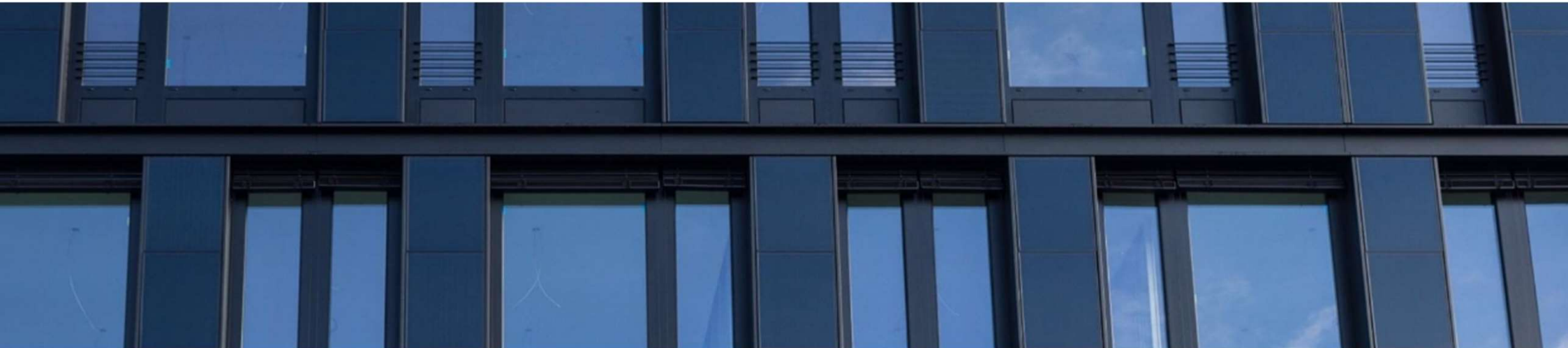


Wind & Sonne – so gelingt die Energiewende!

Dr.-Ing. Jann Binder

Weingarten, 5. Februar 2026



Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

- Gemeinnützige Stiftung bürgerlichen Rechts
- rund 350 Mitarbeiter*innen in Stuttgart und Ulm, sowie ein PV- und ein Windtestfeld
- > 30 Jahre Erfahrung in angewandter Forschung, Dienstleistung und Technologietransfer zu Photovoltaik, Batterien, Brennstoffzellen & Power-to-Gas
- Systemforschung, Vorhersage von Erzeugung aus PV und Windkraft, Integration Erneuerbarer Energien in die Netze

Dr.-Ing. Jann Binder

- von 2011 bis 2025 Mitarbeiter und Fachgebietsleiter am ZSW
- Forschungsprojekte gefördert durch Bund (BMWE), Land (UM) und EU, bearbeitet mit der Industrie



Wind und Sonne - so gelingt Energiewende

- I. Wieso keine Zeit bleibt – die Energieversorgung muss weg von Kohle, Öl und Gas
- II. Wind und Sonne liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- III. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 88% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher
- IV. Zusammenfassung

Fossile Energiewelt

Hohe direkte und indirekte Kosten

- 80 Mrd € pro Jahr Kapitalexport für den Import fossiler Kraftstoffe

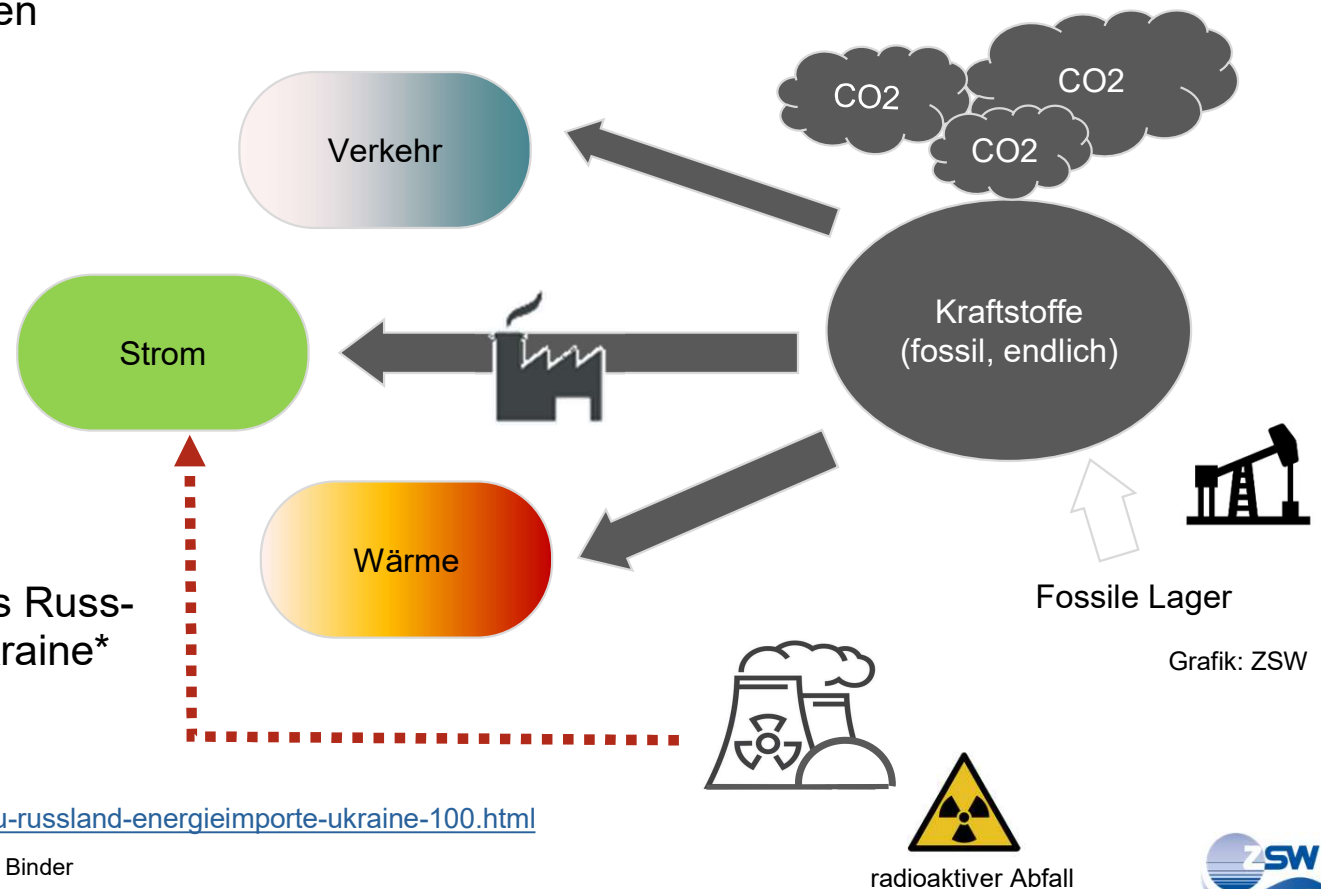
Abfälle:

