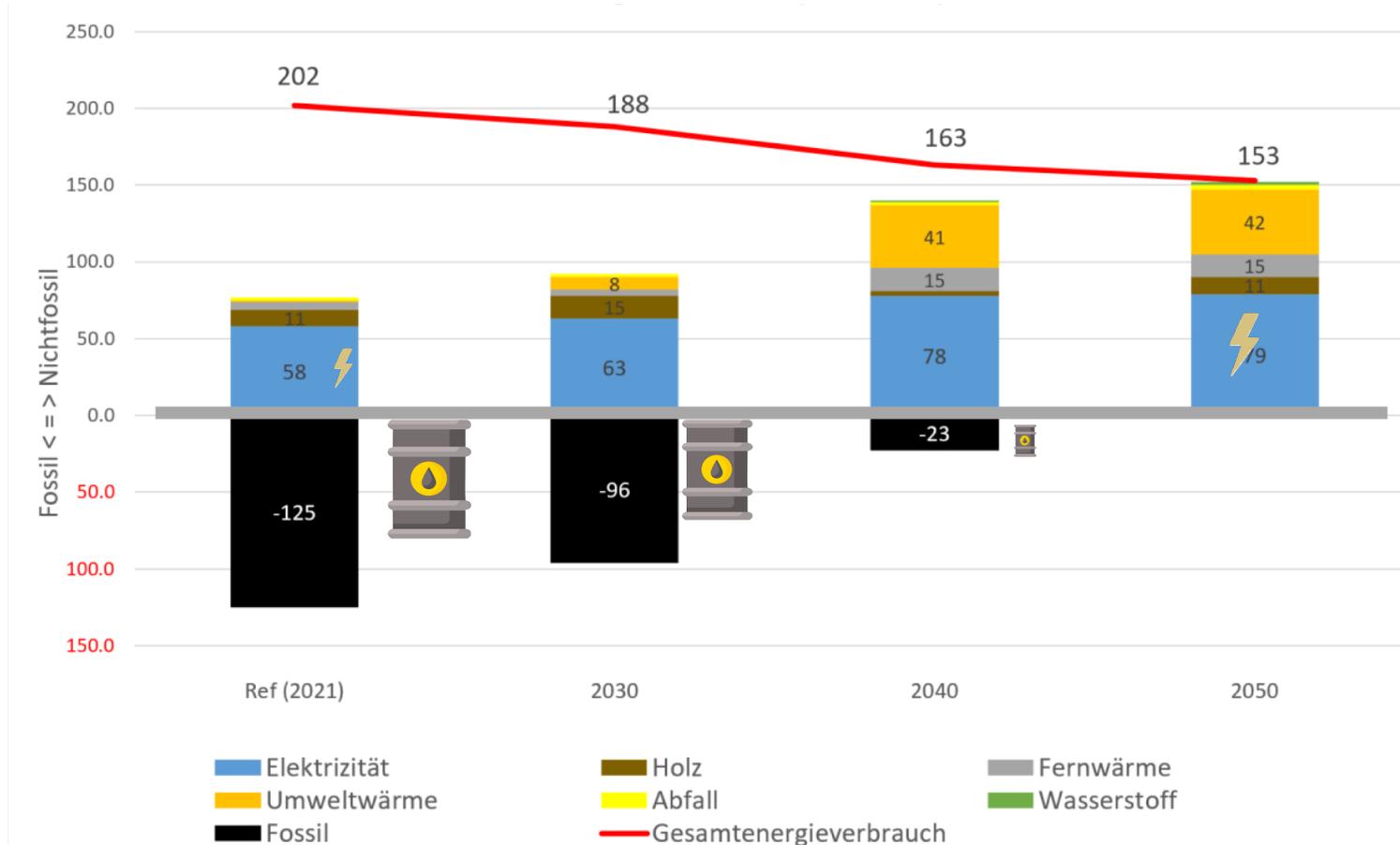


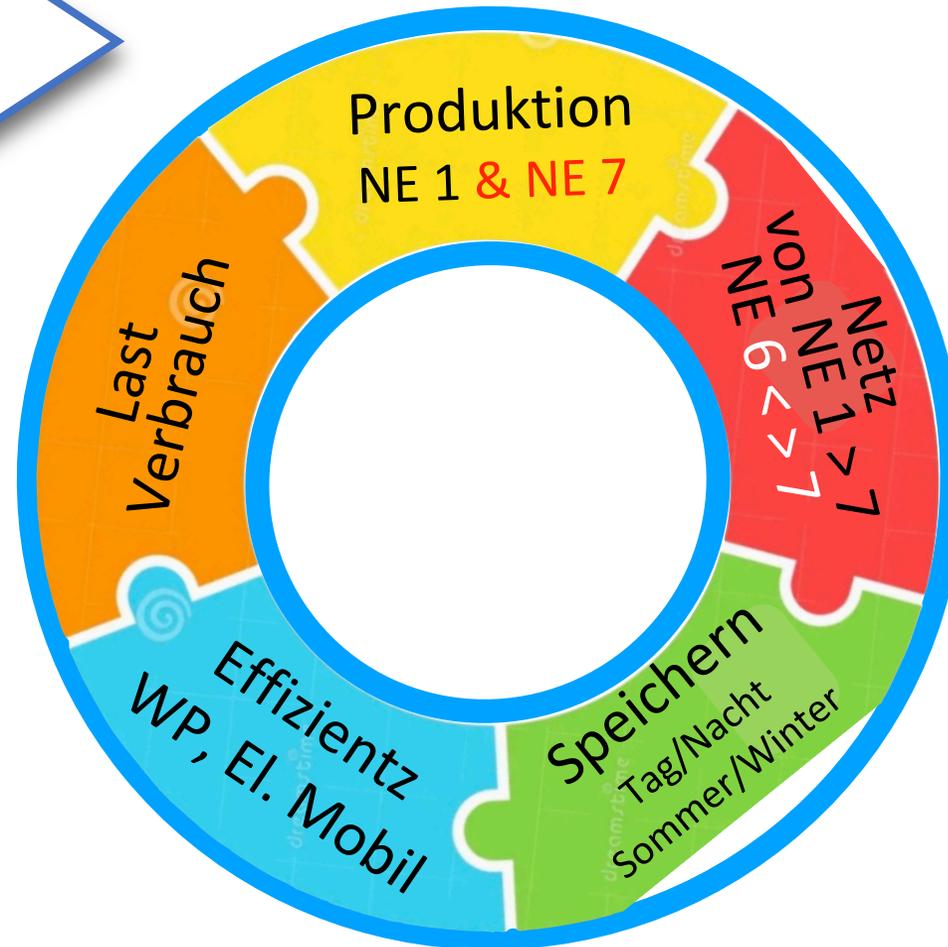
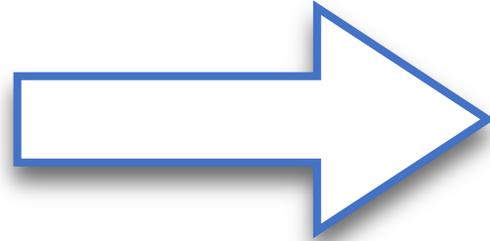
- Mehr Energieproduktion für die Energiewende?
- Energiewende im Stresstest!
- Entwicklung der Schweizer Photovoltaik Produktion?
- Gedankenexperiment Strom ohne Atom 2045?
- 50 GW PV Flächenbedarf? und die Netz Einbindung?
- Stromspeicher nach wirtschaftlicher und zeitlicher Machbarkeit?
- Warum das Dream-Team Solarstrom und Wasserkraft?
