

# **Wie die technologischen und rechtlichen Veränderungen das Spielfeld verändern werden und können?**

**Mission Innovation Week  
8.Oktober 2025**

**Hubert Fechner**



# 3 Generelle Fakten, die die Energiezukunft bestimmen werden

- „**Unterelektrifizierung**“ – statt “zuviel PV”
  - 60% fossile im Energiesystem (Verkehr, Wärme, Gewerbe/Industrie...)
- **PV** – wird **wichtigste - Erzeugungstechnologie**:
  - bleibt weiter billig, weiterer Ausbau um Faktor 4-6 bis 2040/2050 ABER: Geringer direkter Verkaufs-Wert im Stromsystem, speicherbarer Strom/speicherbare Energie wird überaus wertvoll
- Neue **Technologie“(r)evolutionen**“ stehen vor der Türe:
  - Speicher – Batterien und Wasserspeicher (Pumpspeicher) – Bsp. Kalifornien, Na-Lo...
  - Die „Flexibilitätsrevolution“ – Speicher/verschiebbare Lasten/Sektorenkopplung/Energiemanagementsysteme
  - Das Stromnetz der Zukunft: – digitalisiert und kommunikativ, Cyber-sicher, Wettbewerbsdruck, höhere Eigendeckungsraten

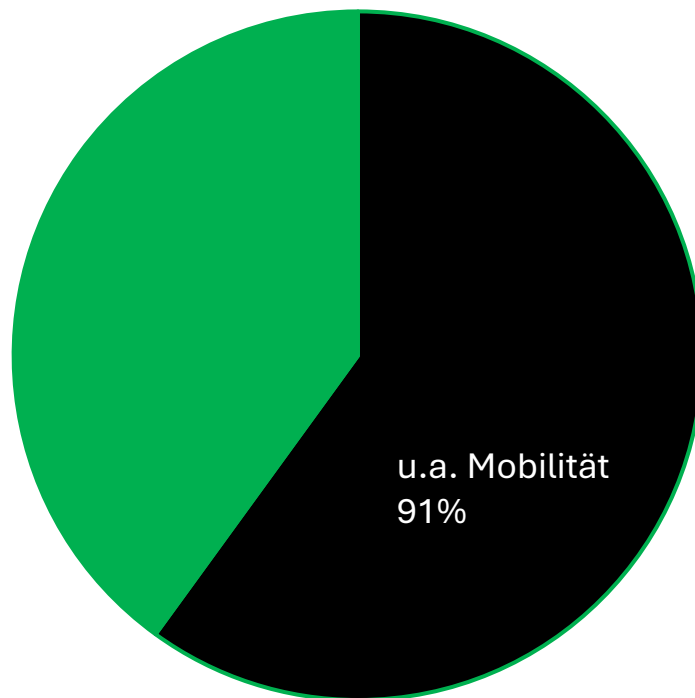
*Gesetzliches aus Brüssel und Wien*

- *Green Deal/fitfour55/EU-NZIA//EMD/*
- *ELWG, Regulatorisches - Stromnetzfinanzierung*

# Strom ist (noch) nicht alles... - Dekarbonisierung braucht Strom

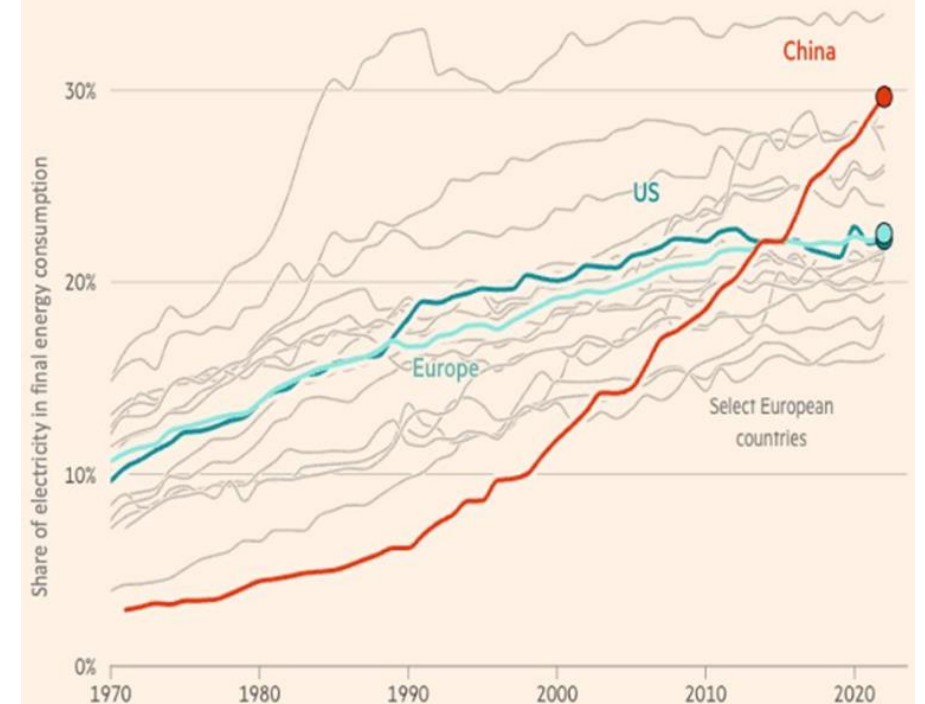
- Strom wird noch wichtiger im Energiesystem, aber wir sind langsam im Vergleich mit China