- CO₂ in der Luft wirkt als Wärmeglocke → **Klimawandel**
- Radioaktivität und Entsorgungskosten über Jahrtausende

Risiken

- Finanzierung von Kriegen (Iran, Syrien, Russland, ...)
- mehr EU-Geld für Energieimporte aus Russland, als für die Unterstützung der Ukraine*
- Freisetzung von Radioaktivität durch Unfälle und Kriegshandlungen

* <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/weltwirtschaft/eu-russland-energieimporte-ukraine-100.html>



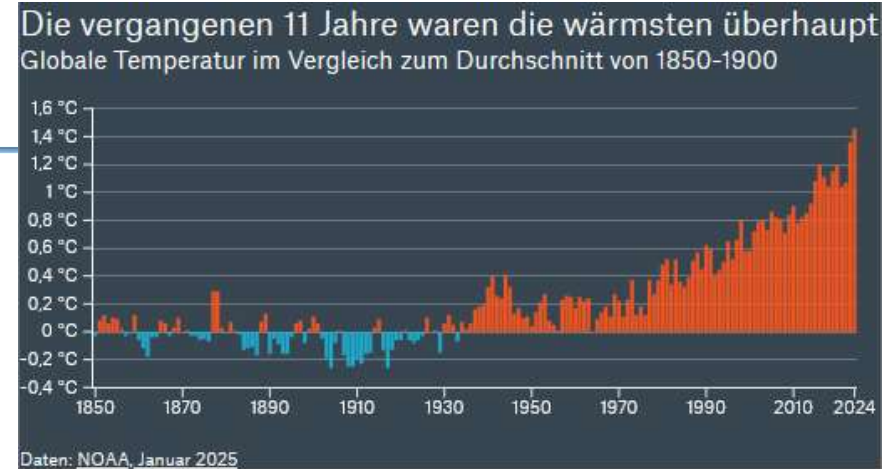
Grafik: ZSW

Fossile Energien treiben den Klimawandel

- **CO₂** in der Atmosphäre wirkt als „**Wärmedecke**“
 - lässt Sonnenlicht durch, reduziert die Abstrahlung von Wärme
 - 1965 – Berater des US Präsidenten → Mensch verbrennt Brennstoffe, die über 500 Mio. Jahre entstanden sind → deutliche Erwärmung erwartet... *1
 - 1977 wusste auch Exxon, dass ein Klimawandel bevorsteht *2

die aktuelle Lage erlaubt keinen Aufschub

- Schweiz: in 10 Jahren ist ein Viertel des Gletschereis verschwunden (1.10.25 - Tagesschau) *3
- **Münchner RE** *4: Naturkatastrophen verursachten in 2024 320 Mrd. US\$ Schäden weltweit – entschiedenes Handeln ist notwendig, um die Erwärmung unter 2°C zu halten.
- **Waldbrände** sind Folge der Erderwärmung und heizen den Klimawandel an (8.8.25 – ZDF) *5



Graphik aus *4

1. https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsgeschichte_des_Klimawandels
2. <https://www.spektrum.de/news/wie-exxon-den-klimawandel-entdeckte-und-leugnete/1374674>
3. <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/schweizer-alpen-gletscher-schmelze-100.html>
4. <https://www.munichre.com/de/risiken/klimawandel.html>
5. <https://www.zdfheute.de/wissen/klimawandel-waldbrand-co2-ausstoss-100.html>

