



Transformation der Energiesysteme 2010-2050

Teil IV

Der Weg zu Netto-Null 2050 und Versorgungssicherheit
Beschlüsse des CH-Parlaments und neuste Entwicklungen



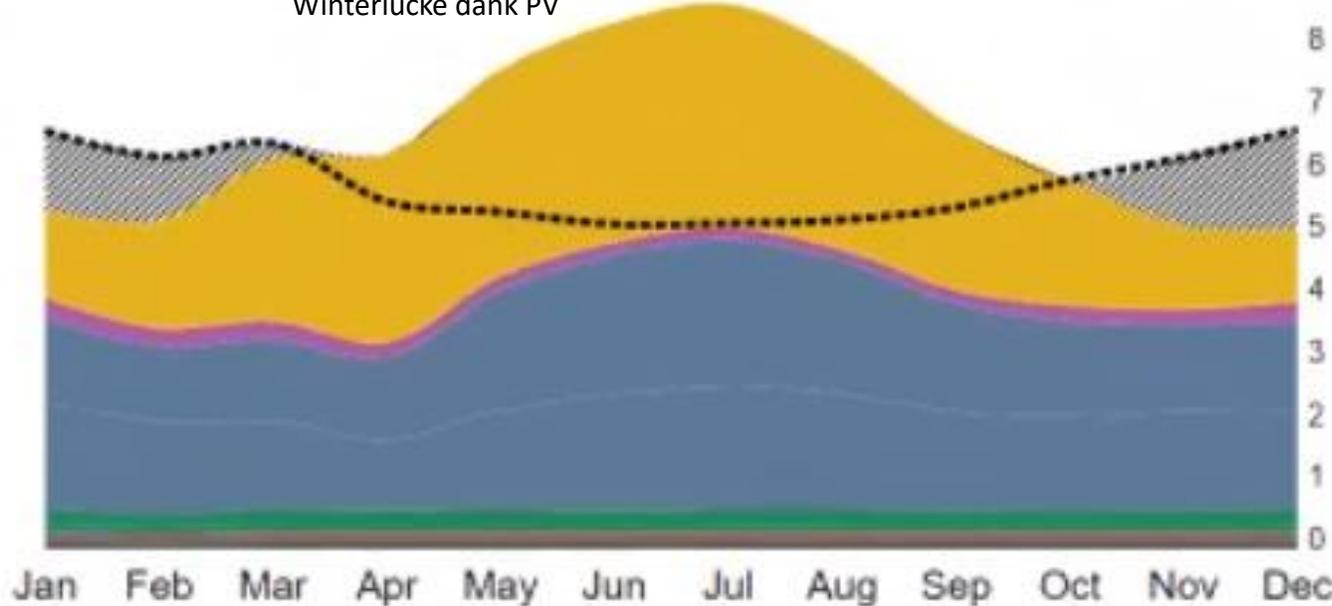
Übersicht

- Repetitorium der letzten Vorlesung
- Energiewirtschaftliche Massnahmen des Parlaments
- Fokus Dezentralisierung und Winterstrom
- Instrumente der Umwelt- und Klimapolitik

Neue Zielmatrix Schweiz 2050: Energieverbrauch elektrifiziert, AKWs stillgelegt

Szenario 2050: maximale Versorgungssicherheit

Minimierung
Winterlücke dank PV

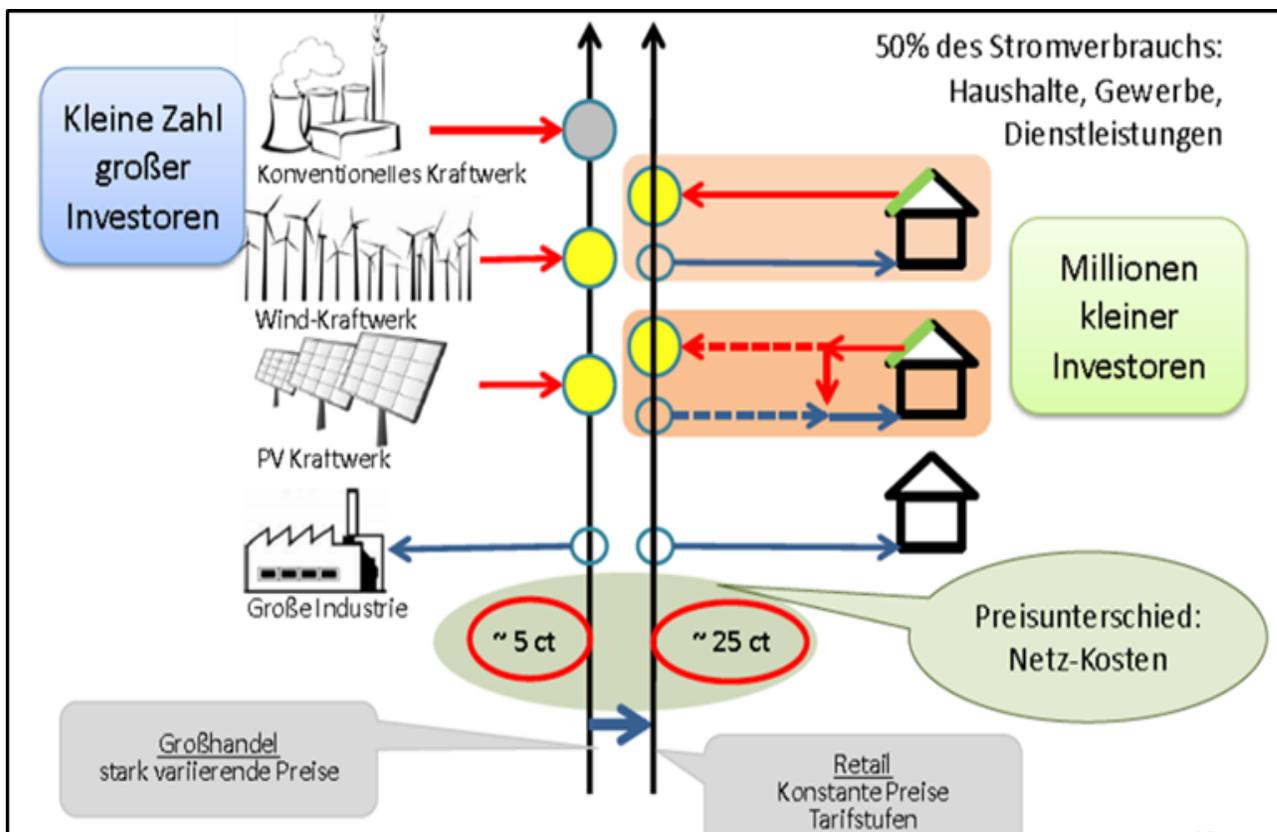


Quelle: Axpo Power Switcher

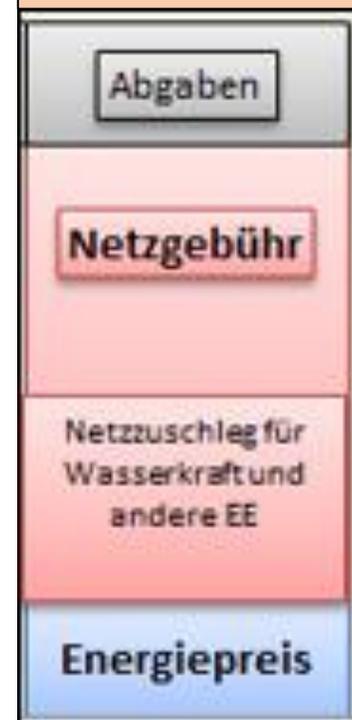
- **Atomkraft verschwindet**
- **PV, Wasserkraft, wenig Wind, Biomasse sowie Stromaustausch mit dem Ausland decken den Bedarf**
 - Stromimporte im Winter
 - Stromexporte im Sommer
- **Versorgungssicherheit als Geschäft**
 - Billige Importe nach CH bei starker EU-Produktion aus Wind/Sonne
 - Ertragsstarke CH-Exporte bei Knappheit im Ausland
- **Pflichtlager backup**
 - **Wasserkraft & vorerst Erdgas, später Biomethan**
 - **Einsatz nur im Notfall** ³

Investitionslogik dezentraler Kleinanlagen: Eigenverbrauch, Mobilität, Speicher zur Produktionsverschiebung (Wärme & Strom), Smart Grid

Strom dezentral vom eigenen Solardach ist inzwischen billiger als Strom von der Steckdose.



Tarifstruktur Strompreise Schweiz



- Eigenverbrauch bietet Schutz gegen Marktwertisiko, wenn Marktpreise bei starker Sonne auf null sinken.
- Eingespart werden können
 - Variabler Teil der Netzegebühr
 - Energiepreis
 - Abgaben (zB. MWSt)
 - Netzzuschlag
- Einspeisung zum Großhandelspreis ist viel weniger interessant

Strategien für mehr Eigenverbrauch: rentablere Vermarktung der dezentralen Eigenproduktion

- Mehr Kunden vor Ort
 - Kosten für Energie und Netze einsparen
 - ZEVs: Zusammenschlüsse für den Eigenverbrauch mittels privaten Arealnetzen
 - Lokale Energiegemeinschaften: Stromvermarktung in derselben Gemeinde auf Netzebene 7 mit reduziertem
- Produktion zeitlich verlagern
 - Wärmespeicher (Boiler, Pufferspeicher mit Wärmepumpen)
 - Stromspeicher (Batterien)
- Mobilität dezentral beschicken
 - Ladestationen zuhause, am Arbeitsplatz, in Parkings mit PV

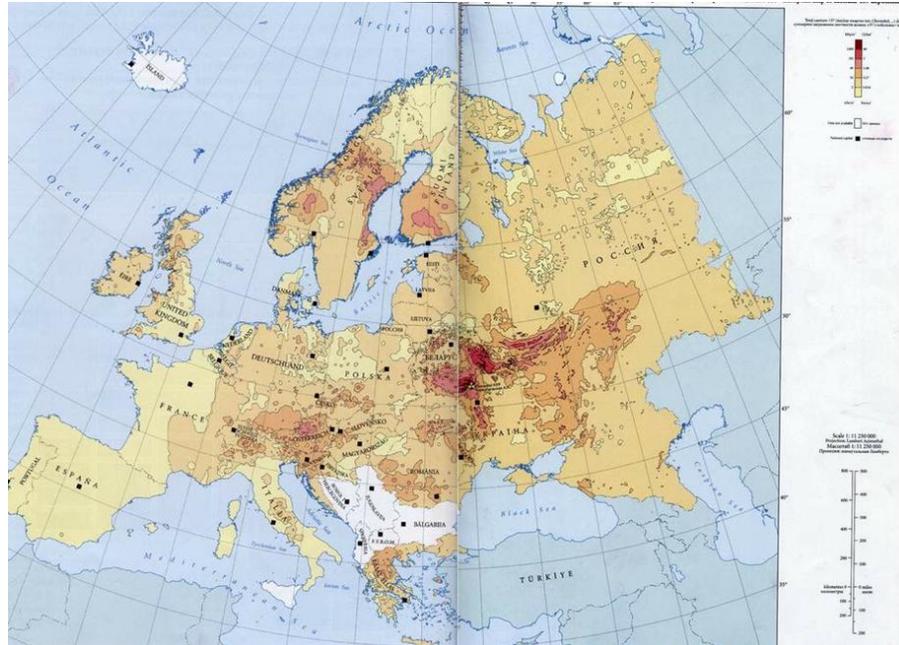
Acht Strategien für Versorgungssicherheit & Integration von fluktuierenden erneuerbaren Energien

1. Grossflächige Vernetzung mit Ausgleichseffekten **Stromabkommen**
2. Strategische Überproduktion (ggf. mit Abregelung) **Solarstrom abregeln**
3. Diversifikation Herkunft & Ressourcen **Portfolio-Prinzip**
4. Speicher (Energie- und Leistungs-Reserven) **Schweiz privilegiert**
5. «Smart grids» mit Leistungs- und Lastmanagement **Rollout läuft**
6. Tarifmodelle für Energiespeicher Lastabwurf **dynamische Tarife**
7. In Notfällen I: strategische Reserven (Wasserspeicher und Vorratshaltung mittels Biomethan) **Auktionen für Reservehaltung**
8. In Notfällen II: Rückgriff auf fossile Reserven
Kaltreserven (Alte Kraftwerke & Gaslager gibt es zuhauf in Europa)

Übersicht

- Repetitorium der letzten Vorlesung
- **Energiewirtschaftliche Massnahmen des Parlaments**
- Fokus Dezentralisierung und Winterstrom
- Instrumente der Umwelt- und Klimapolitik

CH-Energiepolitik 40 Jahre lang überschattet von den Aktivitäten der Atomlobby: zuerst Hoffnungsträger, später Bremsklotz Erneuerbare durften nicht wachsen



Verstrahlung in Europa

[Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident, 1998]

1959 Atomgesetz

1969-1984 5 Atomreaktoren

1973 Ölkrise I

1979 Ölkrise II, Atomunfall Three Mile Island

1986 Tschernobyl Atomunfall

1990 Volks-Ja zum AKW-Moratorium

1991 Energieartikel

2006 Axpo, Alpiq, BKW lancieren 3 neue AKWs

2008 Marktöffnung Strommarkt und Einspeisevergütungen für sauberen Strom

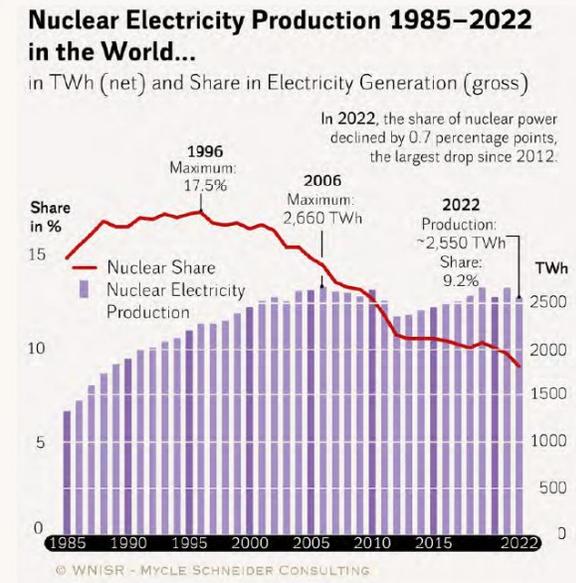
2011 Unfall von Fukushima

2017 Ja zu Atomausstieg & Netzzuschlag (58%)

2019 Beginn Abbau Warteliste für PV-Anlagen, Deblockierung der erneuerbaren Energien

2022 Solarexpress

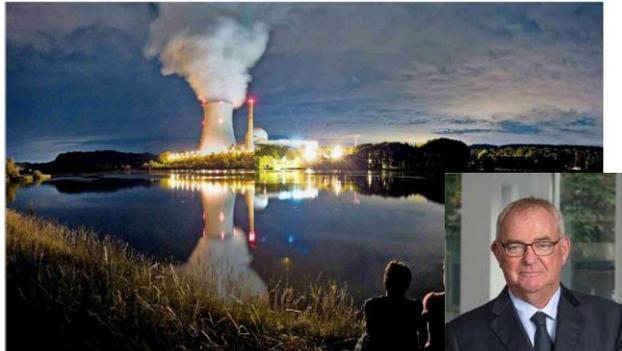
2023 Bundesgesetz über eine sichere Stromversorgung mit erneuerbaren Energien (Mantelerlass)



Ab 2021: Richtungswechsel Axpo, Beschleunigung CH-Energiepolitik

«AKW-Verbot war ein Fehler»

Die akute Gefahr einer Stromlücke schreckt Christoph Mäder auf. Der Economicsuisse-Präsident fordert eine neue Energiestrategie



Soll die Atomenergie helfen, drohende Stromlücken zu schliessen? AKW Liebstück im Karton-Aargau

Foto: Reuters/Dea Motu/Corbis

Mehr noch: Mäder erteilt jetzt öffentlichkeitswirre den Alarmismus

bz Schweiz am W

Samstag, 23. Oktober 2021

5
Mal treffen sie nur Aluminium. Dennoch siegen die Schweizerinnen gegen Rumänien.



Sport

AZ 4430 Liestal | Nr. 247 | 41 | 5. Jahrgang | Fr. 3.90 | € 4.- | bzbasel.ch

Absage an neue Schweizer AKW

Axpo-Chef Christoph Brand hält nichts von den Forderungen der Wirtschaft. Kernkraft sei zu teuer.