Gesamtenergie Österreich 2025



## China is on track to become the world's first major electrostate

China is racing ahead in electrification, while the US and Europe plateau

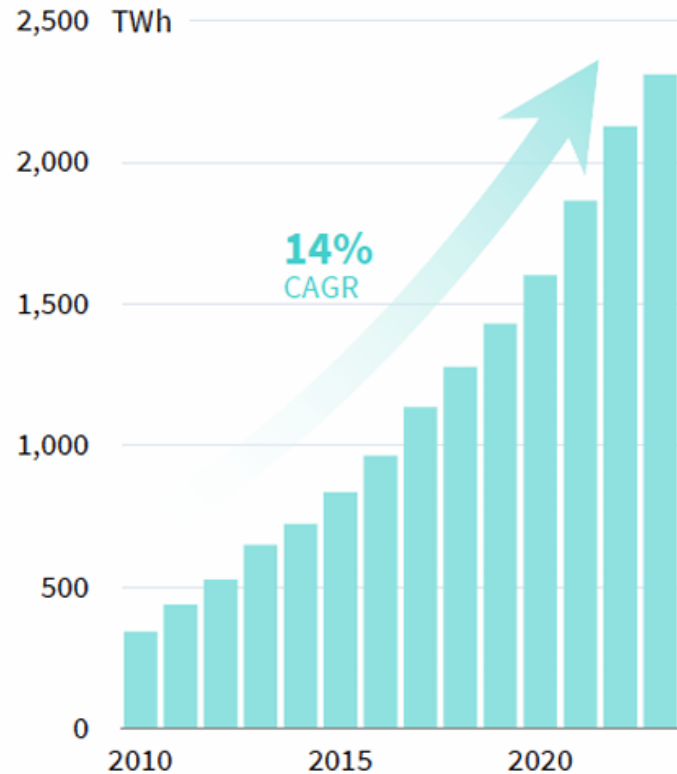


Source: FT, RMI analysis of IEA data

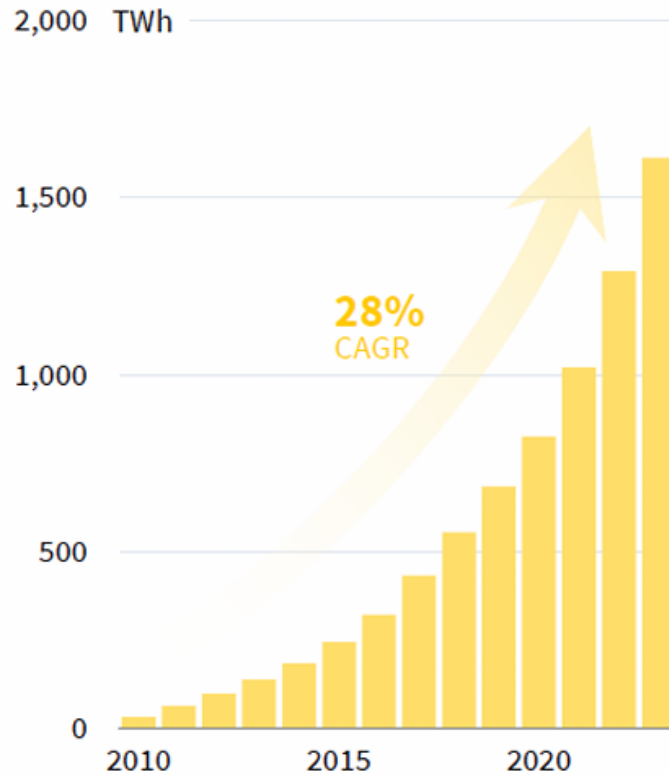
@gavinmooney

# PV Kapazitäten verdoppeln sich derzeit global etwa alle 2-3 Jahre, Batterien aktuell jährlich

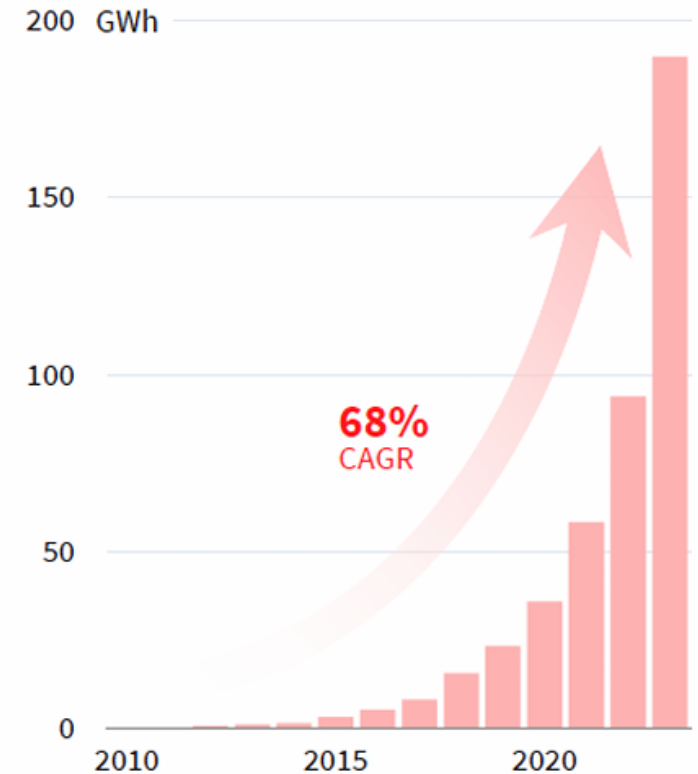
**Wind generation**



**Solar generation**



**Battery storage**



Source: IEA, BNEF; Note: CAGR is the compound annual growth rate between 2013 and 2023.

© The Mobility House



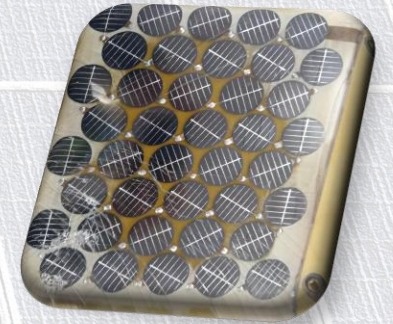




# Photovoltaik wird weltweit wichtigste Energiequelle

- PV/Module – bleiben weiter „günstig“, weiterer Ausbau um Faktor 4-6 bis 2040/2050
- ABER: Geringer Verkaufs-Wert im Stromsystem, speicherbarer Strom/speicherbare Energie wird überaus wertvoll

**Es brauchte 68 Jahre (1954-2022) um weltweit 1 TW PV Kapazität zu installieren**

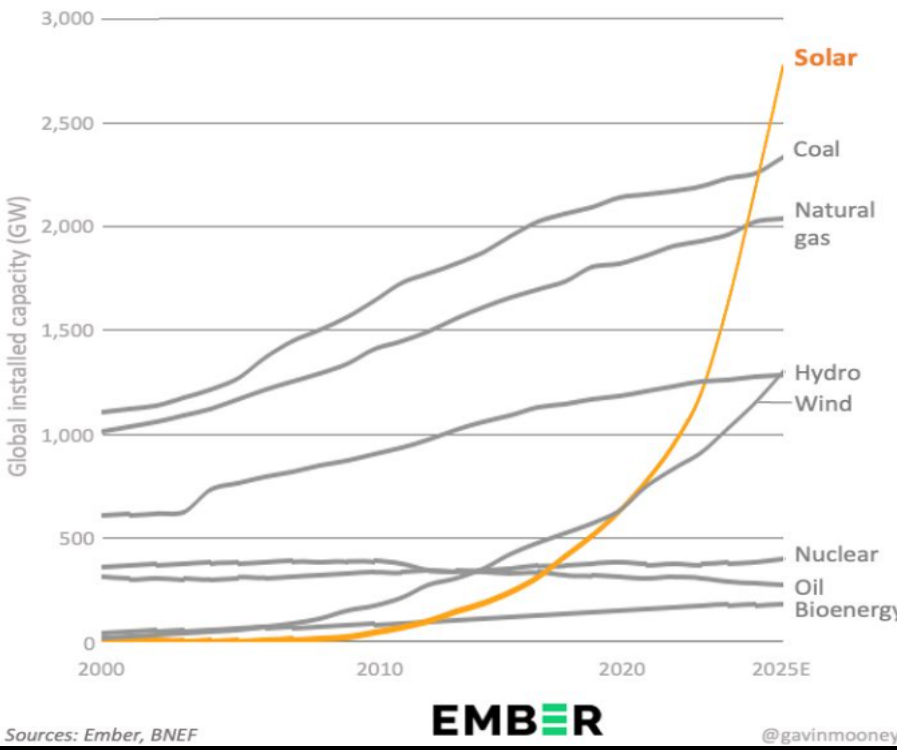


**Es brauchte 2 Jahre (2023-2024) um weltweit das 2.TW zu installieren**





# Solar has gone from the smallest to the largest source of capacity in just 15 years



10.Juli 2025:

**SPIEGEL** Wirtschaft Abo

gle > Solarenergie erstmals größte Stromquelle der EU

## Energiewende

# Solarenergie erstmals größte Stromquelle der EU

In der Europäischen Union wurde im Juni eine Rekordmenge Strom mit Photovoltaikmodulen erzeugt. Auch die Windenergie produzierte die höchste jemals gemessene Menge an Elektrizität.