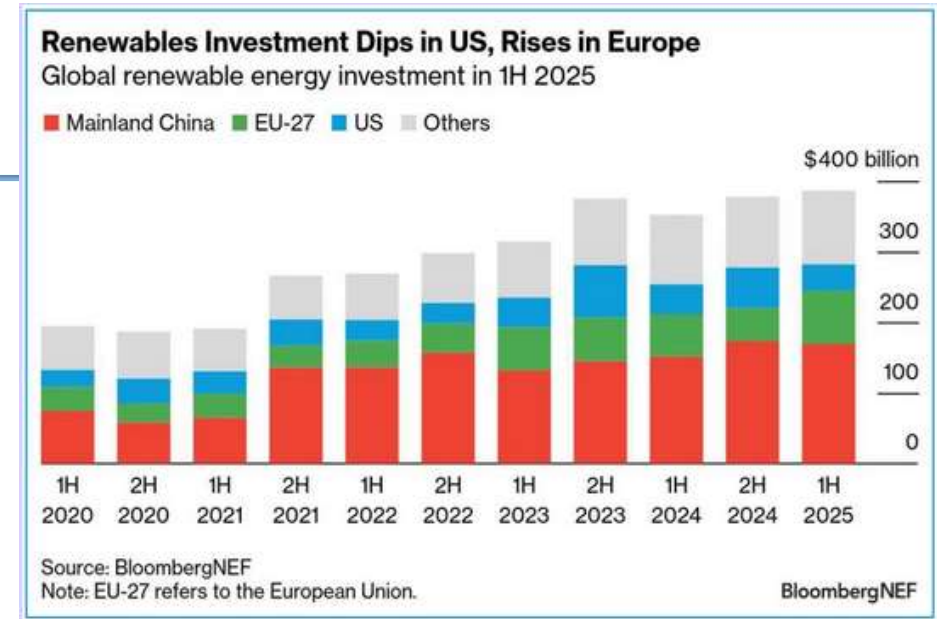
Atomkraft ist keine Alternative

nicht schnell genug verfügbar, zu teuer, Risiko

- **Anteil an der Stromerzeugung 2024**
 - Atomkraft in China: 4,7% stagnierend (weltweit 5%)
 - Erneuerbare in China und weltweit: 34% - ansteigend!! *1, *7
- **weltweit Invest 2024**
 - rd. 75 Mrd. US\$ für Atomkraft *2
 - rd. 750 Mrd US\$ für Erneuerbare Energien *3
- **lange Bauzeiten, hohe Kosten pro kWh*4**
 - Atomkraft: 6 – 8 Jahre / 13,6 – 49 ct/kWh
 - Windpark an Land: 1 Jahr / 4,3 – 9,2 ct/kWh
- **Risiko der Atomkraft**
 - große Unfälle: Harrisburg, Tschernobyl, Fukushima
 - 14.2.25: russische Drohne beschädigt Schutzhülle in Tschernobyl, 30.9.25 Saporischschja besetzt im Notstrom*5
- **Endlagersuche in D zieht sich womöglich bis 2074**

6

05.02.2026 | So gelingt Energiewende - Weingarten | Jann Binder



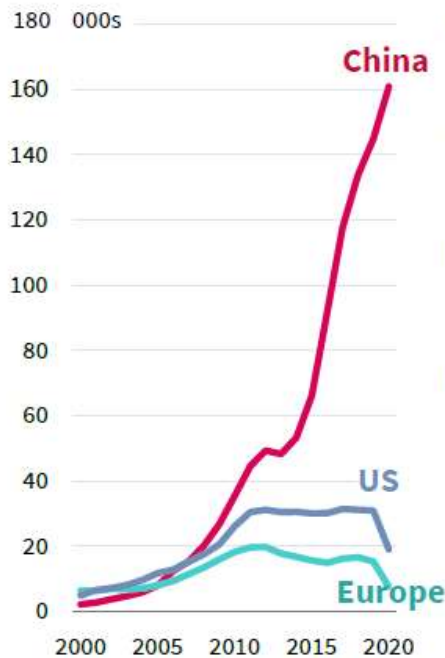
1. <https://www.ecoreporter.de/artikel/kernkraft-wegen-china-auf-rekordwert-erneuerbare-deutlich-st%C3%A4rker/>
2. <https://www.fr.de/wirtschaft/gruener-strom-boomt-weltweit-warum-investitionen-in-die-energie-wende-zunehmen-zr-93771052.html>
3. <https://www.iwr.de/news/bloombergnef-weltweite-investitionen-in-erneuerbare-energien-erreichen-neuen-rekord-usa-verlieren-europa-gewinnt-news39322>
4. [file:///C:/Users/jbinder/Downloads/DE2024 ISE Studie Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien.pdf](file:///C:/Users/jbinder/Downloads/DE2024%20ISE%20Studie%20Stromgestehungskosten%20Erneuerbare%20Energien.pdf)
5. <https://www.greenpeace.de/frieden/risiko-saporischschja-droht-atomarer-notfall>
6. <https://www.zdfheute.de/politik/deutschland/atommuell-endlager-abfall-deutschland-100.html>
7. <https://www.tagesschau.de/wirtschaft/energie/erneuerbare-energien-kohle-strom-iea-100.html>

China setzt auf „Cleantech und Erneuerbare“ und läuft uns davon

Cleantech → Stromspeicher, Wärmepumpen, Elektromobilität mit Wind- und Sonnenstrom betrieben

