

Erneuerbare Energiequellen – Vor- und Nachteile der Neuorientierung

**Energiepolitik: Das Trilemma Klimaziele,
Markteffizienz und Sozialverträglichkeit
Brixen (Südtirol)
16. Mai 2024**

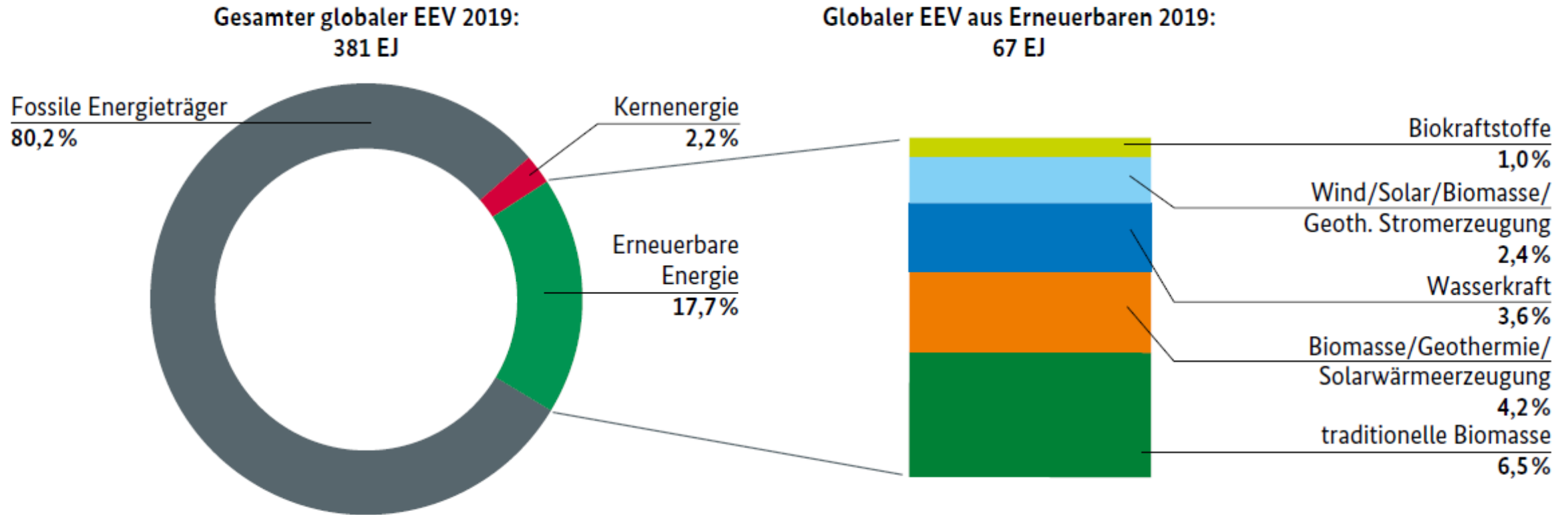
-
- 1. Wie viel Gewinn – nicht Umsatz – in US-Dollar wird seit 1970 im Durchschnitt pro Tag mit Öl und Gas gemacht?**
 - 2. Wie viele Subventionen flossen laut dem Internationalen Währungsfonds 2022 weltweit in fossile Brennstoffe?**
 - 3. Wie viel Prozent der 2022 weltweit zugebauten Kapazität zur Erzeugung von Strom waren erneuerbar?**

-
- 1. Drei Milliarden Dollar Gewinn pro Tag wurden mit Öl und Gas erzielt, das sind 1 Billionen Dollar Gewinn – nicht Umsatz! – im Jahr.**
 - 2. Die expliziten Subventionen liegen laut IWF bei etwa 1,3 Billionen US-Dollar, die Umweltschäden bei mehr als 5,7 Billionen US-Dollar pro Jahr.**
 - 3. 80 Prozent der im Jahr 2022 weltweit neu zugebauten Kapazität zur Stromerzeugung war erneuerbar.**

Gliederung

1. Ist-Situation
2. Wie könnten klimaneutrale Zukünfte aussehen?
3. Vor- und Nachteile einiger Technologien
4. Die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen

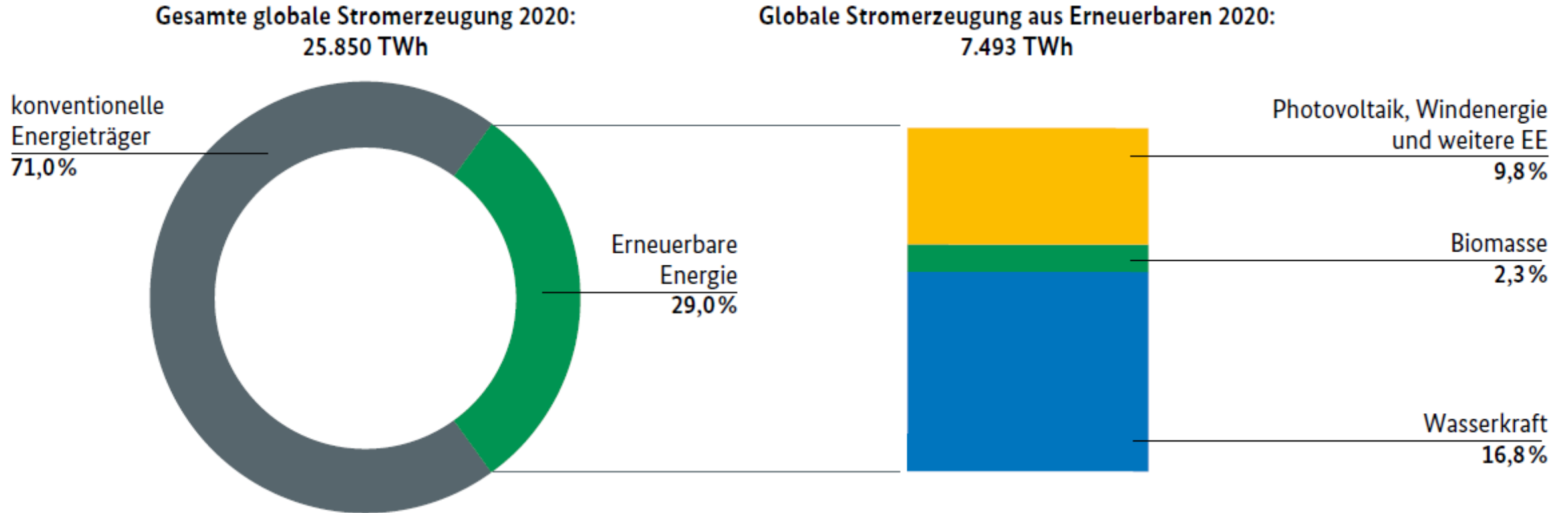
Abbildung 61: Aufteilung des globalen Endenergieverbrauchs im Jahr 2019



1 EJ (Exajoule) = 1.000 PJ (Petajoule), siehe auch Umrechnungsfaktoren im Anhang

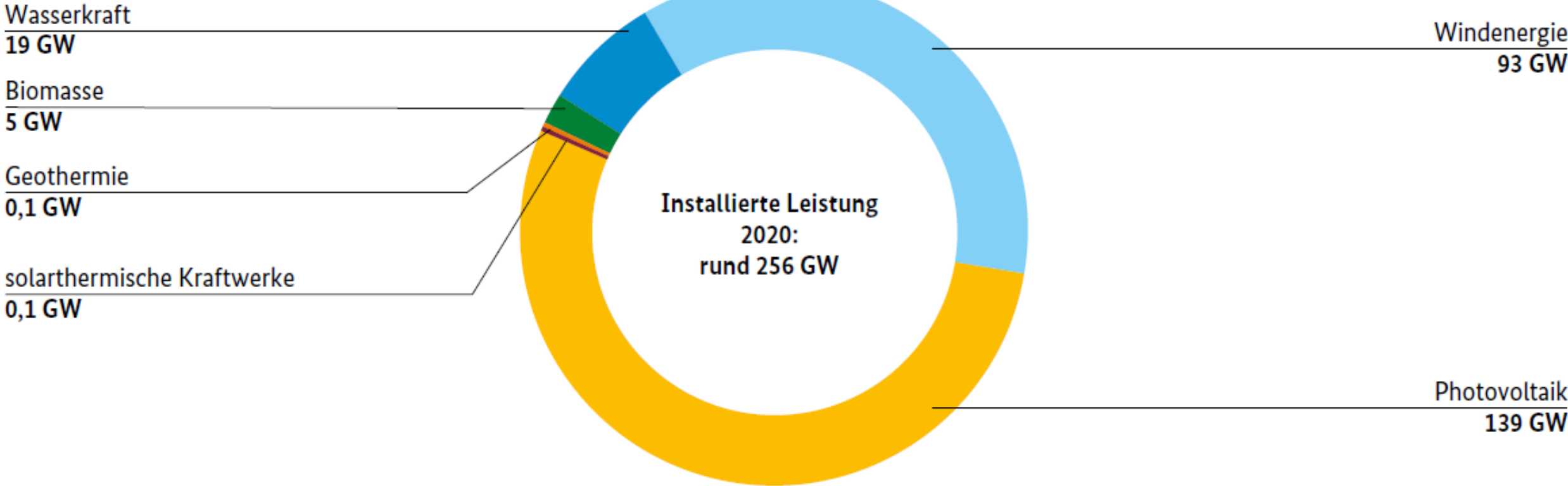
Quelle: REN21: Renewables 2021 Global Status Report [50]

Abbildung 62: Aufteilung der globalen Stromerzeugung im Jahr 2020



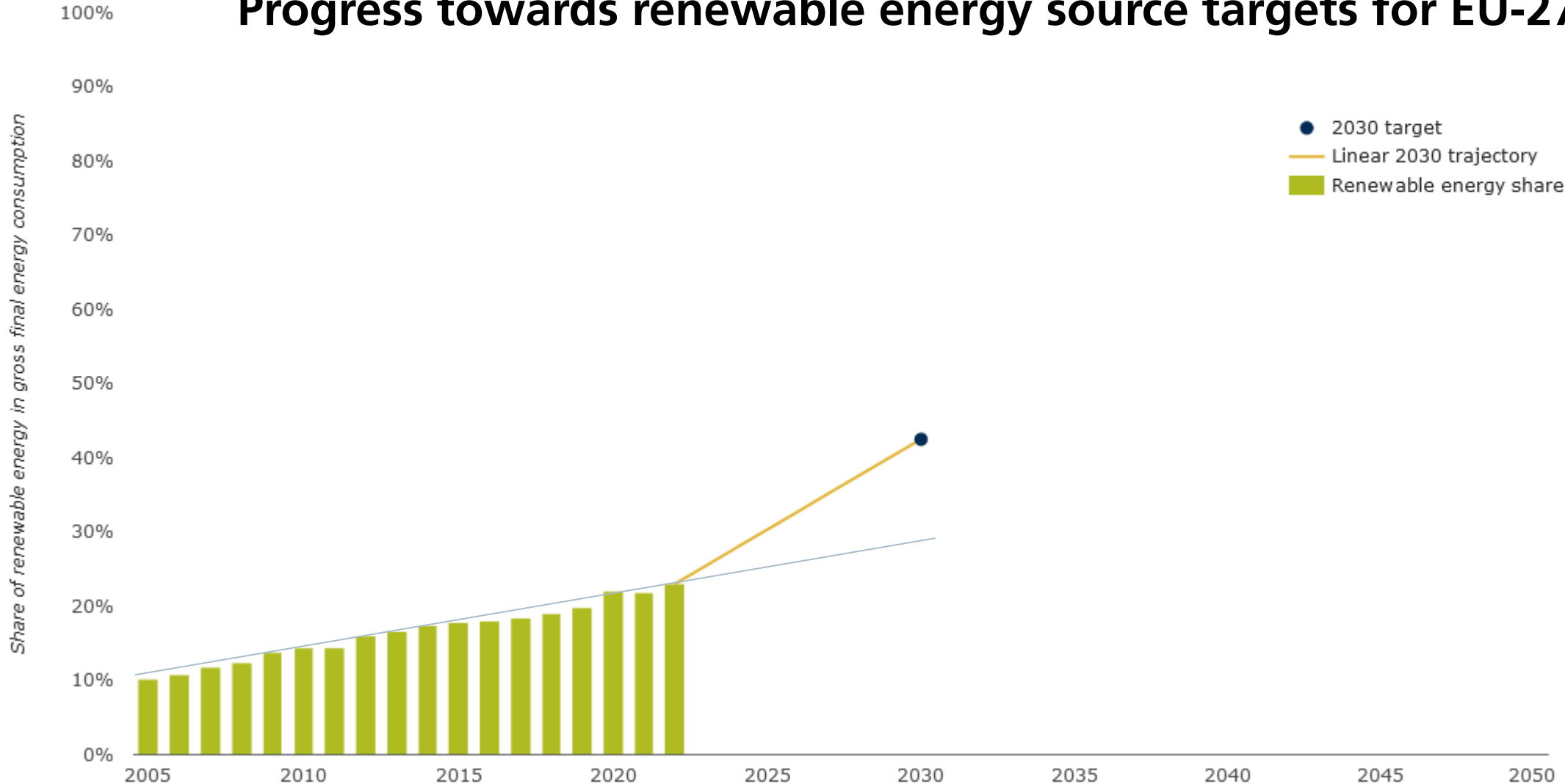
Quelle: REN21: Renewables 2021 Global Status Report [50]

Abbildung 64: Weltweiter Zubau von Leistung zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien im Jahr 2020

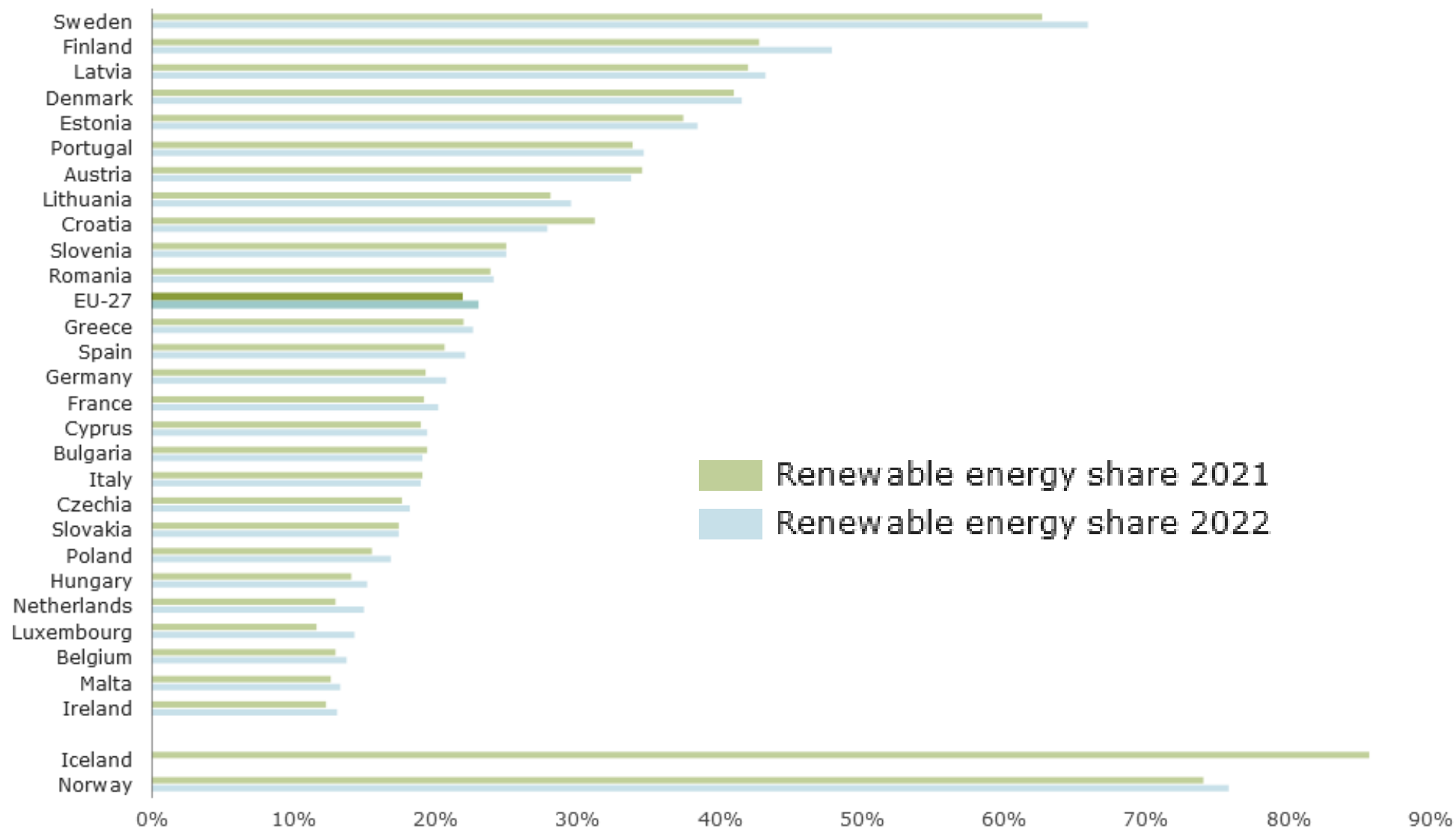


Quelle: Renewables 2021 Global Status Report [50]

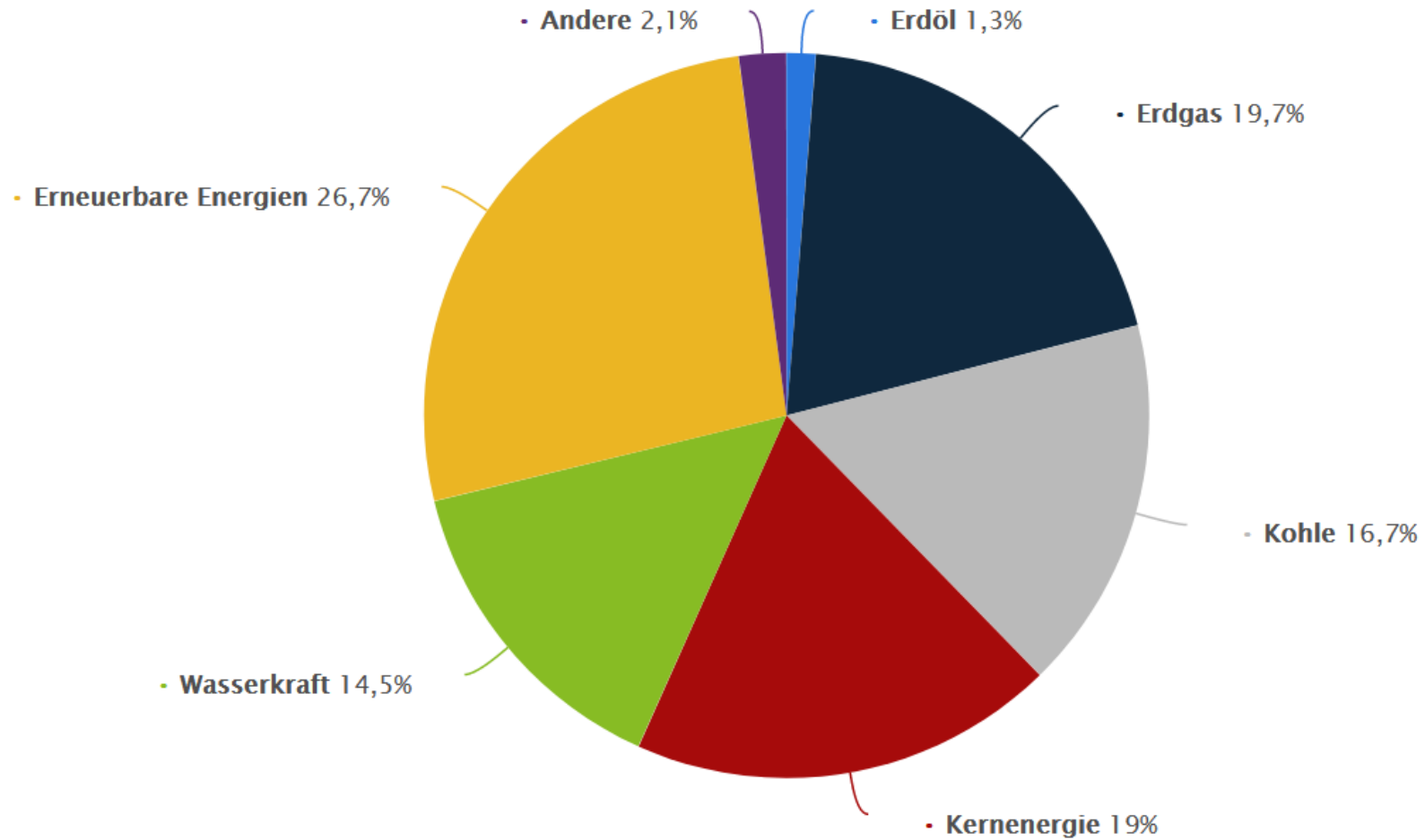
Progress towards renewable energy source targets for EU-27



Share of energy from renewable sources, by country

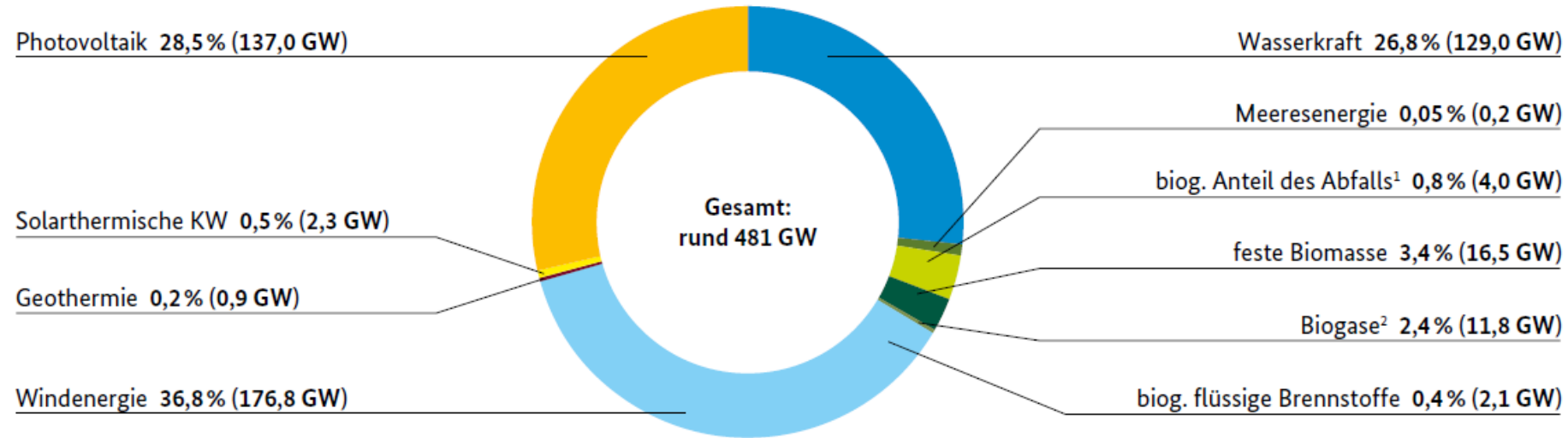


Anteile ausgewählter Energieträger an der Stromerzeugung in Europa im Jahr 2022

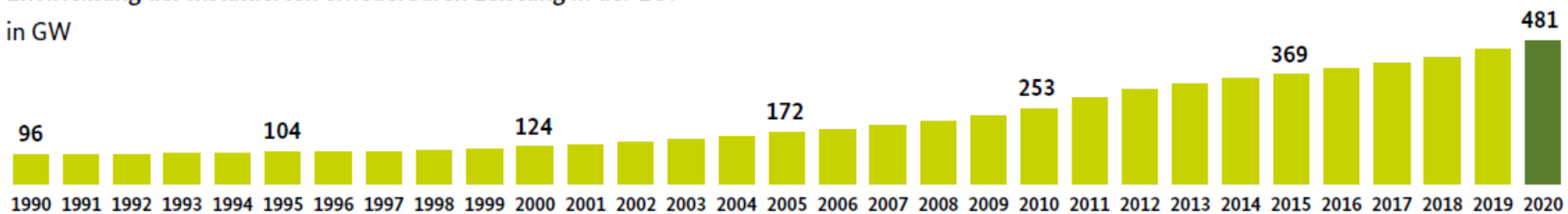


<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1374483/umfrage/struktur-der-stromerzeugung-in-europa-nach-energietraeger/>