- Bedeutung der Elektromobilität für die Stromversorgungssicherheit?
- Thesen zur Versorgungssicherheit und zur Energiewende

Endenergieverbrauch [TWh/Jahr] 2021 - 2050



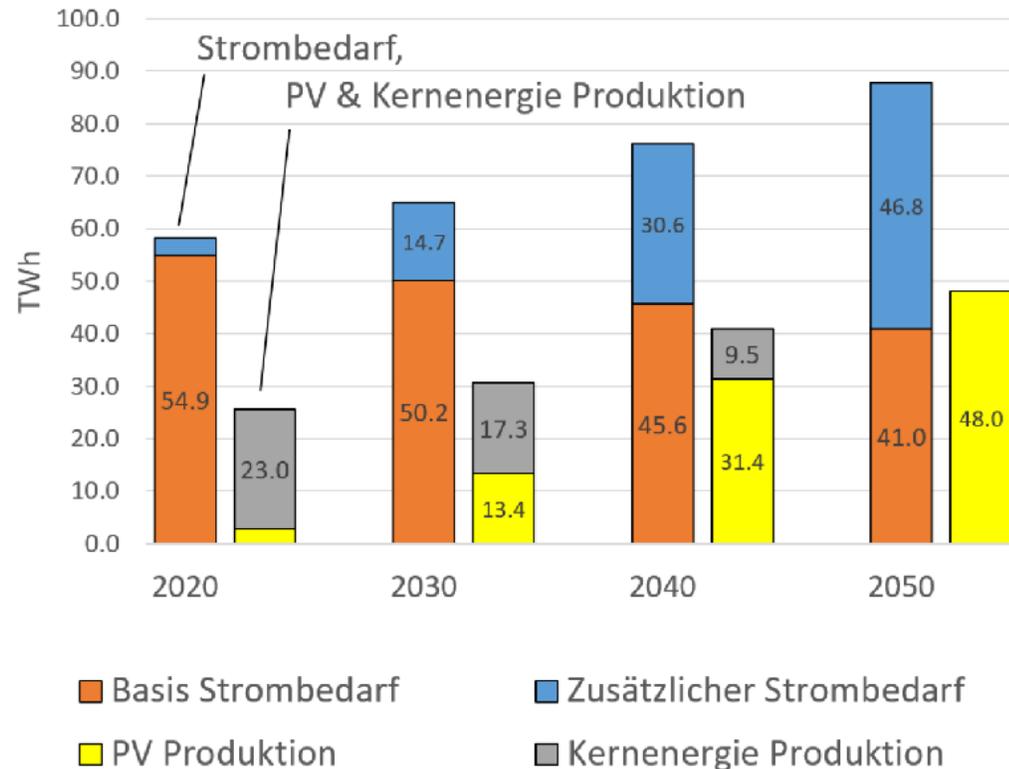
Die Schweizer Energiewende Gestalten

- Planung
- Finanzierung
- Neubau
- runder Tisch Wasserkraft
- Solar Express
- Wind Express
- Netz Express?
- ...



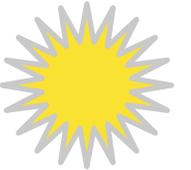
Erfolgreiche Energiewende?

