitergeführt werden. Der Konzern nimmt damit staatliche Fördergelder nicht in Anspruch.

ArcelorMittal verwies auf eine Verpflichtung, die Entscheidung mitzuteilen - da der Vertrag mit der Bundesregierung über die Förderung von 1,3 Milliarden Euro den Beginn der Bauarbeiten für das Projekt bis Juni 2025

....und doch rechnet es sich nicht.

Quelle: Spiegel online, App SPOT, App electricity.net, dpa

„Back of the Envelope“ Rechnung: Wasserstoff aus abgeregeltem Solarstrom

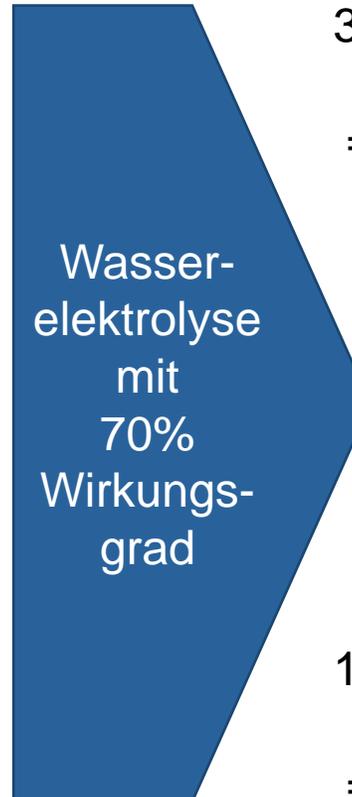


Input Jahr 2025:

100 GW Photovoltaik ist installiert
100 Sonnentage
50% Abregelung über 7 Stunden

Input Jahr 2030:

280 GW Photovoltaik ist installiert
100 Sonnentage
75% Abregelung über 7 Stunden



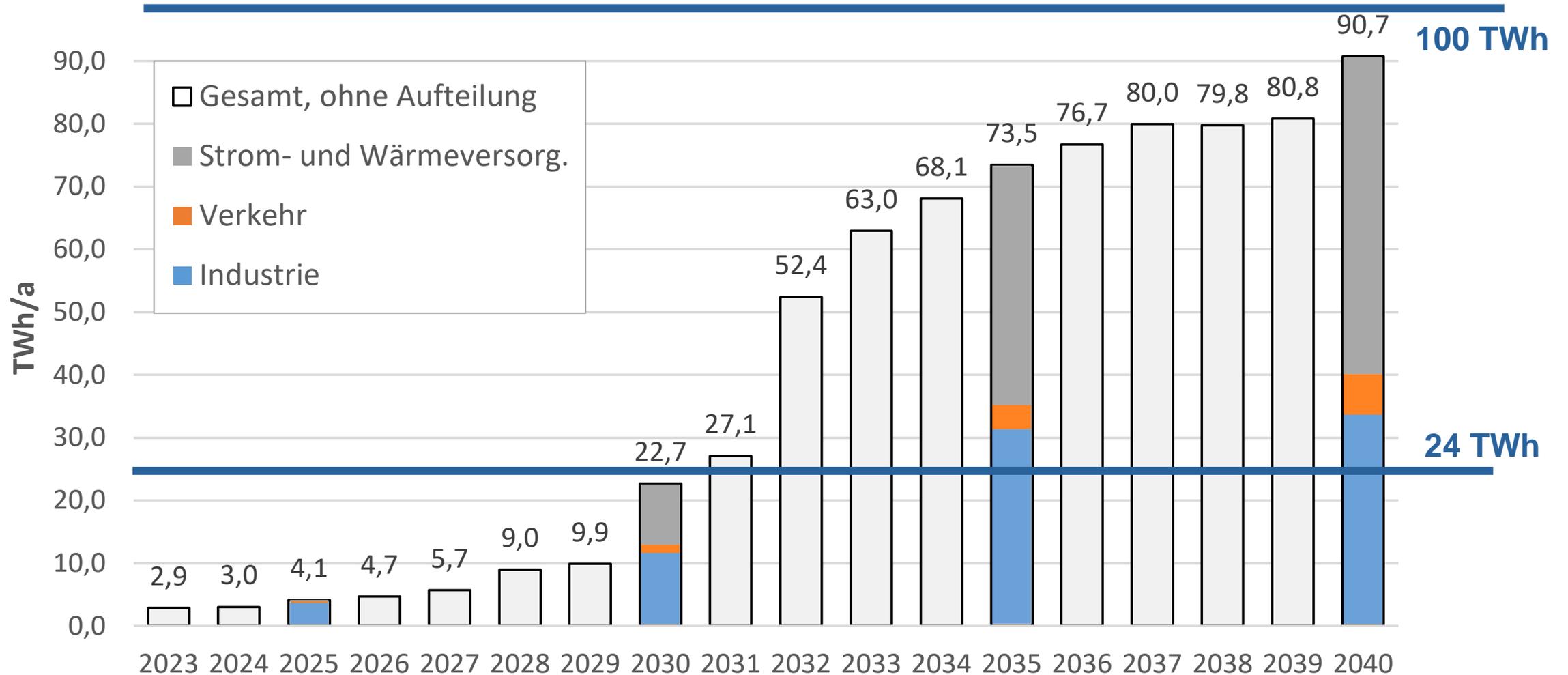
35 TWh werden abgeregelt

= 24 TWh Wasserstoff

147 TWh werden abgeregelt

= 100 TWh Wasserstoff

Entwicklung des Wasserstoffbedarfs in Baden-Württemberg



Voraussetzungen für grünen Wasserstoff in Deutschland nach RED II



Gleicher Netzknoten und Smart Metering System

Oder:
Ohne Netzanschluss

Zusätzlichkeit:
Ab 01.01.2028
EE-Anlage
max. 3 Jahre
vor EL in Betrieb

MRplangroup
ENGINEERING FOR EXCELLENCE

Direktbezug



EE-Anteil im Strommix >90% in einem der letzten fünf Jahre in der Gebotszone des EL

Netzbezug



PPA mit EE-Anlage

Zusätzlichkeit:
Ab 01.01.2028
EE-Anlage max. 3 Jahre vor EL in Betrieb
Emissionsarmer Strommix <64,8g CO₂eq/kWh

Gleichzeitigkeit:
Bis 31.12.2029: Gleicher Monat
Ab 01.01.2030: Gleiche Stunde
Alternativ: Day-Ahead-Preis ≤ 20€/MWh oder 0,36*CO₂-Preis (t)

Räumlicher Zusammenhang:
Gleiche Gebotszone, oder benachbarte Gebotszone mit höherem Strompreis, oder benachbarte Offshore-Gebotszone



Vermeidung der Abregelung von EE-Anlagen im Redispatch

Abkürzungen:

EE – Erneuerbare Energien
RED – Renewable Energy Directive
PPA – Power Purchase Agreement

EL – Elektrolyseur
DA – Delegated Act



Quelle: RWE

SPEICHERUNG

Energiespeicher in Deutschland 2024

..es ist deutlich mehr Energie in Deutschland gespeichert als viele Menschen denken...



Speicherkapazität Erdgasspeicher
250 TWh
(40 Tage Reichweite an kalten Wintertragen)



Deutsche nationale Ölreserve (inkl. Benzin und Diesel)
25 Mio. Tonnen – ca. 250 TWh
(60 Tage Reichweite)



Pumpspeicherkraftwerke + Batteriespeicher
40 GWh + 20 GWh gespeicherter Strom
(~ 60 Minuten Reichweite)

Bildquellen: Pumpspeicher: Energie und Management / Bild: Mark-E / Hans Blossey / Erdgasspeicher: Wirtschaftswoche online / imago pictures / Erdöl: picture alliance/dpa/Carmen Jaspersen/dpa / Batteriespeicher: Ingenieur.de, Panthermedia.net / phonlamai

Strombedarf durch Elektrifizierung in Deutschland

Verdopplung des Strombedarfs im Vergleich zum Jahr 2025



Fortschreibung Strombedarf – aber 100%
erneuerbar

600 TWh



600 Mrd. Jahreskilometer Pkw
70 Mrd. Jahreskilometer Lkw
(0,2 / 1 kWh je Kilometer)

200 TWh



Gasbedarf Gebäudeheizung heute 500
TWh ersetzt durch Wärmepumpe mit
Wirkzahl 2,5

200 TWh

Σ 1.000 TWh

Bilder: Pixabay



ZUSAMMENFASSUNG

Zusammenfassung: Energiewende in Deutschland

- Die Energiewende ist möglich und die **notwendigen Technologien** sind verfügbar.
- **Grüner Strom und Grüner Wasserstoff** werden die Energieträger der Zukunft sein.
- Schwankende Erzeugung von grünem Strom bedingt hohen Speicherbedarf: **Batterien und Wasserstoff werden die dominierenden Speichertechnologien.**
- Das **Dreieck aus Erzeugung, Verteilung und Speicherung** muss gleichförmig entwickelt werden. Ansonsten drohen hohe Kompensationskosten
- Grüner Wasserstoff benötigt eine **fördernde und keine bremsende Regulatorik!**
- **Die Energiewende in Deutschland ist ohne Blaupause.** Deshalb wird auch zukünftig nicht alles glatt laufen. **Wenn die Energiewende in Deutschland gelingt,** dann wird sie auch im Rest der Welt gelingen.

VIELEN DANK FÜR IHR INTERESSE.

Prof. Dr. Markus Hölzle

Kontakt: markus.hoelzle@zsw-bw.de



Stuttgart



Ulm



Ulm eLaB



Ulm HyFaB / Powder-Up!



Solartestfeld



Windtestfeld