Von **Stefan Schultz**  
10.07.2025, 06.15 Uhr

**KONFERENZEN SEMINARE**  
Wissen, das bewegt

## Solar was the EU's largest source of electricity generation in June for the first time ever

And solar's share of generation keeps increasing each year

Month	Solar	Nuclear	Wind	Gas	Hydro	Coal	Bioenergy	Other fossil	Other renewables
June 2023	~17	~22	~12	~14	~10	~20	~4	~3	~1
June 2024	~19	~23	~15	~13	~11	~18	~4	~3	~1
June 2025	~22	~22	~16	~12	~11	~15	~4	~3	~1

Source: Monthly electricity data, Ember

EMBER

@gavinmooney



**Aktuell in Europa: 0,38 TW<sub>p</sub>**

**Prognose 2050: 8,9 TW<sub>p</sub>** (Erzeugt ca. 9.000 TWh – [Strombedarf in der EU-27 (2023): 2.700 TWh])



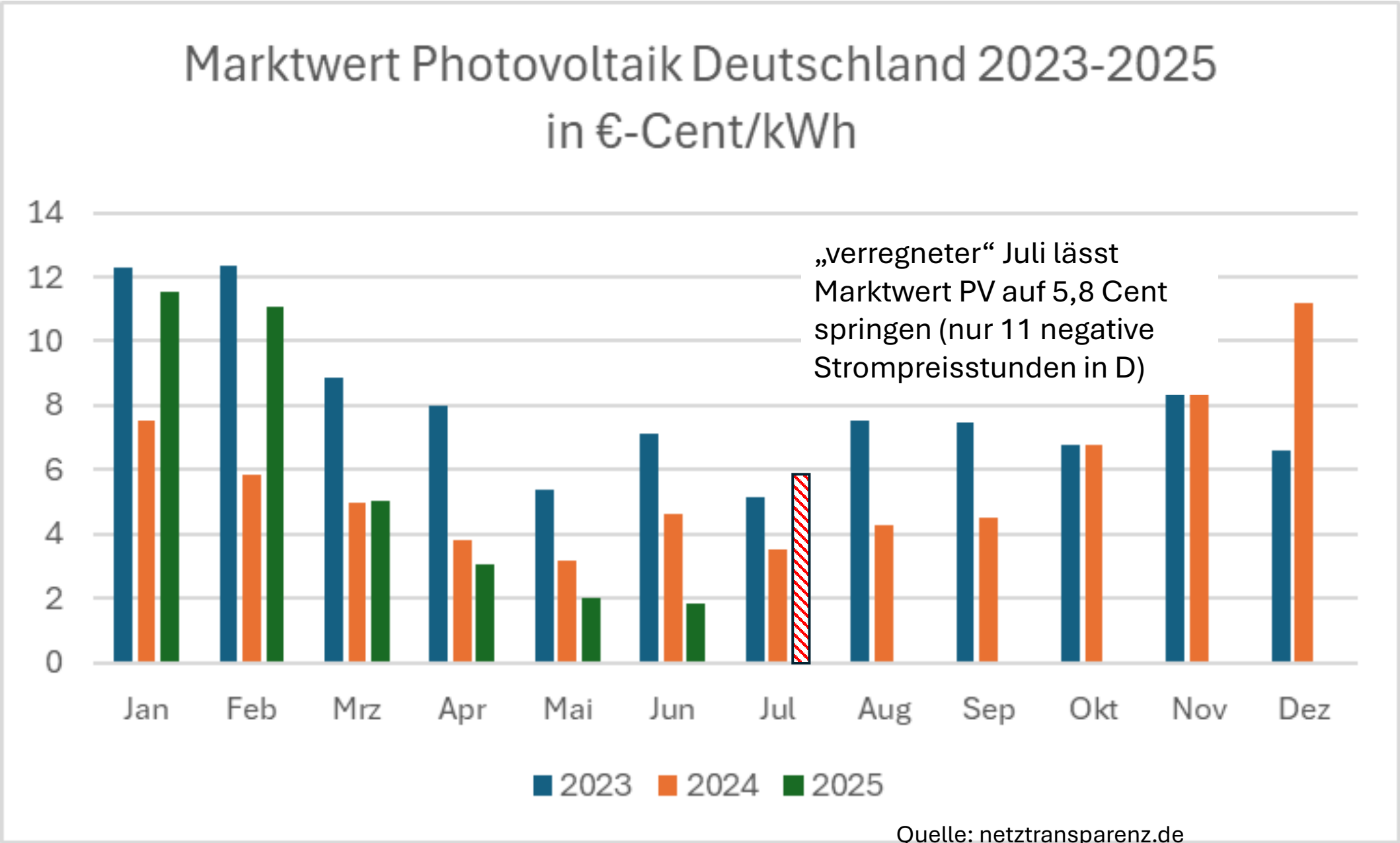
**Aktuell Betrieb weltweit: ca. 2,5 TW – ca. 10% des weltweiten Strombedarfs**