Schweizer Energiewende mit ca. + 55% mehr



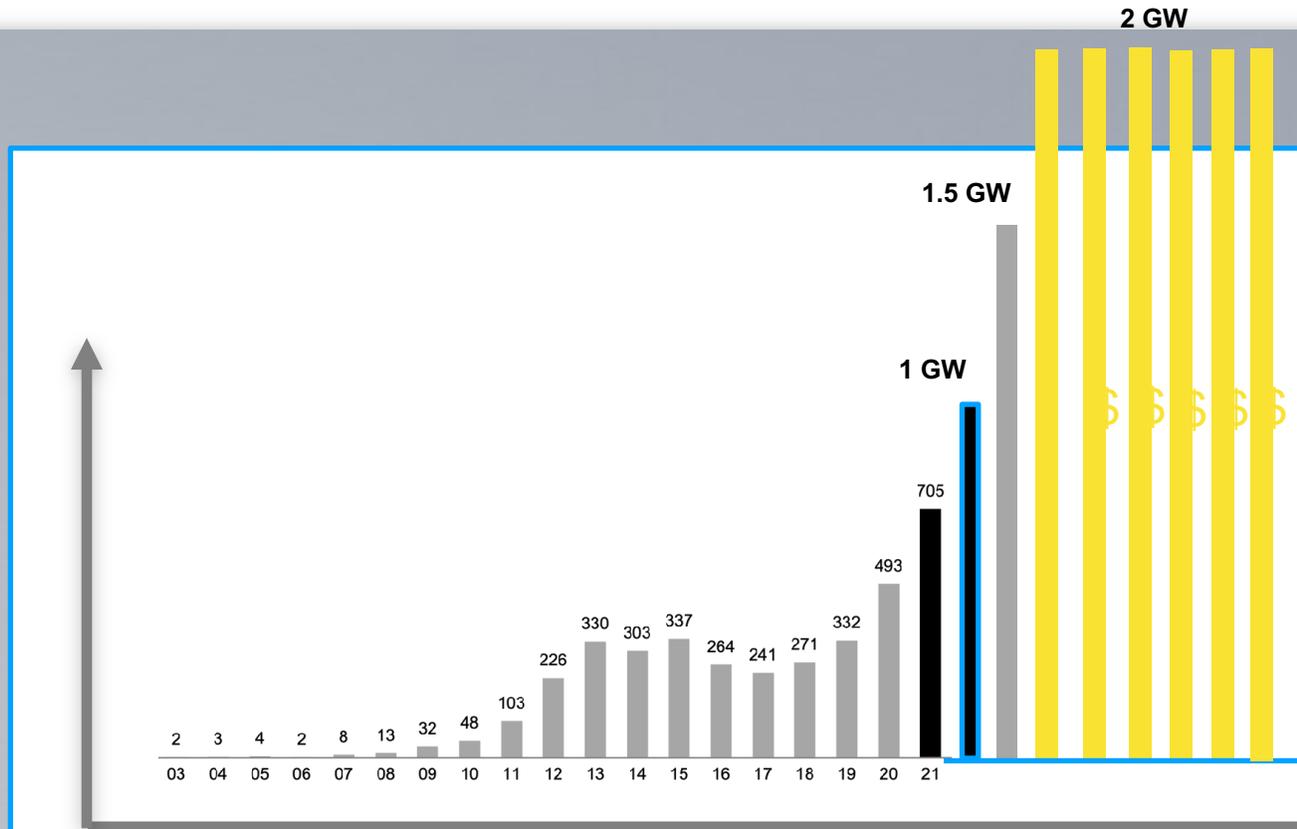
Strombedarf 2050 verschiedener Szenarien inklusiv Verluste in TWh	
VSE, Energieversorgung der Schweiz bis 2050, 2022 Szenario «defensiv-isoliert»	83 TWh
BfE, Energieperspektiven 2050+, 2020	76 TWh
Axpo Power Switcher, Szenario Nationalrat-Grossen	94 TWh
ETH Energy Science Center (ESC), Assessing the Feasibility of Scenarios for the Swiss Electricity System, 2023 Nexus-e / Szenario Grossen	91 TWh
ETH Energy Science Center (ESC), Versorgungssicherheit in einer Netto-Null-Energiezukunft für die Schweiz, 2023	80-100 TWh

Photovoltaik Entwicklung Schweiz bis 2045?



Energiewende braucht mehr als PV-Zubau!

Jahr	Zubau [GW/a]	Summe [GW]	Energie [TWh]	TWh/GWp	Faktor
2021	3.6	3.6	2.8	0.8	
2022	1.0	4.6	3.7	0.8	
2023	1.3	5.9	4.7	0.8	1.0
2024	1.5	7.4	5.9	0.8	1.3
2025	1.8	9.2	7.4	0.8	1.6
2026	2.0	11.2	9.0	0.8	1.9
2027	2.0	13.2	10.6	0.8	2.2
2028	2.0	15.2	12.2	0.8	2.6
2029	2.0	17.2	13.8	0.8	2.9
2030	2.0	19.2	15.4	0.8	3.3
2031	2.0	21.2	17.0	0.8	3.6
2032	2.0	23.2	18.6	0.8	3.9
2033	2.0	25.2	20.2	0.8	4.3
2034	2.0	27.2	21.8	0.8	4.6
2035	2.0	29.2	23.4	0.8	4.9
2036	2.0	31.2	25.0	0.8	5.3
2037	2.0	33.2	26.6	0.8	5.6
2038	2.1	35.3	28.2	0.8	6.0
2039	2.1	37.4	29.9	0.8	6.3
2040	2.1	39.5	31.6	0.8	6.7
2041	2.1	41.6	33.3	0.8	7.1
2042	2.1	43.7	35.0	0.8	7.4
2043	2.1	45.8	36.6	0.8	7.8
2044	2.1	47.9	38.3	0.8	8.1
2045	2.1	50.0	40.0	0.8	8.5