Abbildung 49: Gesamte installierte Leistung zur erneuerbaren Stromerzeugung in der EU-27 im Jahr 2020



Entwicklung der installierten erneuerbaren Leistung in der EU:
in GW

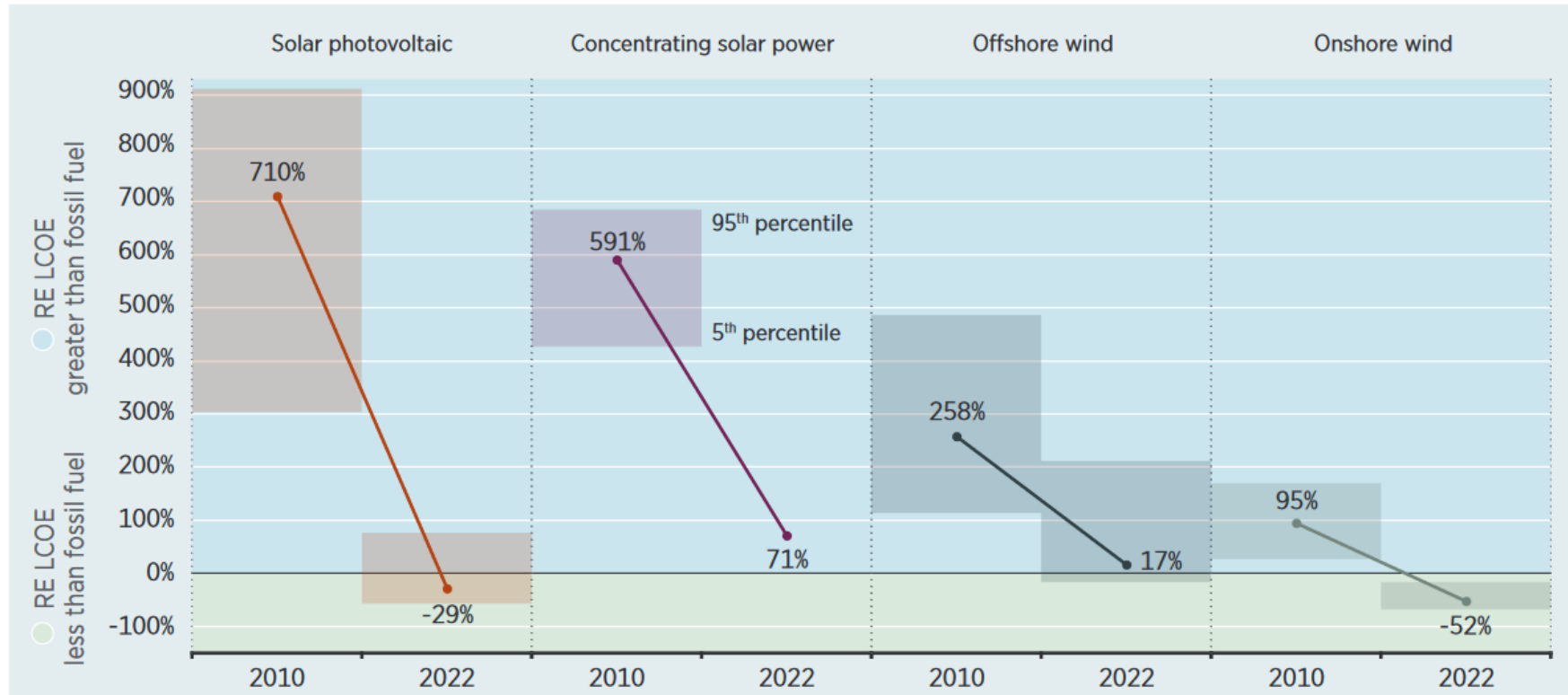


Wird der Jahresertrag einer Erzeugungsanlage durch ihre Nennleistung dividiert, erhält man die Anzahl der Stunden, die ebenjene Erzeugungsanlage theoretisch bei voller Leistung betrieben werden müsste, um ihren Jahresenergieertrag bilanziell zu erreichen.

- 1 biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 Prozent angesetzt
- 2 inkl. Deponie- und Klärgas

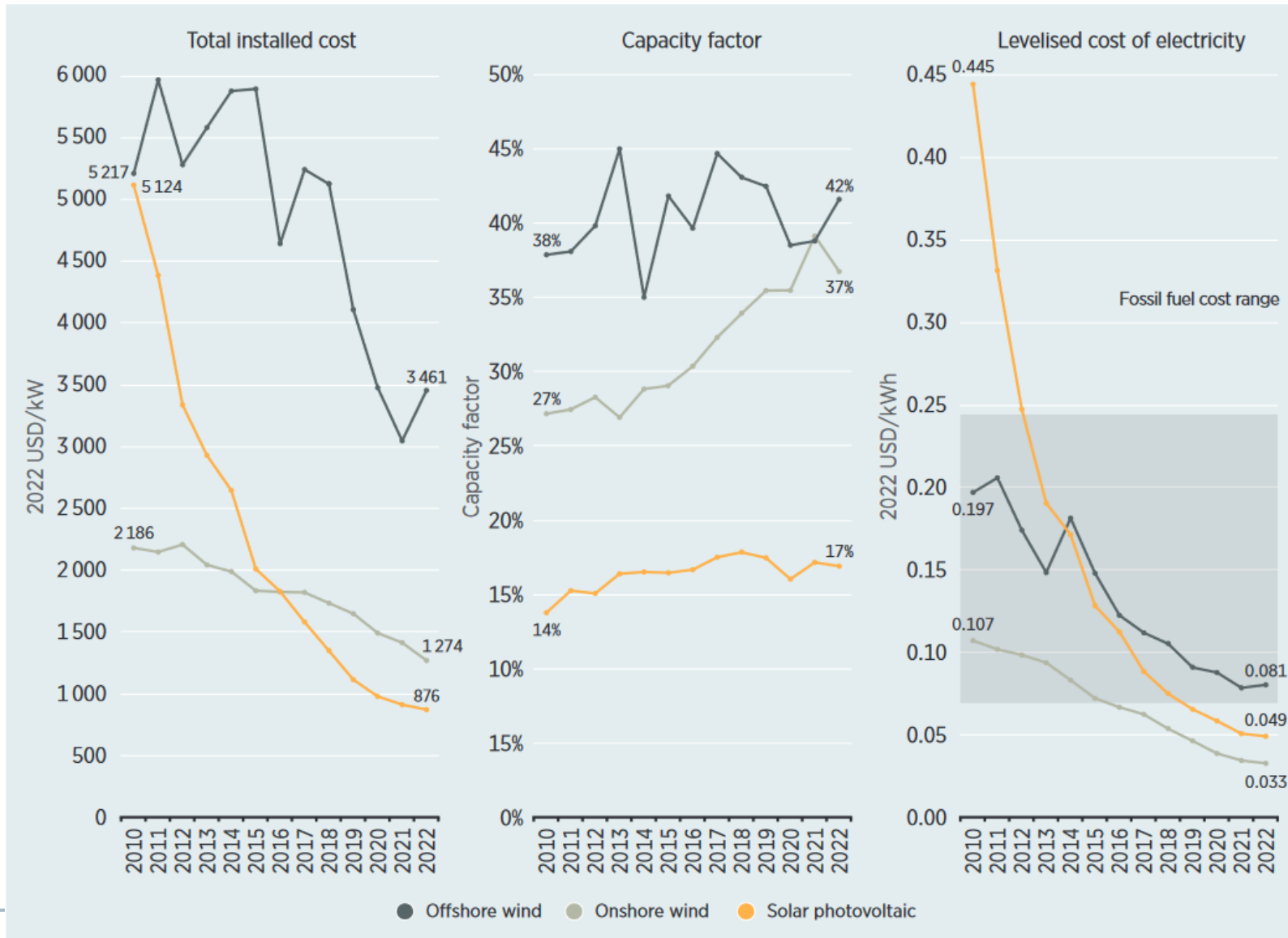
Quelle: Eurostat (Stromerzeugungskapazität von erneuerbaren Energien und Abfällen) [49]

Change in competitiveness of solar and wind by country based on global weighted average LCOE, 2010-2022

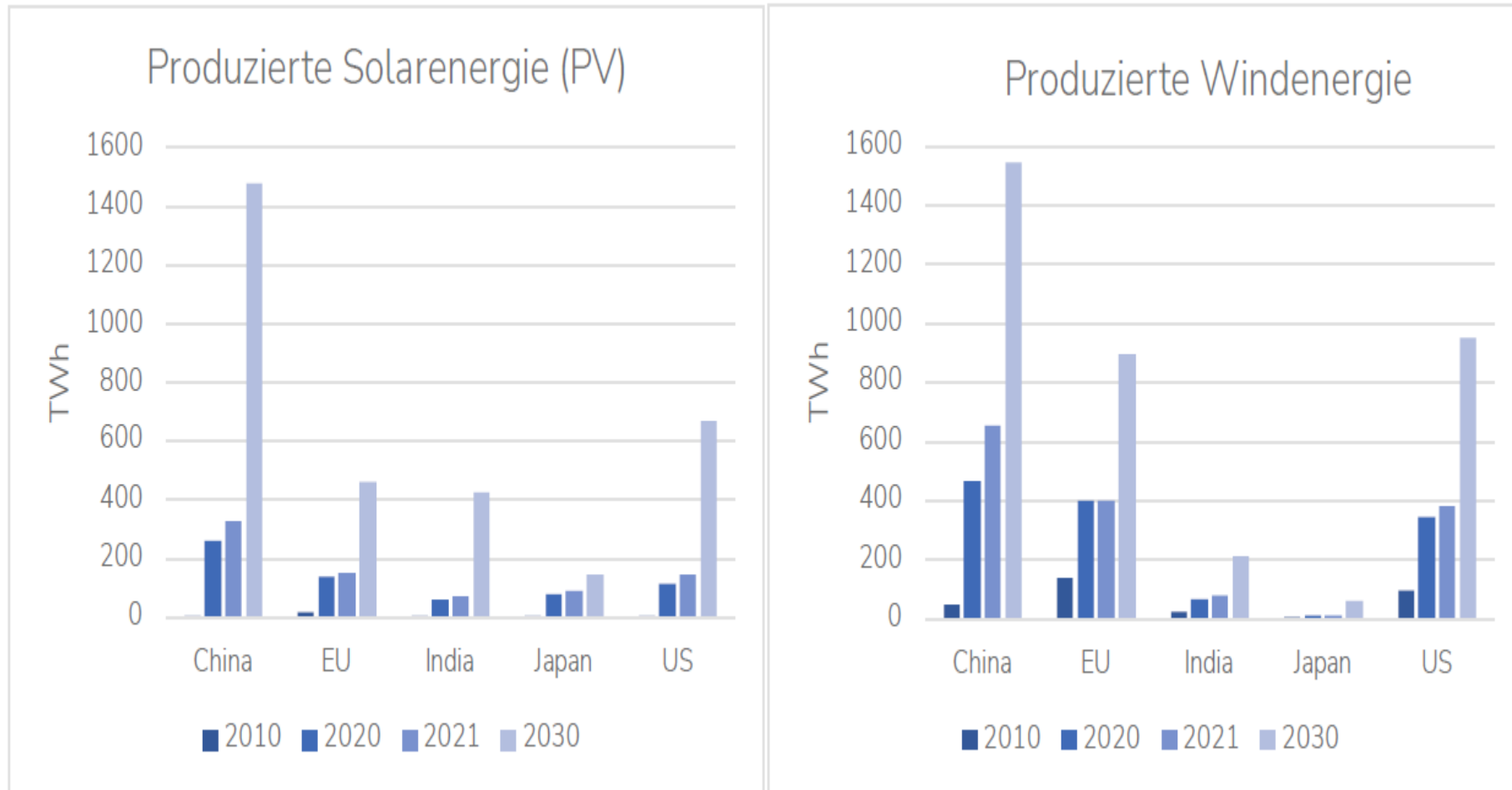


IRENA (2023), Renewable power generation costs in 2022, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

Global weighted average total installed costs, capacity factors and LCOE from newly commissioned solar PV, onshore wind power and offshore wind power, 2010-2022



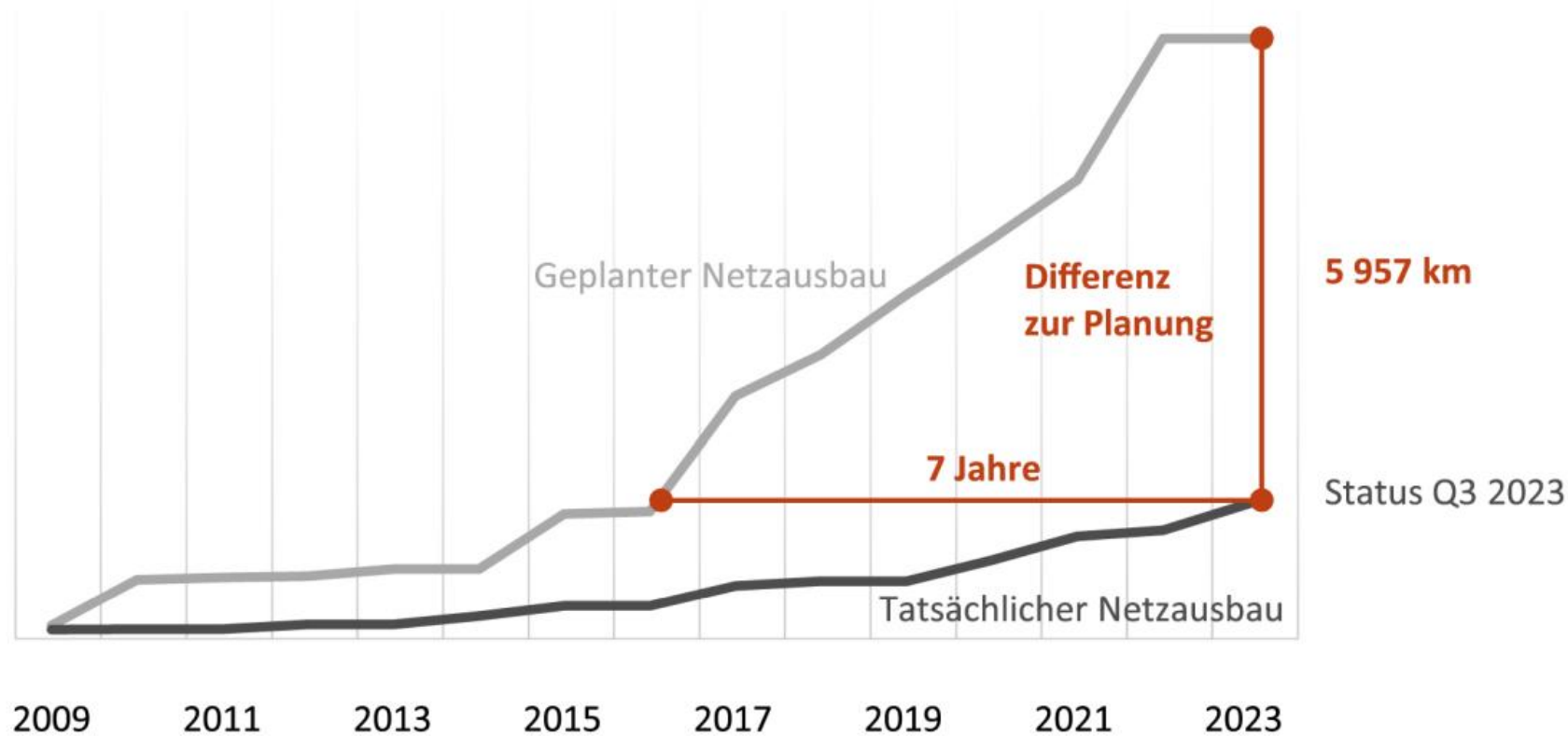
Produktion erneuerbarer Energien



Daten: IEA World Energy Outlook 2022,
Daten für 2030 sind Prognose vor dem Hintergrund strategischer politischer Ziele

Ziele für den Netzausbau in Deutschland weit verfehlt

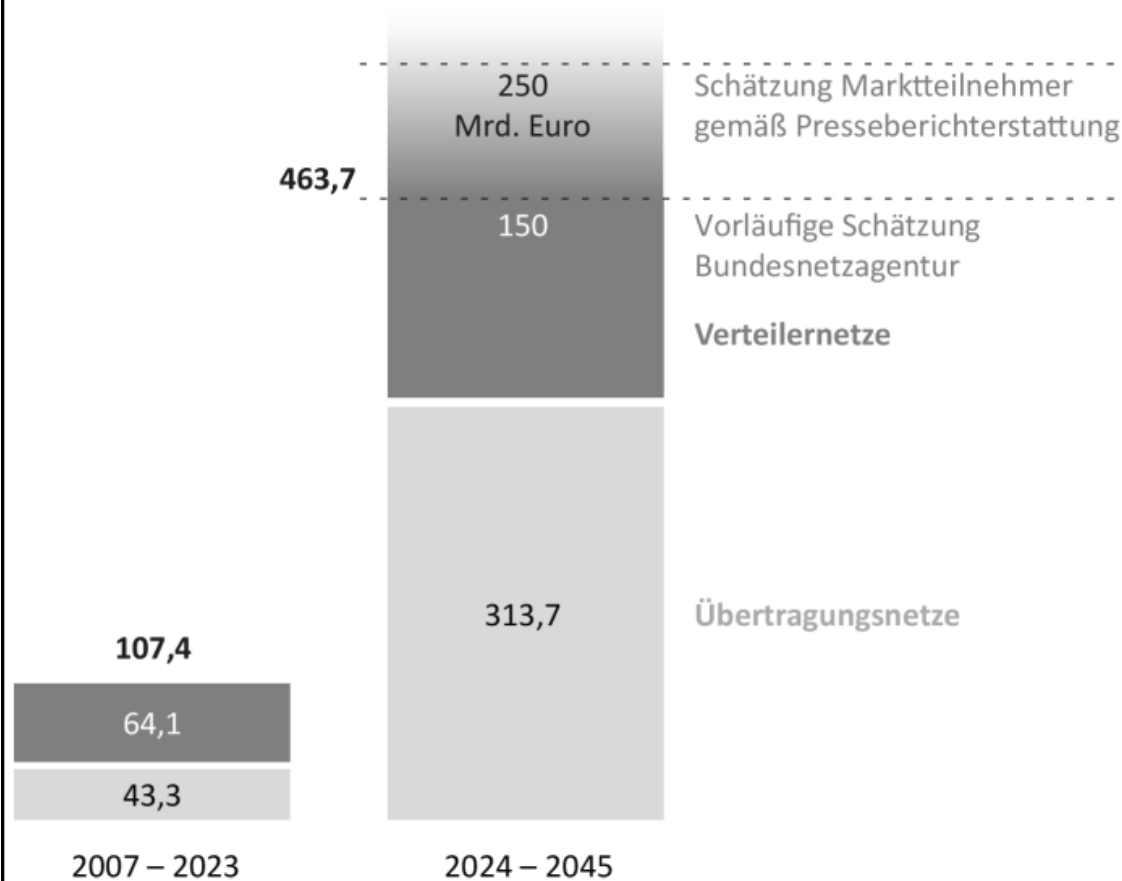
Ende September 2023 lag der Ausbau der Übertragungsnetze sieben Jahre und 6 000 km hinter dem Zeitplan.



Grafik: Bundesrechnungshof. Quelle: BNetzA: Monitoringbericht 2010, Netzausbaumonitoring 2013 – 2023.

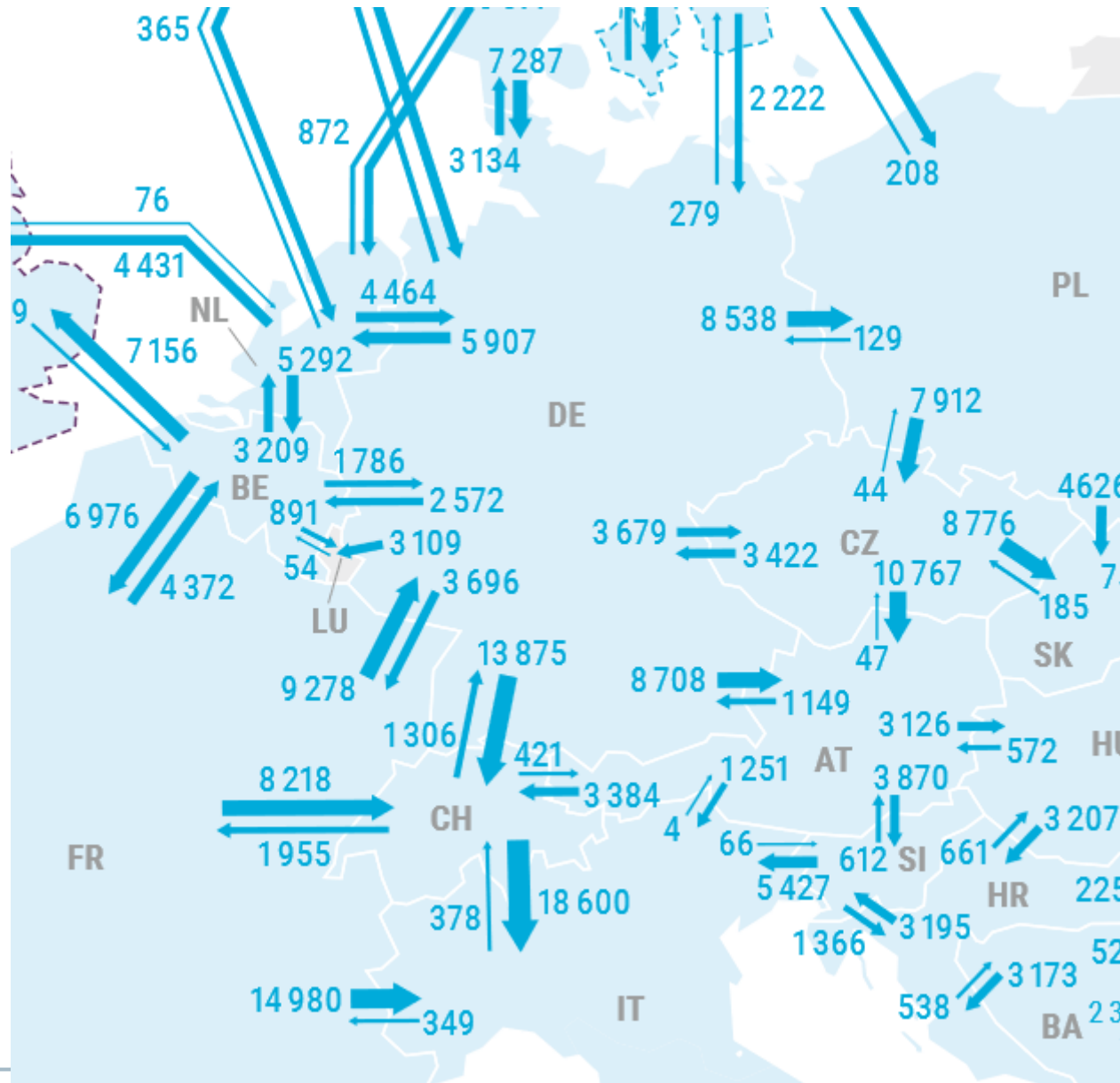
Netzausbaukosten in Zukunft wesentlich höher als bisher

Die Kosten für den Netzausbau im Zeitraum 2024 bis 2045 betragen gemäß vorläufiger Schätzungen der Bundesnetzagentur mehr als 460 Mrd. Euro. Weitere Kostensteigerungen stehen im Raum.