Florence Vuichard, Lucien Fluri und Fabian Hock

Er ist Chef des grössten Schweizer Stromkonzerns und damit auch an den Atomkraftwerken Beznau, Leibstadt und Gösggen beteiligt. Doch Axpo-Lenker Christoph Brand hält nichts vom Bau neuer Atomkraftwerke in der Schweiz. «Die Kernkraft ist schlicht zu teuer», sagt er und wehrt so die Forderungen aus der Wirtschaft ab, neue Kernkraftwerke zu bauen. Fotovoltaikanlagen in Frankreich kosteten halb so viel, ergänzt Brand im Interview mit der «Schweiz am Wochenende». Festhalten will die Axpo vorderhand jedoch an den bestehenden Kernkraftwerken. Axpo rechnet nun mit einer Laufzeit von 60 Jahren; bisher

ging man von 50 aus. Die zehn Zusatzjahre sollen der Schweiz mehr Zeit geben, um die erneuerbaren Energien auszubauen. Dies geschieht heute viel zu langsam.

Grosses Potenzial erkennt Brand in der Fotovoltaik, die zu einer tragenden Säule der hiesigen Stromversorgung werden soll. Dazu will der Axpo-Chef etwa die 250 Quadratkilometer Dachflächen, die Autobahnschallwände oder Parkplatzüberdachungen nutzen. «Es wird auch ein paar grössere Freiflächenanlagen brauchen. Ohne wird es nicht gehen.»

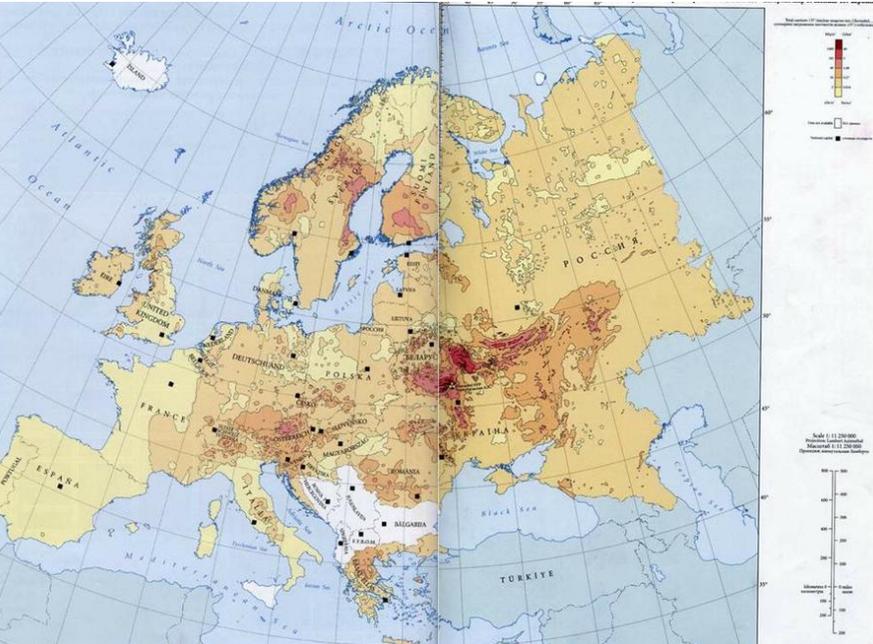
Ausserhalb der Schweiz keimt bei den Befürwortern der Kernkraft allerdings derzeit neue Hoffnung. Das hat vor allem mit Emmanuel Macron zu tun. **Wirtschaft, Ausland, Meinung**



**Axpo warnt:
«neue AKWs zu teuer ...doppelt so teuer wie Photovoltaik»
BZ Basel 23. Oktober 2021**

- **April 2021: Nationalratskommission einstimmig für Palv. Girod**
 - Ziel: «Lücken schliessen», Windkraft, Biomasse auch nach 2022 fördern
 - **Auktionen für PV, erhöhte Mittel für Anlagen ohne Eigenverbrauch**
- **Juni 2021: Bundesrat veröffentlicht Botschaft «Mantelerlass»**
 - Kleine Verbesserung der Ausbauziele
 - **strategische Speicherwasser-Reserve**
- **Okt. 2021 Parlament beschliesst PV-Turbo**
 - PV-Anlagen ohne Eigenverbrauch: **Auktionen & höhere Beiträge**
 - Max. 60% Investitionsbeiträge auch für Wasserkraft, Wind, Biomasse;
 - **Verlängerung Wasserzinsen**
- **24.2.2022 Russischer Einmarsch in die Ukraine**
- **Juli 2022: Bundesrat lockert Raumplanungsverordnung**
 - **Lockerungen ausserhalb der Bauzone:**
 - **Agro-PV, PV auf Fassaden, Lärmschutzwänden usw.**
 - **PV-Anlagen auf Stauseen, Staumauern**
- **Bundesrätin Simonetta Sommaruga kündigt an:**
 - **Bewilligungsverfahren vereinfachen und beschleunigen:**
 - **1 einziges Verfahren für**
 - **Rodungsbewilligung, Richtplanung, Umweltschutzgesetz, Baubewilligung, Nutzungsplanung, Netzanschluss**
 - **1 Bundesgerichtsentscheid**

Atomkraft: einst Hoffnungsträger, dann grösster Bremsklotz für Erneuerbare Energien



Verstrahlung in Europa

[Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident, 1998]

Meilensteine bis 2021

1959 Atomgesetz

1969-1984 5 Atomreaktoren

1973 Ölkrise I

1979 Ölkrise II, Atomunfall Three Mile Island

1986 Tschernobyl Atomunfall

1990 Volks-Ja zum AKW-Moratorium

1991 Energieartikel

2006 Axpo, Alpiq, BKW lancieren 3 neue AKWs

**2008 Marktöffnung Strommarkt und
Einspeisevergütungen für sauberen Strom**

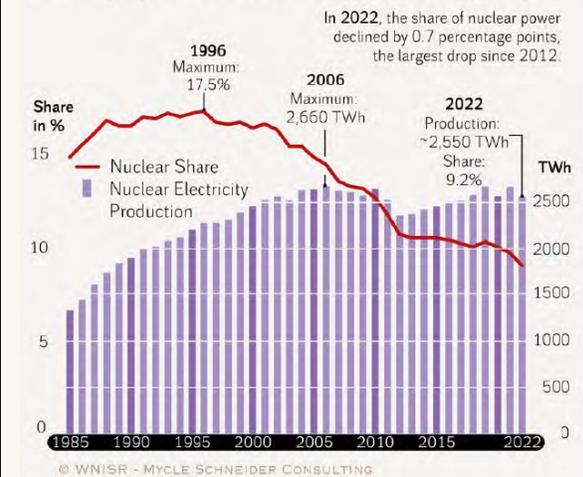
2011 Unfall von Fukushima

2017 Ja zu Atomausstieg & Netzzuschlag (58%)

**2019 Beginn Abbau Warteliste für PV-Anlagen,
Deblockierung der erneuerbaren Energien**

Nuclear Electricity Production 1985–2022 in the World...

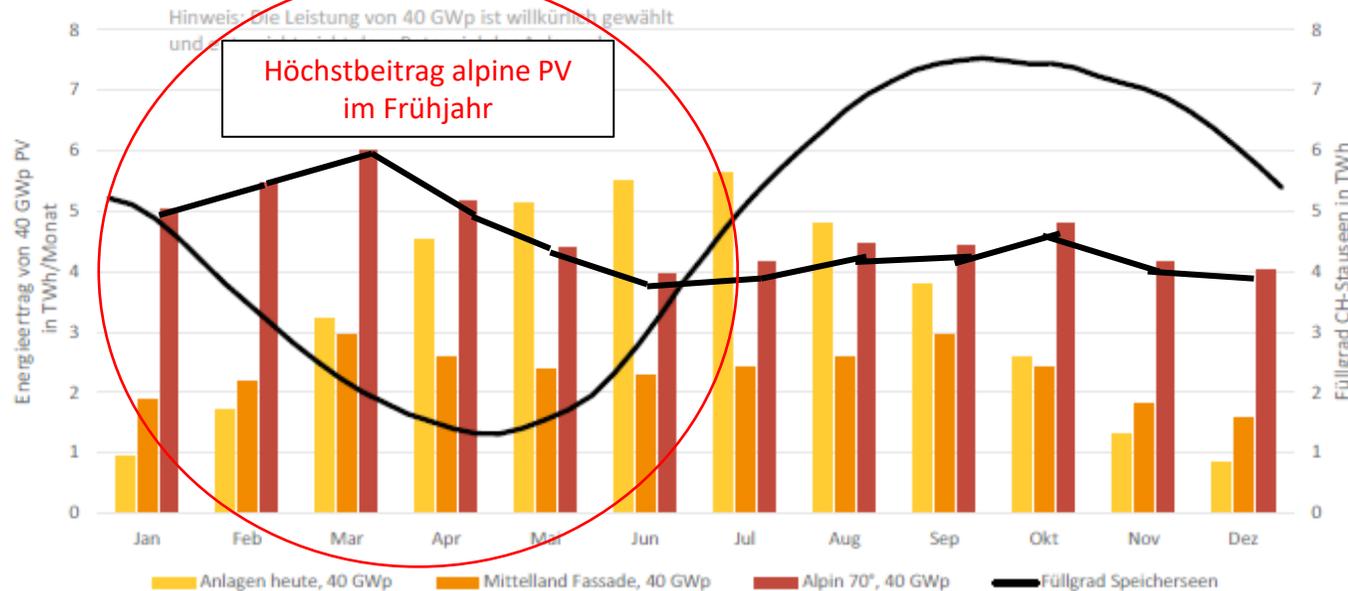
in TWh (net) and Share in Electricity Generation (gross)



«Solarexpress»

Dringliches Bundesgesetz September 2022

Hohe Solarproduktion bei Tiefststand Speicherseen



Grafik: BFH, Ch. Bucher

- Erleichterte Genehmigungen für alpine PV
- max. 2TWh (3% des CH-Endverbrauchs)
- Inzwischen 30-50 alpine Projekte
- Installierte Jahresproduktion von >10 GWh bis Ende 2025 erforderlich
- Max. Investitionsbeitrag 60 Prozent

Begleitmassnahme:

- PV-Dach-Obligatorium
- Nur Neubauten > 300 m² Dachfläche
- Kantone mit weiteren PV-Obligatorien



Alpine Solaranlagen: Erste Erkenntnisse

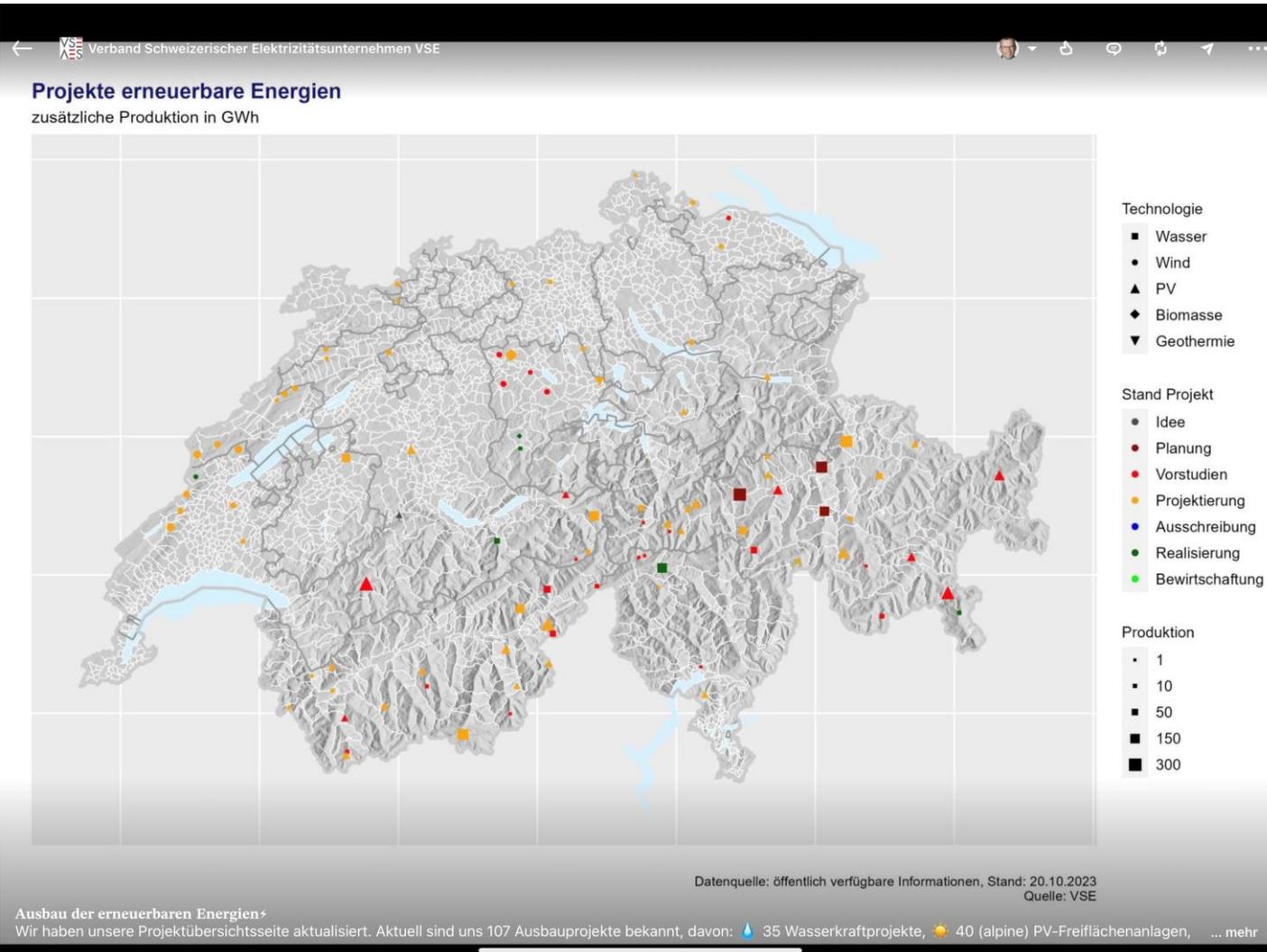
- **Ursprünglich geplant:**
- **600 Gigawattstunden Strom**
- **42 Prozent davon im Winter.**
- **Strom für 150 000 Haushalte.**