(#1) NR/SR Mantelerlass

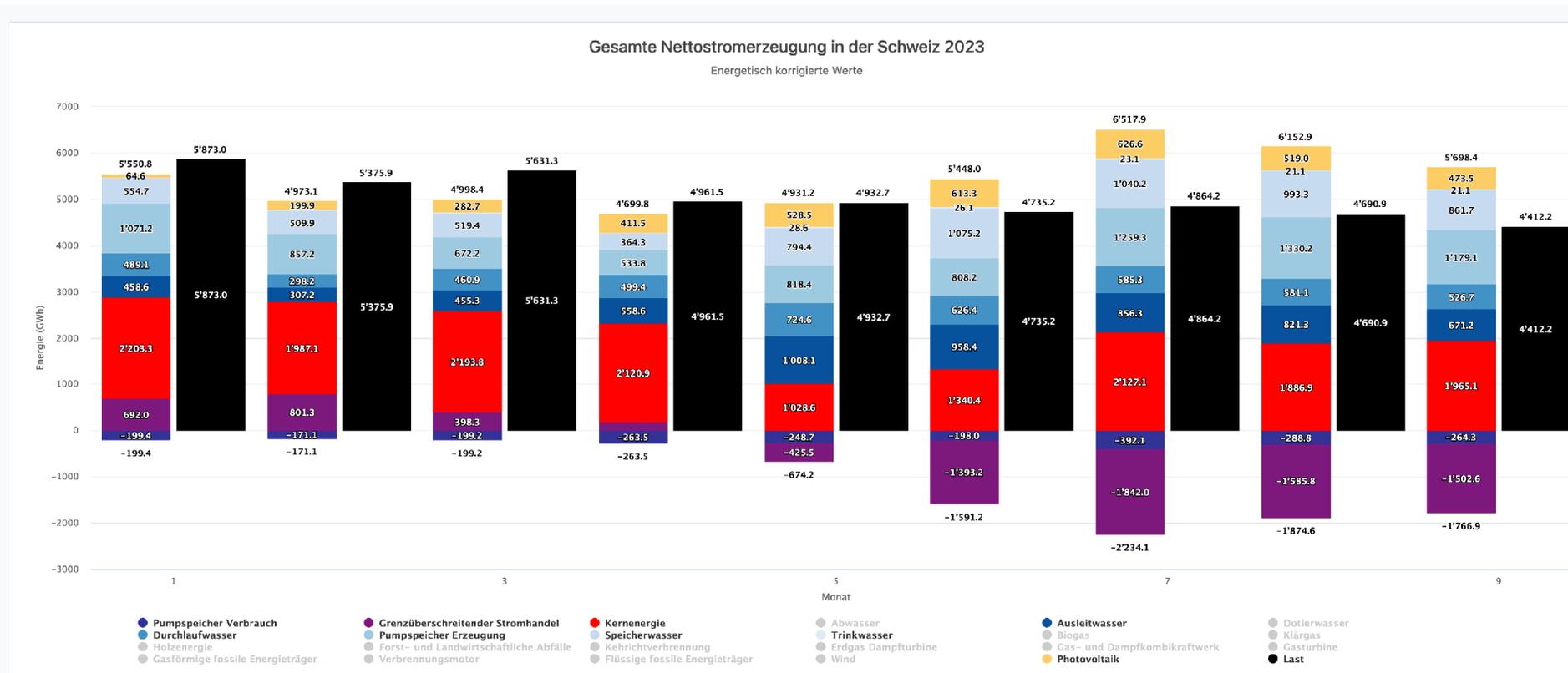
Strom mit Atom 2023

Daten 2023 Q 1 - 3

[Link](#)