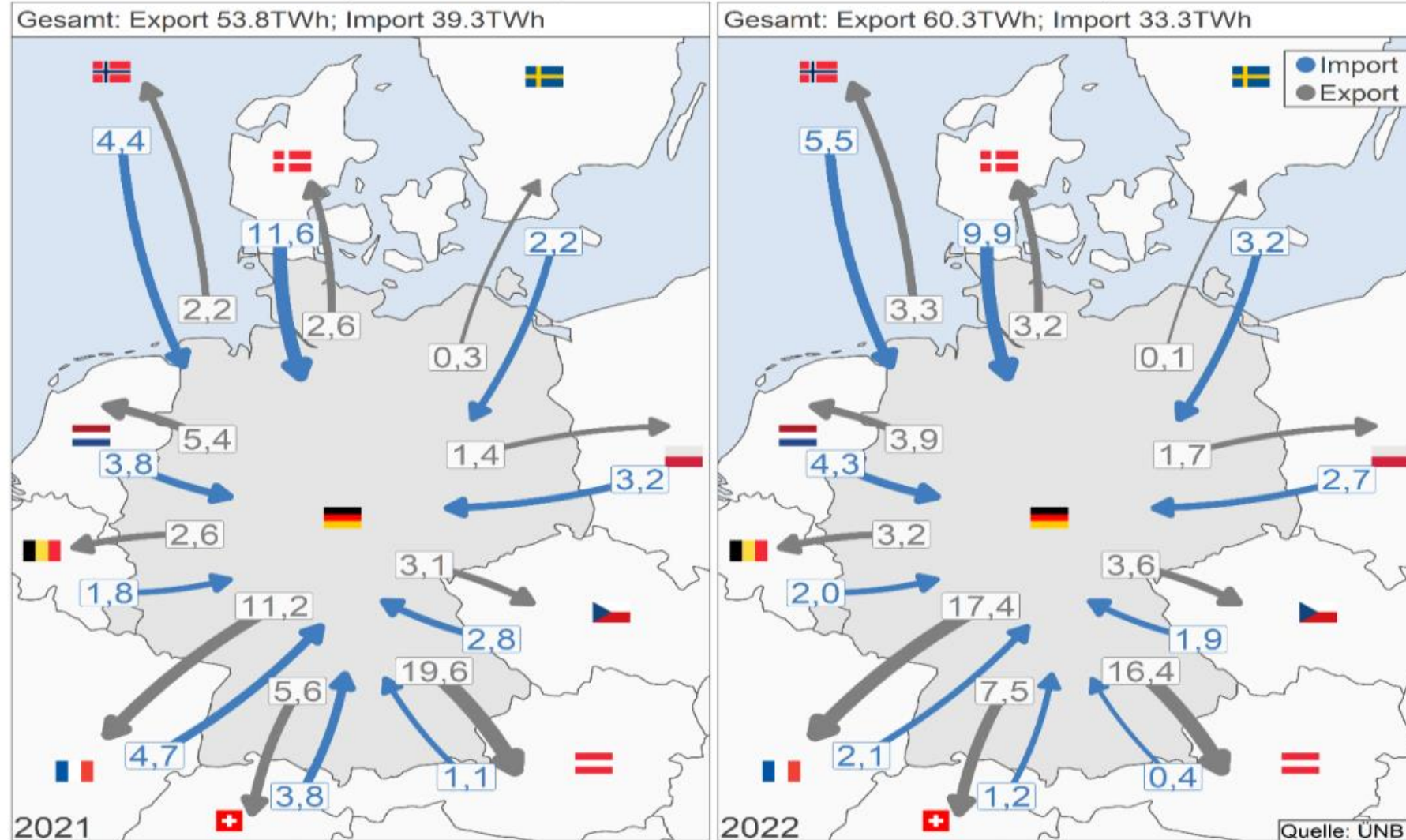


Grafik: Bundesrechnungshof. Quelle: BNetzA Monitoringberichte 2008 – 2023; NEP Strom 2037 mit Ausblick 2045; Bericht zum Zustand und Ausbau der Verteilernetze 2022; Deutschlandfunk.

Physical energy flows

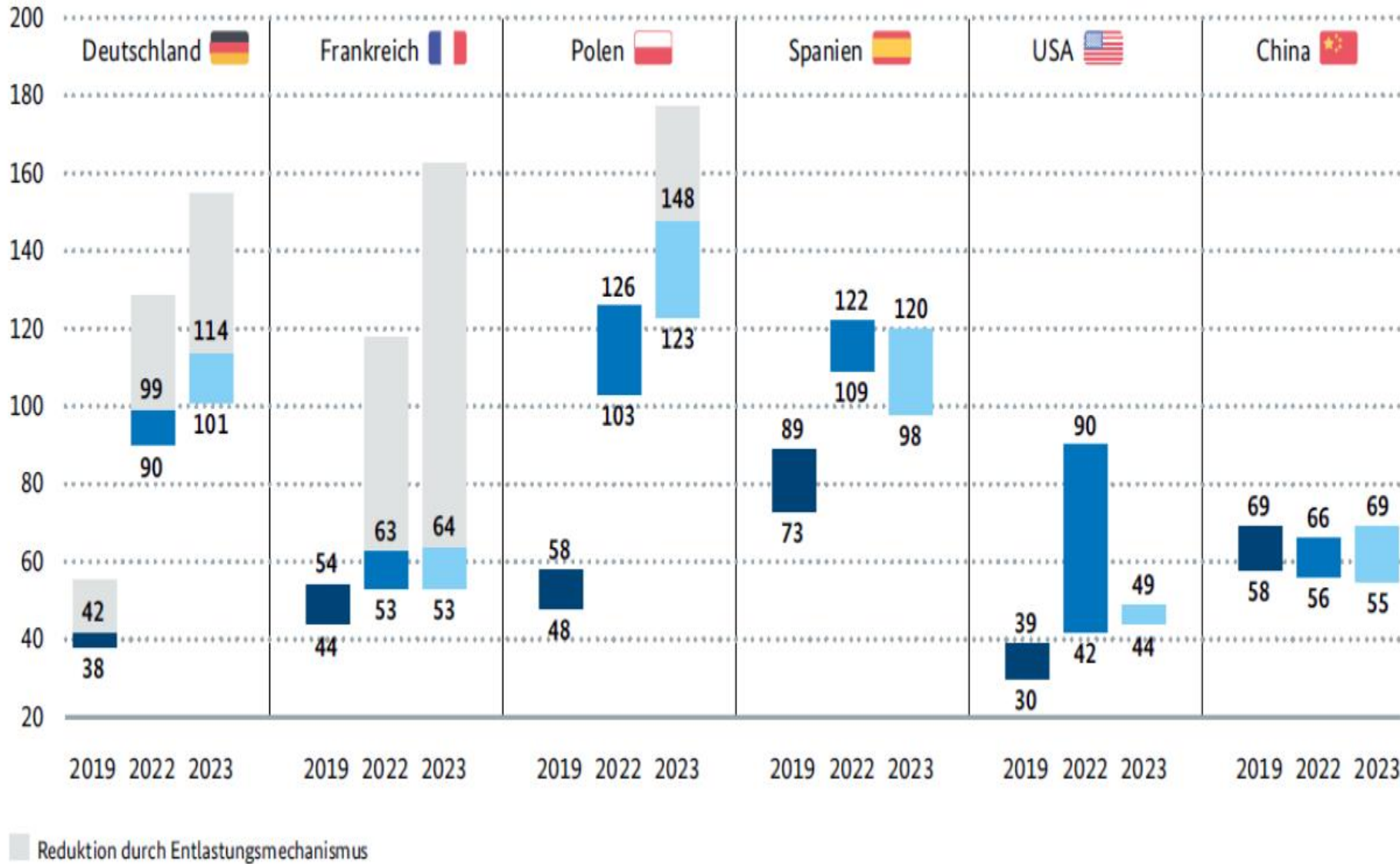


Verbundaustauschfahrpläne in TWh (Grenzüberschreitender Stromhandel)

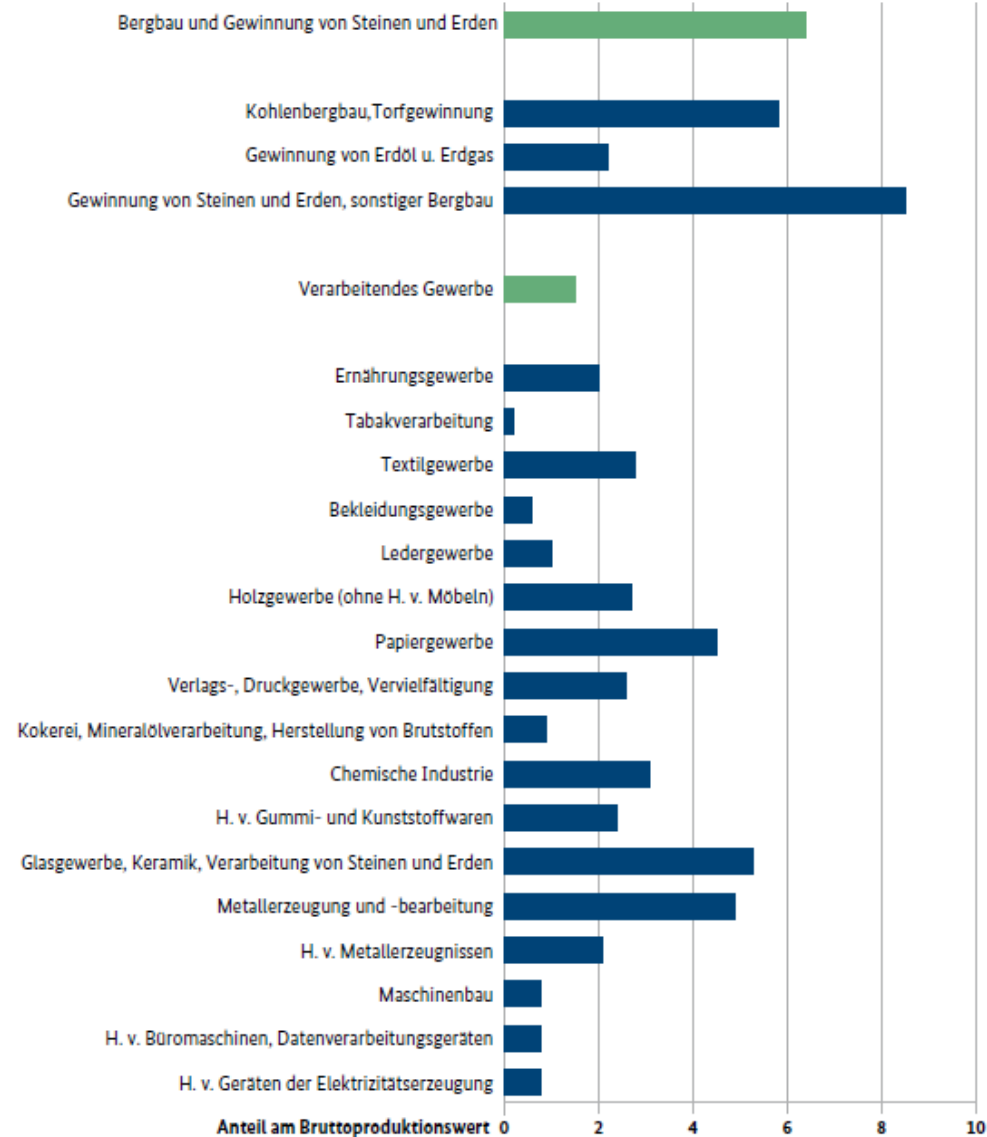


EUR/MWh, real 2022

Bruttostrombezugskosten der Industrie in ausgewählten Ländern



36. Energiekostenbelastung im Verarbeitenden Gewerbe und im Sektor Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden (2017)



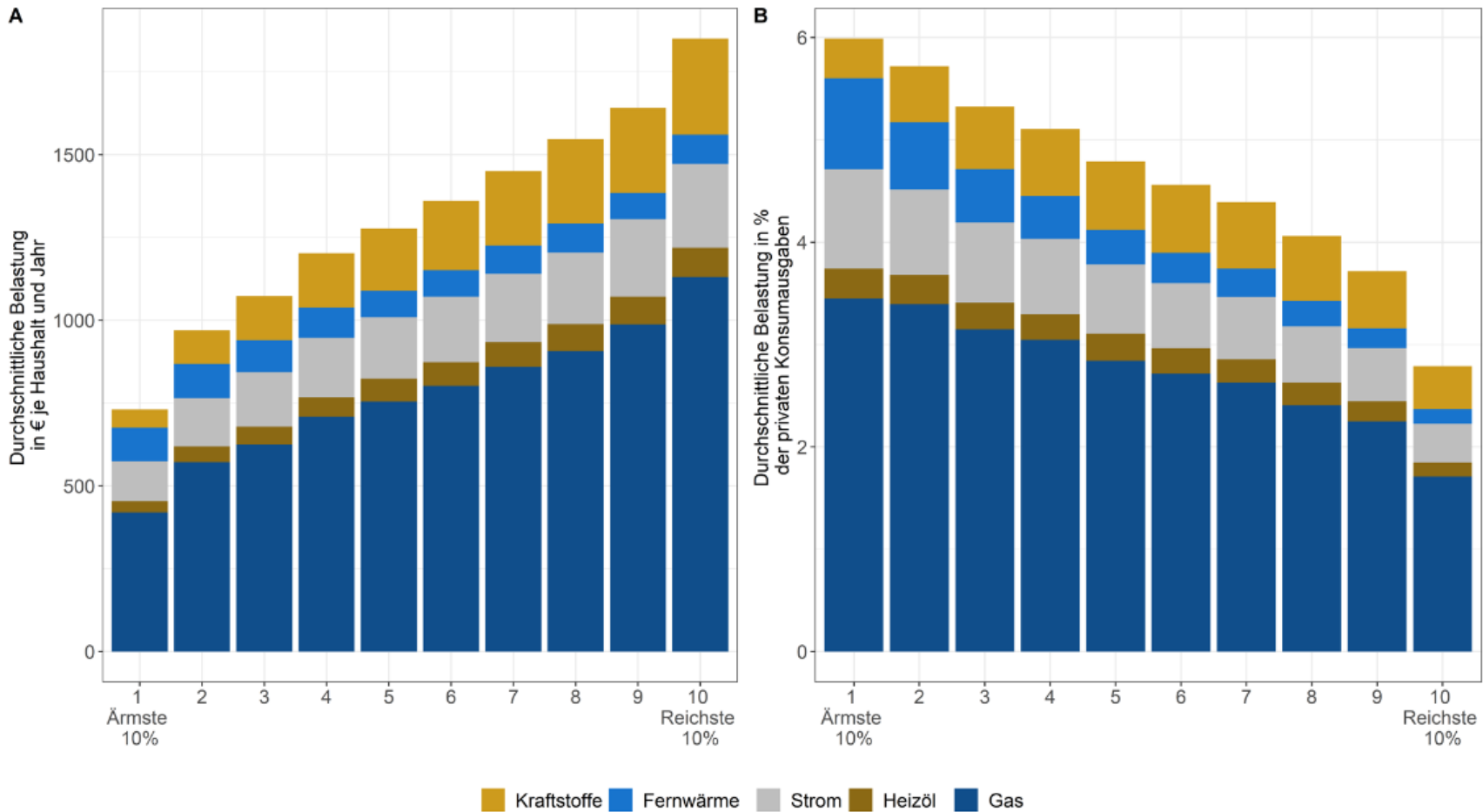
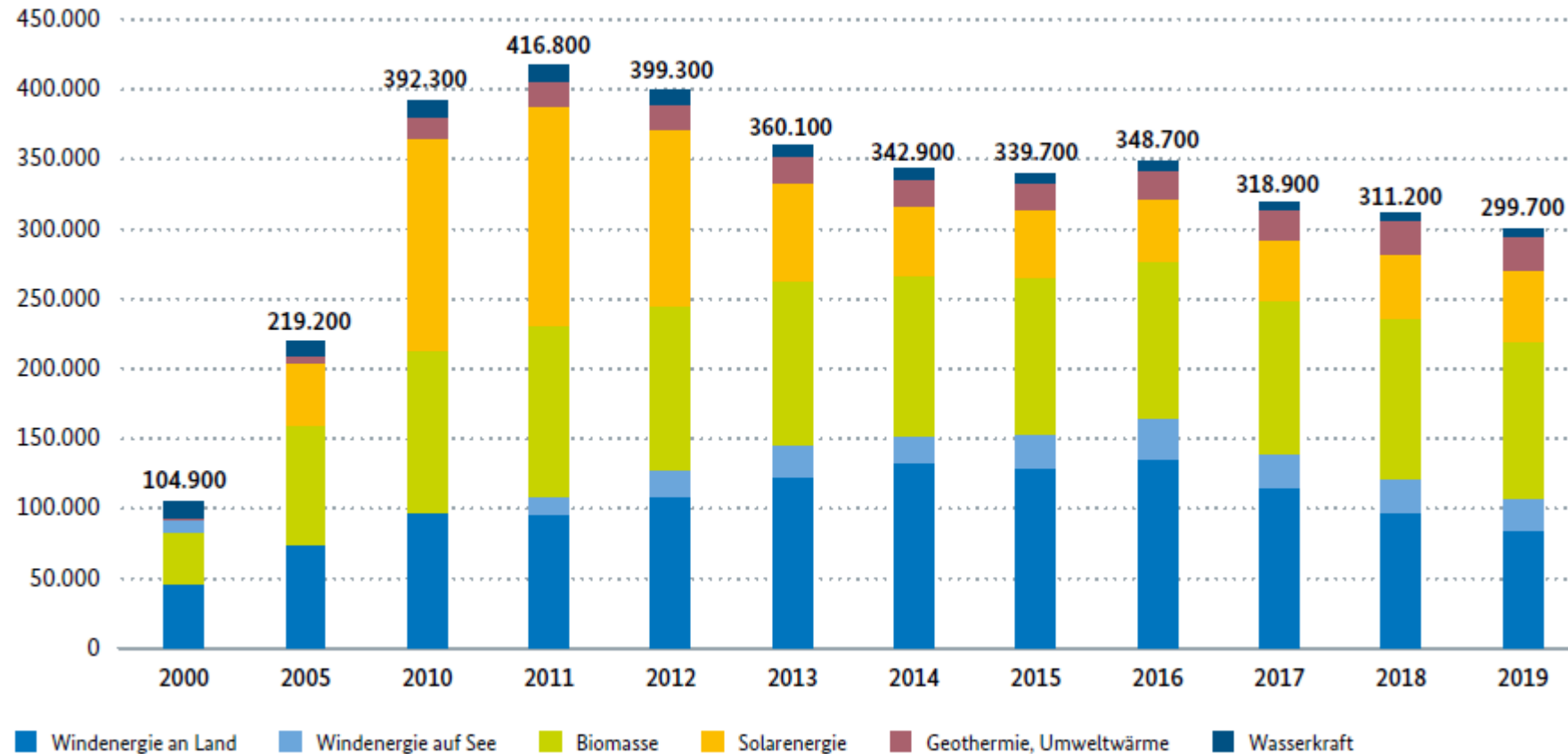


Abbildung 5: Beitrag verschiedener Energiearten zur durchschnittlichen Belastung absolut (Abbildung 5A) und relativ (Abbildung 5B), nach Einkommensdezilen. Quelle: Eigene Berechnung basierend auf EVS 2018.

https://www.mcc-berlin.net/fileadmin/data/C18_MCC_Publications/2022_MCC_Auswirkungen_der_Energiepreiskrise_auf_Haushalte.pdf

Abbildung 37: Entwicklung der Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland

Anzahl der Beschäftigten



Quelle: DIW, DLR, GWS [37]

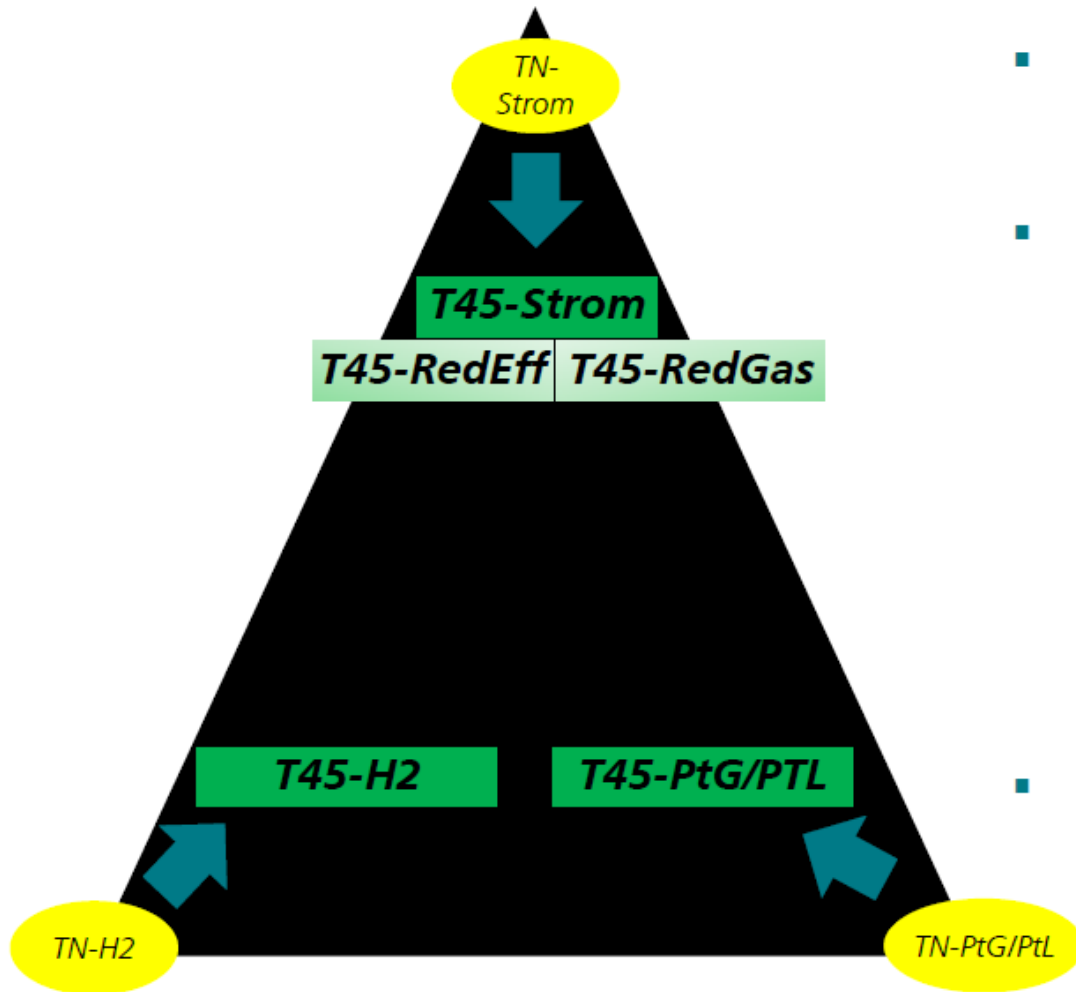
Quelle: BMWi (2021): **Erneuerbare Energien in Zahlen. Nationale und internationale Entwicklung im Jahr 2020.**

	Rohstoffförderung	Rohstoffverarbeitung	(Teil-)Komponenten	Güter
Photovoltaik		☉ Polysilizium: China 79%	☉ Ingots/Wafer: China 97%	☉ Module: China 75%
			☉ Zellen: China 85%	
			☉ Solarglas	
Windkraft			☉ Viele Komponenten werden in China beschafft	☉ Derzeit ausreichende Kapazitäten in Europa, jedoch sinkende Wettbewerbsfähigkeit
Generatoren und Motoren (für Windkraft und Elektromobilität)	☉ Leichte Seltene Erden: China 58%	☉ Leichte Seltene Erden: China 87%	☉ Permanentmagnete: China: 94%	
	☉ Schwere Seltene Erden: China / Myanmar: 100%	☉ Schwere Seltene Erden: China 100%		
Elektromobilität Lithium-Ionen-Batterie	🚩 Lithium	🚩 Lithium	☉ Kathodenmaterial: China 71%	🚩 Batteriezellen
	🚩 Kobalt: Kongo 72%	☉ Kobalt: China 75%		
	☉ Mangan: Südafrika 36%	☉ Mangan: China 95%		
	☉ Nickel: 🚩 Indonesien 38%	☉ Nickel: China 55%		
	☉ Graphit: China 73%	☉ Graphit: China 100%	☉ Anodenmaterial: China 91%	
Elektrolyseure	☉ Iridium (PEMEL): ☉ Produktion kann nicht ausgeweitet werden. Südafrika 85%			
	☉ Scandium (HTEL, erst nach 2030/35)			