- **Aber:**
- **fehlende Netzkapazitäten**
- **Rechtsunsicherheiten Planung Netzan schlüsse**
- **Weitere Bewilligungshürden (10% in Betrieb bis 2025)**

- **Neues Projekt mit vorerst noch 100 GWh, Strom für 25000 Haushalte**

<https://grengiols-solar.cmsbox.ch/de>

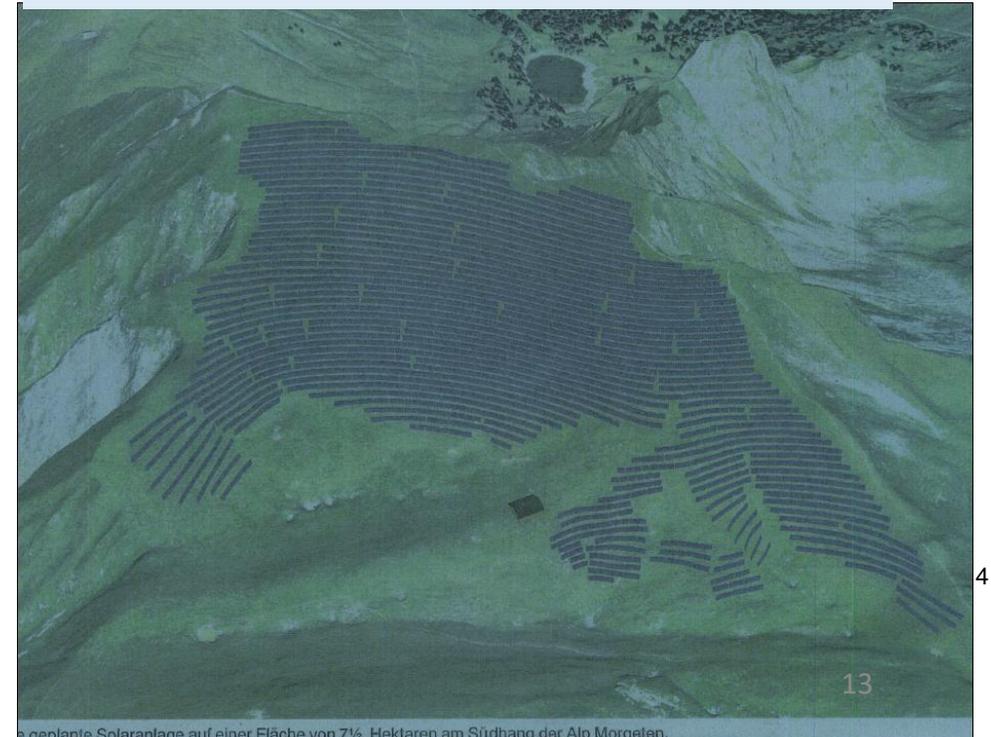
Boom der erneuerbaren Energien in der ganzen Schweiz, aber der grösste Zubau findet auf Dächern statt



Beispiel Alp Morgeten

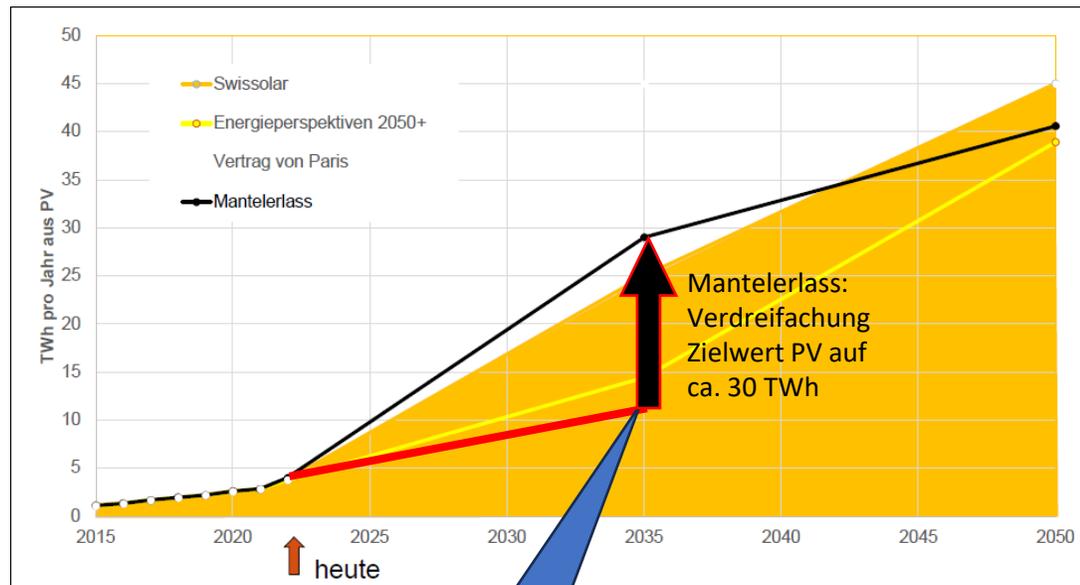
(eines der am weitesten fortgeschrittenen Projekte)

- Auf 7,6 ha, 3m über Boden,
- 5m breite Anordnung, damit Kühe weiden
- wird eine 10 MW-Anlage gebaut,
- die 12 GWh liefert und 18 Mio kostet.



Bemerkenswerte Fortschritte im «Mantelerlass»

Verdreifachung PV-Ausbauziel, Winterstrom neu auch aus PV



Geltendes
Energiegesetz:
Ca. 10 TWh PV
bis 2035

Schlussabstimmung Sept. 2023 deutliche Mehrheit:

- Nationalrat mit 177:19, Ständerat mit 44:0

Mantelerlass = Revision von drei Gesetzen

- Energiegesetz
- Stromversorgungsgesetz
- Raumplanungsgesetz

Neue Ausbauziele im Energiegesetz:

- 35 TWh bis 2035 (bisher nur 11,4 TWh 2035)
- Davon ca. 30 TWh Photovoltaik, Versechsfachung heutiger PV-Bestand bis 2035
- 45 TWh bis 2050

Kompromiss bei Restwassermengen – Senkung nur bei Mangellage

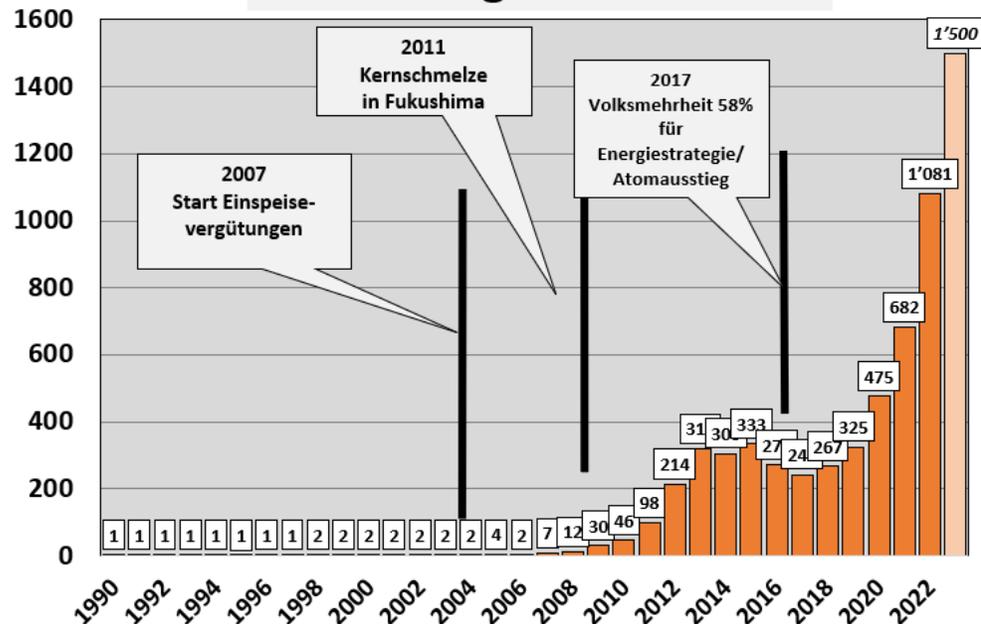
Neue Gewichtung nationales Interesse – mehr Nutzung vs. Schutz

- Anlagen in Biotopen nationaler Bedeutung & Vogelreservate ausgeschlossen
- Ausnahmen: neue Gletschervorfelder, Schwall-Ausleitkraftwerke,
- wenn nur Restwasserstrecke in Schutzobjekt

Referendum lanciert Volksabstimmung erste Hälfte 2024 zu erwarten.

Mantelerlass: PV erstmals als tragende Säule der Stromversorgung Netzausbau, Speicher, smart grid

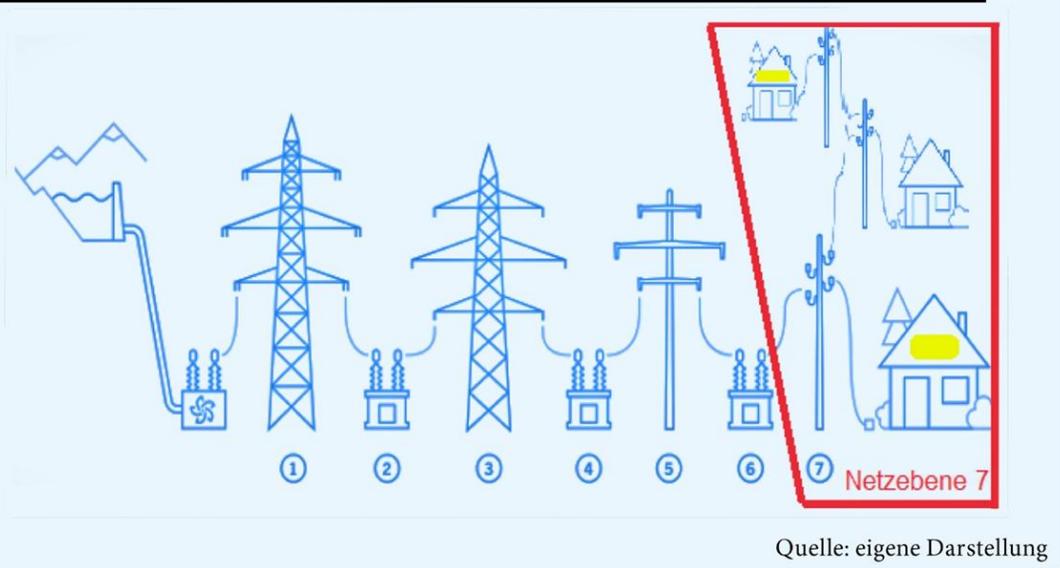
Jährlich neu installierte PV-Leistung in der Schweiz



- **Harmonisierte Abnahmevergütung**
 - Anlagen bis 150 kW: Gesetz garantiert Amortisation der Anlagen bis 150 kW (750m²), auch bei Nullpreisen
 - Weiterführung bestehende Förderinstrumente für erneuerbare Energien
 - Gleitende Marktprämie und Auktionen für PV-Anlagen > 150 kW
- **Verschuldung Netzzuschlagsfonds zulässig**
- **Betriebskostenbeträge für neue Biomasseanlagen ohne Frist**
- **Übernahme Solarpflicht aus Solarexpress für Dächer ab 300 m²**
- **Keine Pflicht zur Überdachung von Parkplätzen,**
 - aber Zusicherung Parkplatz-Auktionen (erstmalig nach Standort segmentierte Ausschreibungen)
- **Verbesserung der Energieeffizienz / Markt für Effizienzdienstleistungen**

Mantelerlass: Neuerungen Stromversorgungsgesetz

Diskriminierung der Photovoltaik bei den Netznutzungsgebühren



Solarstrom wird meist lokal auf der untersten Netzebene (Netzebene 7) ein- und ausgespeist, ohne dass oberliegende Netze ins Spiel kommen. Das Gesetz tarifiert die Durchleitung, als würden auch die Netzebenen 1 bis 6 beansprucht.