Swiss Energy-Charts Leistung Energie Preise Umwelt Karten Infos

TNC Fraunhofer ISE Land Sprache



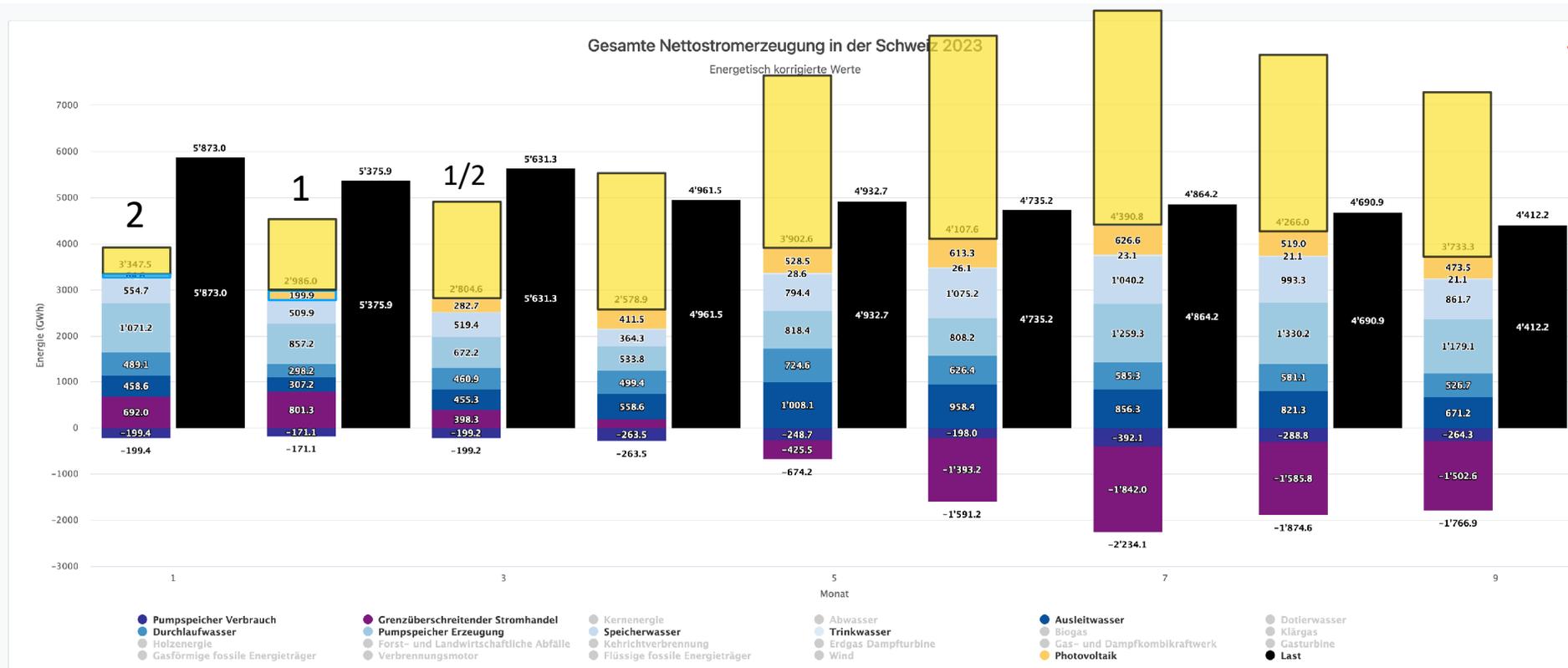
Gedankenexperiment Strom ohne Atom 2045?



Daten 2023 Q 1 - 3 neu: ohne Atom mit total neu 50 GW PV = +40 TWh

Swiss Energy-Charts Leistung Energie Preise Umwelt Karten Infos

TNO Fraunhofer Land Sprache

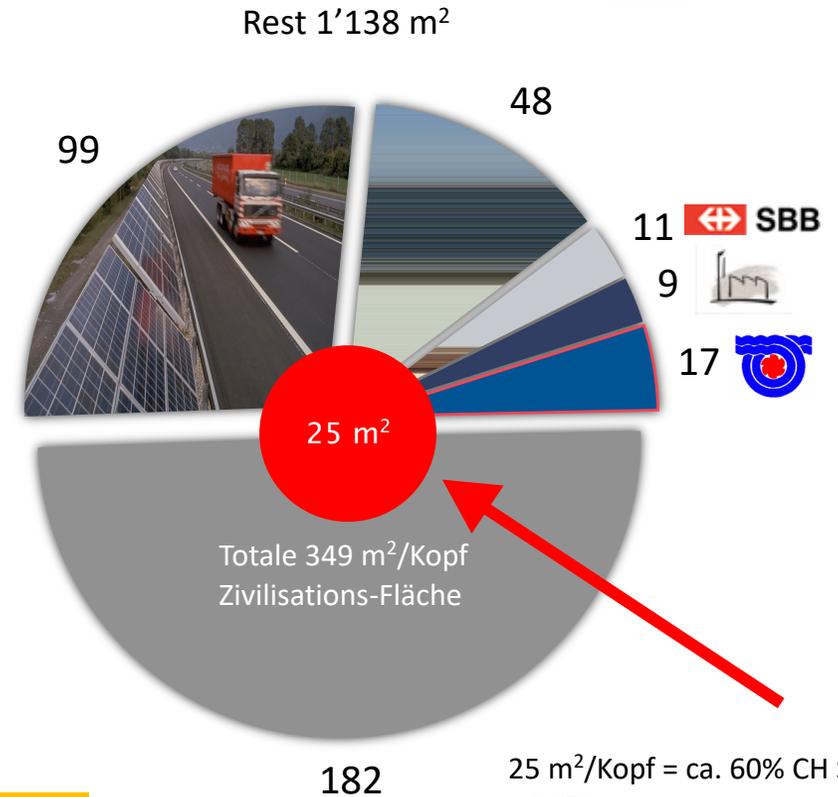
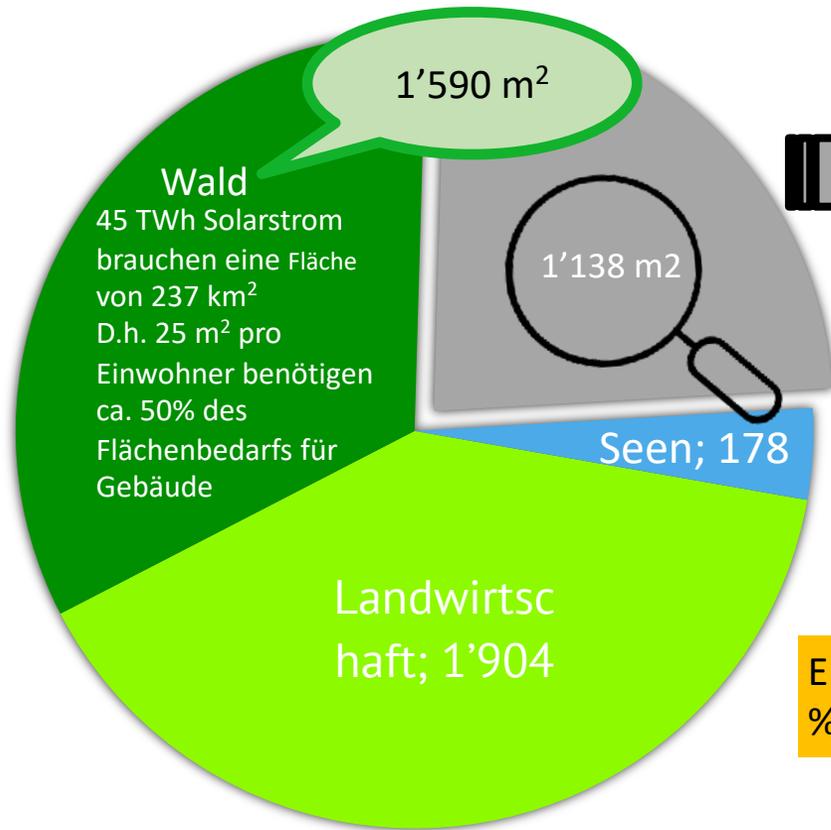