Prognos, Öko-Institut, Wuppertal Institut (2023):
Souveränität Deutschlands sichern – Resiliente Lieferketten für die Transformation zur Klimaneutralität 2045
Studie im Auftrag der Stiftung Klimaneutralität - Langfassung

Langfristszenarien für die Transformation des Energiesystems in Deutschland

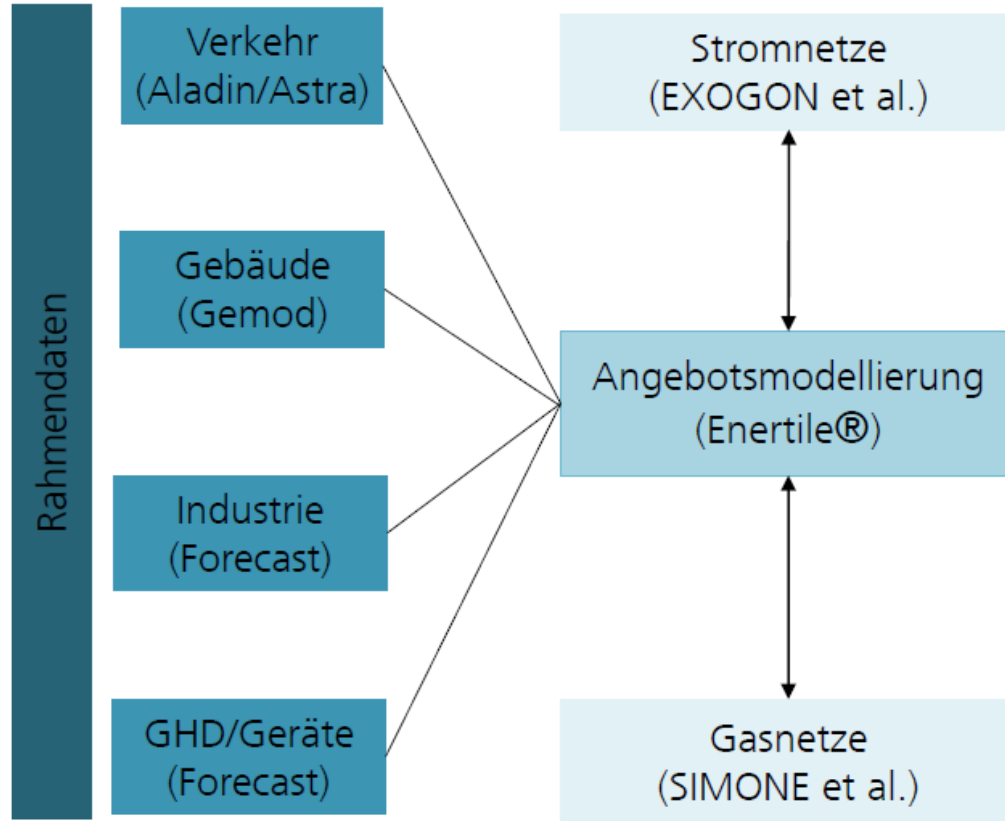
Treibhausgasneutrale Szenarien bis 2045



- **Zentrale Fragestellung:**
 - Welche techno-ökonomischen Wirkungen haben bestimmte Pfade zur Dekarbonisierung des Energiesystems?
- **Vorgehensweise:**
 - Vergleich der Dekarbonisierung des Energiesystems durch
 - starken Einsatz von Strom (*Szenario T45-Strom*)
 - starken Einsatz von Wasserstoff (*Szenario T45-H2*)
 - starken Einsatz von synthetischen Kohlenwasserstoffen (*T45-PtG/PtL*)
 - weniger Energieeffizienz (*Szenario T45-RedEff*)
 - weniger Gasverbrauch in der Transformation (*Szenario T45-RedGas*)
 - Modellierung des Transformationspfades bis 2045 mit detaillierten bottom-up Modellen
- **Mission der Langfristszenarien:**
 - Methodisch und inhaltlich lernender Prozess, um den Lösungsraum für ein treibhausgasneutrales Energiesystem immer besser „auszuleuchten“

Modellsystem

Gekoppelte Modelle erlauben hoch aufgelöste Analysen



■ Vorgehensweise

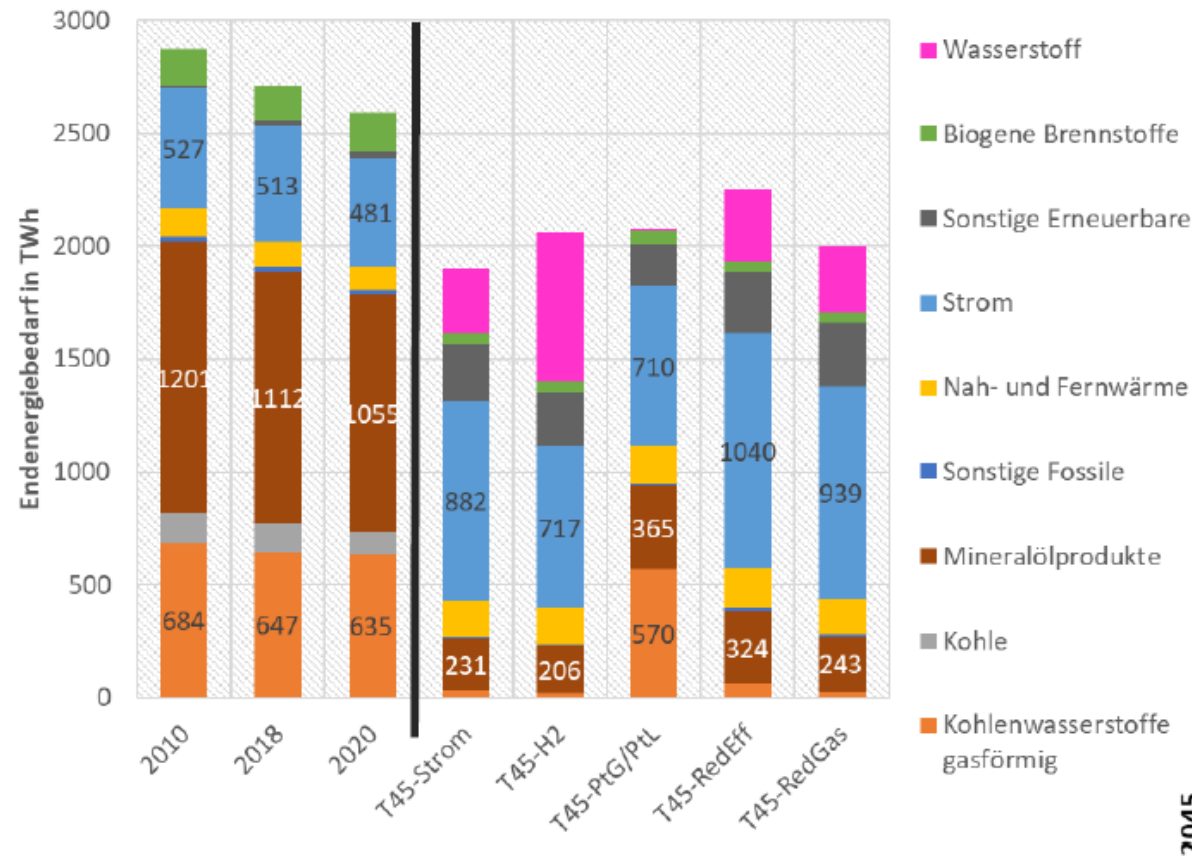
- Detaillierte Modelle berechnen Energienachfrage
- Energienachfrage wird **regionalisiert**
- Potentiale Erneuerbarer Energien werden in hoher räumlicher und **zeitlicher** (stundenscharf) Auflösung berechnet
- Bereitstellung der Energie wird optimiert und mit Netzmodellen iteriert
- Auslegung der **Netze** wird berechnet

■ Einordnung

- Sehr hohe Auflösung des Energiesystems
 - Beispiel Enertile (Optimierung Angebot)
 - > 188 Millionen Erzeugungsvariablen
 - Größe des Gleichungssystems > 6,8 Mio. Schreibmaschinenseiten
- Modellkette sehr rechenintensiv und aufwändig

Endenergienachfrage inkl. stofflicher Nutzung

Strom in allen Szenarien zentraler Energieträger



2045

Ergebnis

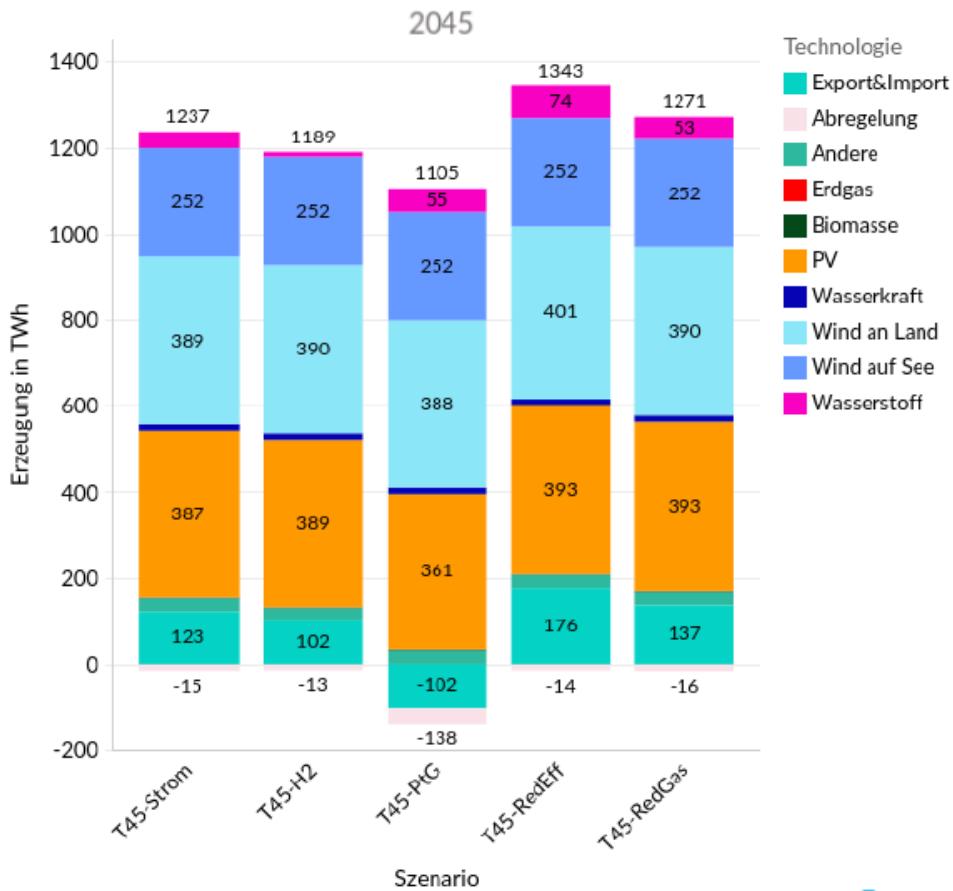
- Strombedarf 2045 zwischen 710-1040 TWh
- Wasserstoffbedarf 2045 zwischen 1 (289)-655 TWh
- Deutlicher Rückgang Kohlenwasserstoffe in allen Szenarien

Einordnung

- Korridore der Szenarien werden kleiner
- Nah- und Fernwärme in allen Szenarien mit Aufwuchs
- Hoher Strom- und Wasserstoffbedarf in allen Szenarien (außer T45-PtG/PtL)
- Wasserstoffbedarf erhöht den Strombedarf auf der Erzeugungsseite zusätzlich
- Die Versorgungsaufgabe auf der Angebotsseite wird herausfordernder

Stromerzeugung Deutschland 2045: Szenariovergleich

Ausbauziele für Erneuerbare dominieren das System



Ergebnisse

- Im Grundsatz sehen die Stromsysteme in allen Szenarien strukturell gleich aus; im Detail gibt es jedoch Abweichungen
- Die Stromerzeugung in 2045 variiert zwischen ca. 1100 und 1340 TWh (höchste Werte im Szenario *T45-RedGas* und *T45-Strom*, niedrigste im Szenario *T45-PtG*)
- Deutschland importiert im Jahr 2045 nennenswert Strom in allen Szenarien mit Ausnahme des *T45-PtG* (hier Export)
- Wasserstoffrückverstromung stabilisiert das Stromsystem in allen Szenarien

Einordnung

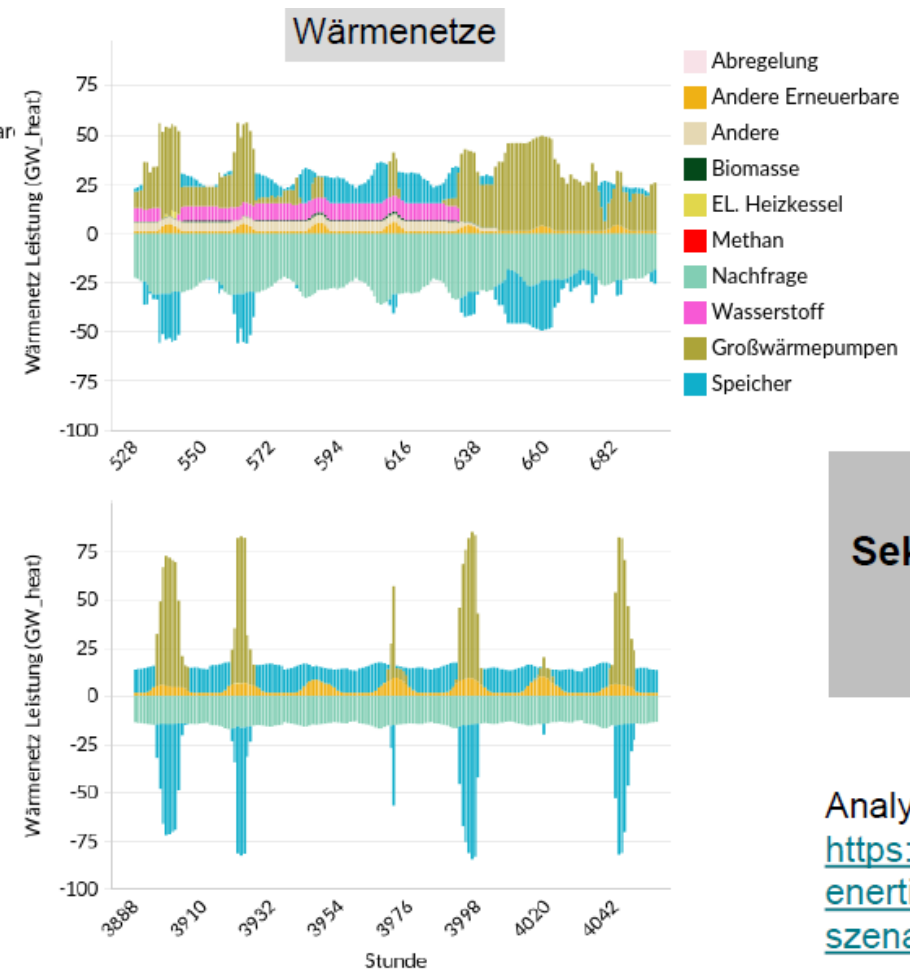
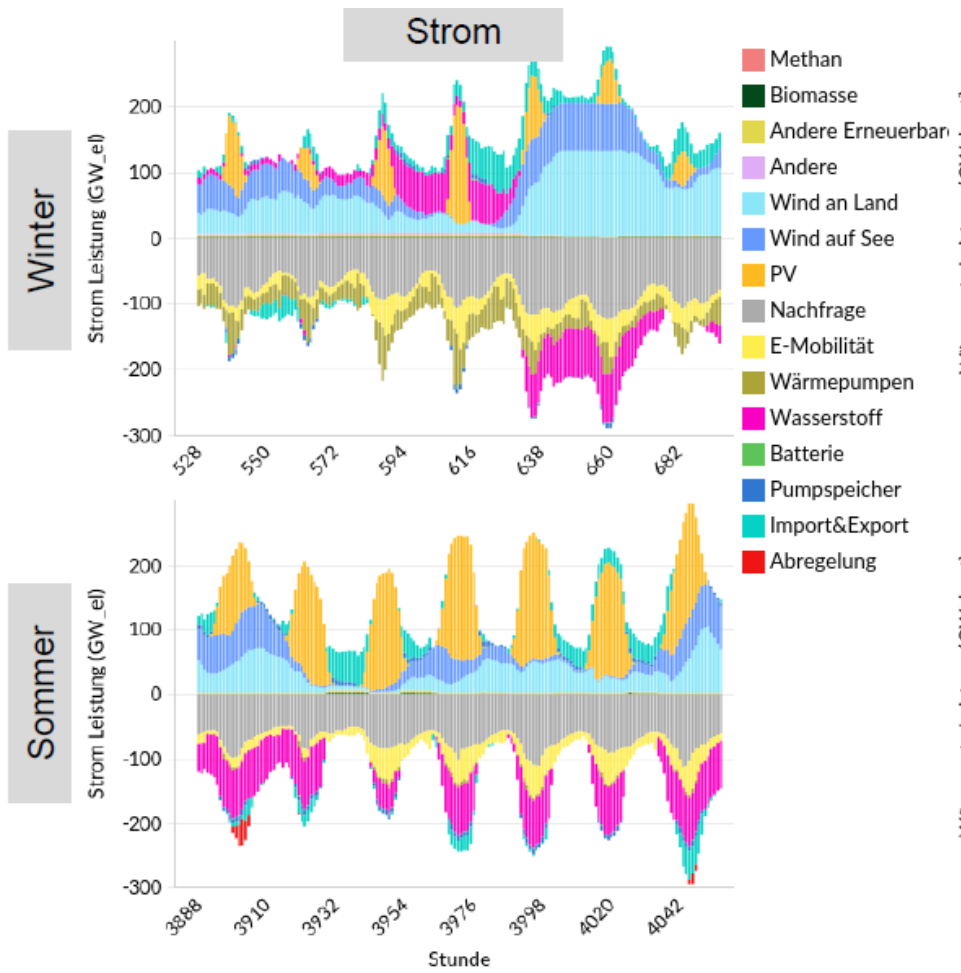
- Politische Ziele definieren den Stromerzeugungsmix in Deutschland
- Wasserstoff hat eine Rolle im Stromsystem
- Deutschland ist weiterhin ein Stromimporteur (mit Ausnahme des *T45-PtG*)

Schlussfolgerungen

- Verbindungen des deutschen Stromnetzes ins europäische Ausland sind essentiell
- Das Stromsystem wäre für das Szenario *T45-PtG* überdimensioniert

Sektorenkopplung – Dispatch Winter und Sommer 2045

Flexibilität im Energiesystem ist zentral



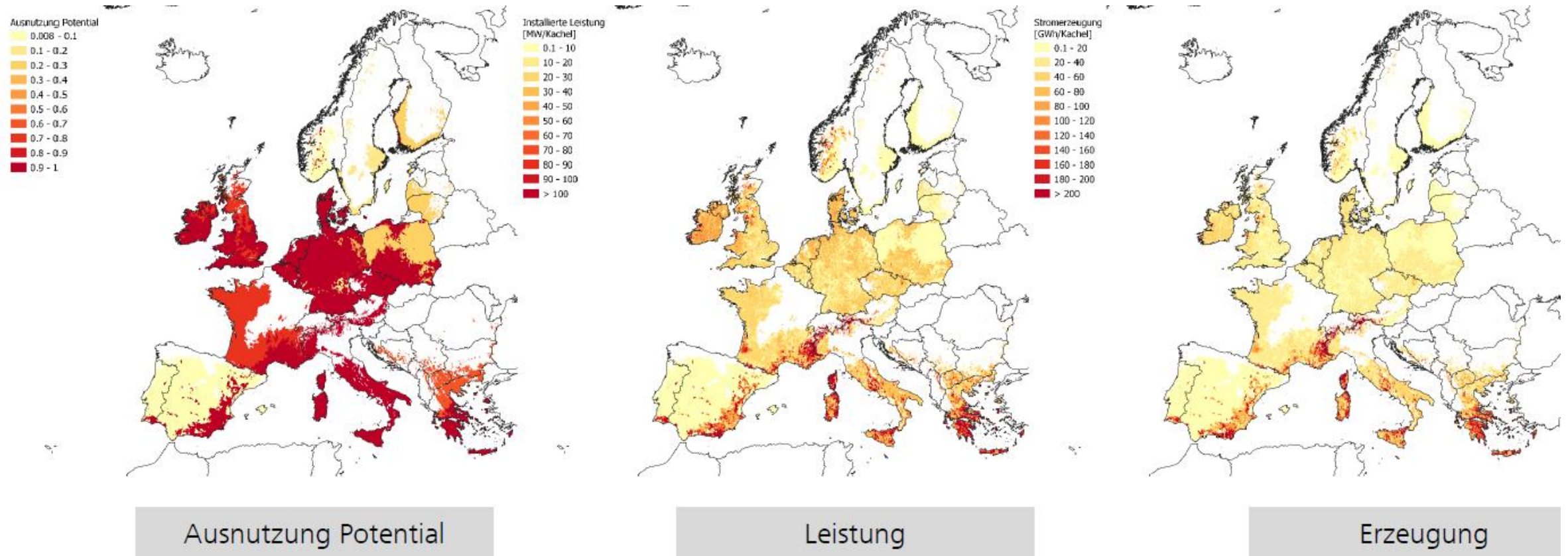
Beispiel Dispatch in (Winterwoche) und (Sommerwoche)

Sektorkopplung schafft Flexibilität

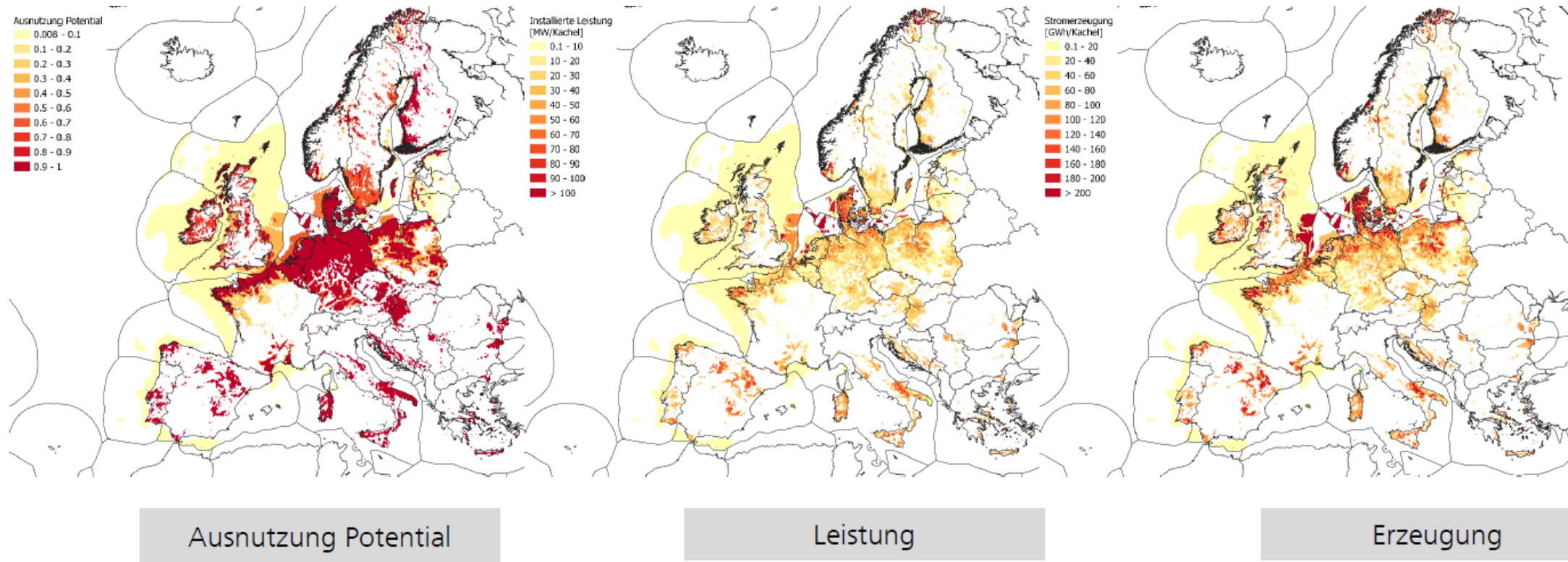
Analysieren Sie die Daten unter:
<https://www.langfristszenarien.de/enertile-explorer-de/szenario-explorer/angebot.php>