- **Lokale Elektrizitätsgemeinschaften: verbilligter Stromtransport auf Netzebene 7**
 - Verursacherprinzip: Lokalverkehr bezahlt nicht länger für die nationale Netzinfrastruktur
- **Befreiung Batterie-Speicher vom doppelten Netzentgelt**
- **Unterstützung bei der Finanzierung der Netzverstärkung**
- **Abschaffung der Durchschnittspreismethode für Energietarife**
 - Trennung der Strombeschaffung in
 - Grundversorgung
 - freie Kunden (Marktkunden)
 - segmentierte Beschaffung
- **Ausbau Wasserkraft für Versorgungssicherheit im Winter**
 - – 16 Projekte inkl. Chlus (GR)
- **Datenverfügbarkeit im Messwesen**
 - smart grid,
 - Zugriff auf Zählerdaten ermöglicht aktive Steuerung des Stromverbrauchs
- **Möglichkeit zur Teilnahme am Flexibilitätsmarkt**
 - Batterien dürfen ihre Leistung für Regelleistung anbieten

Lockerungen Raumplanungsgesetz



Auf dem Lac de Toules wurde die erste schwimmende PV-Anlage der Schweiz errichtet



- **Freiflächen-Solaranlagen**
 - Unter bestimmten Bedingungen zulässig
 - Wichtig an alpinen Lagen für Winterstrom
- **Standortgebundenheit von Windanlagen im Wald**
- **Biomasseanlagen ausserhalb Bauzone zulässig**
 - Energetische Gülle-Verwertung (Biomethan)
 - CO₂-Reduktionen, Reduktion Methanemissionen

Noch in Beratung: Beschleunigungserlass

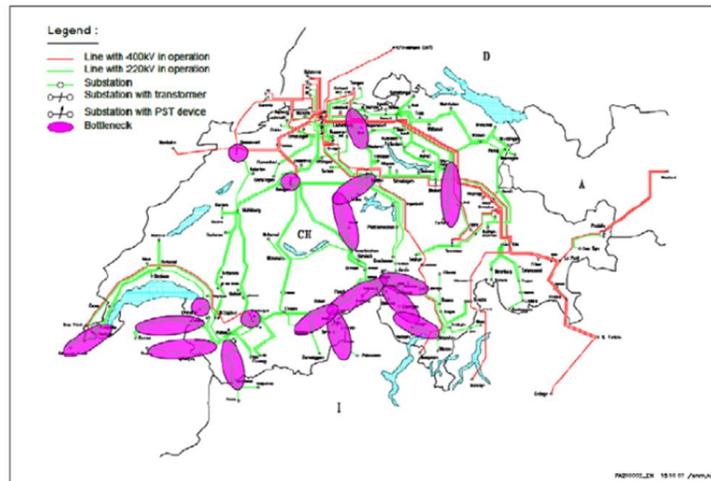
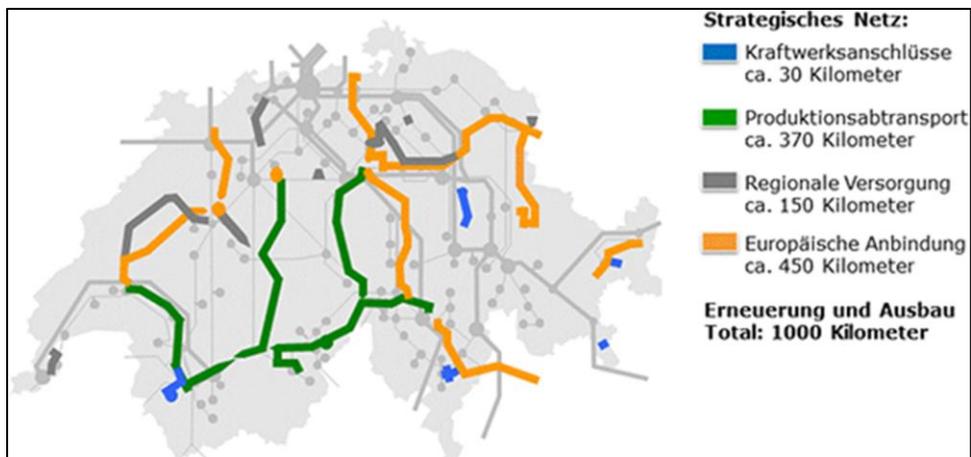
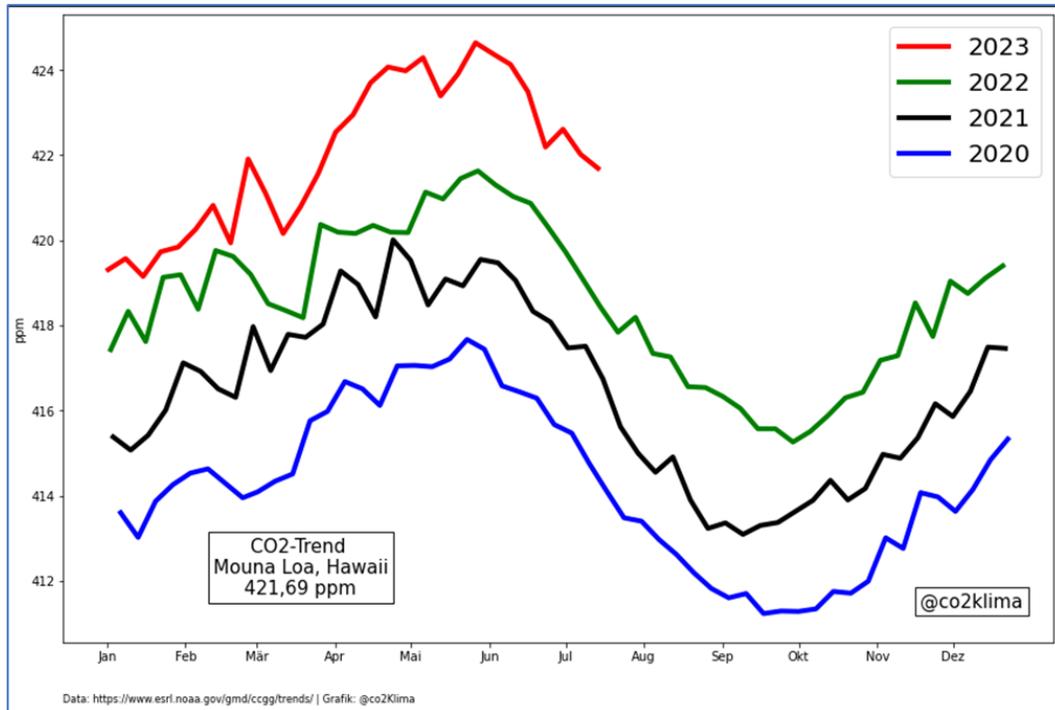


Abbildung 3: Engpässe (in Legende auf engl. Bottleneck) im Schweizer Hochspannungs-Übertragungsnetz (Quelle: Bericht des Bundesrates zur Zukunft der nationalen Infrastrukturnetze in der Schweiz, September 2010).



- **Konzentriertes Plangenehmigungsverfahren bei nationaler Bedeutung**
 - parallele Durchführung
 - Richtplan- und Plangenehmigungsverfahren
 - **Befristung Gerichtsverfahren auf 180 Tage**
 - Beschränkung Beschwerderecht auf national tätige Organisationen
- Beschleunigung **Netzausbau:**
 - **Netzebene 1: Direkte Festsetzung eines Planungskorridors**
 - **Netzebenen 2-7 noch nicht berücksichtigt.**
 - **Prüfung Bürgerbeteiligungs-Pflicht**
- Erhöhung der **Verfahrenstransparenz:**
 - **Pflicht für Bewilligungsbehörden, diese sicherzustellen.**
 - **Klärung der interkantonalen Zuständigkeit: Bestimmung einer einzigen Leitbehörde.**

Beratung CO2-Gesetz: Fast keine Fortschritte



- Senkung um 50% gegenüber 1990 bis 2030, ohne ambitioniertes Mindestinlandziel

- Teilzweckbindung bleibt gleich hoch
- CO2 Abgabe bleibt bei 120 CHF/t CO2
- Diverse Massnahmen im Bereich Mobilität

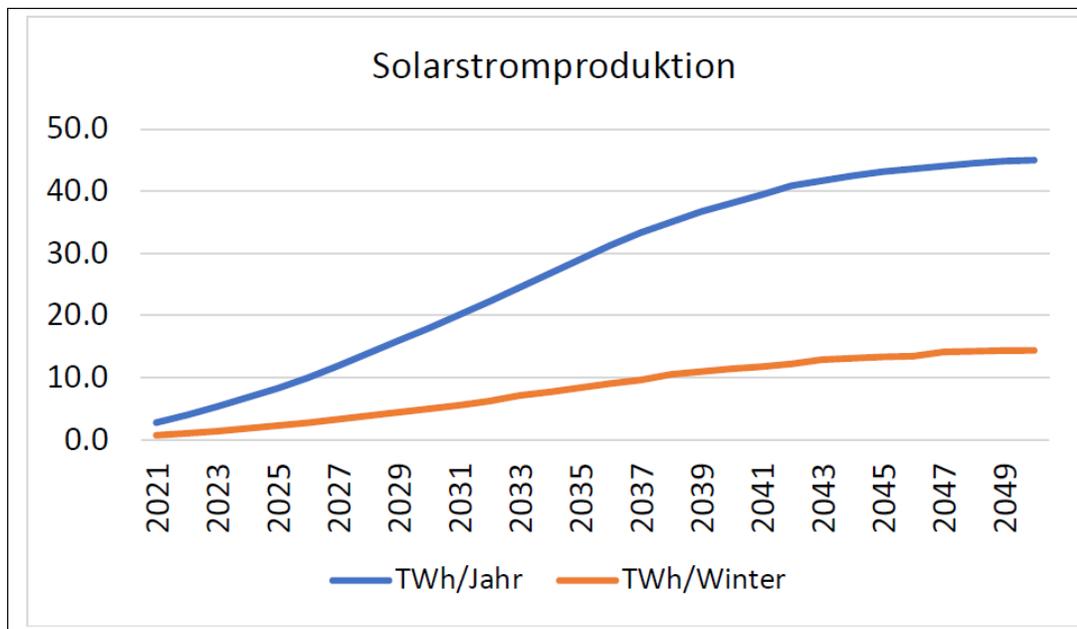
Wichtige Postulate im Ständerat ohne Erfolg:

- Festlegung eines Mindestinlandanteils
 - Statt fragwürdige Kompensationen
- Erhöhung der CO2 Abgabe
- Erhöhung Teilzweckbindung
- Sanierungen versus Neubauten bevorzugen
- Fördermittel für Ladestationen, Solarthermie

Übersicht

- Repetitorium der letzten Vorlesung
- Energiewirtschaftliche Massnahmen des Parlaments
- Fokus Dezentralisierung und Winterstrom
- Instrumente der Umwelt- und Klimapolitik

Für mehr Winterstrom braucht es fokussierte Massnahmen



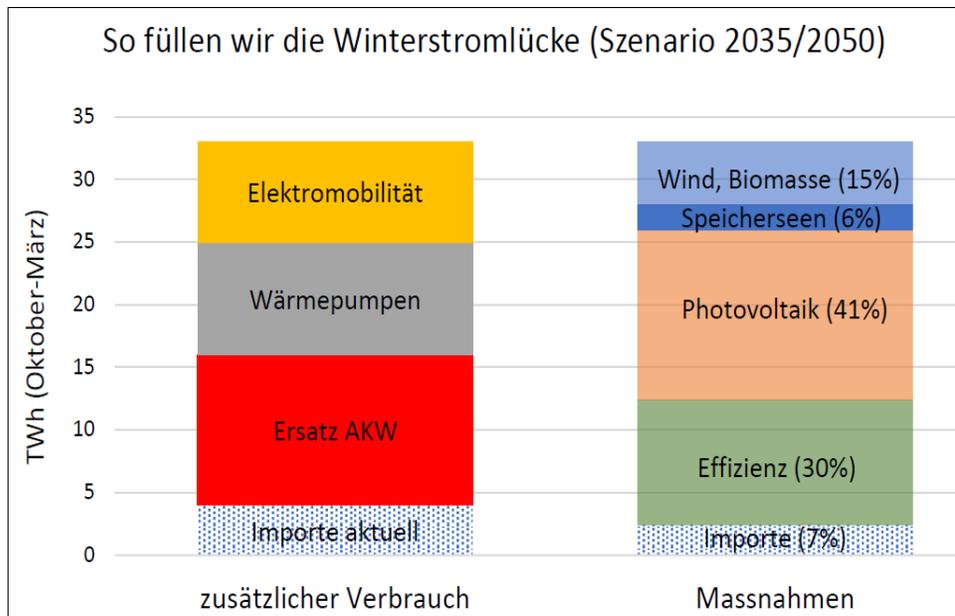
- **Solarstromproduktion gemäss den Ausbauzielen im Mantelerlass**
- **Winterstrom-Anteil lässt sich weiter steigern**
 - alpine Solarkraftwerke (**Höhenbonus ab 1500 m in Kraft**)
 - Fassadenanlagen: Bewilligungsbefreiung (**im Mantelerlass geplant***)
 - Neigungswinkelbonus (**seit 2023 in Kraft**)
- **Nötig: Beschleunigte Bewilligungsverfahren**
 - Eignungsgebiete für grosse Energieerzeugungsanlagen sollen definiert werden; dort vereinfachter Bau
 - Biomasseanlagen und PV Anlagen bei Parkings zonenkonform, keine Baubewilligungspflicht für Fassaden PV
- **weitere grosse Potenziale:**
 - **Effizienz: Ersatz Elektro-Widerstandsheizungen durch Wärmepumpen**
 - **Importe von Stromüberschüssen aus dem Ausland, insbesondere Windkraft**

RPG Art. 18a Abs. 1 erster Satz und 2bis

1 In Bau- und in Landwirtschaftszonen bedürfen auf Dächern oder an Fassaden genügend

angepasste Solaranlagen keiner Baubewilligung nach Artikel 22 Absatz 1. ...

Versorgungssicherheit dank alpinen Anlagen, mehr Stromeffizienz, mehr Windkraft & Biomasse



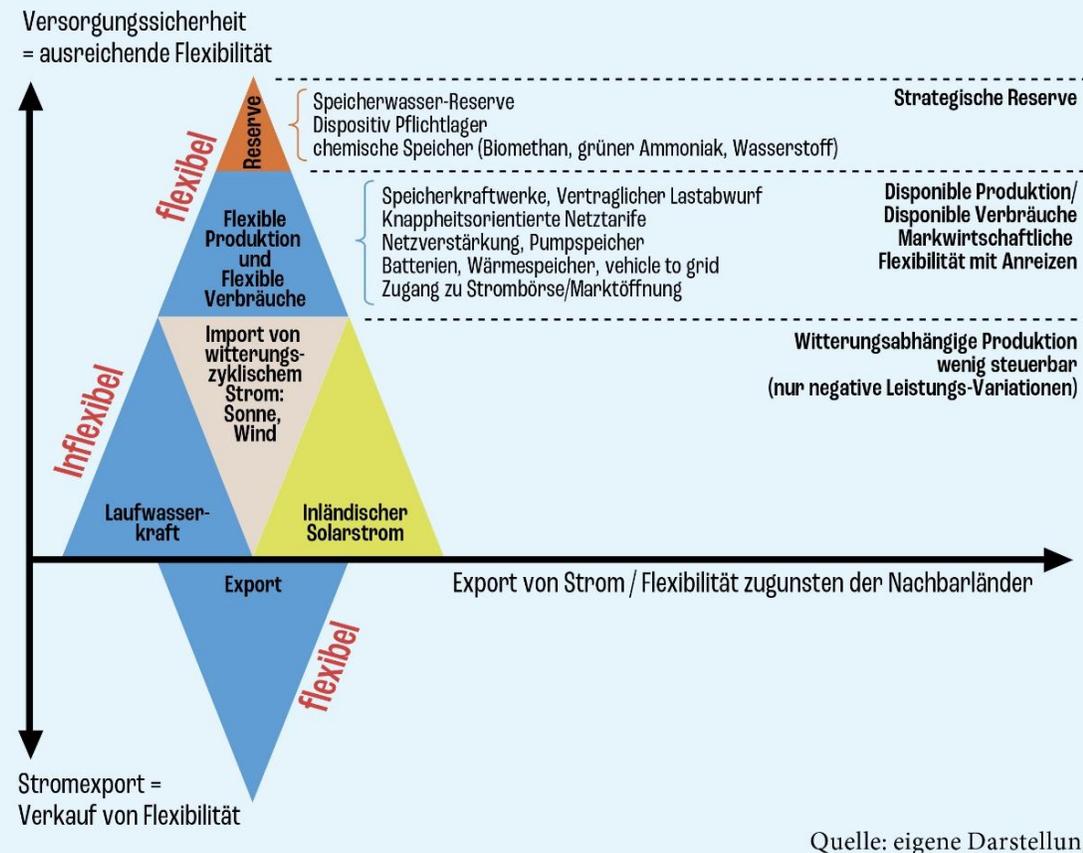
«Mit einer Kombination von Stromeffizienz und zusätzlicher Produktion aus erneuerbaren Energien lässt sich der zusätzliche Strombedarf decken».