Jahr	Zubau [GW/a]	Summe [GW]	Energie [TWh]	TWh/GWp	Faktor
2021	3.6	3.6	2.8	0.8	
2022	1.0	4.6	3.7	0.8	
2023	1.3	5.9	4.7	0.8	1.0
2024	1.5	7.4	5.9	0.8	1.3
2025	1.8	9.2	7.4	0.8	1.6
2026	2.0	11.2	9.0	0.8	1.9
2027	2.0	13.2	10.6	0.8	2.2
2028	2.0	15.2	12.2	0.8	2.6
2029	2.0	17.2	13.8	0.8	2.9
2030	2.0	19.2	15.4	0.8	3.3
2031	2.0	21.2	17.0	0.8	3.6
2032	2.0	23.2	18.6	0.8	3.9
2033	2.0	25.2	20.2	0.8	4.3
2034	2.0	27.2	21.8	0.8	4.6
2035	2.0	29.2	23.4	0.8	4.9
2036	2.0	31.2	25.0	0.8	5.3
2037	2.0	33.2	26.6	0.8	5.6
2038	2.1	35.3	28.2	0.8	6.0
2039	2.1	37.4	29.9	0.8	6.3
2040	2.1	39.5	31.6	0.8	6.7
2041	2.1	41.6	33.3	0.8	7.1
2042	2.1	43.7	35.0	0.8	7.4
2043	2.1	45.8	36.6	0.8	7.8
2044	2.1	47.9	38.3	0.8	8.1
2045	2.1	50.0	40.0	0.8	8.5

Landfläche für die Energiewende mit PV?

Verfügbares Land in der Schweiz: 5'161 m²/Kopf

■ Landwirtschaft ■ Wald ■ Rest ■ Seen



Energiewende bis 2035/50 von 8.1 % PV → 45% PV (1)

25 m²/Kopf = ca. 60% CH Strom ± 2050

Erfolgreiche Energiewende mit PV und Netz



sweet swiss energy research for the energy transition
EDGE

FH Berner Fachhochschule Haute école spécialisée bernoise Bern University of Applied Sciences

Netzanschluss von 50 Gigawatt Photovoltaik in der Schweiz

Diskussionspapier zu Lösungsansätzen für die Netzintegration von Solarstrom – September 2023