Potentialausnutzung PV-Freifläche 2045:Szenario *T45-Strom*

Starker PV-Ausbau in Europa



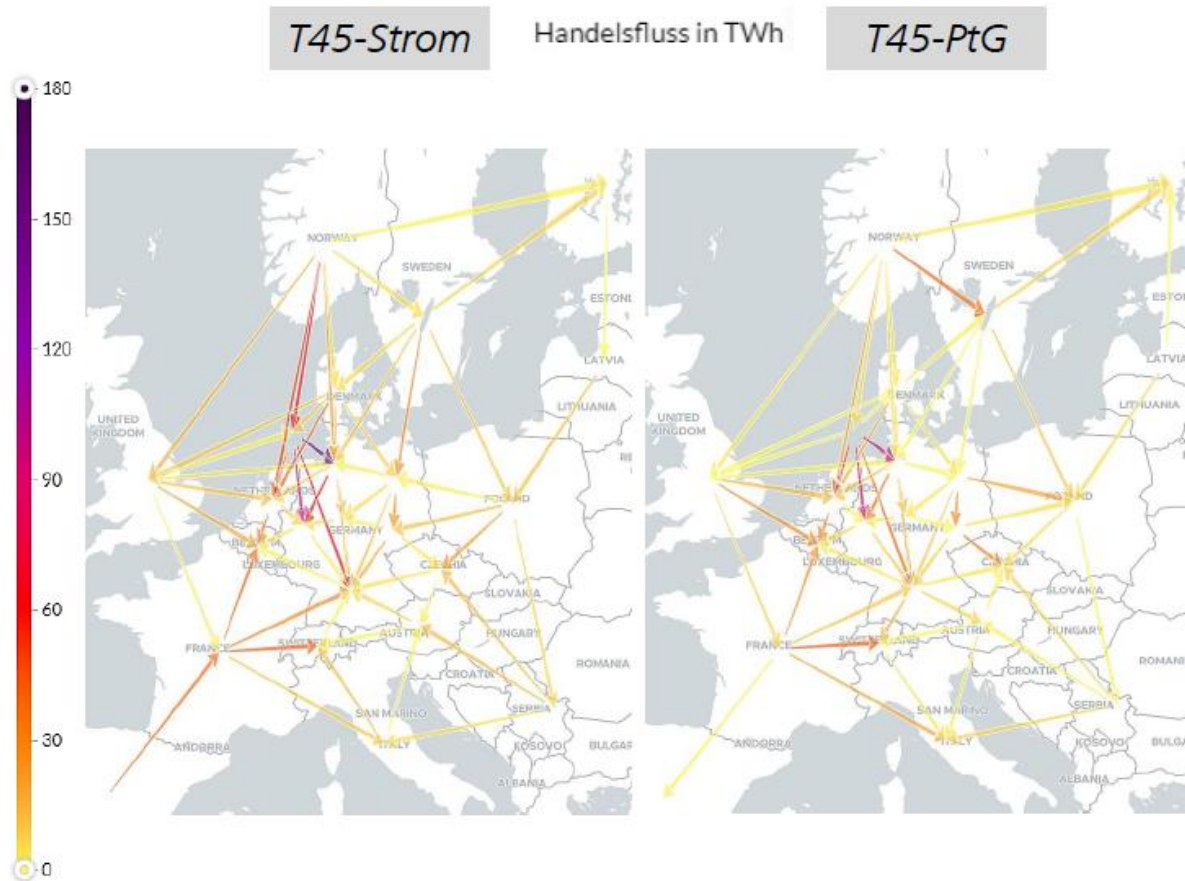
Potentialausnutzung Wind 2045: T45-Strom



Onshore: FR: Max 70 GW; NO: Max 65 GW; UK & IE: Max 70 GW
Offshore: FR: Min 25 GW; UK & IE: Min 85 GW

Stromhandel 2045

Stromhandel bedeutend für den Ausgleich der Erneuerbaren



Ergebnisse

- Starke Transportachsen von Nord nach Süd in Deutschland
- Starke Transportachsen in Richtung Zentraleuropa

Einordnung

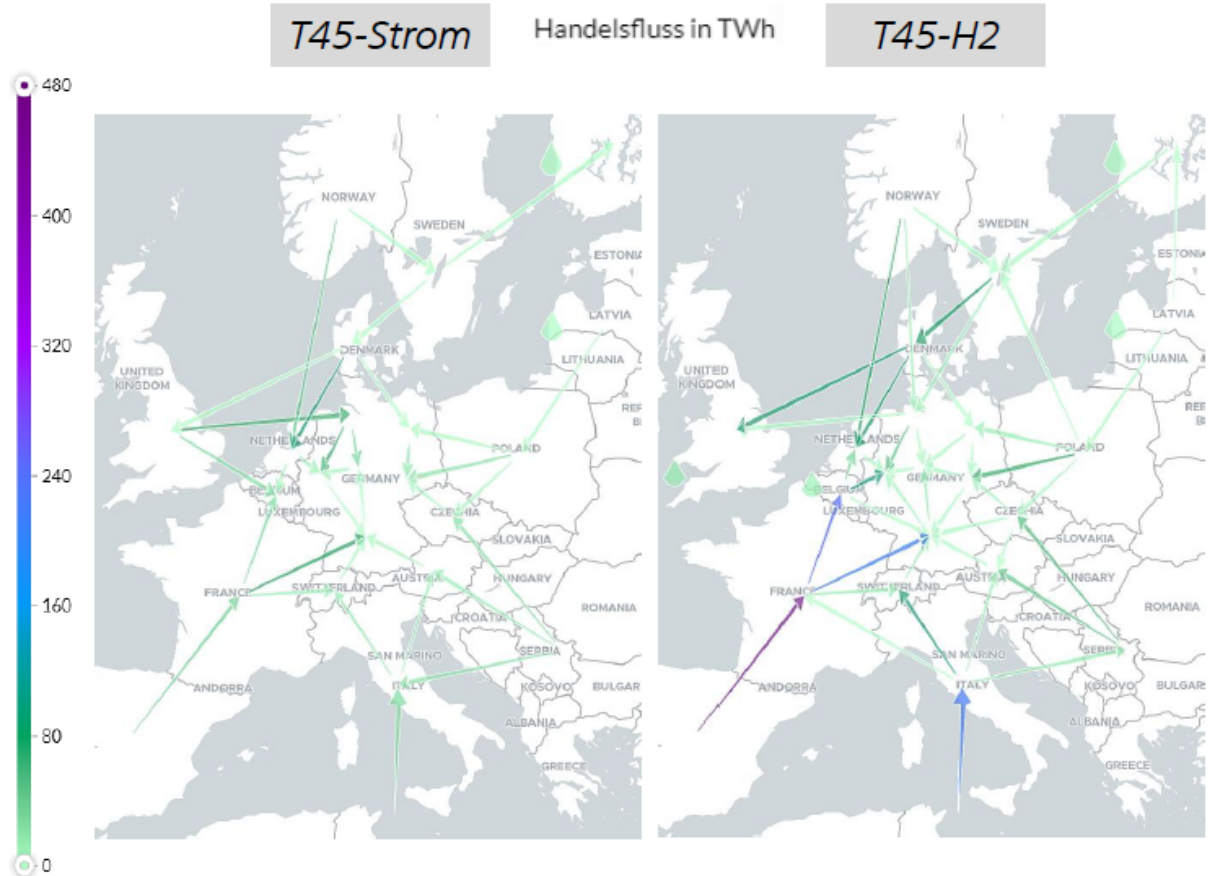
- Die Größe der Transportachsen wird stark durch die nationalen Ausbauten der Erneuerbaren Energien geprägt
- Dieser Ausbau der Erneuerbaren und der Transportachsen ist für Deutschland nur begrenzt beeinflussbar

Schlussfolgerung

- Ausbau der europäischen Transportachsen ist zentral für die Energiewende

H2-Handel 2045

Ein robustes H2-Netz in Europa ist zentral



Ergebnisse

- In allen Szenarien entsteht in Europa ein europäisches Wasserstoffnetz
 - Starke Netzanbindungen aus den Rändern nach Zentraleuropa
 - Nord-Süd Achse in Deutschland
 - Sehr ähnliche Wasserstoffnetzstruktur, Unterschiede nur beim Handelsvolumen
 - Italien bezieht Wasserstoff aus MENA Region: nur sehr geringe Schiffsimporte von reinem Wasserstoff in Europa
 - Derivate kommen überwiegend aus anderen Regionen der Welt

Einordnung

- Der Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Transportachsen ist zentral für die Entwicklung der H₂-Exportregionen

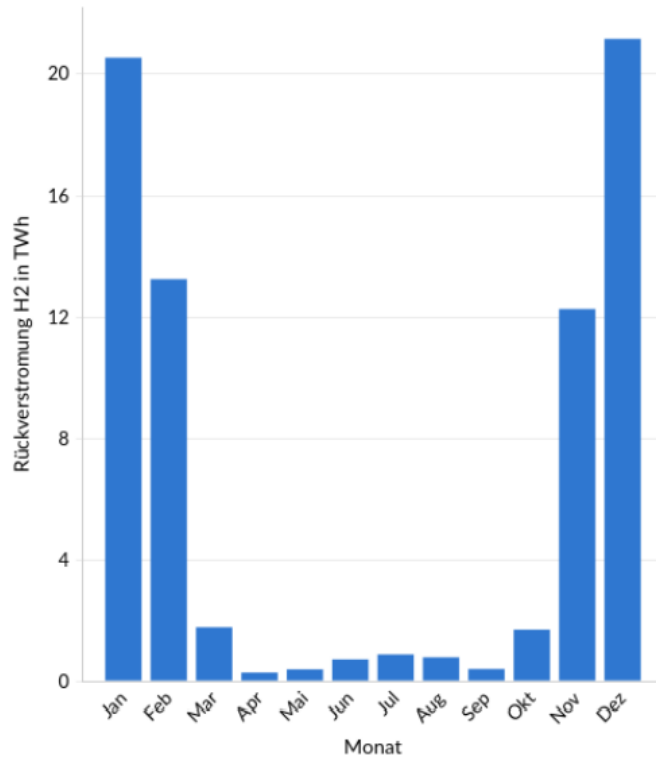
Schlussfolgerung

- Eine europäische Wasserstoffinfrastruktur ist zentral und sollte auf verschiedene „Exportregionen“ ausgelegt werden

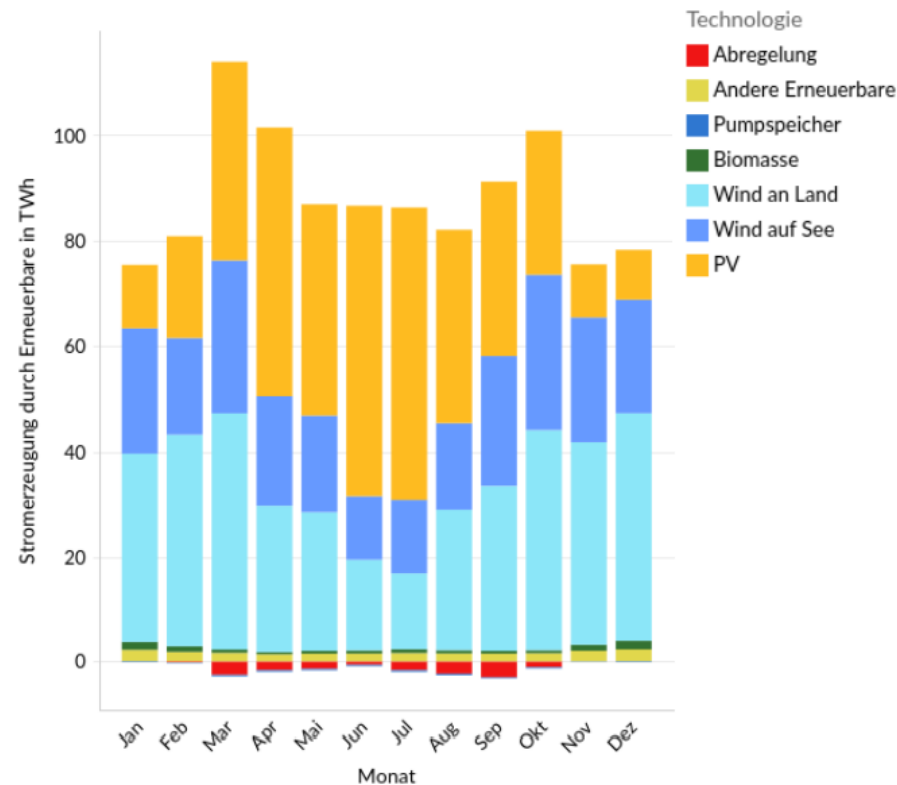
Saisonale Stromerzeugung in Deutschland in 2045

T45-Strom

Stromerzeugung Wasserstoffkraftwerke



Stromerzeugung Erneuerbare Energien



Ergebnisse

- Die Stromerzeugung aus Wasserstoff ist im Winter wesentlich höher als im Sommer

Einordnung

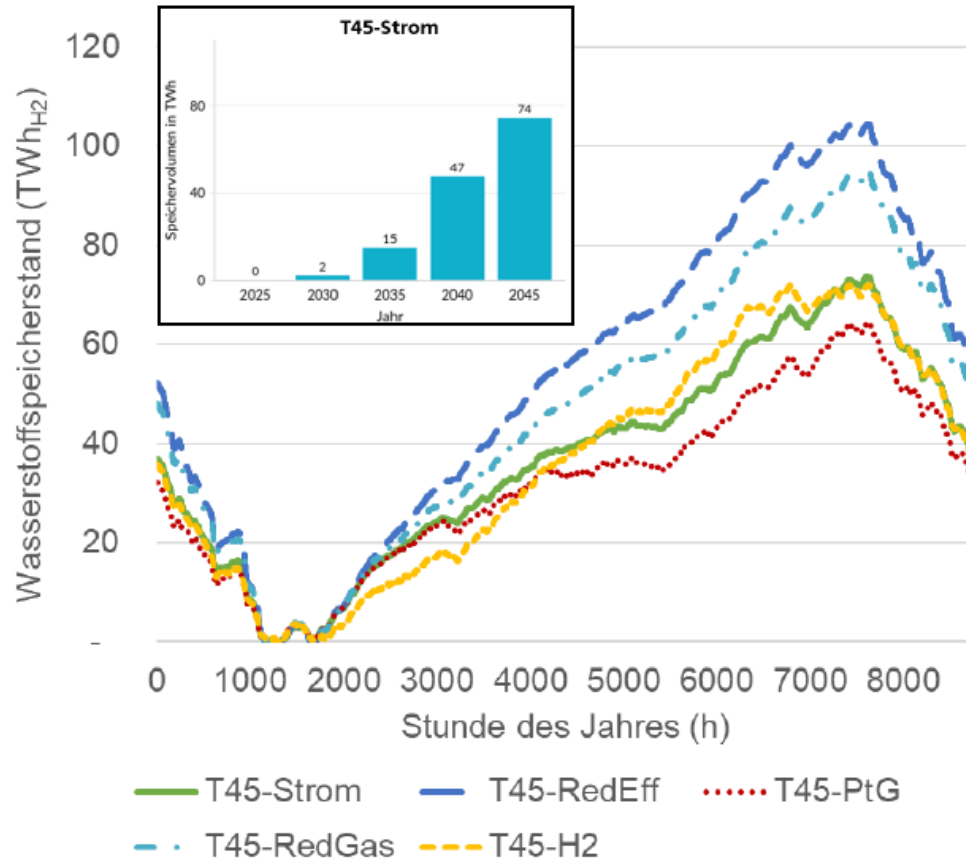
- Wasserstoff folgt einem saisonalen Einsatzprofil

Schlussfolgerung

- Die Speicherung von Wasserstoff, insbesondere saisonal, ist zentral für das Stromsystem

Dispatch Wasserstoffspeicher 2045 Deutschland

Wasserstoffspeicher als zentrale saisonale Speicher



Hinweis: Restriktion im Modell Speicherfüllstand 50% zu Beginn eines Jahres

Ergebnisse

- Wasserstoffspeicher fungieren als zentraler saisonaler Energiespeicher
- Je stärker die Restriktionen im Energiesystem, desto höher ist der Bedarf
- Speicherbedarf besteht schon ab 2030

Einordnung

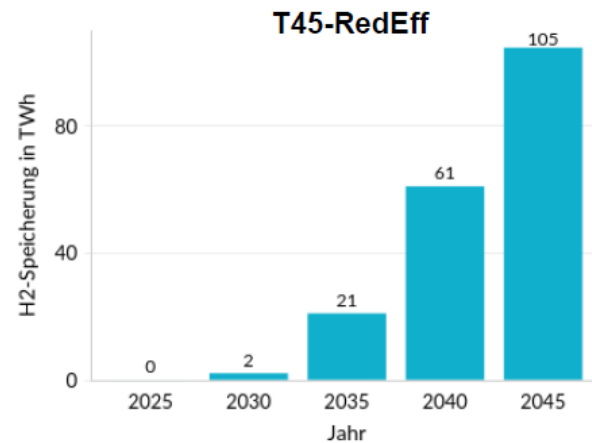
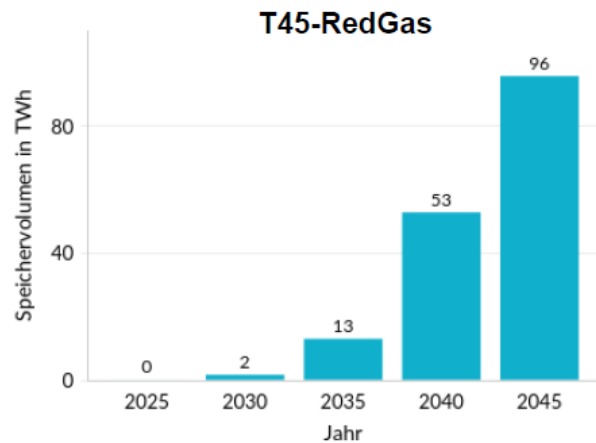
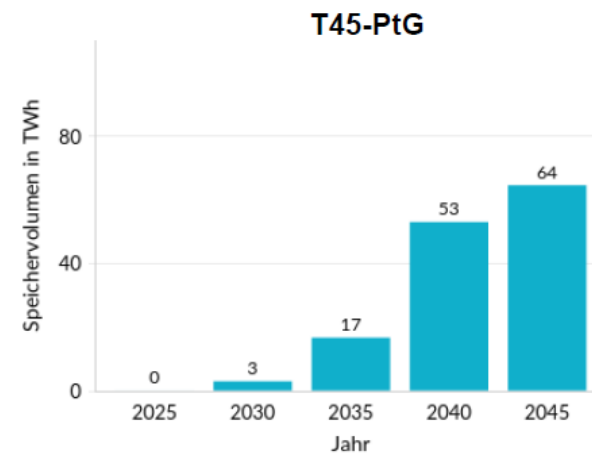
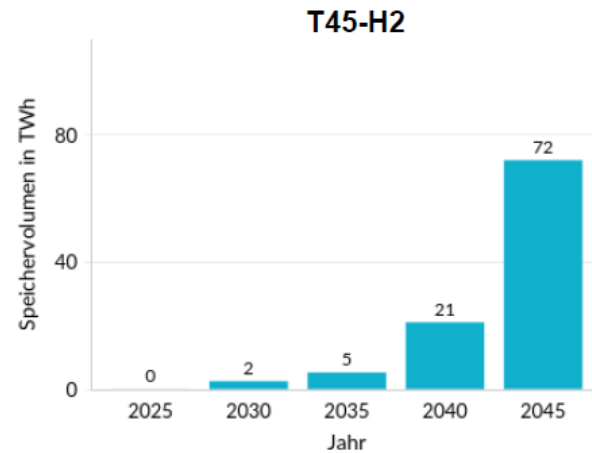
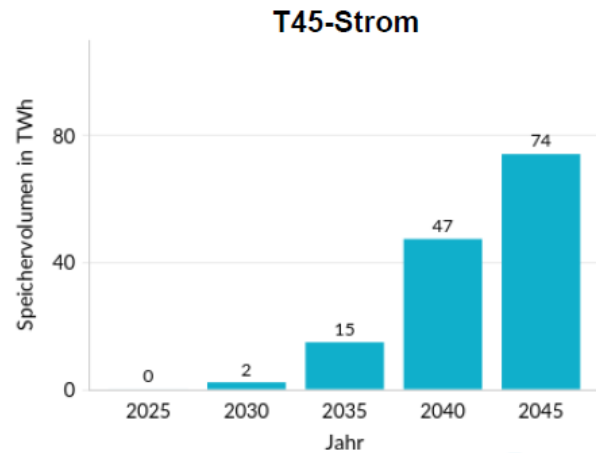
- Bestehendes Salzkavernenpotenzial in DE zur Umrüstung beträgt ca. 35-50 TWh
- Es besteht Neubaubedarf

Schlussfolgerungen

- Ausbaubedarf von H₂-Kavernenspeichern bis 2045
- Der Ausbau sollte frühzeitig angegangen werden

Wasserstoff-Speicher in Deutschland

Szenariovergleich



Ergebnisse

- H2-Speicherbedarf in Deutschland schon ab 2030
- T45-H2: später Hochlauf
- T45-RedGas & RedEff mit größtem Speicherbedarf

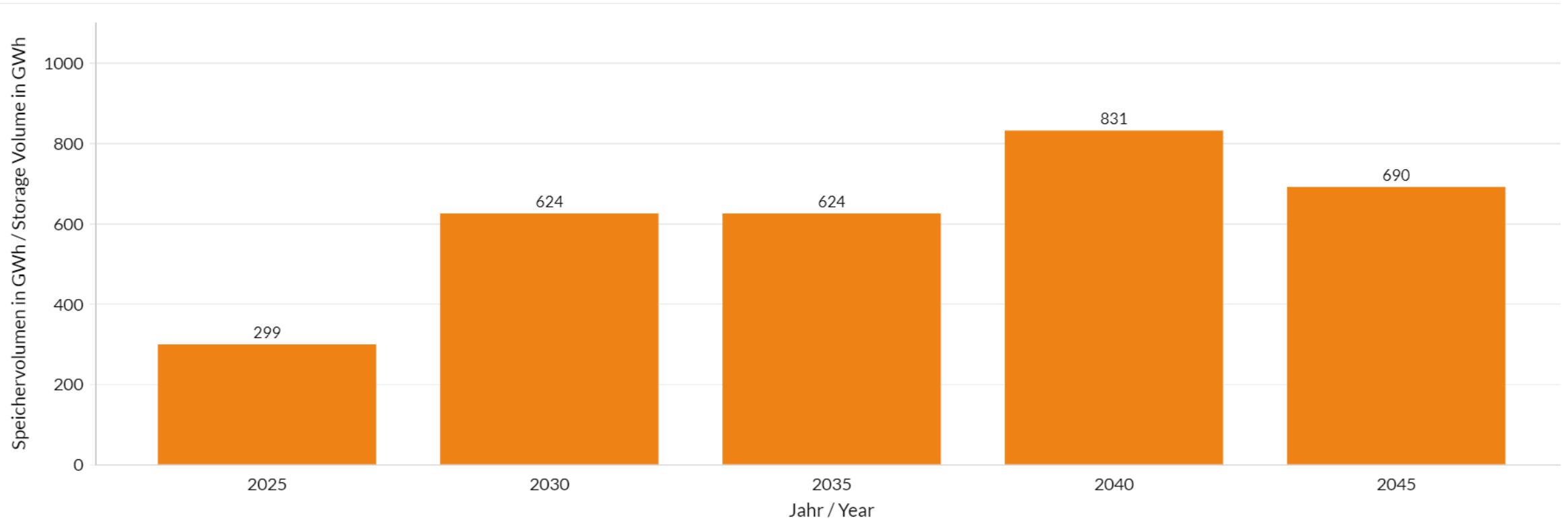
Einordnung

- H2-Speicher in allen Szenarien sehr relevant

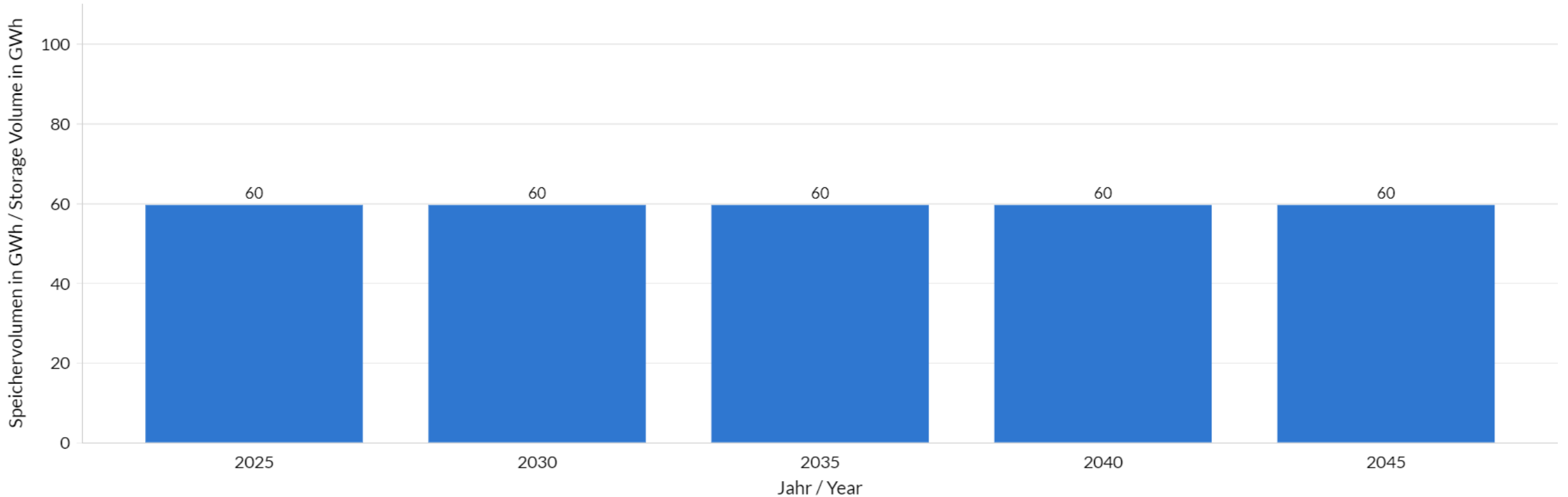
Schlussfolgerung

- Ausbaubedarf von Kavernenspeichern bis 2045 zentral für das Energiesystem unabhängig vom Szenario