Patente

Erneuerbare Energien Patente



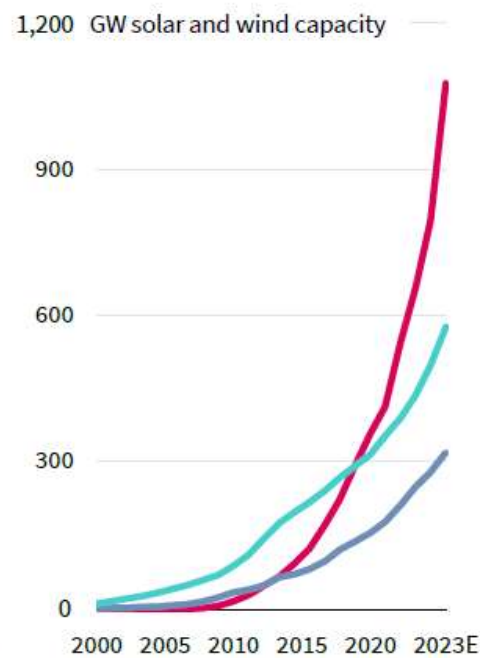
Herstellung

Kapazität für Batterieherstellung

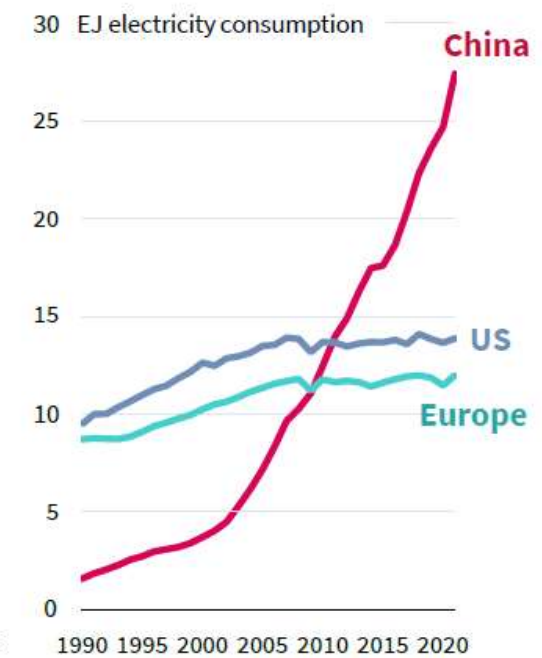


Ausbau

Wind und Sonnenstrom



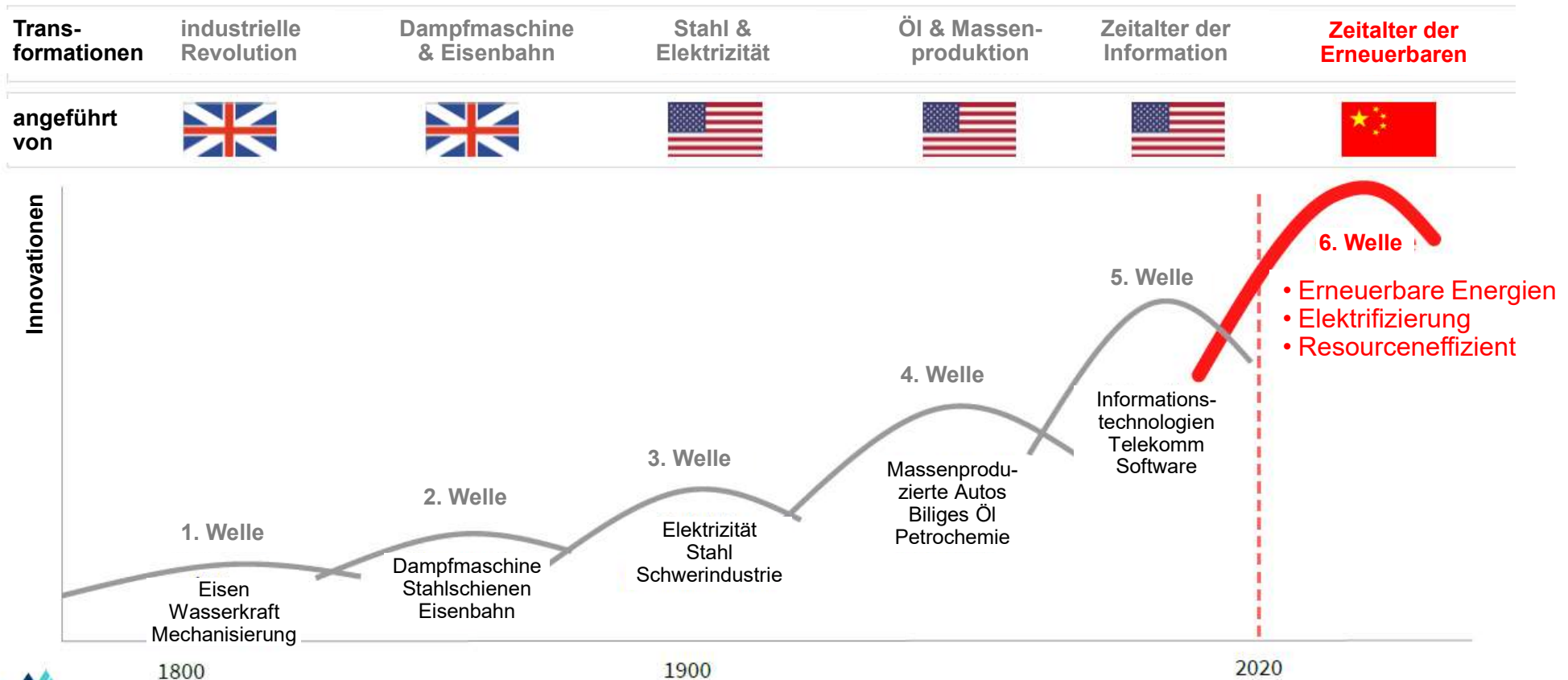
Elektrifizierung der Energieversorgung



Source: IRENA, IEA, BNEF. For more see X-Change: The Race to the Top. / Folie von RMI, übersetzt von ZSW

China führt die „Cleantech“ Revolution an

Elektrifizierung der Energieversorgung mit Wind- und Sonnenstrom



Source: Carlota Perez (first five), RMI (renewable age). / Folie von RMI, übersetzt von ZSW

7:

Es gibt genügend Flächen in D für Wind und PV im Ausbauziel 2045*1

deckt auch erhöhten Strombedarf aus Wind und Solarenergie für Wärmepumpen und Elektromobilität

- | | | |
|--|---|----------------------|
| <ul style="list-style-type: none">• 0,6% der Fläche von D für PV notwendig<ul style="list-style-type: none">• bei 50% der PV auf Dächern oder Parkplätzen → 0,3% Freifläche notwendig• für Windkraft an Land werden 1,2 % der Fläche von D benötigt<ul style="list-style-type: none">• 1,2% ergibt sich aus angenommenen 16,5 ha Flächenbedarf pro Anlage *2• die Bundesregierung fordert 2% der Fläche für Windkraft auszuweisen<ul style="list-style-type: none">– weil nicht alles umgesetzt werden kann / auch wegen Netzeinpässen |  | Flächen-
bedarf |
| | | 1,5 % |
| <ul style="list-style-type: none">• Zum Vergleich derzeit:<ul style="list-style-type: none">• Siedlungsfläche (Gebäude, Verkehrsfläche, etc.)• Mais für Biogas *3• Anbau von Raps für Biodiesel *3 | | 14%
4,2 %
1,3% |

1. [Ausbauziele siehe nächste Folie](#)

2. <https://www.energiezukunft.eu/erneuerbare-energien/wind/windenergie-was-zwei-prozent-der-landesflaeche-bedeuten/>