Quelle: Swissolar: Die Rolle der Photovoltaik bei der Schliessung der Winterstromlücke

- **Neu: OV-Freiflächenanlagen standortgebunden**
 - in wenig empfindlichen / belasteten Gebieten,
 - sofern Erschliessung / Netzanschluss verhältnismässig
 - Wenn keine Beeinträchtigung landwirtschaftlicher Interessen,
 - Rückbaupflicht
- **Windenergieanlagen von nationalem Interesse im Wald standortgebunden, sofern strassenmässige Erschliessung vorhanden**
- **Ausscheidung geeigneter Gebiete / Gewässerstrecken für Wind, Wasser und neu auch Photovoltaik im kantonalen Richtplan**
- **nationales Interesse geht Interessen von kantonaler, regionaler und lokaler Bedeutung vorgeht (Art. 12 Abs. 2, 3 und 4 EnG sowie Art. 13 Abs. 3)**
- **abgekürzte Bewilligungsverfahren**

Stromhandel und Dispositiv mit Pflichtlager statt Autarkie

Dispositiv für eine abgesicherte Versorgungssicherheit



Schutzmassnahmen sind ergriffen und werden verstärkt:

- **Stärkung der Stromerzeugung im Winterhalbjahr**
- **Speicherwasser-Reserve**
- **Gaskraftwerke als strategische Reserve**
- **Chemische Speicher:**
 - **Gaslagerstätten mit Biomethan aus Wasserstoff**
 - **Grüner Ammoniak**
 - **Wasserstoff**
- **Speicher und Saisonspeicher**

Es ist nicht so, dass die EU generell keinen Strom mehr liefert. Es kann aber bei Engpässen und im schlimmsten Fall zu temporären Liefersperren oder -Ausfällen kommen.

Versorgungssicherheit entsteht durch die Kombination aus witterungsabhängigen erneuerbaren Energien und «Flexibilitäten». Steuerbar und flexibel sind Wärmespeicher, Stromspeicher und Verbräuche von Geräten und Anlagen, die nicht ununterbrochen in Betrieb sein müssen.

Schweiz ist privilegiert dank grossen alpinen Stauseen

Mehr Leistung von bestehenden Staubecken



Quelle: Nant de Drance / Emosson

Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance
 Leistung: 900 MW
 Baubeginn: 2008, Inbetriebnahme: 2017
 Kosten: 1,8 Mrd. Fr.

Staubecken Vieux Emosson
 heute: 13,5 Mio. m³
 künftig: 25 Mio. m³
 Stauhöhe: 2225 m ü. M.
 Staumauer wird von 45 m
 auf 65 m erhöht

Stausee Emosson
 227 Mio. m³
 1930 m ü. M.
 Bogenmauer
 180 m hoch

Kavernenzentrale
 1695 m ü. M.
 6 Turbinen: je 150 MW

Hauptstollen nach Châtelard (5,6 km):
 Transport Baumaterial, Installation

Druckstollen

Châtelard →



Europa: Speicherkapazitäten einiger Länder

	AT	CH	DE	NO	SE
Kapazität von Wasserkraftwerken [MW]	12.919	13.728	9.790	31.004	16.735
- Speicherwasserkraftwerke	3.744	8.078	335	23.405	10.802
- Pumpspeicherkraftwerke	3.781	1.839	6.521	1.344	108
- Laufwasserkraftwerke	5.395	3.810	2.934	6.255	5.825

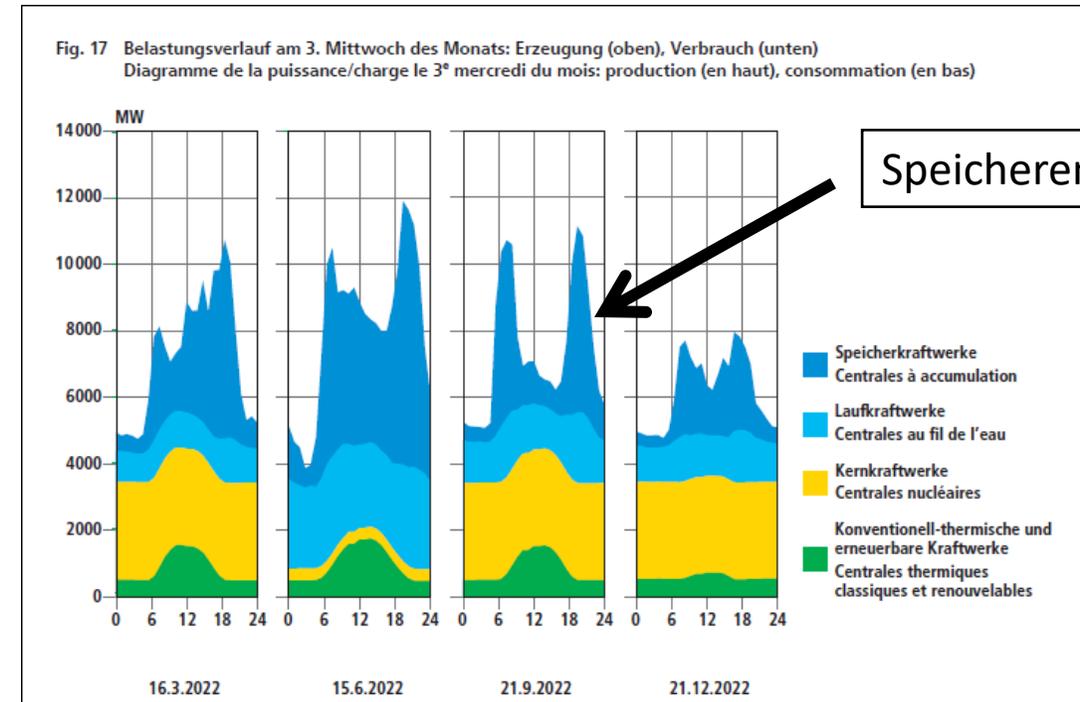
Stauseen erleichtern Integration von Wind- und Sonnenstrom

Ausbau der erneuerbaren Energien schont die Reserven

Zu jeder Tages- und Jahreszeit

- **schonen Wind- und Solarstrom die Entnahme von Reserven aus den Speicherseen (hellblau)**
- **verbessert die Versorgungssicherheit**
- **ersetzt Kohle-, Gas- oder Atomstrom**

Aber: Speisung bzw. Stauung von Stauseen erfordern ausreichende Produktion.



Solarstrom kann sehr viel Strom im Winterhalbjahr liefern

PV-Anlage Mont Soleil



Beispiel Mont Soleil
Seit 1992 zuverlässig in Betrieb

Winteranteil

40% !

der Jahresproduktion

**deutlich mehr als die meisten alpinen
Laufwasserkraftwerke**

Bild: BKW

Die PV-Anlage auf dem Mont Soleil (560 kW) nahm im Februar 1992 als damals grösste Photovoltaikanlage Europas den Betrieb auf. der Produktionsanteil im Winterhalbjahr beträgt 40 Prozent. Sie lieferte im 28. Betriebsjahr (2020) 685'000 kWh Elektrizität.

Weitere Potenziale: Stauseen und Lawinengebäude

Pilotanlage Lac des Toules (1800 m über Meer)



Quelle: Romande énergie, zVg

Die Pilotanlage mit 448 kW Leistung operiert mit bi-fazialen Zellen und liefert einen spezifischen Ertrag von mehr als 1800 kWh/kW.

Photovoltaik an Lawinengebäuden



Quelle: Ruedi Lehmann/ ee-News

Solarmodule mit steiler Ausrichtung an Lawinengebäuden könnten sehr viel Winterstrom liefern. An hochalpinen Lagen führt dies zu erhöhten Installations- und Netzanschlusskosten.



Foto: Romande énergie

Bifaziale Solarzellen: Mehrproduktion im Winterhalbjahr

Vertikale Solarstromanlage auf Flachdach mit Begrünung

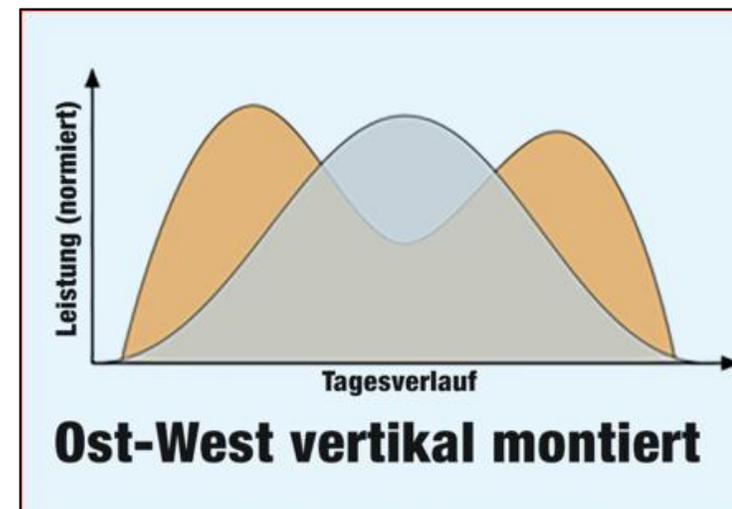


Bifaziale Solarzellen ohne Bodenversiegelung dank vertikaler Konstruktion: mehr Strom an den Tagesrändern

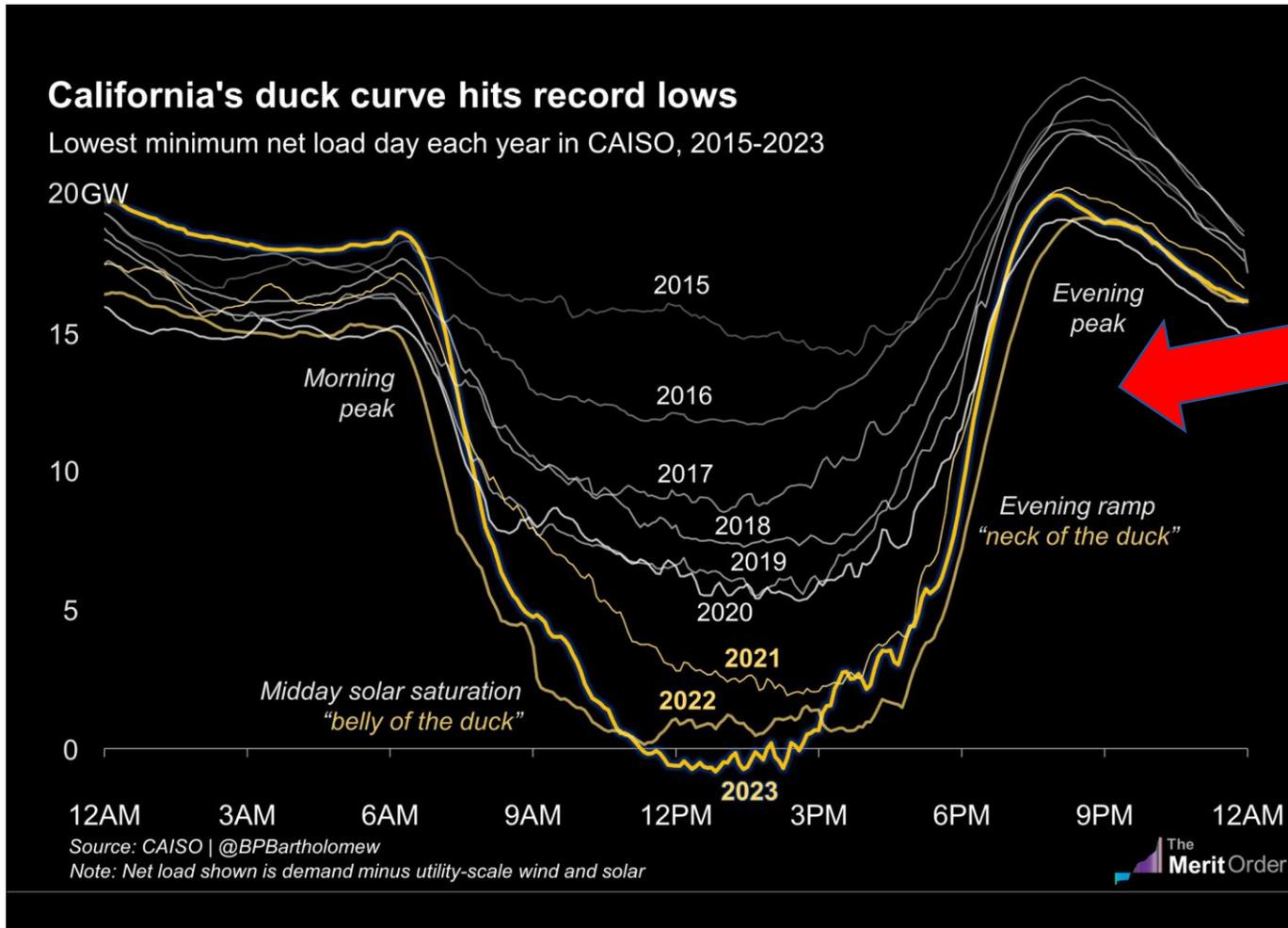
Bifaziale Solarmodule als Zaun



Möglichkeiten für vertikale bi-faziale Module entlang von Strassen, Bahngeleisen oder Feldwegen (im Bild: Farm in Irland) gibt es reichlich.