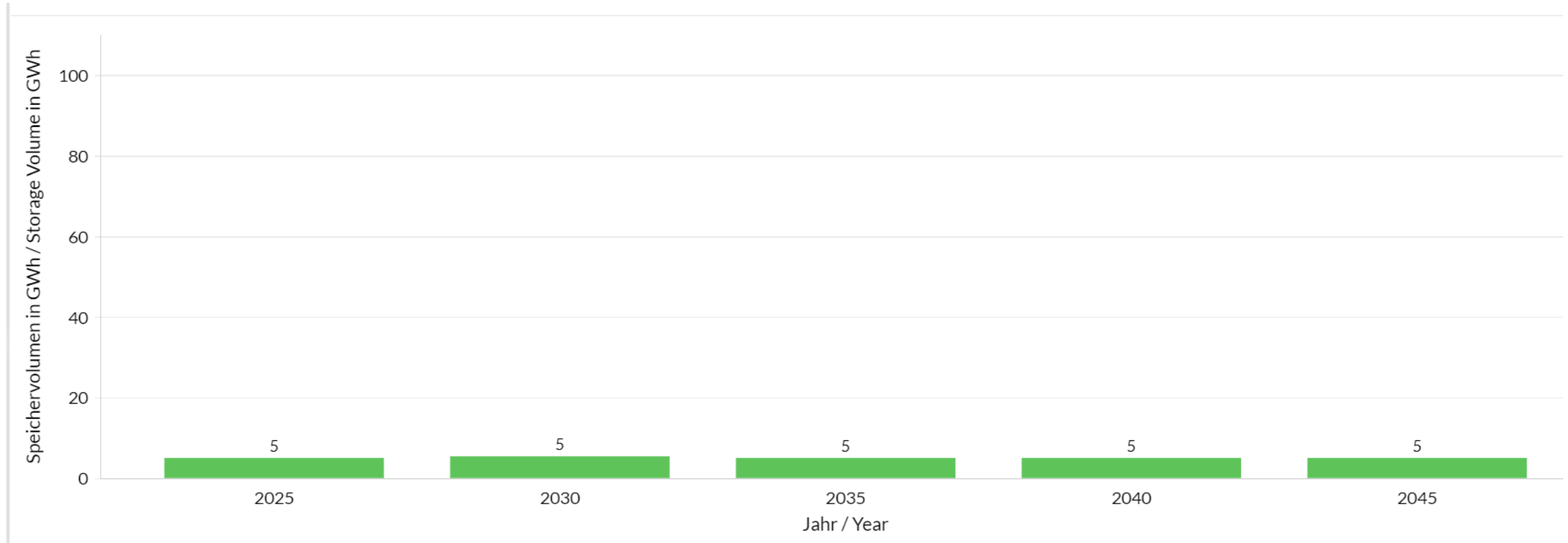
Wärmespeicher Deutschland T 45 - Strom



Pumpspeicher Deutschland T45 - Strom



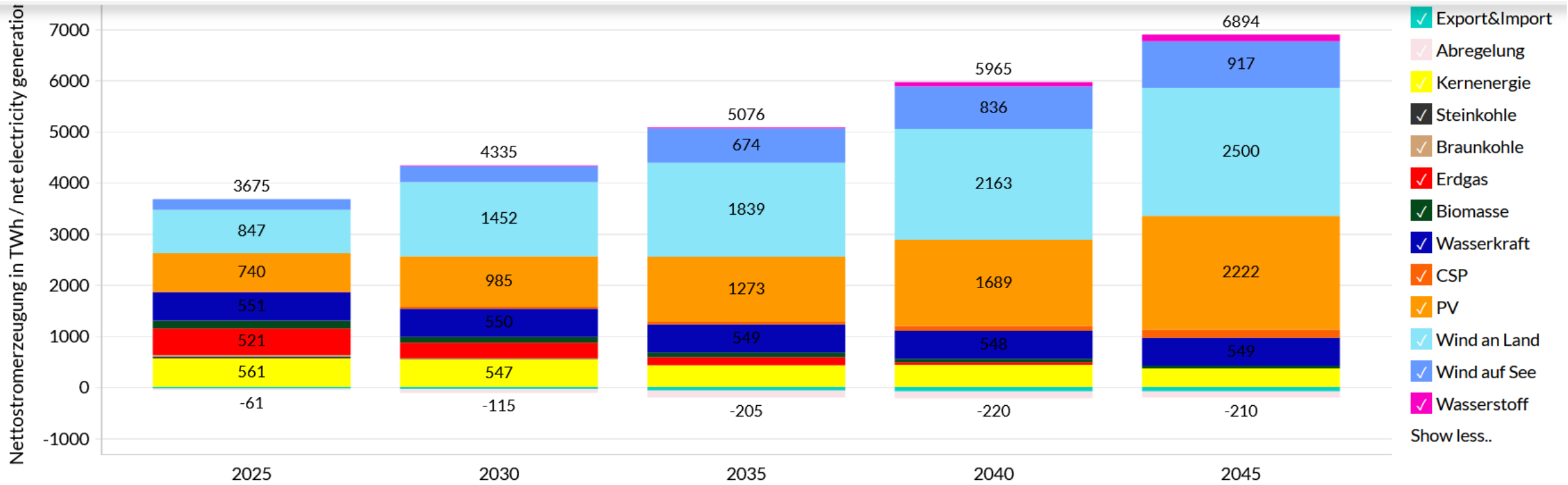
Batteriespeicher Deutschland T45 - Strom



Unabhängig von Ergebnissen energiewirtschaftlicher Systemanalysen werden Speicher benötigt

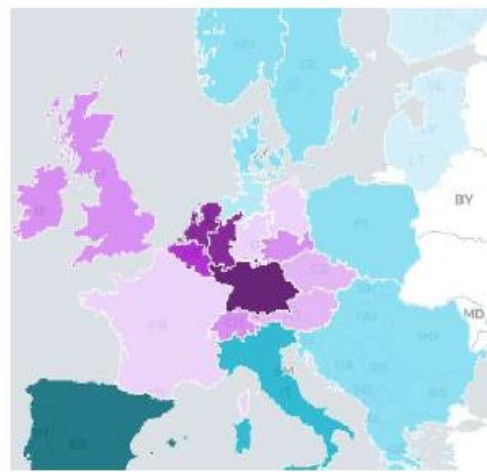
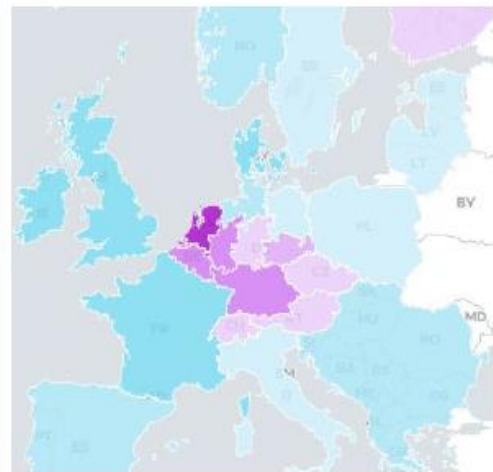
- für mobile Anwendungen
- für Frequenz- und Spannungshaltung
- in schwachen Verteilnetzen
- bei zu schwachen Ausbau der Übertragungsnetze national wie international
- bei dem Wunsch nach mehr Energieautarkie
- bei weniger flexiblen Lasten im Netz (z.B. E-Mobilität, H₂-Elektrolyse)
- bei deutlichen Veränderungen des Wetters auf Grund der Klimaänderung

Bruttostromerzeugung Europa T45

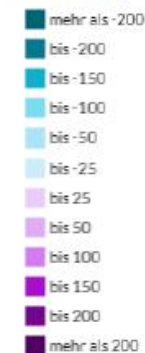


Wasserstoffsystem im Szenario T45-Strom und T45-H2

Deutschland importiert Wasserstoff



Netto-Export (TWh)



Netto-Import (TWh)

Ergebnisse

- Deutschland importiert Wasserstoff
- Elektrolyseure folgen dem Angebot Erneuerbarer Energien (Positionierung in Norddeutschland)
- Der in Deutschland und Europa verbrauchte Wasserstoff wird überwiegend in Europa erzeugt; Derivate kommen überwiegend von außerhalb Europas
- Insbesondere ab 2030 starker Anstieg des Wasserstoffbedarfs

Einordnung

- Europäische Produktion hängt stark von Akzeptanz und nationalen Präferenzen ab

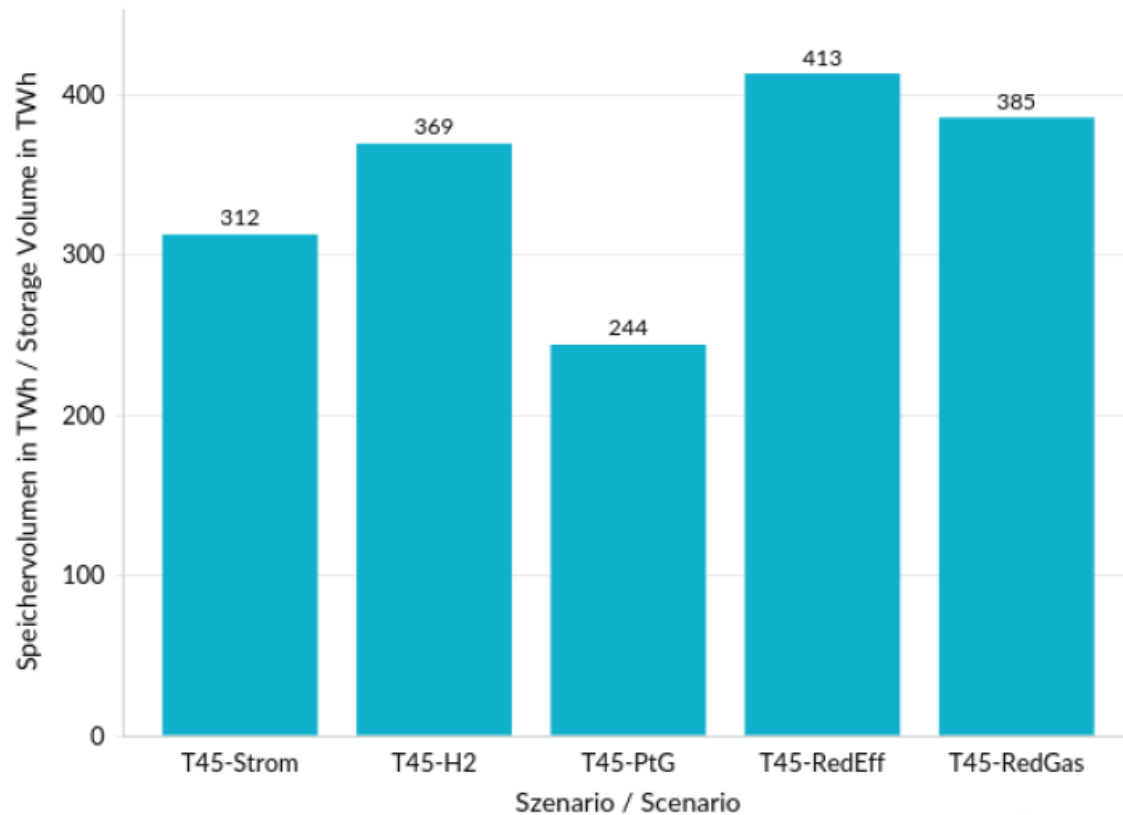
Schlussfolgerungen

- Diversifizierung über verschiedene Importregionen innerhalb und außerhalb Europas kann eine sinnvolle Strategie sein
- Schneller Hochlauf der Wasserstoffwirtschaft ist notwendig

Wasserstoff-Speicherung in 2045

Wasserstoffspeicher sind für Europa wichtig

Wasserstoff Speicherung T45 Szenarien / Hydrogen Storage T45 Scenarios



Ergebnisse

- Speicher sind in Deutschland im Norden konzentriert
- Es besteht in Europa deutlicher Speicherbedarf
- Speicherbedarf besteht schon ab 2030

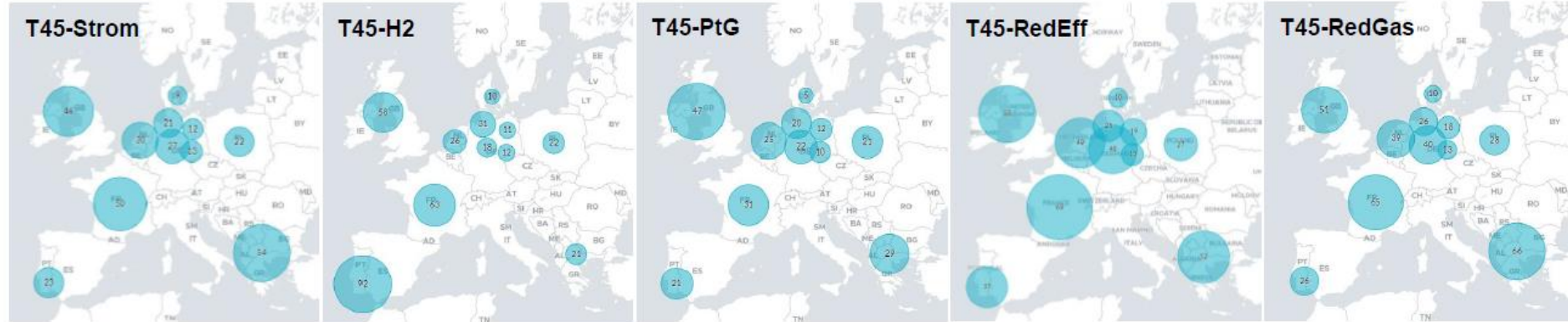
Einordnung

- Ausbau wurde nur in Regionen mit potentiellen Kavernenspeichern zugelassen
- Es besteht Neubaubedarf

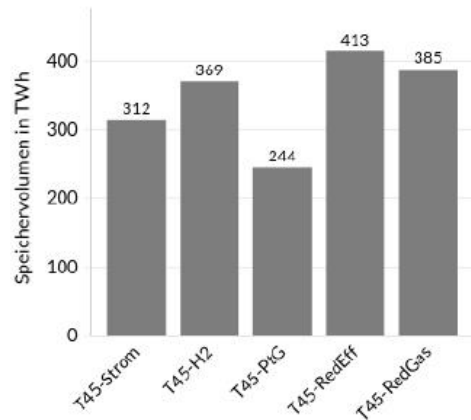
Schlussfolgerungen

- Neue H₂-Kavernen benötigt
- Speicherbedarf steigt mit den Anforderungen an das H₂-System

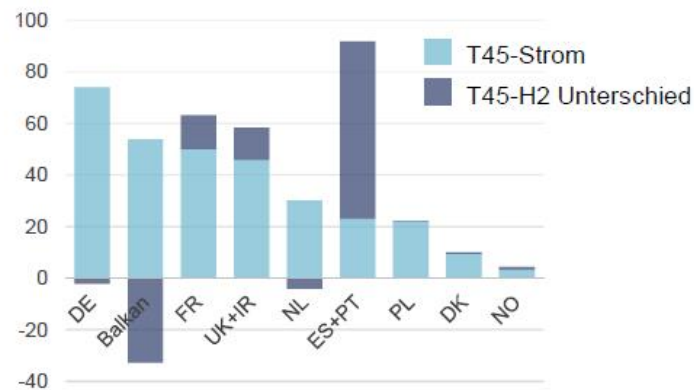
Wasserstoff-Speicherung in Europa in 2045



H2-Speichervolumen (TWh) in Europa



H2-Speichervolumen (TWh) nach Standorten



Ergebnisse

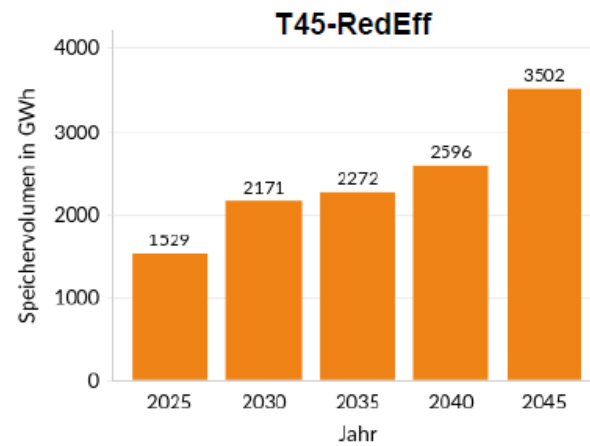
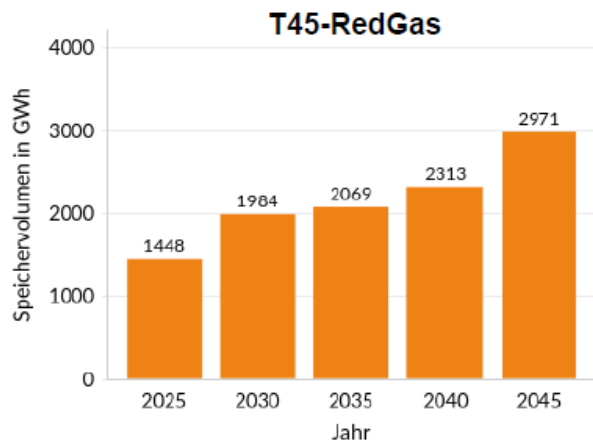
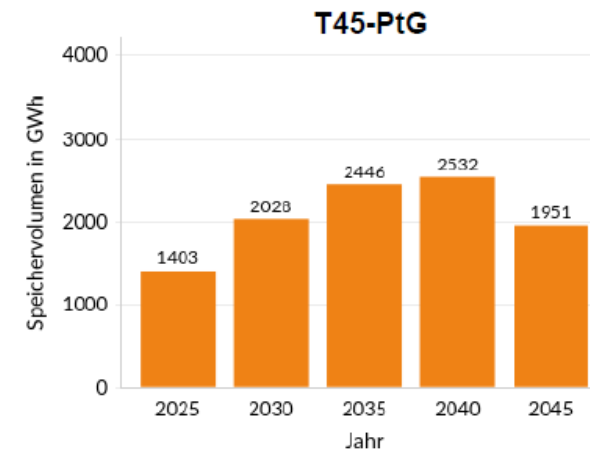
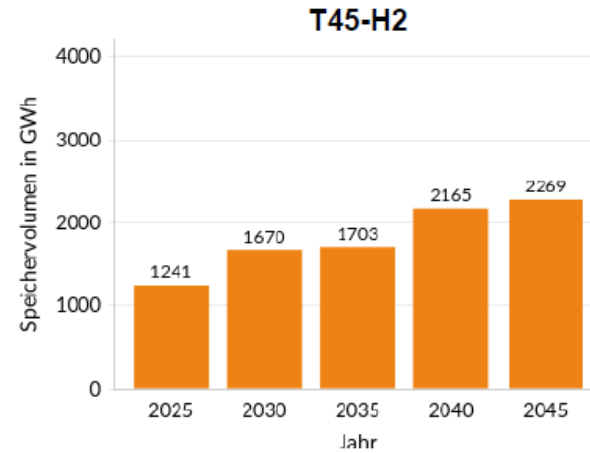
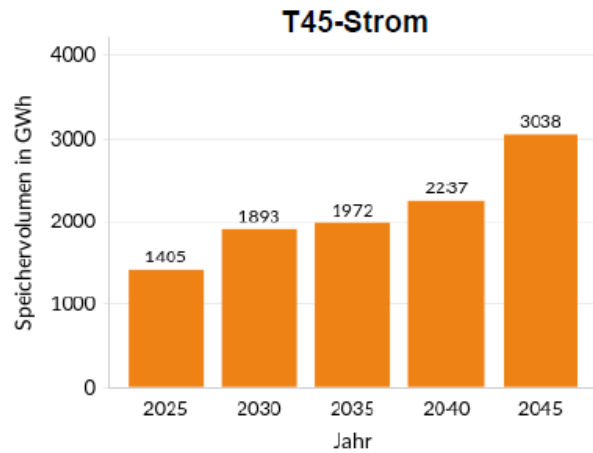
- Speicher sind in Deutschland im Norden konzentriert
- T45-Strom: Deutschland mit größtem H₂-Speicherbedarf in Europa
- insgesamt folgt Speicherallokation der H₂-Erzeugung