3. Marktmonitoring Bioenergie 2022, dena

4. <https://www.bundestag.de/resource/blob/947270/f9ce85f932202d953500fa8c0a298158/WD-8-019-23-pdf-data.pdf>. Das Wind-an-Land Gesetz vom 20. Juli 2022 fordert von den Bundesländern die Ausweisung von 2% der Fläche für Windenergie; eine Aufschlüsselung für die Länder ergibt sich aus dem WindBG <https://www.gesetze-im-internet.de/windbg/BJNR135310022.html> (in Kraft seit 1.2.2023). Auf Baden-Württemberg und Bayern entfallen 1,8% ihrer Fläche; Brandenburg, Hessen, Niedersachsen und weitere haben 2,2% ihrer Fläche – Vollständige Liste ist im WindBG

Zwischenfazit

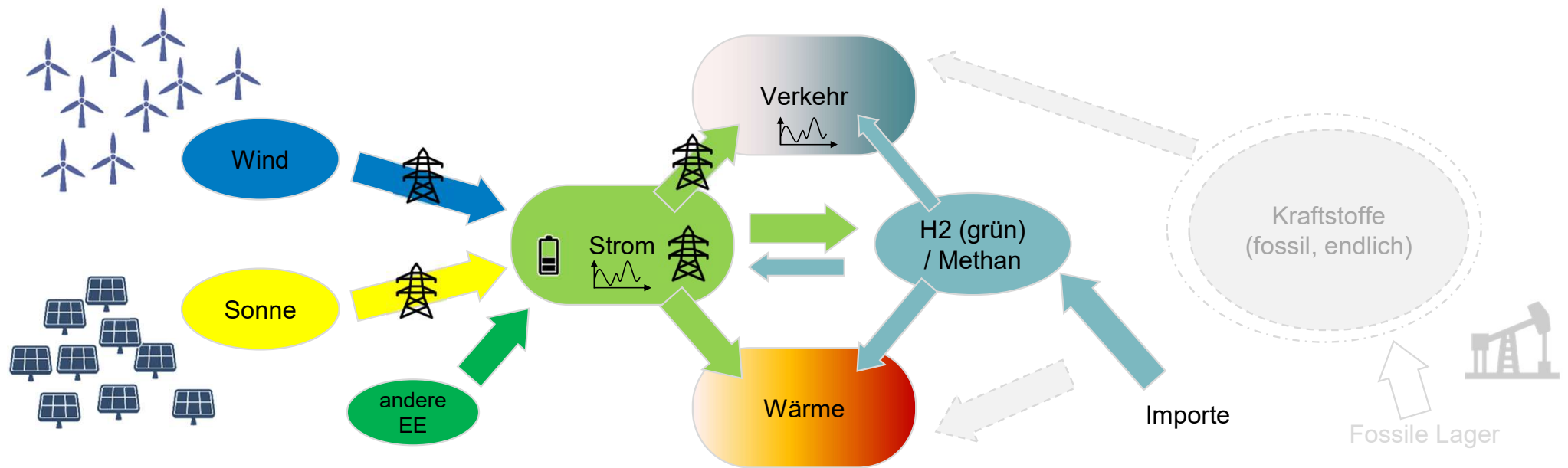
- „Wind und Solarenergie machen unabhängig
 - schon heute kommen 55% des Strombedarfs aus Erneuerbaren Energien in D
- Wind und Solarenergie können in 2045 den Energiebedarf decken
 - auch bei erhöhten Strombedarf (für Wärme, Elektromobilität, Wasserstoffherstellung)
- Die notwendige Fläche ist vorhanden
 - *Mais- und Rapsanbau (für Kraftstoffe) zurückfahren und Strom bzw. Kraftstoffe vermehrt aus Solar- und Windstrom erzeugen - ist viel effizienter pro Fläche*
- Atomenergie ist viel teurer und nicht schnell genug verfügbar
 - ganz abgesehen vom Risiko und der ungelöster Endlagerung

Wind und Sonne - so gelingt Energiewende

- I. Wieso keine Zeit bleibt – die Energieversorgung muss weg von Kohle, Öl und Gas
- II. Wind und Sonne liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- III. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 88% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher

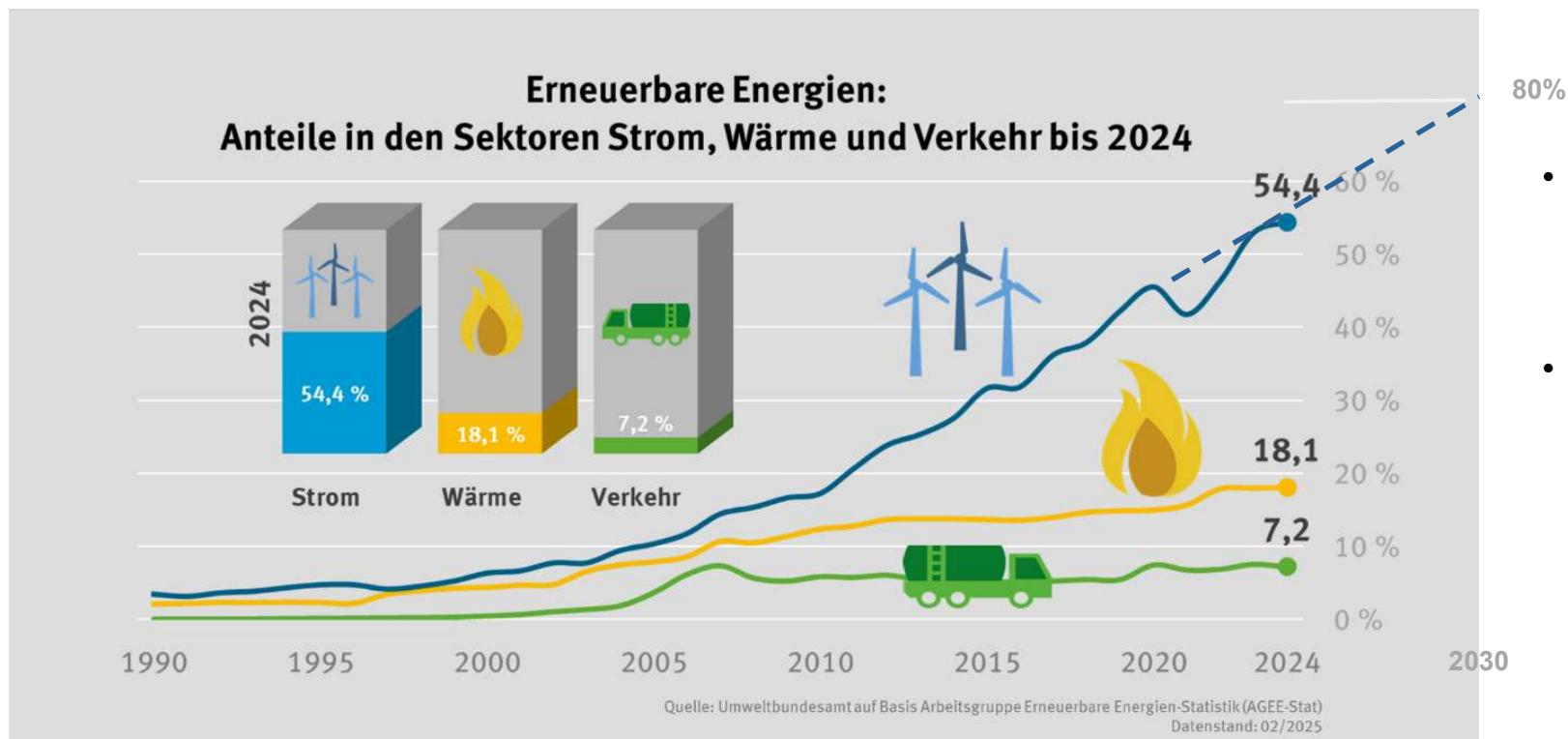
Transformation des Energiesystem

Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe



Grafik: ZSW

Stromsektor o.k. – Wärme und Verkehr sind ein Problem!!



- im Stromsektor ist das Ziel bis 2030 von 80% EE-Anteil an der Last erreichbar
- die Sektoren Wärme, Verkehr und Landwirtschaft verbessern sich zu langsam