www.sweet-edge.ch

Christof Bucher, BFH
David Joss, BFH

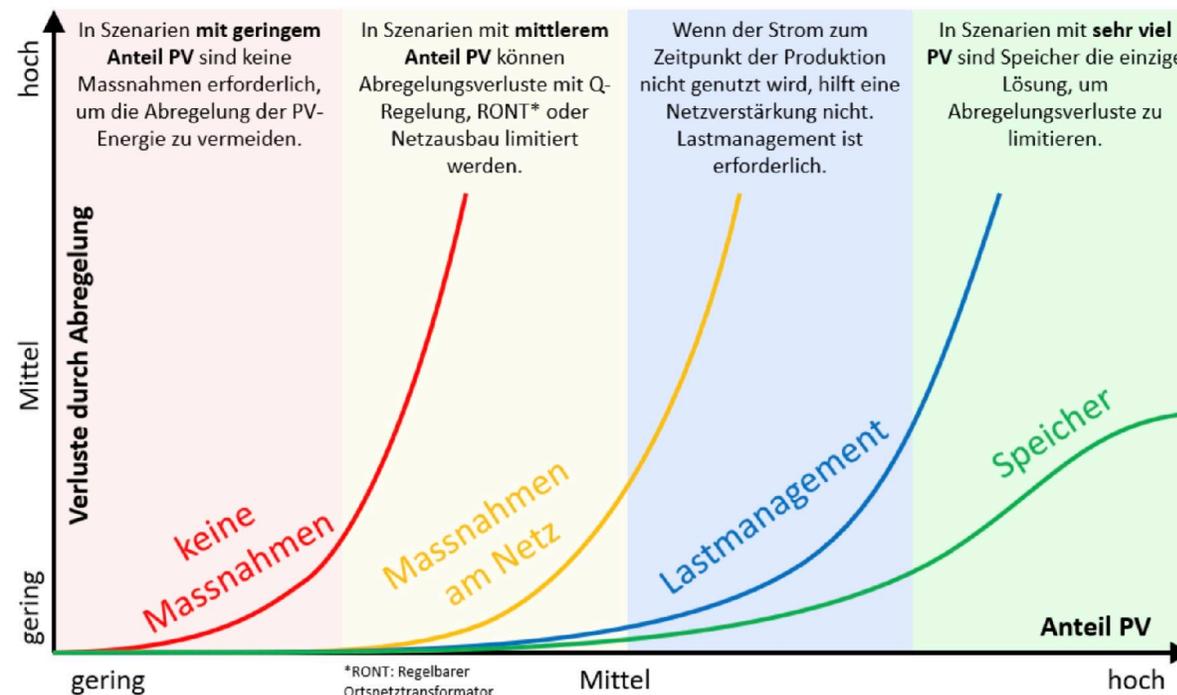
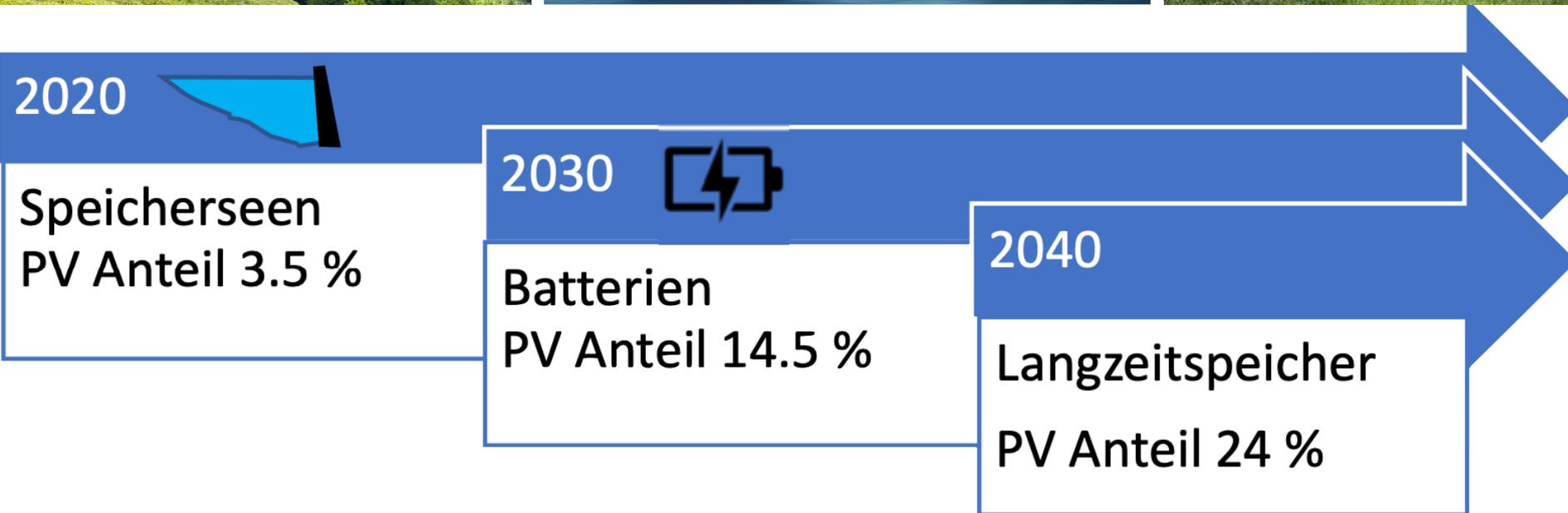


Abbildung 4: PV-Anlagen können einfach abgeregelt werden. Dabei entstehen Ertragsverluste. Massnahmen im Netz können dies nur begrenzt kompensieren: Sie lösen das Problem nicht, sie verschieben es an einen anderen Ort. Produktion, Speicherung und Verbrauch müssen in Einklang gebracht werden. Weil die PV-Produktion kaum beeinflusst werden kann und die Exportmöglichkeiten begrenzt sind, sind das dezentrale Lastmanagement sowie Speicher besser geeignet, viel PV zu integrieren als Netzausbau.