Schlussfolgerung

- Neue H₂-Kavernen benötigt

Wärme-Speicher Europa

Szenariovergleich

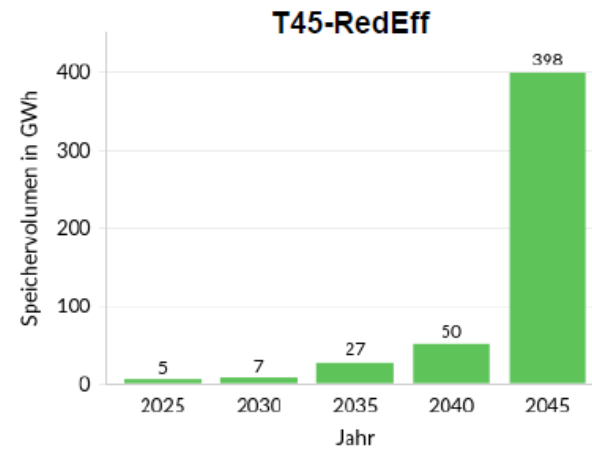
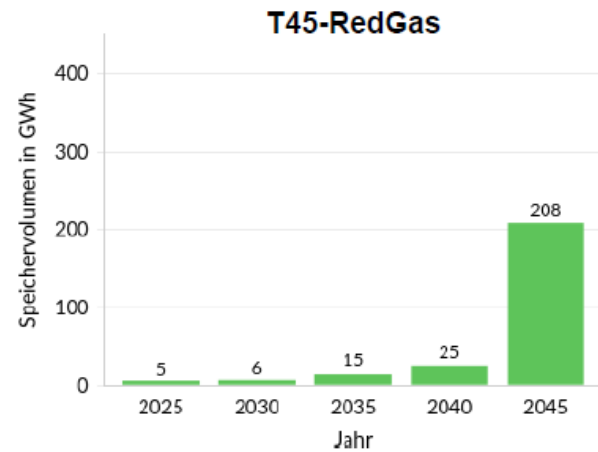
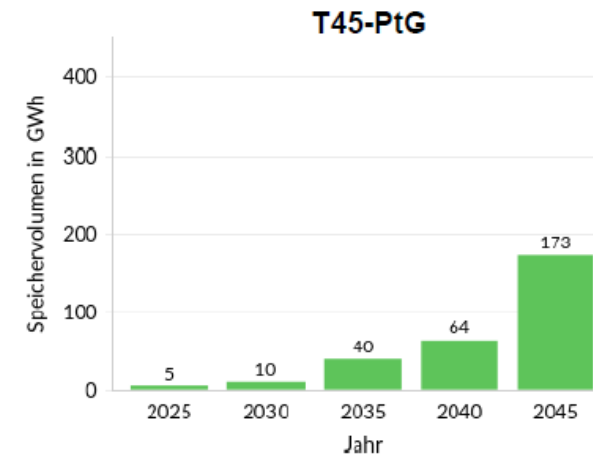
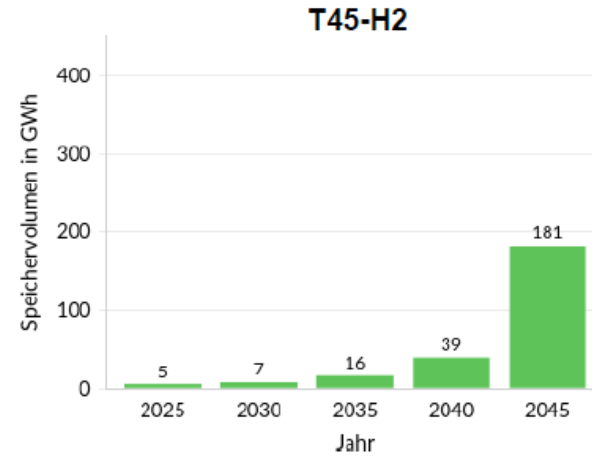
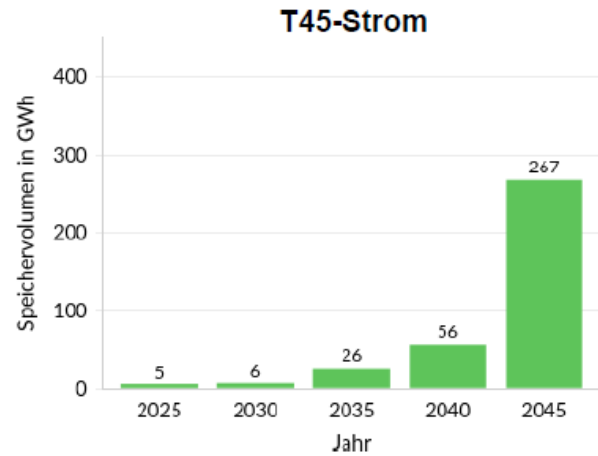


Ergebnisse

- Die Wärmespeicher wachsen im Laufe der Zeit an; Verdoppelung des Volumens zw. 2025 und 2045
- Im Szenario T45-H2 ist der Bedarf am geringsten, im Szenario T45-RedEff am höchsten

Batterie-Speicher Europa

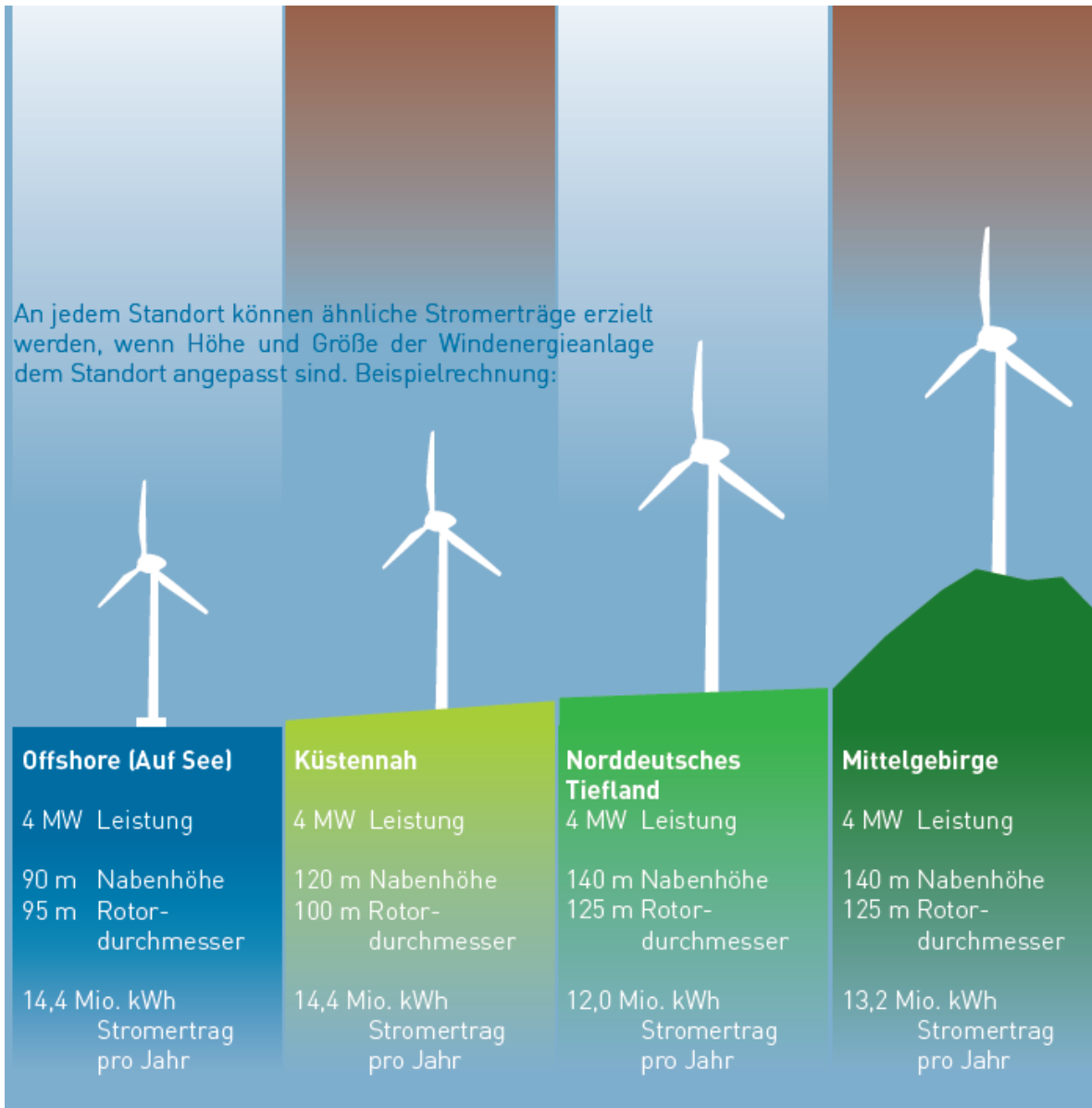
Szenariovergleich



Ergebnisse

- Begrenzter Bedarf an Batteriespeichern als Flex-Option
- Dennoch exponentieller Anstieg nach 2030
- Batteriespeicher-Ausbau vor allem in Italien
- In Deutschland verbleibt das Speichervolumen annahmegetrieben bei 5 GWh

An jedem Standort können ähnliche Stromerträge erzielt werden, wenn Höhe und Größe der Windenergieanlage dem Standort angepasst sind. Beispielrechnung:

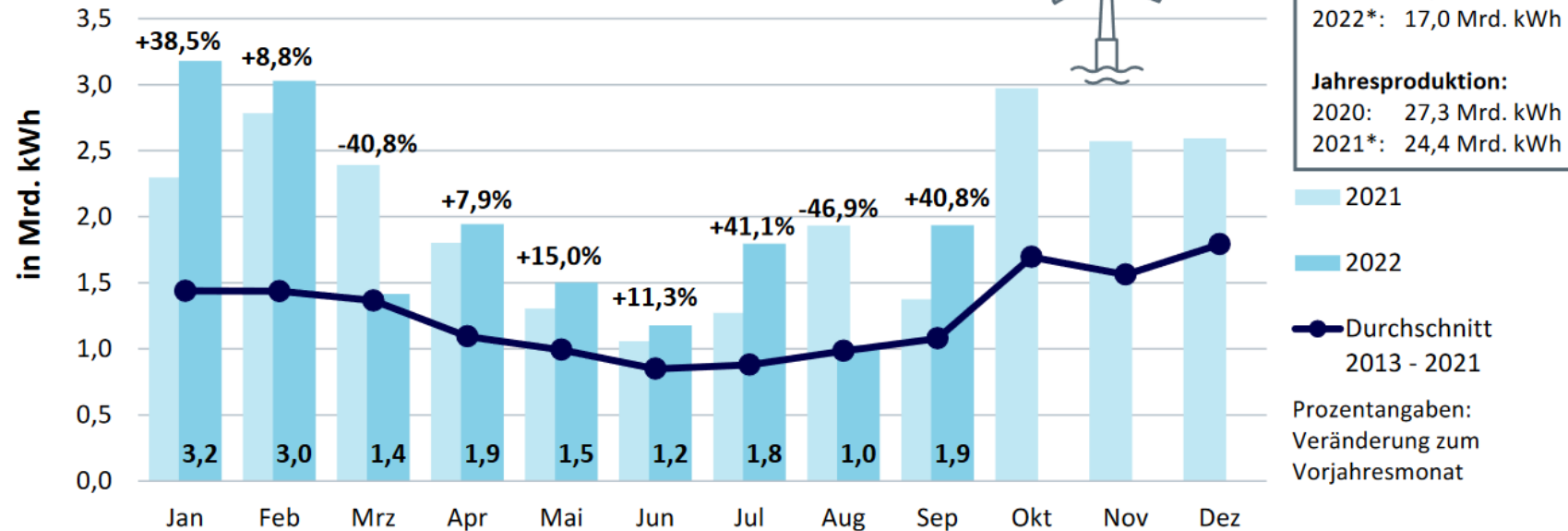


Quelle: Agentur für erneuerbare Energien
(http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/42.aee_Durchblick_EE_2013_web.pdf)

Monatliche Stromerzeugung aus Windenergie auf See

Bruttostromerzeugung 2022 bisher: 17 Mrd. kWh*

(Veränderung zum Vorjahreszeitraum insgesamt: +4,9 %)



Kumuliert bisher:	
2020:	18,9 Mrd. kWh
2021:	16,2 Mrd. kWh
2022*:	17,0 Mrd. kWh
Jahresproduktion:	
2020:	27,3 Mrd. kWh
2021*:	24,4 Mrd. kWh

■ 2021
■ 2022
● Durchschnitt 2013 - 2021
 Prozentangaben: Veränderung zum Vorjahresmonat

Quellen: ZSW, BDEW; Stand 10/2022

* vorläufig

https://www.bdeu.de/media/documents/Stromerz_Windenergie_auf_See_Vgl_VJ_monatlich_online_o_quartalsweise_Ba_27102022.pdf

Windkraftwerke

Vorteile (allgemein)

- unabhängig von der Tageszeit
- höhere Erträge im Winterhalbjahr (Wärmepumpe)

Nachteile (allgemein)

- Flauten
- Gefährdung von Vögeln

Nachteile (Onshore)

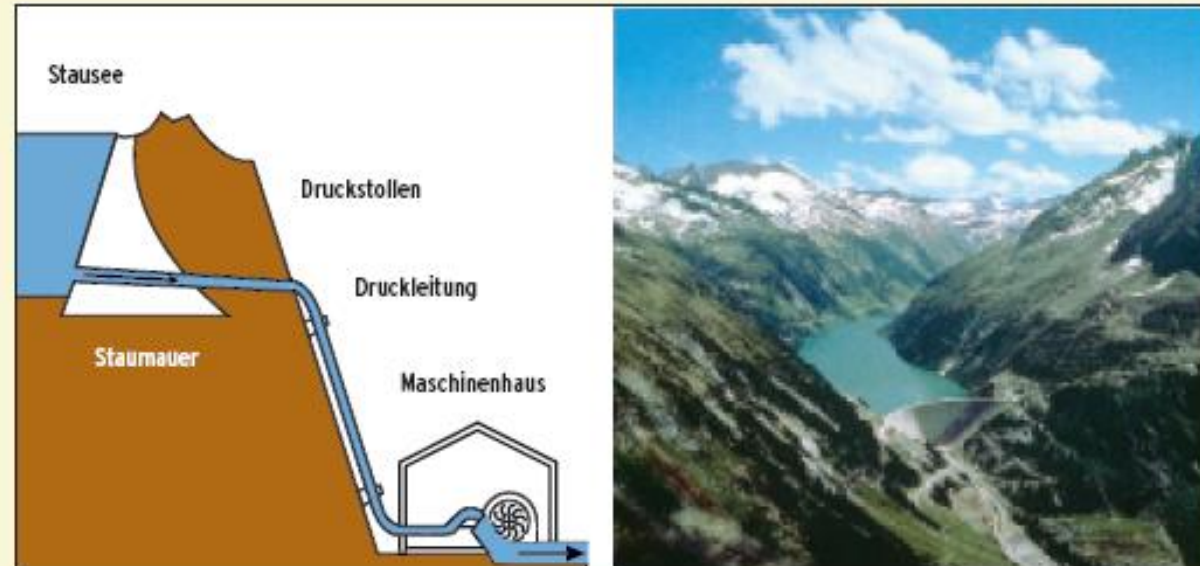
- Beeinträchtigung des Landschaftsbilds
- Schall / Reflexionen / Schattenwurf
- Gefährdung von Fledermäusen möglich
- Landschaftsverbrauch/Bodenverdichtung (Bauphase)

Nachteile (offshore)

- Beeinträchtigung der Seefahrt und Fischerei
- Beeinträchtigung von Meerstieren während der Bauzeit
- Stromleitungen erforderlich

→ Prinzip eines Speicherkraftwerks

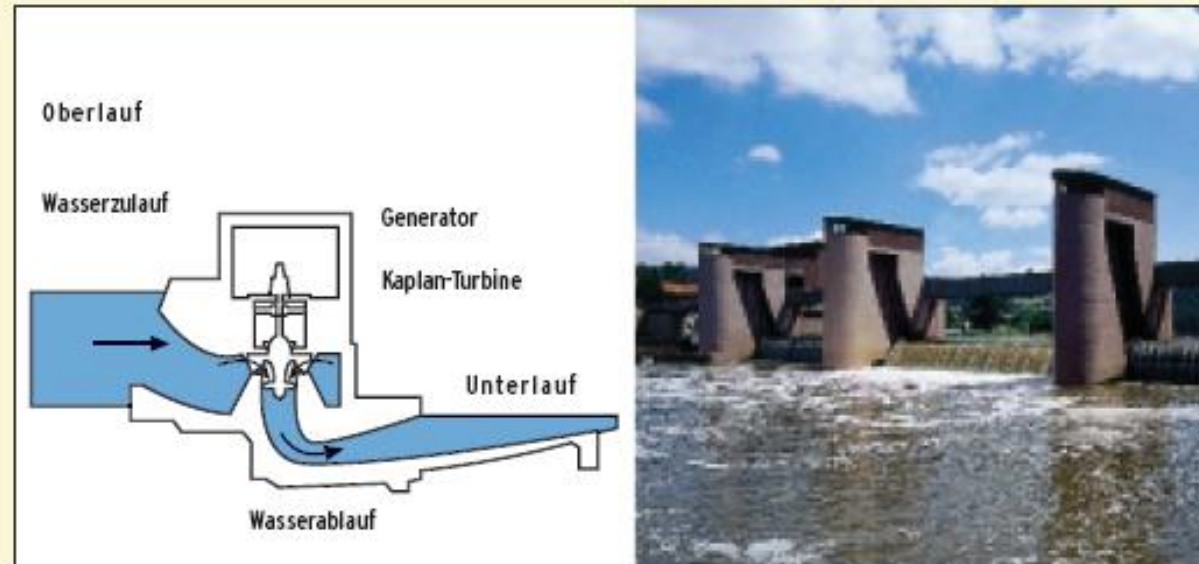
Quelle: Werksfoto Tauernkraft/Verbund



Beispiel und Prinzip eines Talsperren-Speicherkraftwerks

→ Prinzip eines Laufwasserkraftwerks

Quelle: ExpoStadt



Beispiel und Prinzip eines Laufwasserkraftwerks

Wasserkraftwerke

Vorteile (allgemein)

- Grundlastfähig/regelbar
- Ausgereifte Technik

Nachteile (allgemein)

- nicht überall verfügbar

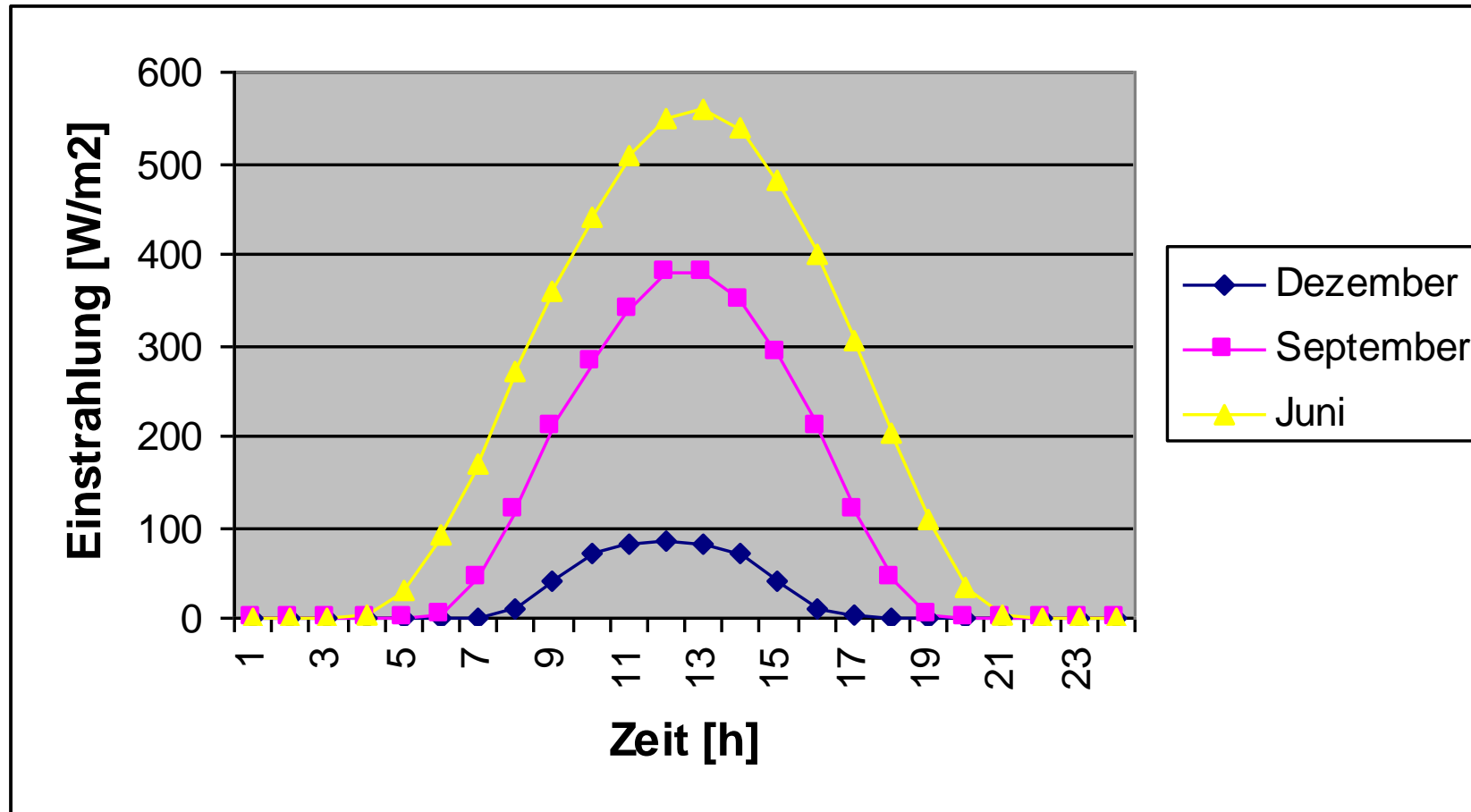
Nachteile (Laufwasserkraftwerke)

- Behinderung der Schifffahrt
- Behinderung der Fischwanderung möglich
- Sedimentverlagerungen gestört
- Abschaltung bei Hoch- und Niedrigwasser

Nachteile (Speicher-/Pumpspeicherkraftwerke)

- Beeinträchtigung von Natur- und Kulturräumen

Tagesgang PV



Quelle: Kaltschmitt, Wiese

— Photovoltaik

Vorteile (allgemein)

- Ausgereifte Technik

Vorteile (Aufdachanlagen)

- Kein Flächenverbrauch
- Auch kleine Anlagen privat möglich

Vorteile (Freiflächenanlagen)

- Kostengünstige Aufstellung
- Große geeignete Flächen vorhanden
- Erforderlich für Energiewende

Nachteile (allgemein)

- Tageszeit-, Jahreszeit- und Wetterabhängig

Nachteile (Aufdachanlagen)

- Behinderung weiterer Dachflächennutzung möglich
- Behinderung der Feuerwehr im Brandfall möglich

Nachteile (Freiflächenanlagen)

- Beeinträchtigung von Naturräumen möglich
- Flächenkonkurrenz zu Landwirtschaft

Konzentrierende solarthermische Anlagen zur Stromerzeugung und Prozesswärmeerzeugung

— Biomasse

Vorteile

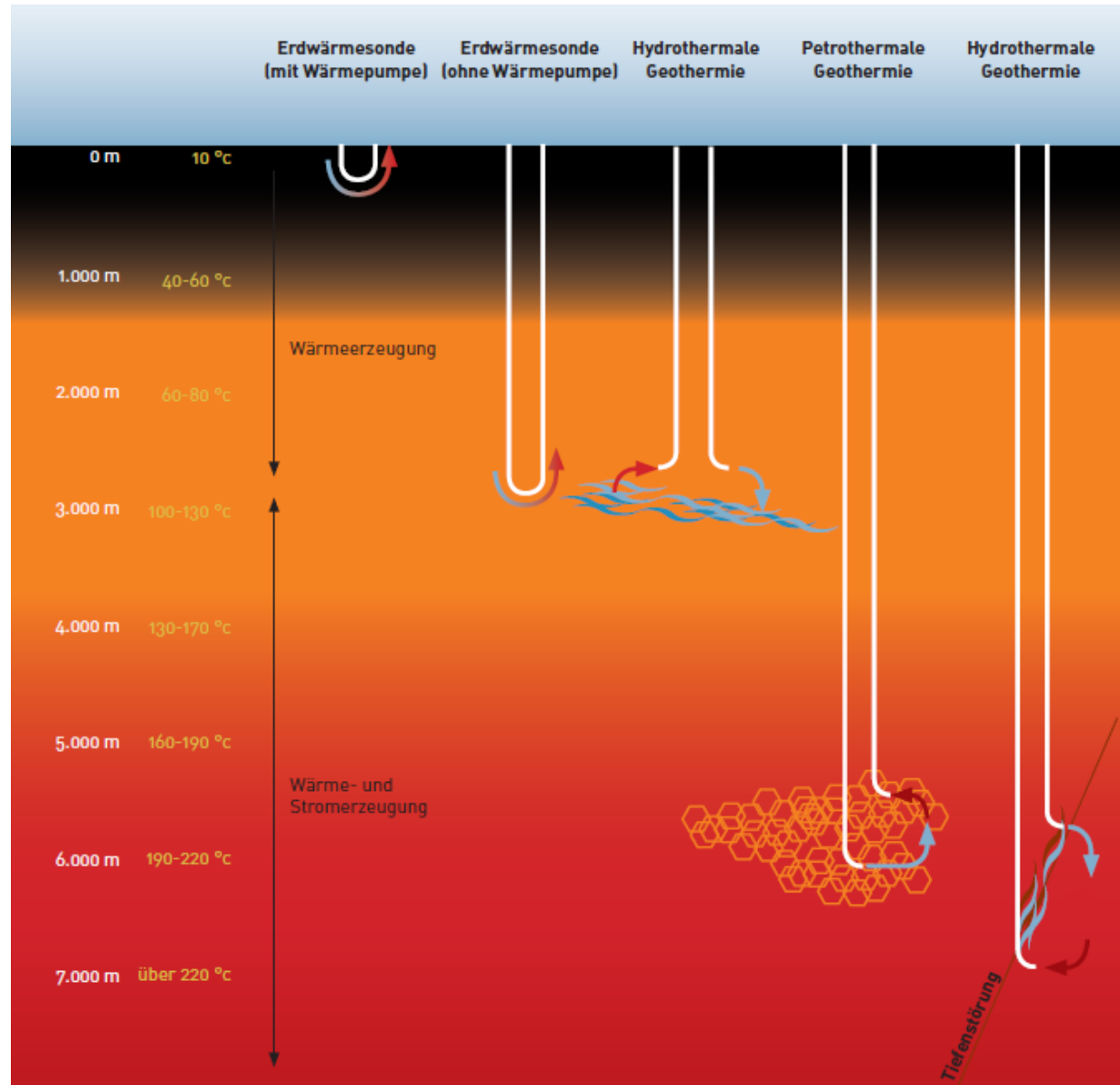
- Ganzjährig verfügbar
- Speicherbar
- Grundlastfähig
- Vielseitig anwendbar
(Wärme, Strom, Treibstoff)