Warum braucht es sichere Vergütungen? Weil erneuerbare Energien Preisnehmer sind

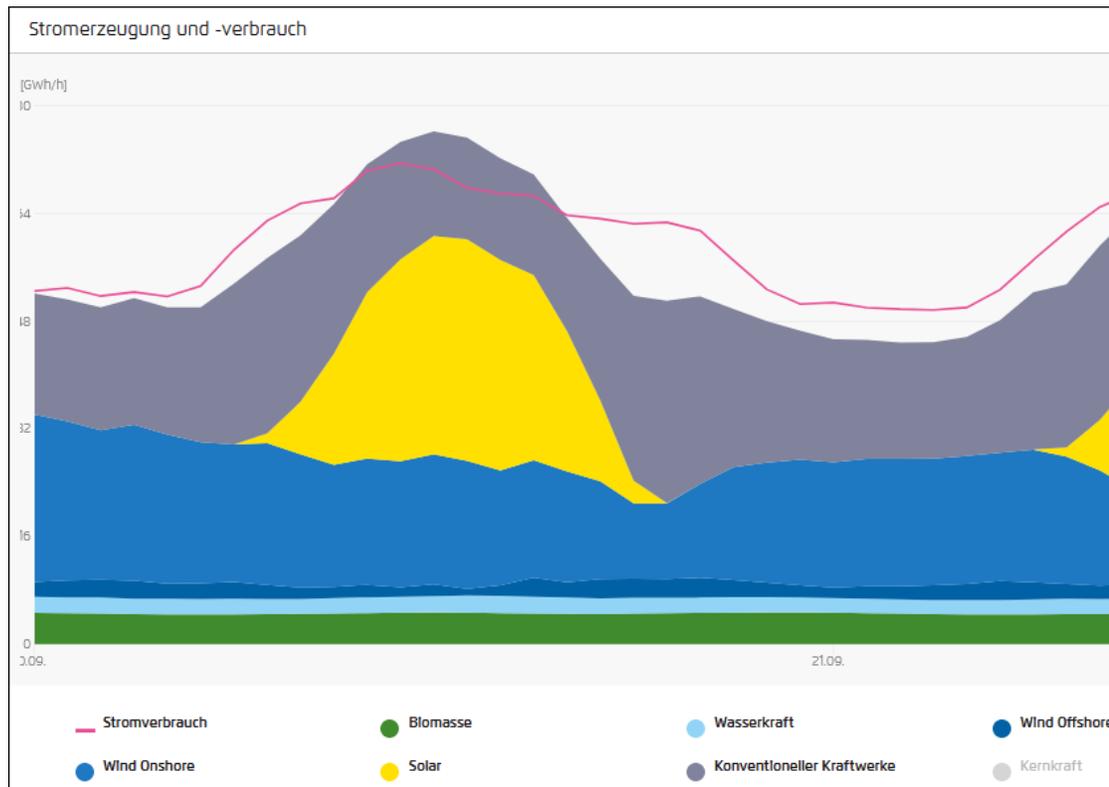


Beispiel

Kalifornische **Ente**

Nullpreise oder negative
Preise am Mittag

Wetterabhängige Schwankungen erzeugen Preisschwankungen: Beispiel D, 21.Sept.2023



Lion Hirth [@LionHirth](#) · 20. Sep.

We have an abundance of electricity during the next 7 hours.

Consumers should pay nothing for power.

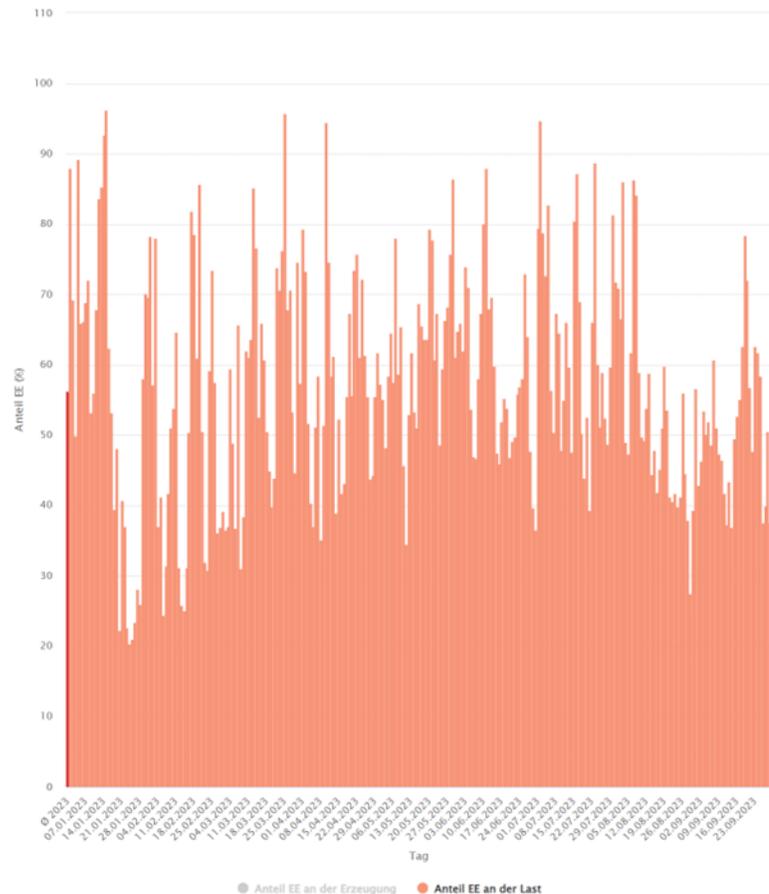
But there is plenty of regulatory clutter in the way of demand-side flexibility:

- static retail tariffs & old meters
- static grid fees
- subsidies for constant consumption

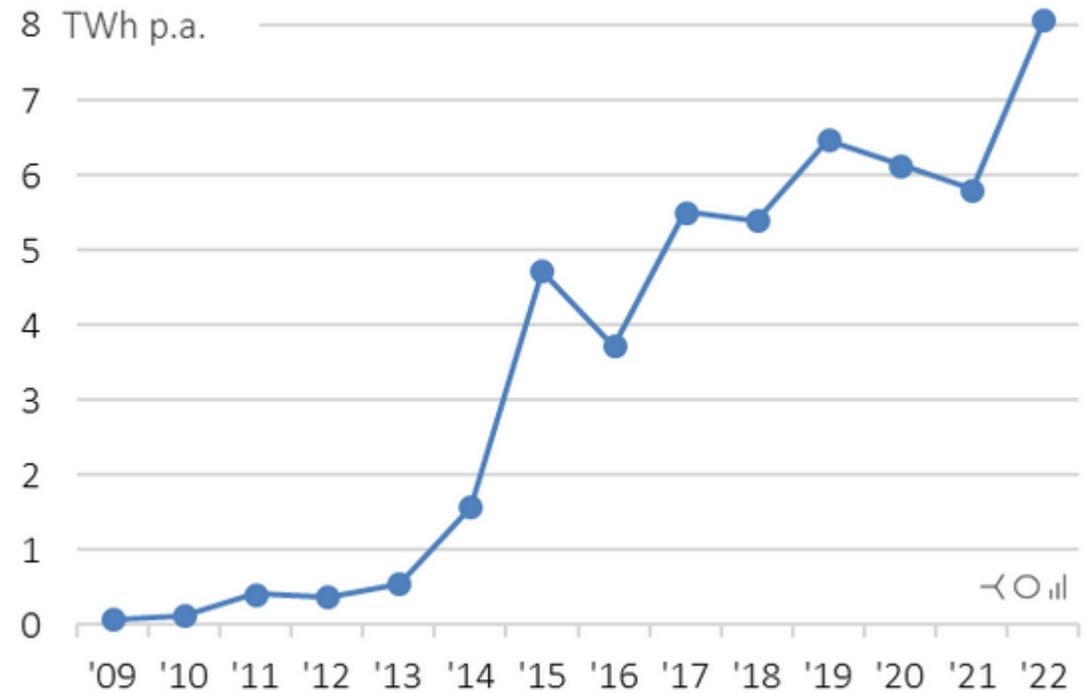


Produktionsspitzen ohne Speicher führen zu wachsender Abregelung

Täglicher Anteil Erneuerbarer Energien an der öffentlichen Nettostromerzeugung in Deutschland 2023
Energetisch korrigierte Werte



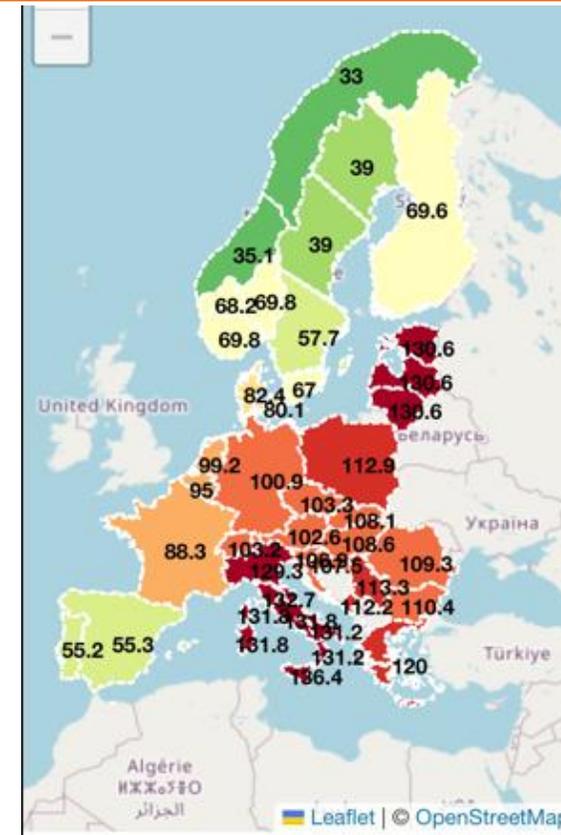
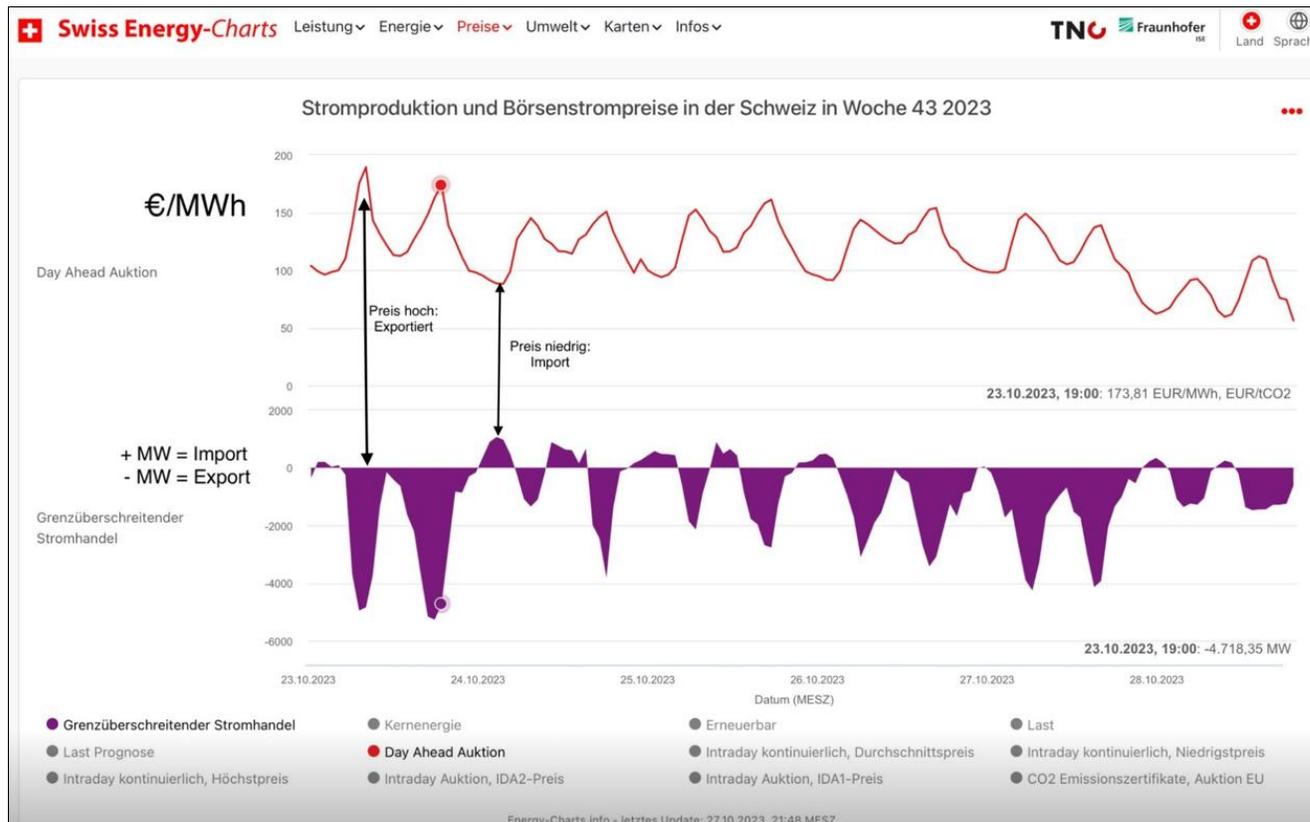
EE-Abregelung in Deutschland



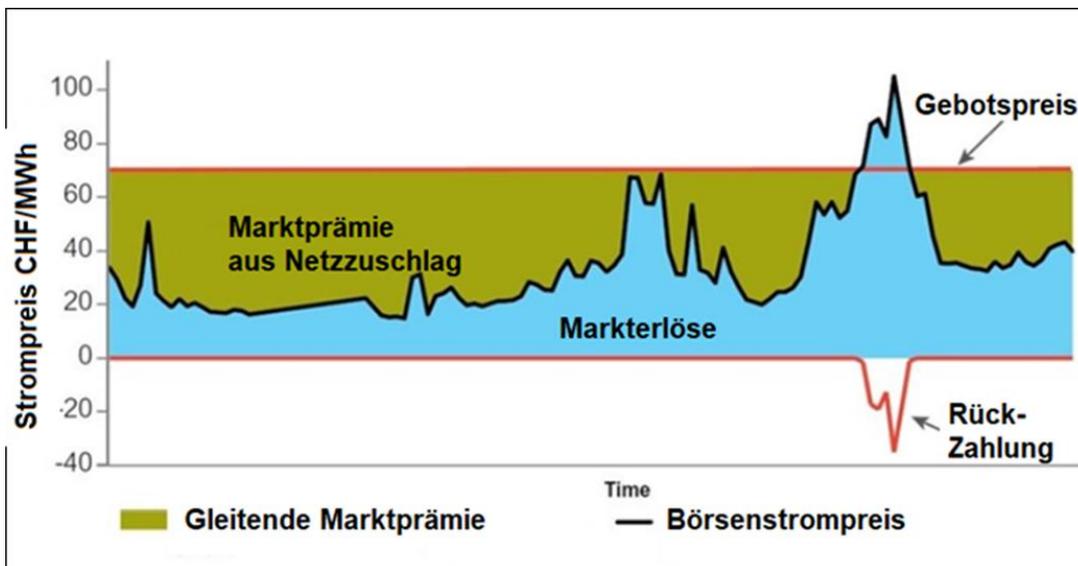
Strommarkt ist der grosse Integrator & bringt Gewinn, aber gelingt nur mit Ausbau der Netze

Stromhandel: der Strom fliesst dorthin, wo die Nachfrage grösser ist als das Angebot (=hoher Preis) und dies führt zu einer Angleichung der Strompreise.