**Prognose 2050 - IEA-Szenario: 35-70% des weltweiten Strombedarfs**

Quelle: Innovation  
and Technology  
Roadmap for  
Photovoltaics



PV-Strom im Stromnetz aktuell nur im Winter und zu Randzeiten wertvoll





# Photovoltaik-Marktwerte sind 2024 auch in Relation zum durchschnittlichen Börsenstrompreis gesunken

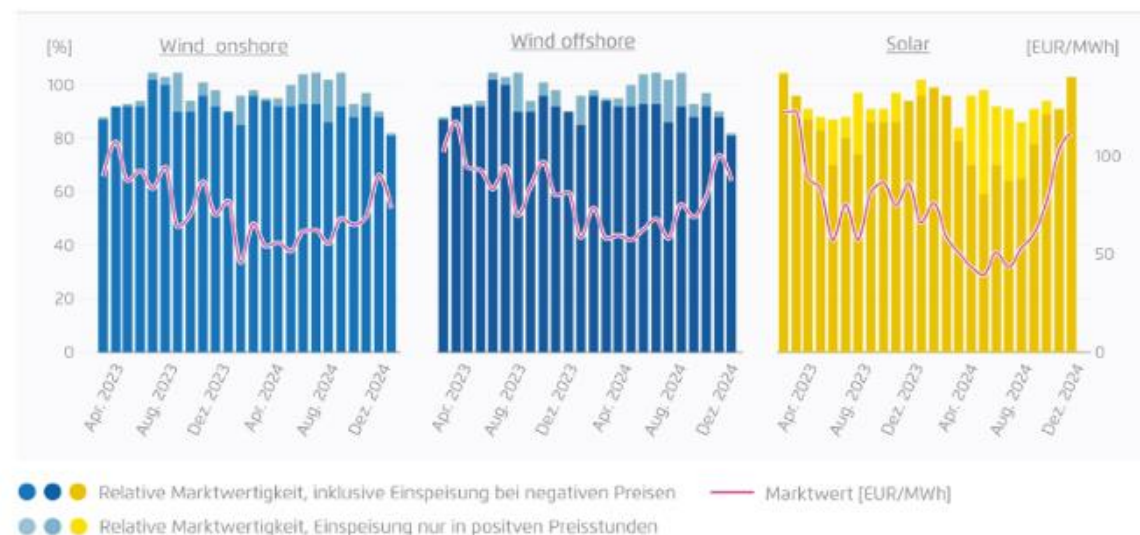
Nach Berechnungen von Agora Energiewende lag die relative Marktwertigkeit von Solarstrom im erzeugungsgewichteten Jahresmittel 2024 bei 60 Prozent des durchschnittlichen Börsenpreises – im Vorjahr waren es noch 76 Prozent. Die Analyse zeigt auch, dass sich Dunkelflauten kaum auf die Verbraucherpreise auswirken.

8. JANUAR 2025 RALPH DIERMANN

HIGHLIGHTS DER WOCHE MÄRKTE DEUTSCHLAND

Relative und absolute Wertigkeit von Solar- und Windkraftstrom am Großhandelsmarkt, 2023–2024

→ Abb. 2\_15



Die absoluten Marktwerte der Photovoltaik lagen im Sommer weit unter denen der Vorjahresmonate

Grafik: Agora Energiewende

Im Jahr 2024 sank der absolute Marktwert von Solarstrom;

Im Jahresmittel lag die relative Marktwertigkeit bei 60 Prozent, verglichen mit 76 Prozent im Vorjahr.

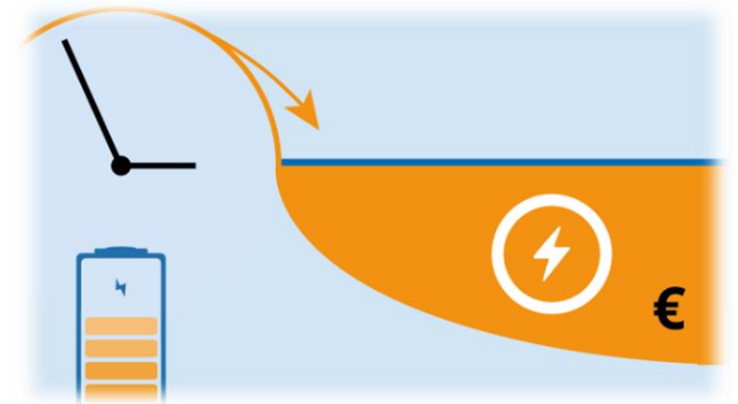


# 2 neue Technologie“(R)evolutionen“ stehen vor der Türe

---

**Speicher** – Batterien und Speicher aller weiteren Art +  
Die „**Flexibilitätsrevolution**“ – Last- und  
Erzeugungsverschiebung

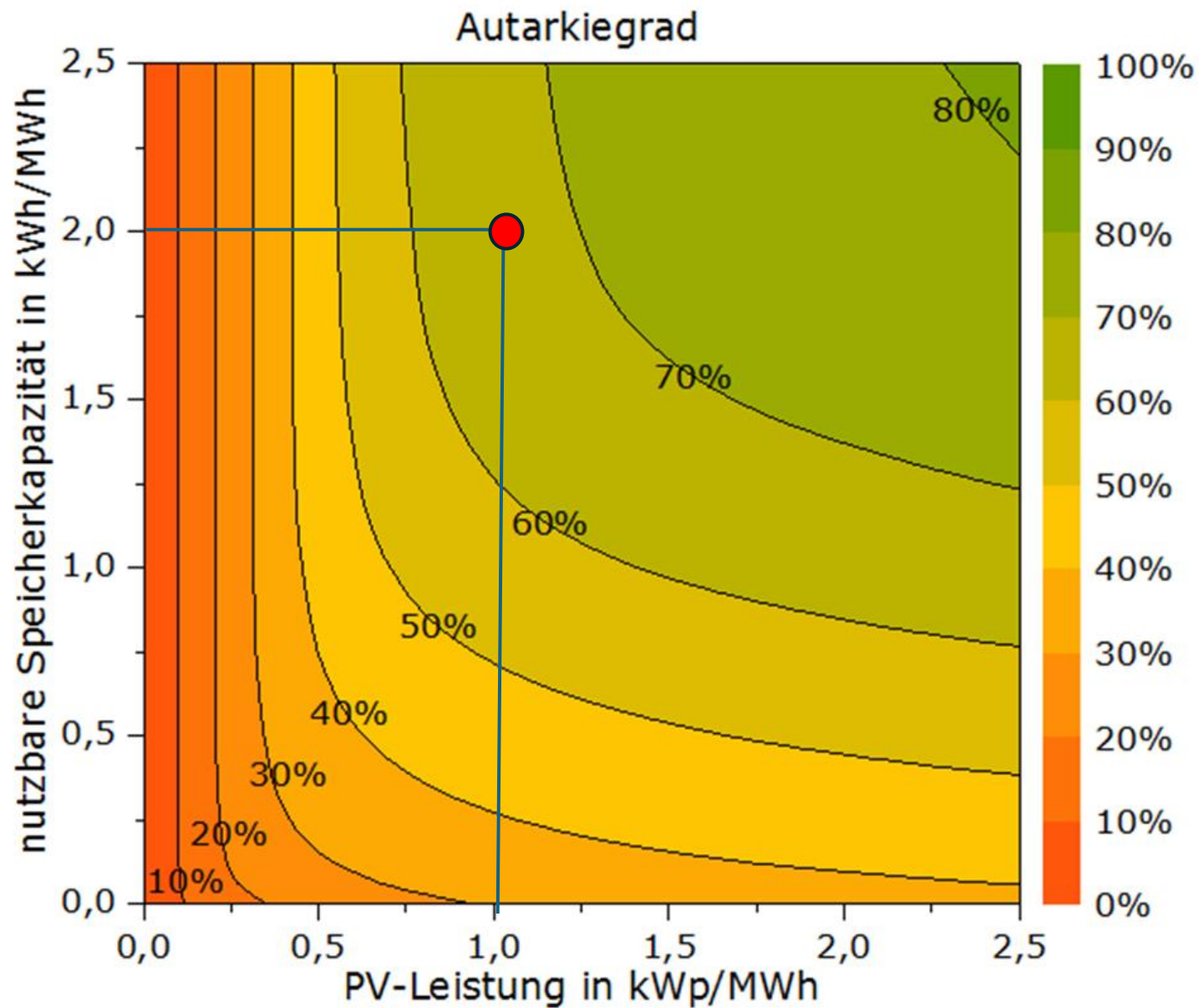
- ... bringen neue Akteur:innene – **vom Prosumer zum Flexumer**
- **Mehr Strom aber kein proportionaler Netzausbau!**  
*„...die Kosten für den geplanten, durch die Dezentralen Lösungen bedingten Verteilnetzausbau auf Niederspannungsebene um 40-50 % reduziert werden...“*
- (Q:Die Rolle der Dezentralen Lösungen im gesamtkosteneffizienten Energiesystem, Roland Berger, 2025)