Erneuerbare Energietechnologien sind 3 mal effizienter als fossile

Elektifizierung der Energieversorgung basierend auf Wind- und Sonnenstrom

Energieproduktion

Elektrizität

Fossile Kraftwerke

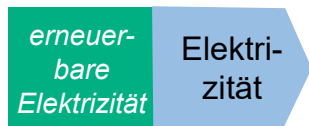


30-40% Effizienz

Wind und Solar



100% Effizienz

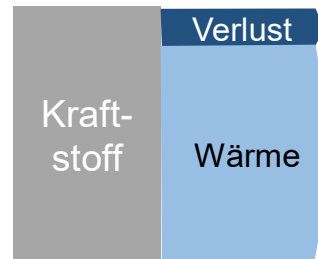


**2-3 mal
mehr Effizienz**

Energienutzung

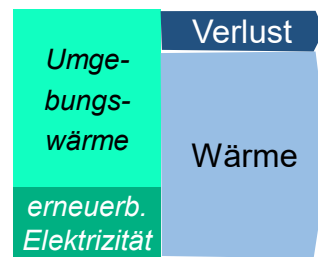
Wärme

Gastherme



85% Effizienz

Wärmepumpe

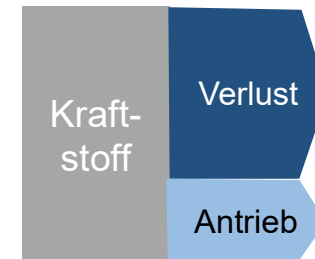


**300 - 400%
Effizienz**

**3-4 mal
mehr Effizienz**

Transport

Verbrennungs-
maschine



25-40% Effizienz

Elektro-Auto



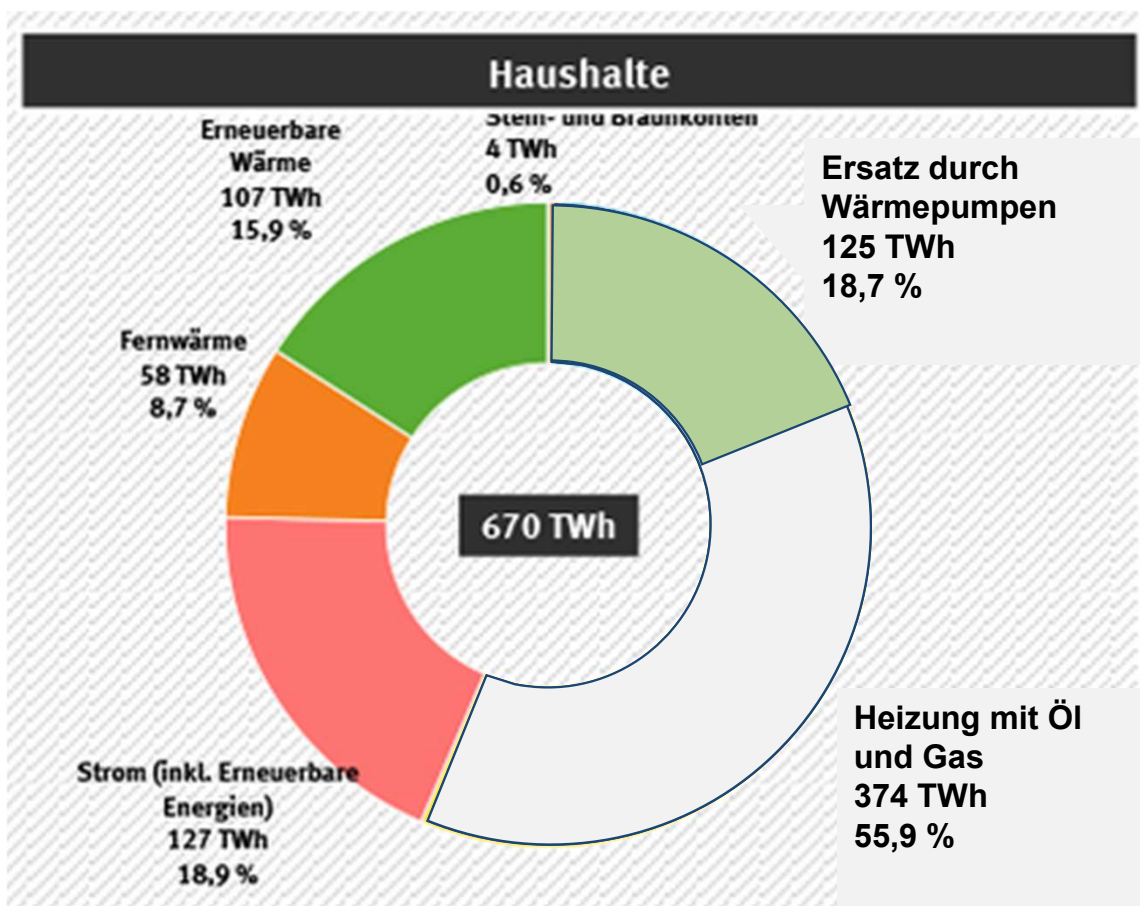
**80 - 90%
Effizienz**

**2-4 mal
mehr Effizienz**



Source: IEA, IIASA, RMI analysis, Adapted from Prof. Tomas Köberger. Note: Solar and wind's 100% efficiency represents the fact that there are no conversion losses from primary to secondary energy.

Reduktion des Energiebedarfs durch Elektrifizierung der Wärmeherzeugung

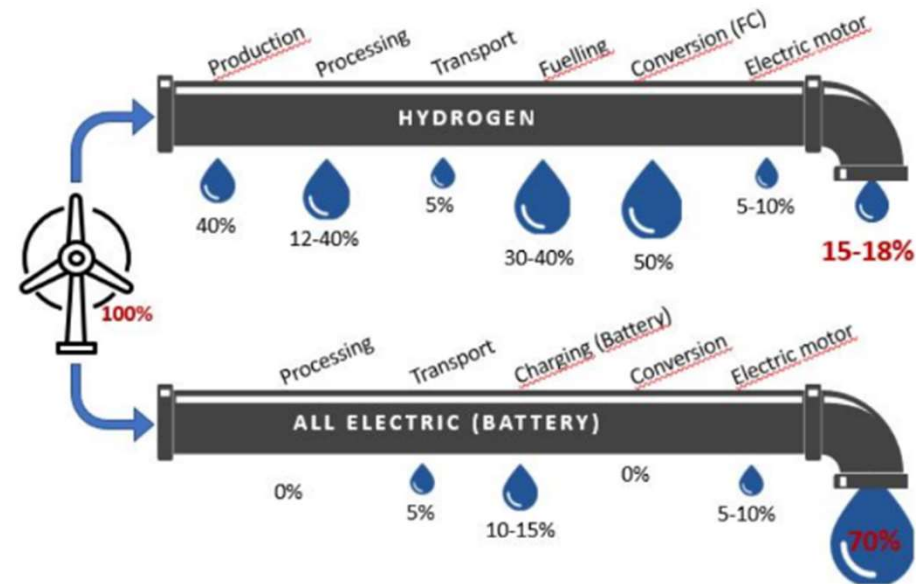


- Ersatz von Gas und Öl-Heizung durch Wärmepumpen reduziert den Energiebedarf um zwei Drittel
- Auch in der Industrie bezieht 40% des Wärmebedarfs aus Niedertemperaturwärme*

*Agora Energiewende and AFRY Management Consulting (2021): No-regret hydrogen: Charting early steps for H₂ infrastructure in Europe

Vergleich der Wirkungsgrade von BEV und FCEV

(BEV = Battery Electric Vehicle; FCEV = Fuel Cell Electric Vehicle)



Quelle: <https://edison.media/von-fakten-und-traeumen-stromer-vs-wasserstoff/25216883/>

Energiequelle	Energieträger	Antrieb	Lokal emissionsfrei	Eine 3-MW-Windkraftanlage versorgt...
Strom z.B. Windkraftanlage 3 Megawatt Leistung, 2000 Stunden Vollast pro Jahr	Strom	 BEV	✓	 1600 Fahrzeuge
	Wasserstoff	 FCEV	✓	 600 Fahrzeuge
	eFuel	 ICE	✗	 250 Fahrzeuge

Quelle: VDE

©ADAC e.V. 04.2022

!!! 1% des Kraftstoffbedarfs für Mobilität in D würden 2.300 Offshore Windräder benötigen* !!!

* Quelle: P. Kasten, Öko-Institut in der ZEIT; derzeit 1.539 Anlagen in D

Wind und Sonne - so gelingt Energiewende

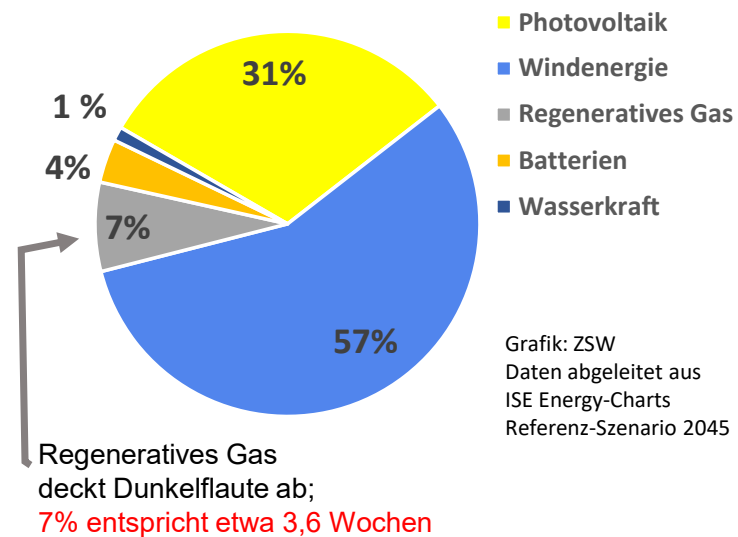
- I. Wieso keine Zeit bleibt – die Energieversorgung muss weg von Kohle, Öl und Gas
- II. Wind und Sonne liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
- III. Sonne und Wind ergänzen sich
→ 88% Stromversorgung aus EE möglich ohne Speicher