Grosse Preis-Differenzen, weil begrenzte Netzkapazitäten den Handel einschränken



Entscheidende Verbesserungen im «Mantelerlass» gegen das Marktwertrisiko



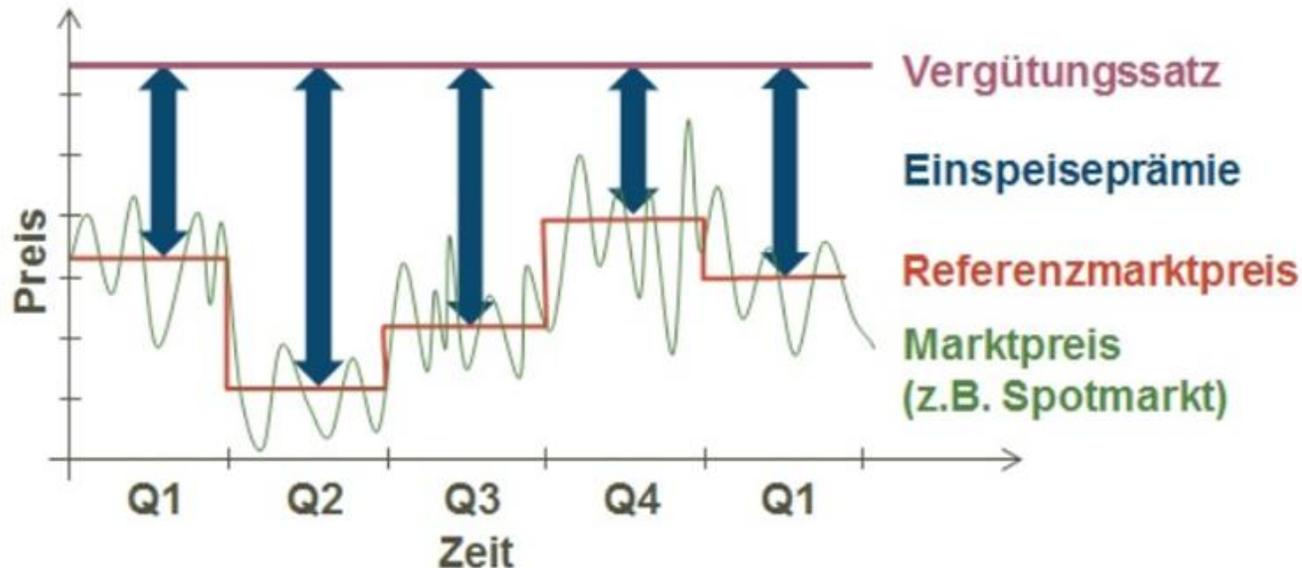
- **Freie Wahl zwischen Investitionsbeitrag und gleitender Marktprämie für grössere Anlagen**
- **Auktionen bei der Photovoltaik:**
 - nur wettbewerbsfähige Anlagen.
 - Anspruch auf Vergütungsgarantie zum Gebotspreis
 - Segmentierung möglich nach Standort
 - Zum Beispiel Parkplätze, Dächer,
- **Auktionen auch für Reservehaltung Wasserkraft**

Minimale Abnahmepreise für Anlagen, die nicht an den Auktionen teilnehmen (PV < 150 kW) *

* «Die Vergütung für Elektrizität aus erneuerbaren Energien richtet sich nach dem vierteljährlich gemittelten Marktpreis zum Zeitpunkt der Einspeisung. Der Bundesrat legt für Anlagen bis zu einer Leistung von 150 kW Minimalvergütungen fest. Diese orientieren sich an der Amortisation von Referenzanlagen über ihre Lebensdauer.» (Artikel 15 Absatz 1 bis EnG)

Vergütungssicherheit für 15-20 Jahre zum Gebotspreis

Wie wird die «gleitende Marktprämie» berechnet?



- Liegt der Marktpreis höher als der Gebotspreis, fließt Geld in den Netzzuschlagsfonds zurück.
- Liegt der Marktpreis unter dem Gebotspreis, zahlt der Netzzuschlagsfonds die Differenz.
- Marktpreis + Marktprämie ergeben zusammen eine garantierte Gesamtvergütung (Rp/kWh).

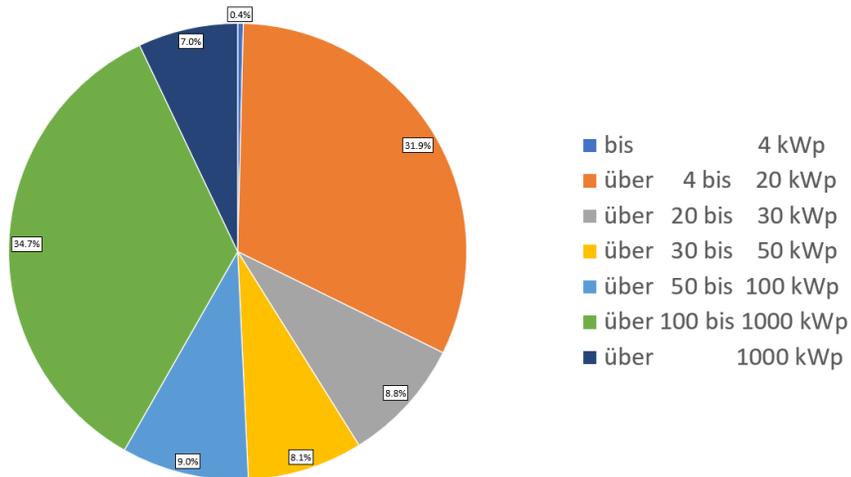
- Voraussetzung für die Marktprämie ist der Zuschlag in der Auktion zum Gebotspreis
 - Referenzmarktpreis (rot) wird als Durchschnittspreis aus dem Tagespreis errechnet:
 - Für PV-Anlagen gilt
«Der Referenz-Marktpreis für Elektrizität aus Photovoltaikanlagen entspricht dem Durchschnitt der Preise, die an der Strombörse in einem Vierteljahr jeweils für den Folgetag für das Marktgebiet Schweiz festgesetzt werden, gewichtet nach der tatsächlichen viertelstündlichen Einspeisung der lastganggemessenen Photovoltaikanlagen.“ (Art. 15 EnEV)
 - Für alle übrigen Technologien:
«Der Referenz-Marktpreis für Elektrizität aus den übrigen Technologien entspricht dem Durchschnitt der Preise, die an der Strombörse in folgendem Zeitraum jeweils für den Folgetag für das Marktgebiet Schweiz festgesetzt werden:
a. für lastganggemessene Anlagen: in einem Monat;
b. für nicht lastganggemessene Anlagen: in einem Vierteljahr»
- In den Monaten Dezember bis März kann der Betreiber 10 bis 40 Prozent des übersteigenden Teils einbehalten. (Artikel 29d Absatz 3 EnG)

Nur ein kleiner Teil der Produktion wird zum Spotpreis gehandelt, es dominieren oft langfristige Bezugsverträge von Netzbetreibern und Grossverbrauchern.
Betreiber können auch nur für einen Teil der Produktion eine gleitende Marktprämie beantragen.

Wenige Grossanlagen in CH – auch «Grossanlagen» sind klein

Bedeutendes Kostensenkungspotenzial auf Infrastruktur-Flächen des Bundes

Verteilung der neu installierten PV-Leistung 2022
in Prozent nach Anlagengrösse



Entwicklung der Marktsegmente in MW nach Grösse der Anlagen



- Hoher Anteil kleiner Dachanlagen
 - eher hohe spezifische Kosten
 - Aber dank Eigenverbrauch immer noch rentabel
- Billigere PV auf Infrastrukturen wenig genutzt:
 - Parkplätze, flächige Verkehrs-Infrastrukturen (SBB, Strassen)
- Freiflächenanlagen umstritten
- PV-Mutzung auf Infrastrukturen Bund seit 2022 gesetzlich verankert.

Grosse PV-Anlagen = billige PV-Anlagen

Bau von Grossanlagen > 1 MW beginnt nun dank Nutzung von Infrastrukturen

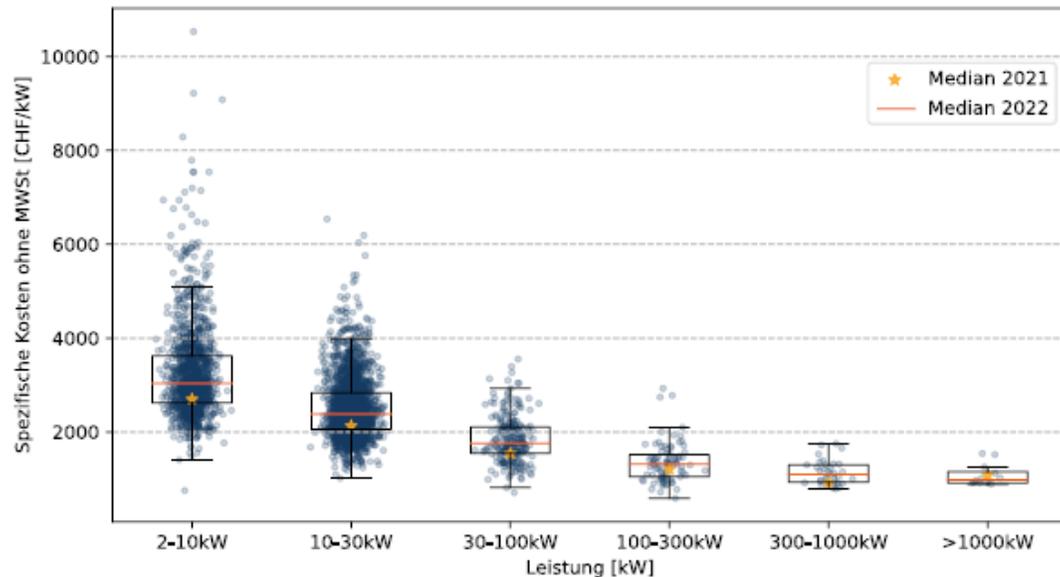


Abbildung 15: Spezifische Kosten (ohne MWST) von Aufdachanlagen als Boxplots nach Leistungsbereich. Der orangefarbene Balken kennzeichnet den Medianwert der spezifischen Kosten für den jeweiligen Bereich im Jahr 2022, der Stern den Medianwert 2021. Die Ränder der Box stehen für die 25%- und 75%-Quartile, was bedeutet, dass sich 50 % aller Daten innerhalb des betreffenden Intervalls befinden.

Leistungsbereich [kW]	Anzahl der Einrichtungen	Spezifische Kosten [CHF/kW]				
		Min	25%	Median	75%	Max
2-10	1253	748	2623	3032	3619	10533
10-30	2319	1012	2055	2384	2833	6537
30-100	246	706	1542	1759	2100	3552
100-300	86	585	1042	1312	1513	2927
300-1000	35	788	928	1097	1296	1750
>1000	12	886	914	982	1154	1538

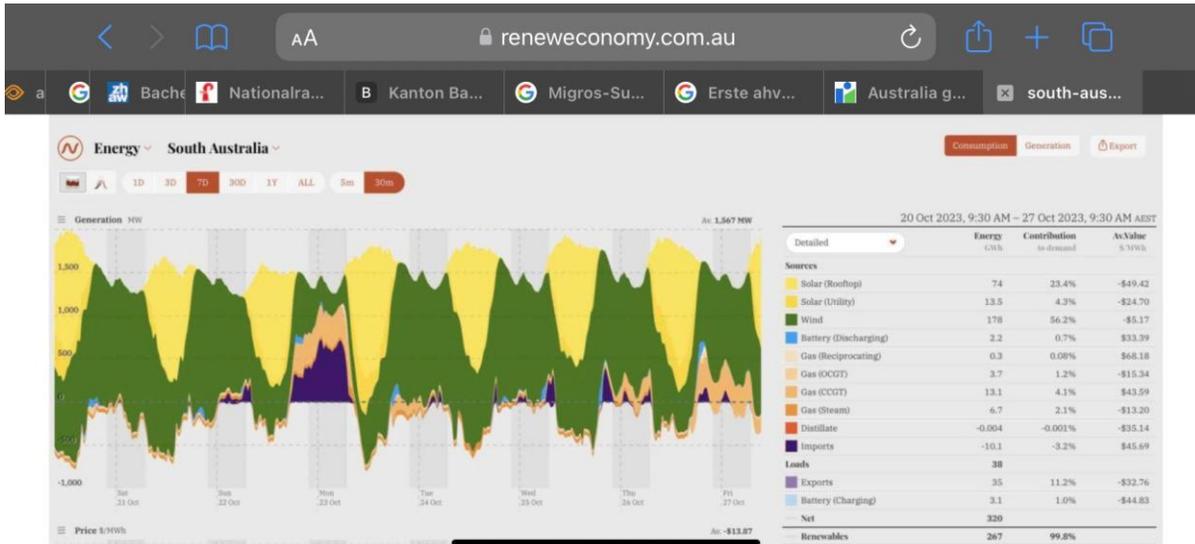
Neue Regelung im Energiegesetz ab 2025:

«Art. 45b An den Infrastrukturen der Bundesverwaltung und der bundesnahen Betriebe sind geeignete Flächen solaraktiv auszurüsten. Infrastrukturoberflächen, die nicht genutzt werden, sind an private Organisationen, Unternehmungen oder Personen zur Nutzung zur Verfügung zu stellen.

2 Der Bundesrat regelt die Ausnahmen, insbesondere wenn das Erstellen einer Solaranlage:

- anderen öffentlich-rechtlichen Vorschriften widerspricht;
- technisch nicht möglich ist; oder
- wirtschaftlich unverhältnismässig ist.»