## Erneuerbar - Dezentral – Digital – Intelligent – Flexibel

- *Ein neues **Energie-Ökosystem** bestehend aus einer Vielzahl von verschiedenen Technologien, Ansätzen und Systemen und Akteur:innen.*
- *Im Mittelpunkt der Lösungen steht die **(räumliche) Nähe von Stromerzeugung und -verbrauch** sowie die Endkund:innennähe.*
- *Die Dezentralen Lösungen stehen dabei in **Wechselwirkung sowohl miteinander im lokalen, integrierten System als auch mit dem weiteren Energiesystem**, in das sie eingebettet sind und in dem sie fungieren.*
- *Dezentrale Systeme sind in ihrem Wesen **digital, vernetzt und intelligent**.*



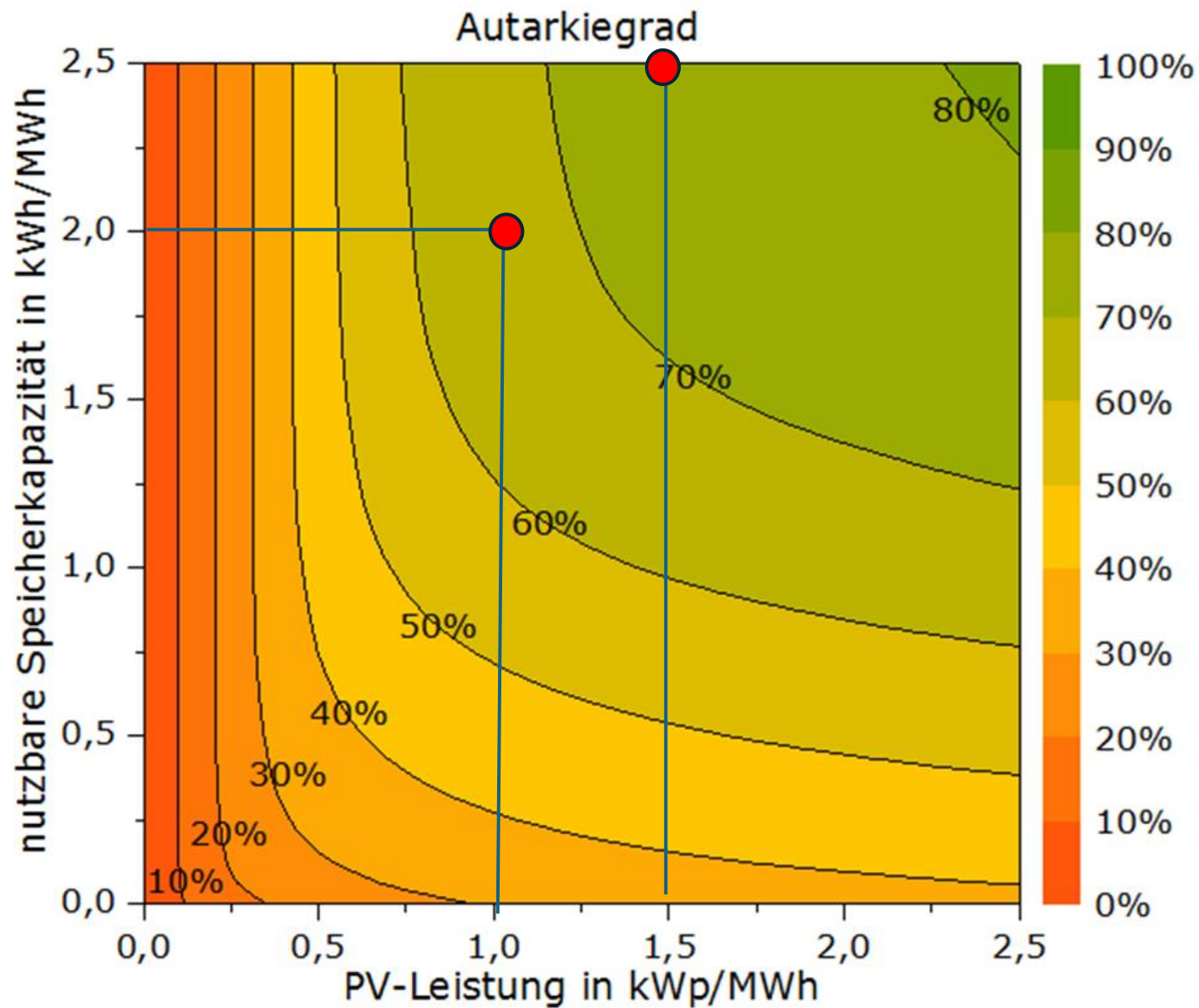
## Beispiel:

Haushalt 10 MWh Verbrauch (mit WP, E-Auto)

- PV-Leistung: 10 kWp
  - 1 kWp/MWh
- Speicher: 20 kWh
  - 2 kWh/MWh

**Autarkiegrad: 65%**





## Beispiel:

Haushalt 10 MWh Verbrauch (mit WP, E-Auto)