Anteile von Solar- und Windenergie in 2045

88% direkt verfügbar, 12% benötigen Zwischenspeicherung



- 88 % des Strombedarfs aus PV und Wind ohne Zwischenspeicherung
- 4% über Zwischenspeicherung in Batterien
- 7% über Regeneratives Gas aus PV und Windüberschuss (~ 30% Wirkungsgrad)
- 1 % aus Wasserkraft



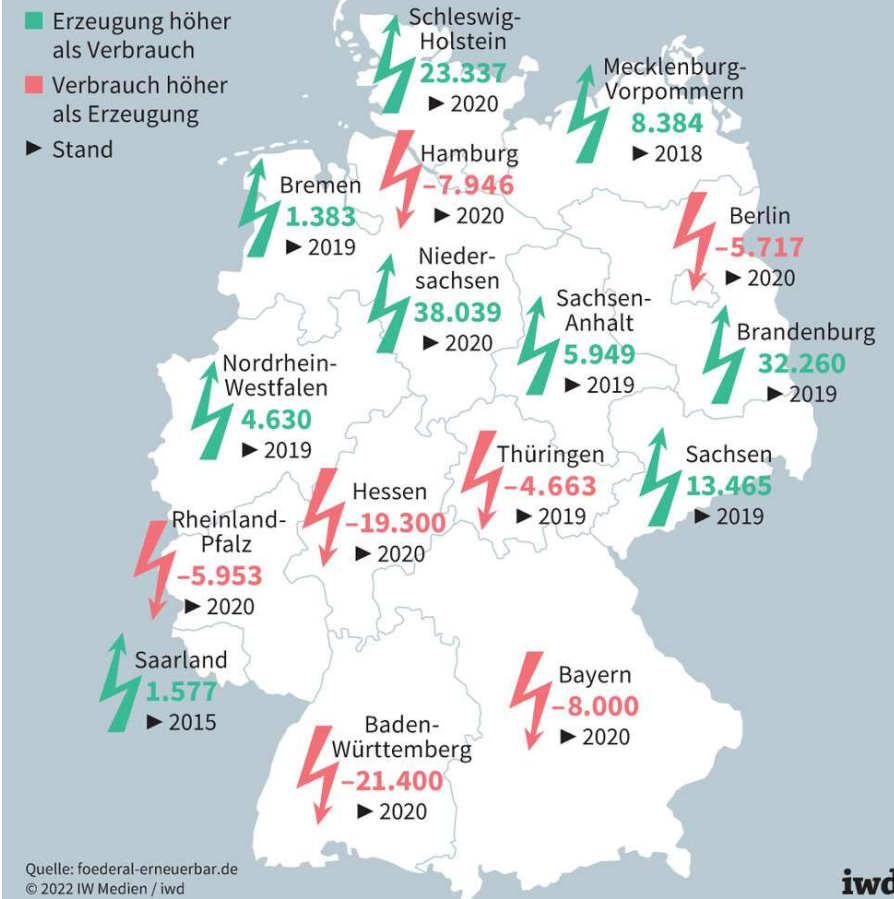
Windkraft im Süden

Die Industrie im Süden braucht lokalen erneuerbaren Strom

- die Winderträge im Süden mögen in manchen Lagen 40% niedriger sein als an der Küste
- jedoch kann nicht der komplette Strombedarf des Südens über die Stromnetze von Norden nach Süden transportiert werden
- Leistung von Südlink 4 GW
→ bei 2000 h Stromüberschuss im Norden
→ entsteht ein Transport von max. 8.000 GWh/a
→ BW allein hat ein Defizit von 21.400 GWh/a
- Hessen, BW, BY würden 6 Südlinks benötigen
- Die Netzausbaukosten sind höher als die erhöhten Kosten für Windkraft im Süden

Der deutsche Strom-Atlas: Plus im Norden, Minus im Süden

Saldo aus Bruttostromerzeugung und Bruttostromverbrauch in Gigawattstunden



(Referenz 100 – Szenarion)

So gelingt Energiewende

- Sonne und Wind liefern grünen Strom, Wärme und Kraftstoffe
 - Sonne und Wind ergänzen sich
 - mit Batterien und Wasserstoff werden Fluktuationen der Stromerzeugung ausgeglichen
- Im Wärme- und Verkehrsbereich gibt es einen hohen Nachholbedarf bzgl. CO₂-Reduktion
- Elektrifizierung im Bereich Wärme und Verkehr
 - erhöht den Strombedarf um den Faktor 2 (600 → **1200 TWh**)
 - ersetzt jedoch fossile Energien in Höhe von **3600 TWh** *1
- Erneuerbare schaffen Unabhängigkeit vom Ausland
- Die **Ausgaben** für den Umbau der Stromversorgung **sind Investitionen, schaffen Arbeitsplätze** und amortisieren sich über die Jahre; sie sind kein Kapitalabfluss (derzeit 80 Mrd € pro Jahr) für den Einkauf von Kohle, Öl und Gas.



Faktor 3 effizienter
und nachhaltig

VIELEN DANK

Dr.-Ing. Jann Binder