Wind und Sonne wachsen exponentiell und füllen die Netze (Bild links)
 Sie verdrängen Kohle, Gas und Atom (rechts) → weniger Bandenergie



Beispiel Bundesstaat South Australia, Woche vom 20. bis 27. Oktober 2023

Wind (grün)

Sonne (gelb)

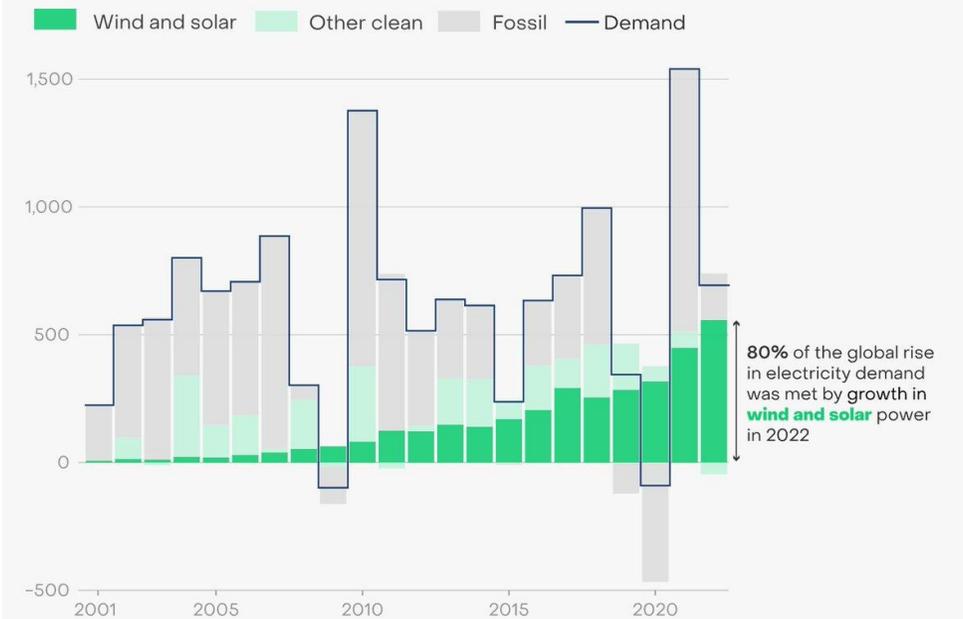
Batterien (blau, noch gering, aber stark wachsend)

Gaskraft (orange) nur noch selten

Exporte (violett) erheblich

Wind and solar are closing the gap on growing electricity demand

Annual change in electricity generation (TWh)



Source: Annual electricity data, Ember

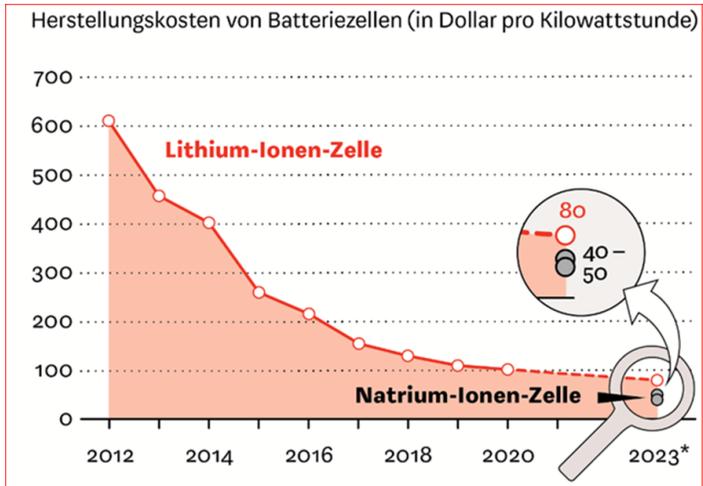
EMBER

Schlussfolgerungen

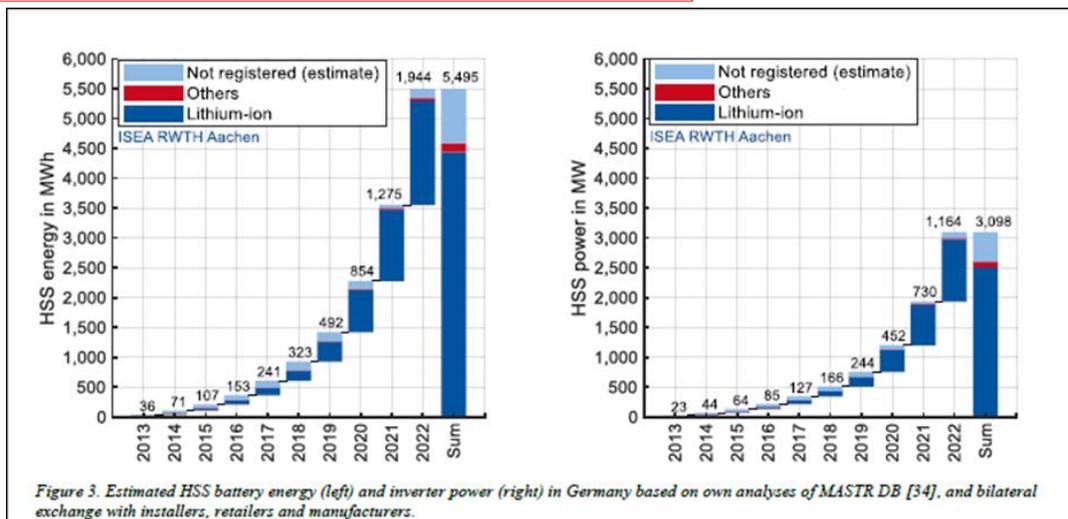
Mantelerlass und Versorgungssicherheit

- **Referendum/Volksabstimmung Mantelerlass bringt Klärung:**
 - **Ausbau oder Stagnation**
 - Annahme bedeutet zusätzliche inländische Stromerzeugung um **30 bis 40 TWh bis 2040**
 - Schliessung der Versorgungslücke und Ersatz des Atomstroms (AKWs produzierten 2021/22 zwischen 18 und 23 TWh/a)
- **Ausbau Wind und PV wird die Strompreise beeinflussen (Nullpreise am Mittag).**
 - PV-Erzeugung muss integriert werden.
 - Dafür braucht es **Batterien und Wärmespeicher, ein dynamisches Tarifsysteem**, das die witterungsbedingten Knappheiten preislich abbildet und weitere Speicher (zB. Stauseen) sowie mehr Vernetzung nach Norden und Süden
- **Abdeckung der Nachtstunden mittels Batterien**
 - schon die Speicherseen bis weit in den Herbst
 - Entlastet die Hochspannungsnetze
 - Damit bleiben mehr Energiereserven für den Hochwinter (Dez/Jan).
- **Batterien**
 - Hausbatterien (dezentral)
 - Fahrzeugbatterien (gekoppelt an Ladeinfrastruktur)
 - Quartierbatterien (Netzbetreiber als Akteur)
 - Batterien in der Nähe von Kraftwerken

Der reale «game changer» sind die Batterien von Elektrofahrzeugen



- **Exponentielles Wachstum**
 - Verdoppelung weltweit alle zwei Jahre
- **Sie sind real existent**
 - Nahe beim Verbrauch
- **Mehrere Anwendungen**
 - stationär
 - Second life: Wiederverwertung von alten Autobatterien als stationäre Batterien
 - Vehicle to grid, Rücklieferung von Fahrzeug



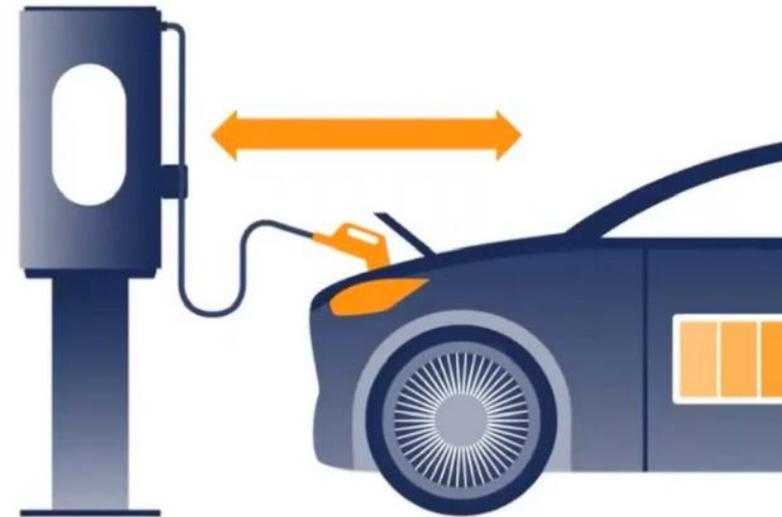
Der reale «game changer»: neue Elektrofahrzeuge mit Batteriespeichern

	Vollelektrifizierung CH Fahrzeugflotte			Wasserkraft CH		second life Batteriemarkt	
		Gesamtleistung Batterien CH		Gesamtleistung und Energieproduktion		Angebot bei 20% Rücklauf	
Vergleich	Fahrzeugbestand CH						
Leistung	3400'000	1'156	GW	11	GW	231.20	GW
Energie	3400'000	255	GWh	8'900	GWh	51.00	GWh

- Batterien als „Schweizer Sackmesser der Elektrizitätswirtschaft“
- Reagieren extrem schnell, können Energie aufnehmen, abgeben, Spannungshaltung und Frequenzkontrolle sicherstellen
- **Elektrifizierung Fahrzeugbestand erhält eine enorme Leistung (> 1000 GW)**
- **Etwa das 50-Fache im Vergleich mit allen bestehenden Wasserkraftwerken (Gesamtleistung CH 14 GW)**
- Durchschnittliche Fahrstrecke < 50 km/d, aber Reserve für > 350 km
- Bescheidene Energietiefe (ca. 250 GWh/ 4 h auf Nennleistung) im Vergleich mit Speicher-Wasserkraft (ca. 8800 GWh) aber etwa das Zehnfache des AKW Leibstadt an Strom aufnehmen und abgeben (ca. 25 GWh/Tag)
- Müssen regelmässig [täglich/wöchentlich] erneut beschickt werden.
- **Ergänzend notwendig für lange Zyklen: Langzeitspeicher (H2, Methan, Wasser-Speicherkraftwerke)**

was ist bidirektionales Laden?

- **Bidirektionales Laden** bedeutet, dass ein Fahrzeug nicht nur geladen sondern auch wieder entladen werden kann über den gleichen Stecker.
- Sinnvoll oder nicht?
 - Ein Auto steht im Schnitt 90% bis 95% seiner Lebenszeit.
 - Ein heutiges Elektroauto kann bis über 500 km fahren, aber im Schnitt wird 40 km am Tag gefahren.

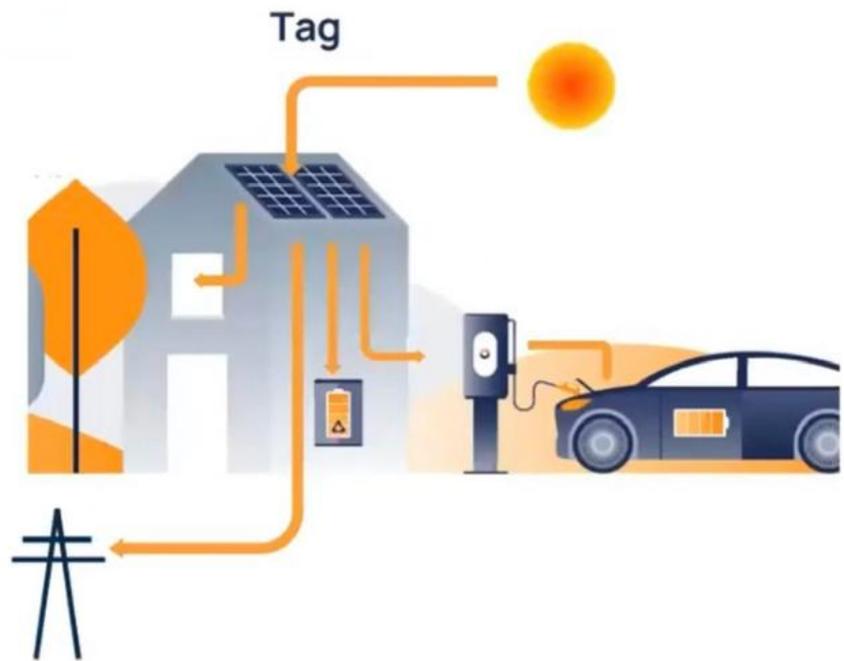


- Folgende Fahrzeuge sind bidirektional über den **CHAdeMO**-Stecker
 - Mitsubishi
 - i-MiEV
 - Outlander
 - Eclipse Cross
 - Nissan
 - Leaf, ab 2013
 - e-NV200
 - Peugeot
 - iOn
 - Citroen
 - C-Zero
- Folgende Fahrzeuge sind bidirektional über den **CCS**-Stecker
 - Honda E

- Voraussichtlich ab nächstem Jahr
 - Hyundai Ioniq 5, Kia
 - VW ID-Serie
 - Audi Q4 e-tron
 - Seat Cupra Born
 - Skoda Vision E und iV
 - Skoda Enyaq iV
 - Evtl. Volvo
 - Evtl. Renault
 - Usw.

Was ermöglicht bidirektionales Laden?

- Bidirektionales Laden ermöglicht, dass man die Batterie eines Fahrzeuges als Zwischenspeicher, quasi also grosse Powerbank, nutzen kann.
- Dies ermöglicht z.B. die Eigenverbrauchsoptimierung im EFH



Ist dann nicht die Batterie leer?

- Nein, heutige Elektro-PKWs können ein Vielfaches an Energie speichern, welche in einem EFH in einem Tag benötigt wird.
- Potential:
 - ◀ • 100'000 Fahrzeuge haben eine Leistung von einem AKW



4,6 Mio. Fahrzeuge elektrifiziert verfügen über die Leistung von 46 grossen Kernkraftwerken

Bi-direktionales Laden ist freiwillig, kann aber wirken: Beispiel digitale Steuerung

Die sun2wheel-App «V2X-Controller»



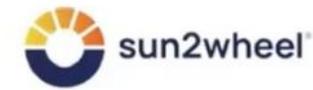
Schnelle Registrierung
und Anmeldung



Das Wichtigste auf einen
Blick, inkl. Statistiken



Einfache Steuerung und
Programmierung



Highlights:

Schnelle Auswahl der **Lade-Modi**.

Einstellung der **Mindest-Lademenge** Ihres Fahrzeuges, für jeden Wochentag