- PV-Leistung: 10 kWp
  - 1 kWp/MWh
- Speicher: 20 kWh
  - 2 kWh/MWh

Autarkiegrad: 65%

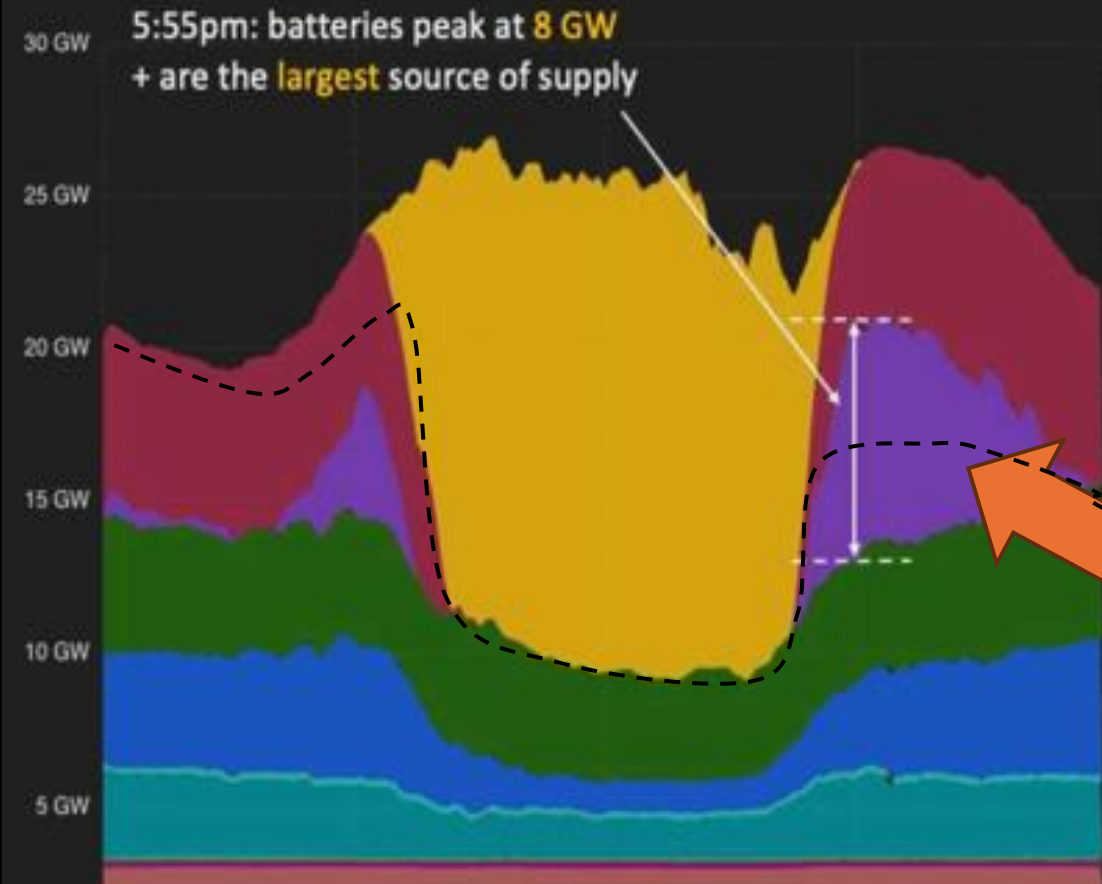
**Aktuell Trend zu größerer PV und größerem Speicher**

**Bei 15 kWp PV und 25 kWh Speicher:  
Autarkiegrade bis 75% und mehr möglich.**

# Batteries show their strength in California's electricity mix

Fuel Mix - CAISO

Mar 3, 2025 US/Pacific



Kalifornien:

20.April 2025:

Nach nur 4 Jahren Förderprogramm:  
Bis zu 34% der Stromversorgung  
kommen am Abend bereits aus den  
Batterien.