Nachteile

- Flächenkonkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion
- Geringere Flächenerträge als PV und Wind

→ Ökologische Vor- und Nachteile von Biokraftstoffen

Vergleichsparameter	Vorteile für Bioenergieträger	Nachteile für Bioenergieträger
Ressourcenverbrauch	<ul style="list-style-type: none"> • Einsparung fossiler Energien 	<ul style="list-style-type: none"> • Verbrauch mineralischer Ressourcen
Treibhauseffekt	<ul style="list-style-type: none"> • geringere Emission von Treibhausgasen 	
Stratosphärischer Ozonabbau		<ul style="list-style-type: none"> • höhere N₂O-Emissionen
Versauerung		<ul style="list-style-type: none"> • stärkere Versauerung
Fotosmog		<ul style="list-style-type: none"> • höheres Ozonbildungspotenzial
Eutrophierung		<ul style="list-style-type: none"> • höhere NO_x- und NH₃-Emissionen • mögliche Gefährdung der Oberflächengewässer
Human- und Ökotoxizität	<ul style="list-style-type: none"> • geringere SO₂-Emissionen • geringere Meeresverschmutzung - Exploration und Transport von Rohöl werden vermieden • geringere Verschmutzung durch Leckagen nach Unfällen • geringere Toxizität / bessere Bioabbaubarkeit 	<ul style="list-style-type: none"> • mögliche Belastung von Oberflächengewässern durch Pestizide • mögliche Belastung des Grundwassers durch Nitrat



— Geothermie

Vorteile

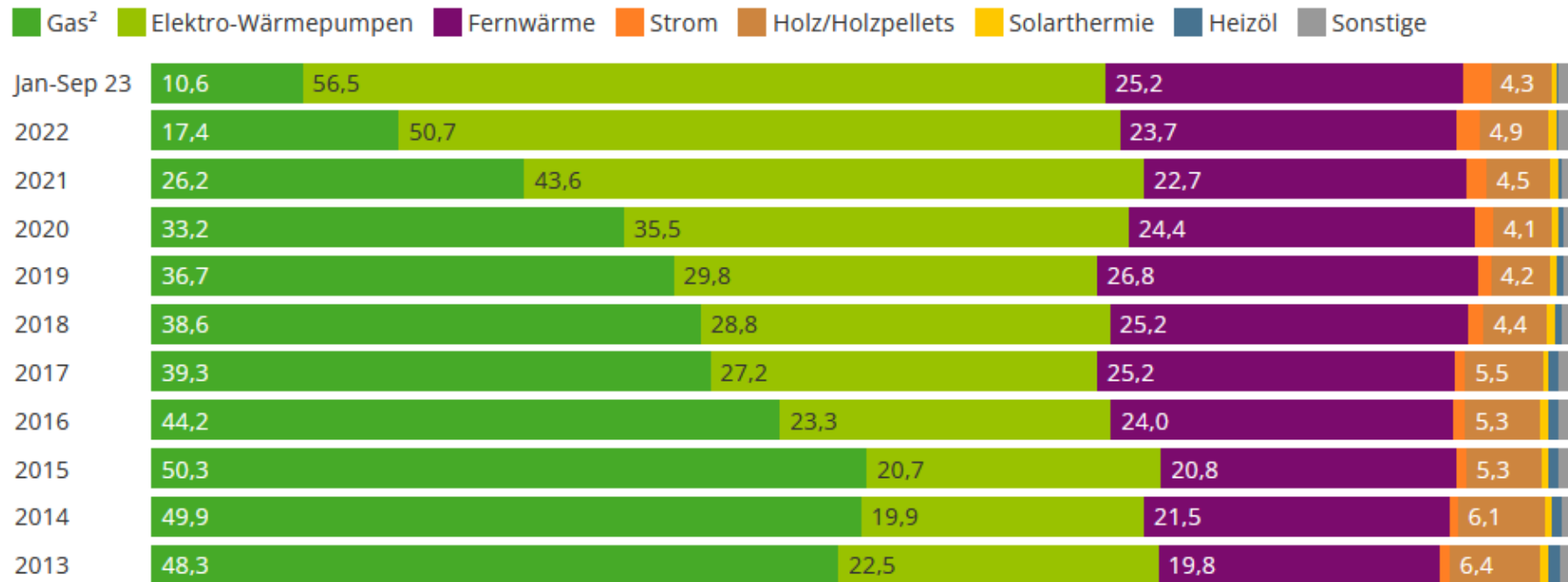
Ganzjährig verfügbar

Nachteile

- nicht überall (wirtschaftlich) verfügbar
- hohe Kosten für Bohrung
- hohes Fündigkeitsrisiko
- Risiko geringer Wärmestromdichte

10-Jahre-Rückblick bis heute - Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau¹: Baugenehmigungen

Anteile der Energieträger in %



¹ zum Bau genehmigte neue Wohneinheiten in neu zu errichtenden Wohngebäuden, primäre Heizenergie

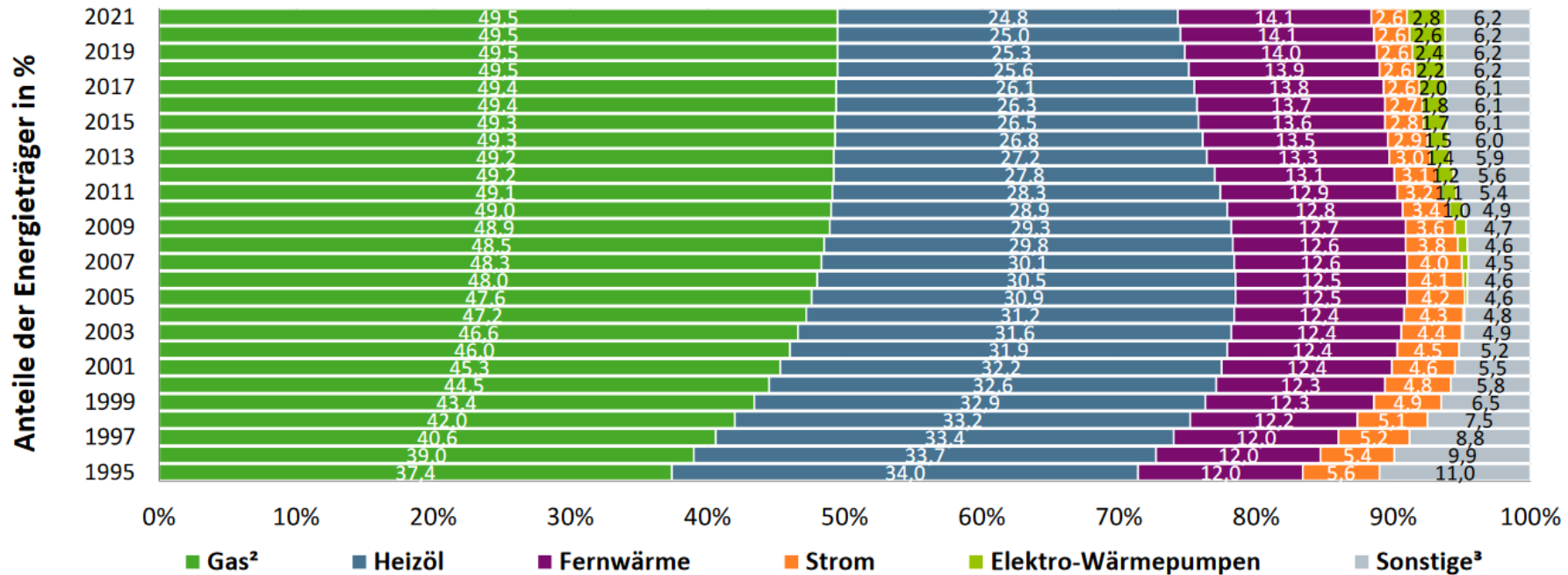
² einschließlich Biomethan

Stand: 12/2023

Quelle: Statistische Landesämter • [Daten](#) • [Einbetten](#) • [Grafik](#)

bdew
Energie. Wasser. Leben.

Entwicklung der Beheizungsstruktur des Wohnungsbestandes¹ in Deutschland



Quelle: BDEW, Stand 07/2021

¹ Anzahl der Wohnungen in Gebäuden mit Wohnraum; Heizung vorhanden; ² einschließlich Biomethan und Flüssiggas; ³ Holz, Holzpellets, sonstige Biomasse, Koks/Kohle, sonstige Heizenergie

— Wärmepumpe (Umgebungswärme)

Vorteile

Nutzung von Umgebungswärme
(1 Teil Strom + 2 Teile
Umgebungswärme = 3 Teile
Heizwärme)

Nachteile (allgemein)

- Möglicherweise Schallemissionen
- Möglicherweise Ausbau des Verteilnetzes erforderlich

Nachteile (Neubau)

Keine

Nachteile (Altbau)

bei schlechter Wärmedämmung und kleinen Heizkörpern sinkt der Wirkungsgrad und ggf. kann nicht die erforderliche Heizleistung geliefert werden.

Investitionen in die Errichtung von Erneuerbaren-Energien-Anlagen in Deutschland 2020: 11 Mrd. €

Wirtschaftliche Impulse aus dem Betrieb von Erneuerbaren-Energien-Anlagen in Deutschland 2020: 18 Mrd. €

Für eine treibhausgasneutrale Energieversorgung Deutschlands müssten die Kapazitäten von Windkraft und Photovoltaik etwa vervierfacht werden

Die Importeinsparungen in Folge von Energieeffizienz und Erneuerbaren Energien belaufen sich aus gesamtwirtschaftlicher Sichtweise im Jahr 2018 auf 24 Milliarden Euro

2018 gab Deutschland 63 Milliarden Euro für Energieimporte aus

Beschäftigte in Deutschland 2016

Ausbau der erneuerbaren Energien	339.000
Betrieb und Wartung von Erneuerbare-Energie-Anlagen	76.000
Bereitstellung Biomasse und Biokraftstoffe	69.000
Energetische Gebäudesanierung	544.000
Energieeffizienzdienstleistungen	44.000
SUMME Energiewende	1.072.000
Braunkohlebergbau und Veredelung	13.000

Durch Treibhausgase verursachte Kosten

CO₂-Steuer: 30 €/tCO₂e

ETS - Europäische Emissionszertifikate: ca. 80 €/tCO₂e

Schadenskosten: 190 €/tCO₂e

bei Höhergewichtung der Wohlfahrt gegenwärtiger Generationen

Schadenskosten: 680 €/tCO₂e

bei Gleichgewichtung der Wohlfahrt aller Generationen

Im Durchschnitt emittiert jeder Deutsche pro Jahr etwa 10 t CO₂, verursacht also Schäden in Höhe von 6.800 Euro pro Jahr, die zukünftige Generationen haben werden.

Quelle: Umweltbundesamt

Eine Studie des Forschungszentrums Jülich zeigt:

Um den deutschen CO₂-Ausstoß bis 2050 um 95 Prozent zu senken, muss Deutschland über einen Zeitraum von 30 Jahren insgesamt 1.850 Milliarden Euro aufbringen.

Die jährlichen Kosten steigen dabei von etwa 9 Milliarden Euro im Jahr 2030 über 71 Milliarden im Jahr 2040 bis auf 128 Milliarden Euro im Jahr 2050 an.

2018 gab Deutschland 63 Milliarden Euro für Energieimporte aus, das entsprach 1,9 Prozent des Bruttoinlandprodukts.

Die 128 Milliarden Euro im Jahr 2050 entsprächen 2,8 Prozent des dann erwarteten Bruttoinlandprodukts.

Die wirtschaftliche Belastung liegt in der Größenordnung der heutigen Ausgaben für die Energieversorgung.

Zusammenfassung

Nachteile

eines Energiesystems mit überwiegend Sonnen- und Windenergie:

- **Transformation verursacht „Reibung“ (Kosten, Komfort, Routinen, Ineffizienzen, ...)**
- **Kapitalkosten (Investition) höher, Betriebskosten niedriger als im alten System (CAPEX vs. OPEX)**
- **Einkommensschwache Haushalte und Mieter haben weniger Anpassungsmöglichkeiten**
- **Nachfrage an Angebot anpassen oder Speicher oder großräumiger Ausgleich**
- **Hohe Abhängigkeit vom außereuropäischen Ausland bei Rohstoffen, Material und Anlagen**

Zusammenfassung

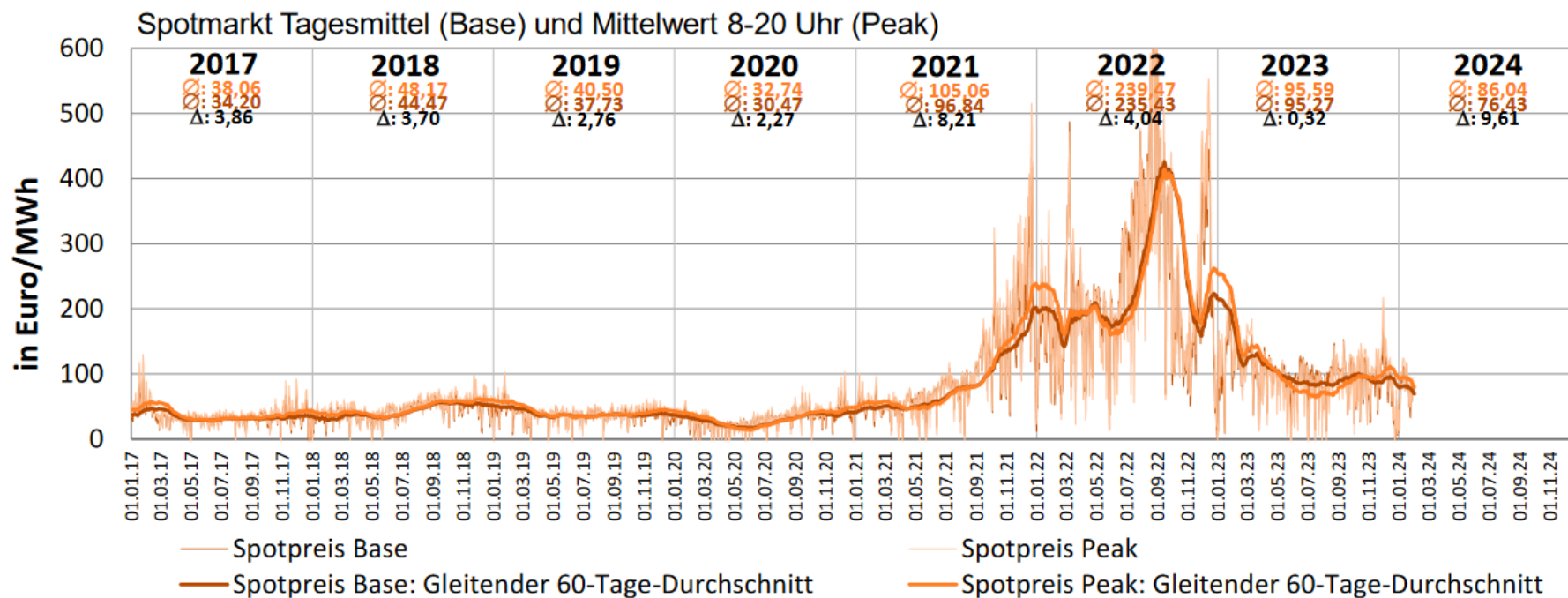
Vorteile des neuen Systems

- **Keine bzw. weniger Luftschadstoffe (CO, NOx, Feinstaub, etc.)**
- **Energiepreise (relativ) stabil**
- **Weniger Abhängigkeit von Energielieferungen aus dem außereuropäischen Ausland**
- **Eigene Stromproduktion ist für Privathaushalte möglich (Balkon-PV, Aufdach-PV, „Mieterstrom“, Bürgerenergiegenossenschaften etc.)**

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**

Preisentwicklung Strombörse: Spotmarkt ab 2017

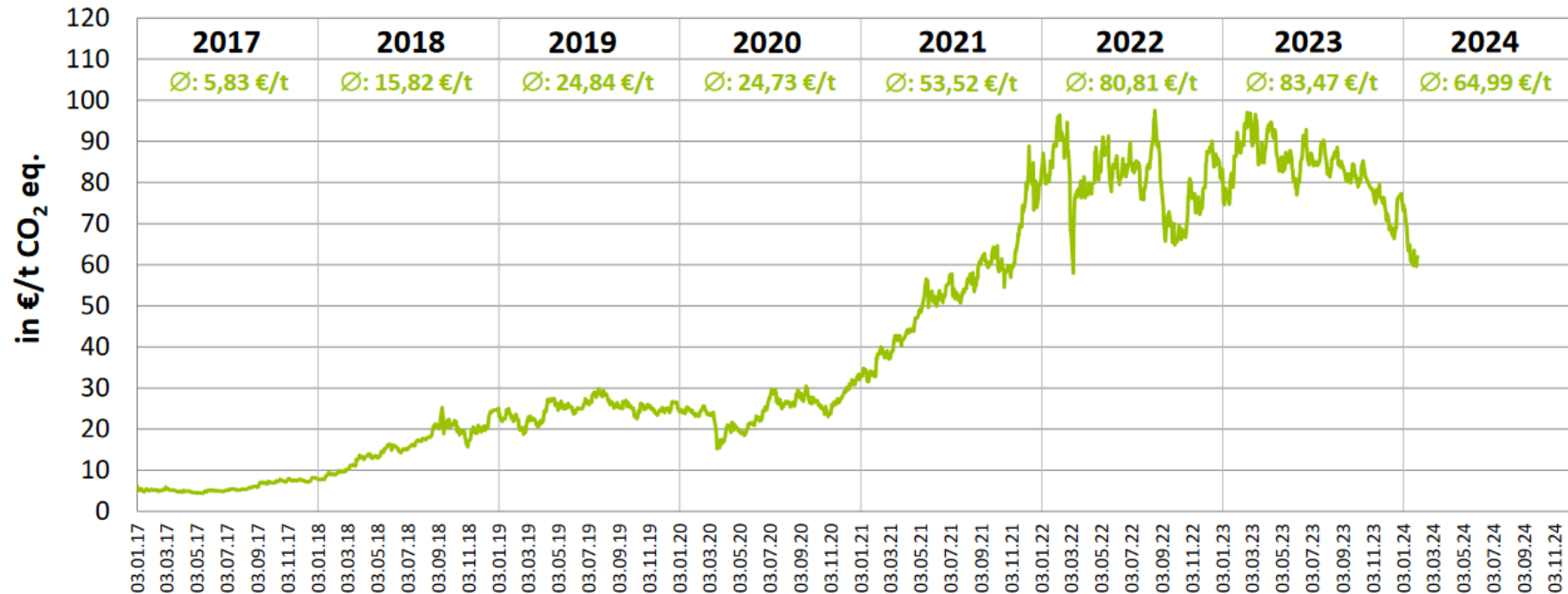
Spotmarkt Tagesmittel (01.01.2011 – 01.02.2024)



Quelle: EEX, entso-e

Preisentwicklung CO₂-Emissionszertifikate ab 2017

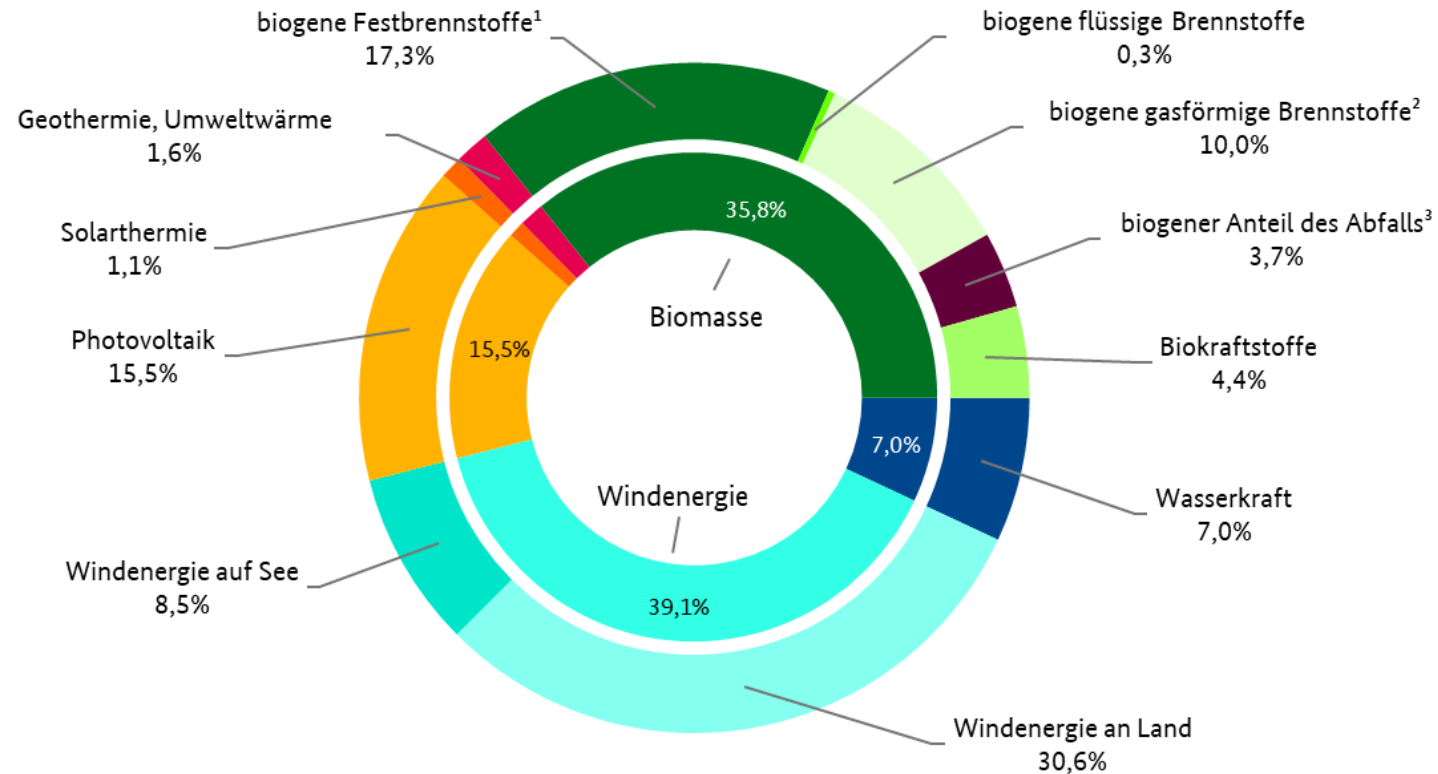
01.01.2011 – 31.01.2024



Quelle: EEX

Vermiedene Treibhausgas-Emissionen durch die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2021

Gesamt: 221,4 Mio. Tonnen CO₂-Äquivalente



¹ inkl. Klärschlamm, ohne Holzkohle; ² Biogas, Biomethan, Klär- und Deponiegas; ³ biogener Anteil des Abfalls in Abfallverbrennungsanlagen mit 50 % angesetzt
 BMWK auf Basis AGEE-Stat unter Verwendung von Daten des Umweltbundesamtes; Stand: Februar 2022

<https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/entwicklung-der-erneuerbaren-energien-in-deutschland-2021.pdf>