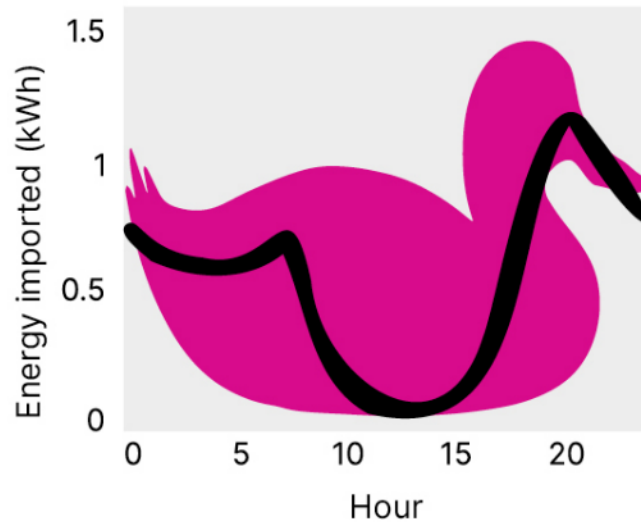
# HOW TO PUT THE DUCK TO SLEEP

For the average household in the modelled suburb

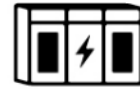
**PV only**



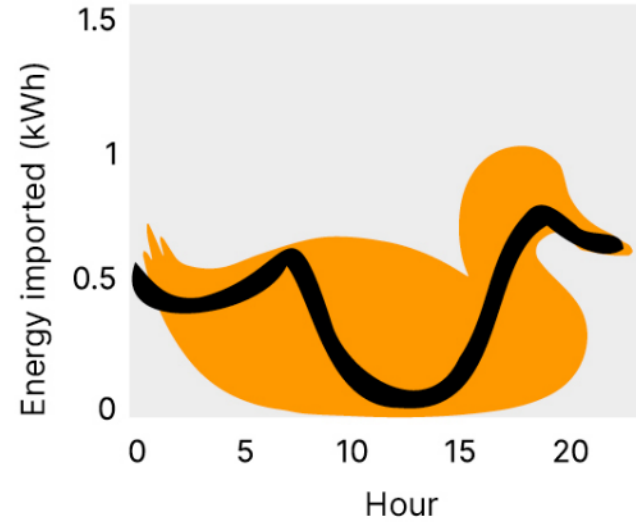
12.43kW



**PV + battery (can't trade)**



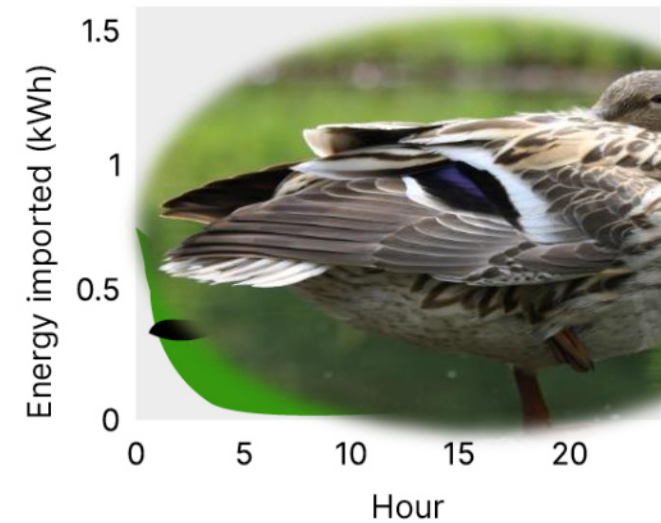
15kWh



**PV + battery (can trade)**



15kWh

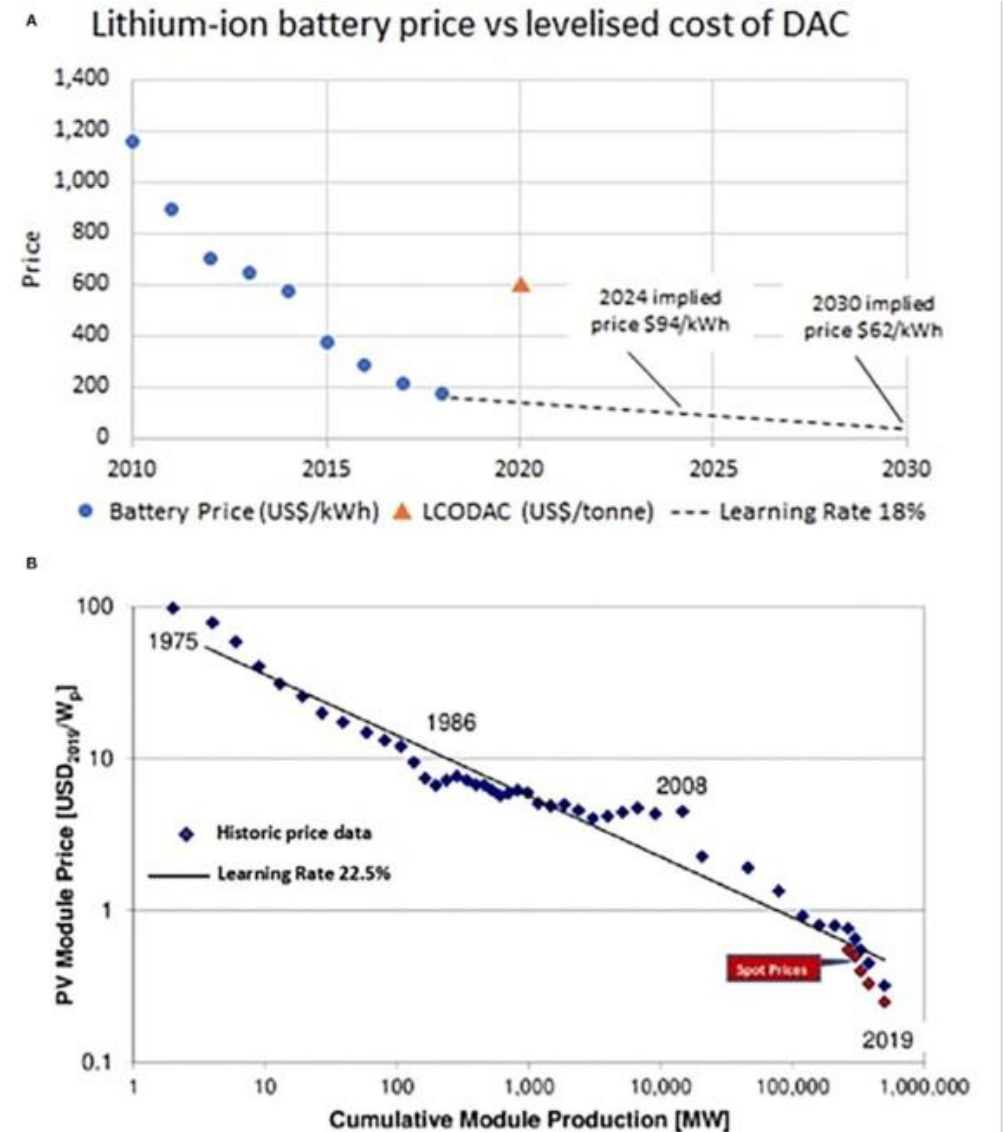


Based on ITP Renewables modelling

IEEFA

- **Lernkurve der Technologien**  
(Kostenreduktion bei Verdoppelung der produzierten Gesamtmenge):
  - 22% (PV-Module)
  - 18% (Batterien)

Quelle: Bloomberg New Finance und European Commission (Joint Research Center, A.J.Waldau)



(A) Lithium-ion battery cost-curve and forecast alongside levelised cost of DAC. Graph by Carbon Infinity, based on Bloomberg New Energy Finance (Goldie-Scot, 2019) Graph and BloombergNEF Data. (B) Solar PV module cost curve illustrating Swanson's law and the corresponding learning curve for solar PV. Graph by Carbon Infinity, based on European Commission's PV Status Report (Jäger-Waldau, 2019) Graph and BloombergNEF and PV News Data.



# NA-IO BATTERIEN LASSEN SPEICHERSYSTEMKOSTEN UM WEITERE 80(??) % SINKEN



- **Reine Materialkosten:**
- Li-Io: 50 €/kWh
- Na-Io: 10 €/kWh
- (Q: Prof. Auke Hoekstra, TU Eindhoven)

# Natrium-Batterie: Massenproduktion von Billig-Akku aus China angekündigt



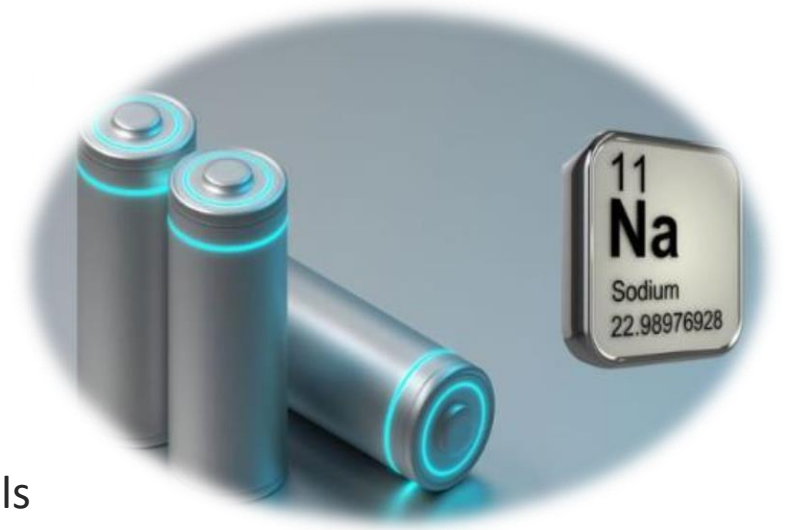
von **Felix Baumann**

Aktualisiert: 06. Mai 2025

CATL

Der chinesische Batteriehersteller CATL hat eine Natrium-Ionen-Batterie für Elektroautos präsentiert, die deutlich günstiger sein soll als Lithium-Akkus, ohne Abstriche in puncto Leistung und Effizienz zu machen.

- Erste Serienreife Na-Io Batterie
- Stark verbesserte Temperaturbeständigkeit gegenüber Li-Io
- keine brennbaren Verbindungen
- über 10.000 Ladezyklen
- Natrium ist als Rohstoff weltweit reichlich vorhanden und deutlich günstiger als Lithium
- 175 Wh/kg Energiedichte (Li-Io üblich 180...250 Wh/kg –BYD. 160 Wh/kg, Tesla: 270-290 Wh/kg)



Quelle: CATL



## 74 electric school buses in East Oakland, California



Electric school buses and bidirectional chargers at the depot operated by startup Zum for the Oakland Unified School District (Jeff St. John)

Elektrische Schulbusse können sich mit kostengünstigem Strom aufladen und in Zeiten der Netzbelastung freie Kapazitäten entladen

Sie sind nur wenige Stunden am Tag in Betrieb, wenn sie Schüler abholen und absetzen. So bleibt ihnen viel Zeit, um mitten am Tag den Strom die Niedrigpreiszeiten zu nutzen

Jeder der 74 Busse des chinesischen Elektrofahrzeugherstellers BYD verfügt über ein eigenes bidirektionales Ladegerät.

Jeder Bus kann an einem Arbeitstag bis zu 50 Kilowattstunden und an einem arbeitsfreien Tag bis zu 111 Kilowattstunden - 80 Prozent der Batteriekapazität - entladen.

In den kommenden Jahren sollen 10.000 Schulbusse elektrifiziert werden

**Flexibilisierung  
auf der  
Verbraucherseite  
wird rasch  
schlagend**

- Flexible Stromtarife
- Flexible PV Einspeisetarife
- Sinkende Speicherkosten
- Bidirektionales Laden wird rasch relevant (BMW, Renault,...)
- Stärkere Einbindung von künstlicher Intelligenz (KI) und maschinellem Lernen, um Verbrauchs- und Erzeugungsmuster noch präziser vorherzusagen und in Echtzeit auf Netzschwankungen zu reagieren.
- ...





# **Gesetzliches aus Brüssel - Neue Electricity Market Design (EMD) – bereits beschlossen (in Kraft seit 16.07.2024) – Umsetzung u.a. im ELWG**

Räumt Kunden das Recht auf dynamische und feste Tarife ein und definiert „aktive Kunden“/Energie-Sharing

- **Wettbewerb durch Aggregatoren & Energiegemeinschaften** — Kunden können leichter selbst erzeugten Strom teilen oder an Flexibilitätsprogrammen teilnehmen; Versorger verlieren ggf. Teile des Retail-Marktes
- Regeln zur Beteiligung von Aggregatoren, Prosumer-Modellen und Zugriff auf Smart-Meter-Daten (auch in Wechselwirkung mit Data-Act / EU-Datengesetzen). Kleine Versorger müssen Schnittstellen, Datenschutz- und Datenmanagement-prozesse bereitstellen.

Recht auf Zugang zu Flexibilität, lokale Erzeugung & Aggregation, erleichtert die Teilnahme von Kleinproduzenten, Aggregatoren und Speichern an Märkten (Intraday, Flexibilitätsmärkte)

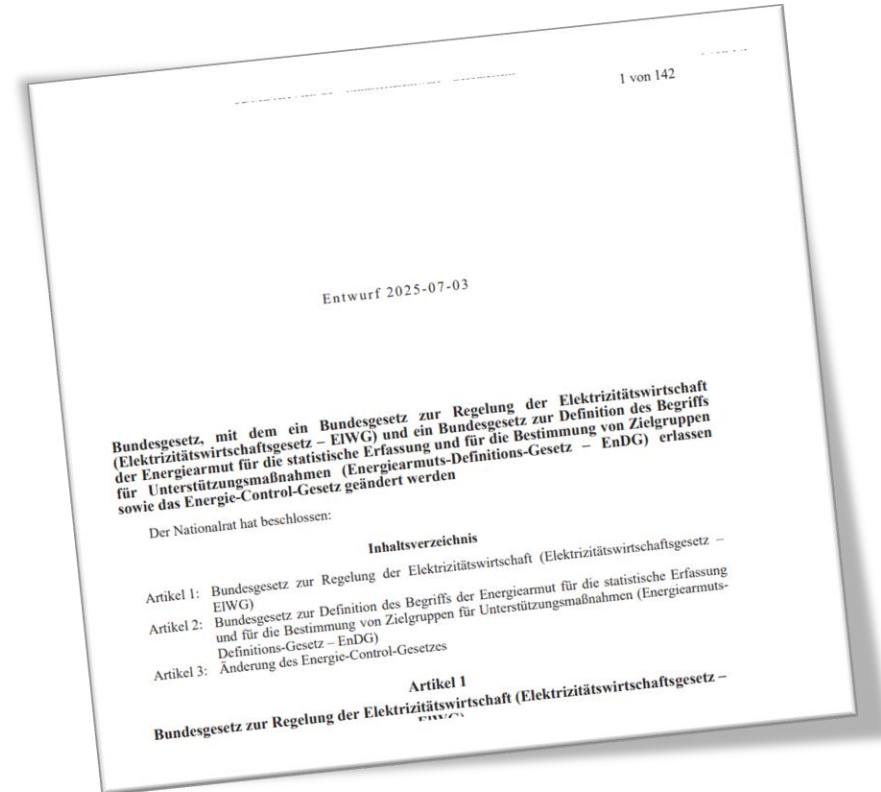
- **Zusätzlicher Wettbewerbsdruck**
- **Notwendigkeit zur Entwicklung von Flexibilitäts-/Speicherangeboten** (Batterien, Lastmanagement, virtuelle Kraftwerke) um in Intraday/Flex-Märkten zu verdienen

Kunden werden gegen volatile Strompreise besser geschützt

- große Akteure können standardisierte langfristige Produkte anbieten

# Ansätze im ELWG Entwurf (Stand 3.7.2025)

- Laststeuerung alleine oder durch Aggregation (§58) zur Teilnahme am Energiemarkt
- Zeit-leistungs- bzw. lastvariable Tarife
- Direktleitung (§59) - Einspeisung über den Zählpunkt eines Dritten
- Transparenz (§93) – binnen 3 Jahren ab Trafostation
- Ansteuerbarkeit und Spitzenkappung (§94a) (60% Modulspitzenleistung, ab 1.6.28 >25 kWp, 1.6.2029 >7 kWp)
- Der Entwurf verankert ausdrücklich netzdienliches und bidirektionales Laden (§ 107, § 119). Verteilnetzbetreiber müssen mit Anbietern intelligenter und bidirektionaler Ladeinfrastruktur kooperieren
- Geringere Netzgebühren für systemdienliche Speicher möglich
- ...





# Was kommt daher auf uns zu:

- PV-Speicherkombinationen werden „Strommarkt-dominant“
- Dezentrale Geschäftsmodelle boomen (> 6.000 EGs in Österreich, überregionale Stromakteure/Aggregatoren – Ourpower, awattar, Nextenergie, Kalt&Co)
- Neue Rollen für Energieversorger > aktive regionale (?) Strommanager
- Anforderungen an Netzbetreiber – Echtzeitwissen über Netzzustände für dynamische Regelung von Komponenten im Netz (PV/Speicher/WP/E-Laden/Gewerbeprozesse...) – Kommunikation ausbauen
- Flexibilisierung kostet, schafft aber einen hohen Wert und eröffnet Zukunftschancen
- Flexibilisierung vermeidet Netzausbaukosten und Backupkosten
- Attraktive Konzepte, um lokale Bevölkerung aktiv einzubinden, sie mitpartizipieren zu lassen
- Der Wert der heimischen Energieressourcen könnte durch regional gemanagte Flexibilität gesteigert werden und vor allem auch in der Region verbleiben