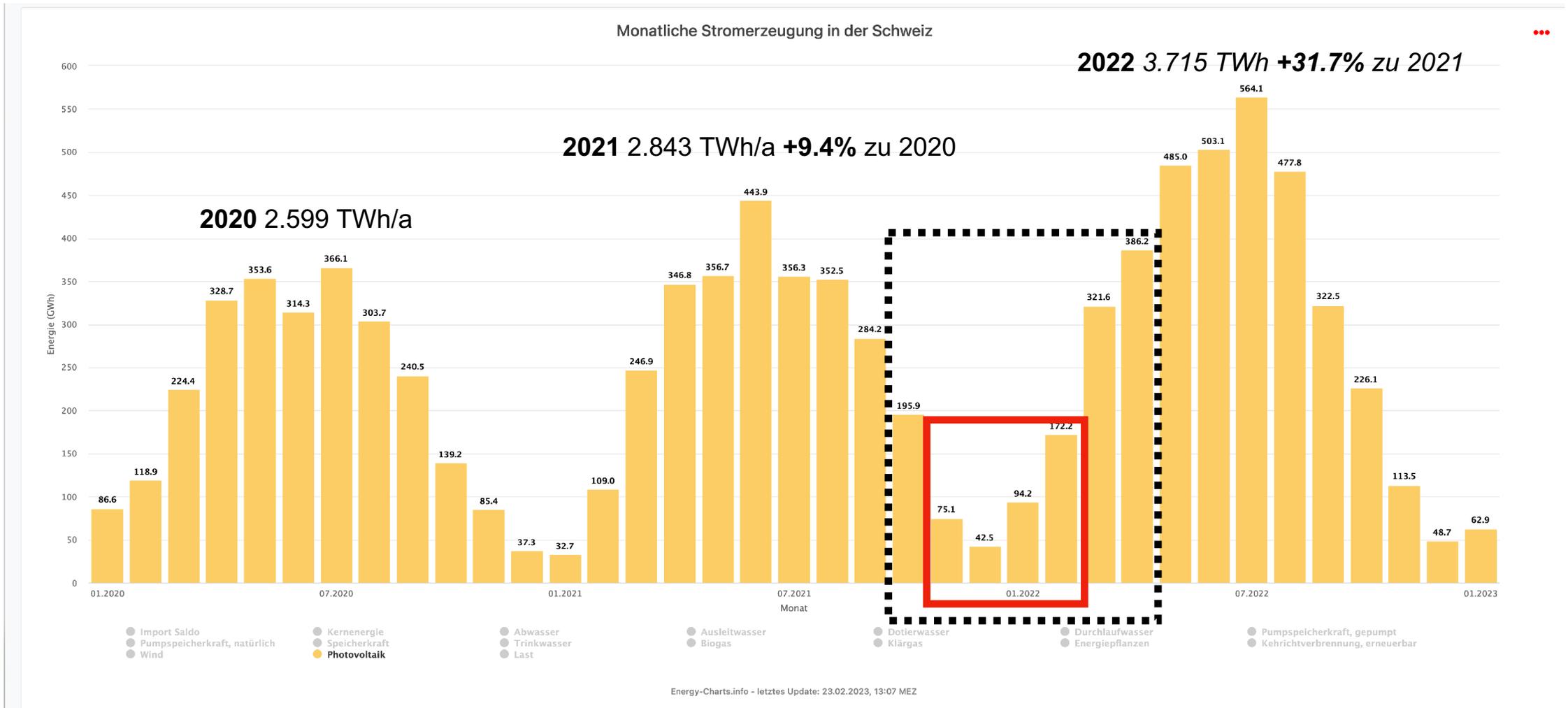
Strom/Energie Speicher nach wirtschaftlicher & zeitlicher Machbarkeit

1. Speicher, die wir nicht brauchen, dank Produktion im Winter für den Winterbedarf
2. Bei vorhandenen Wasserspeicher Kraftwerken die Bewirtschaftung anpassen
3. Kurzzeitspeicher verschieben: von thermischen Lasten Tag → Nacht
4. Saisonale Wärmespeicher (4 TWh) > Vortrag Dr. Michel Haller
5. Vehicle-to-Grid-Technologie (V2G) → FESS Kompendium
6. Power to X?
7. Elektrolyse mit grünem Strom > Wasserstoff als Prozess-Wärme- oder Stromquelle?

PV Marktanteil und die 3 Phasen der Speichertechnologien

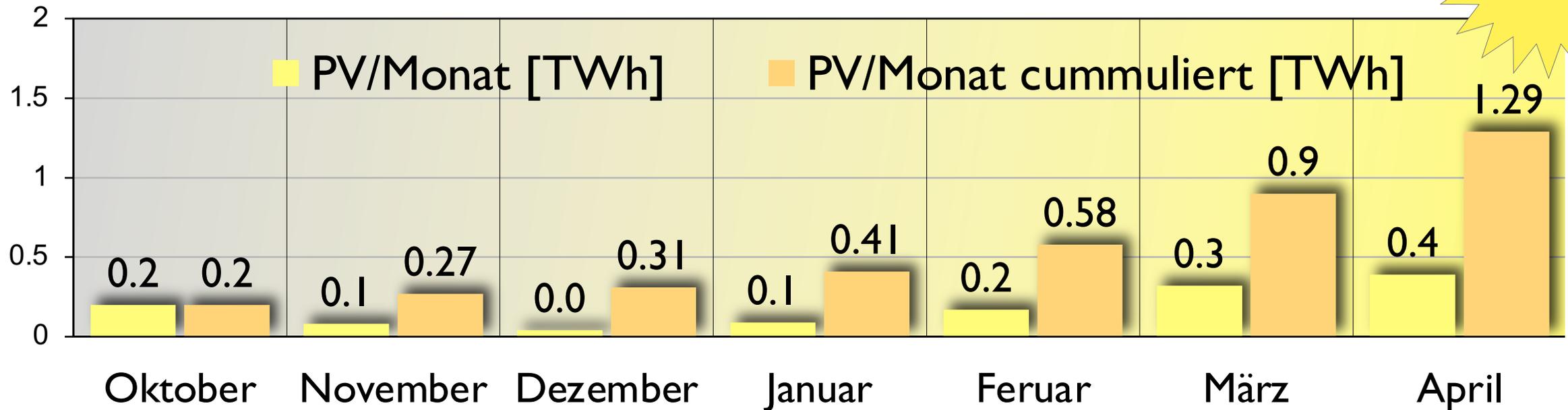


Wie schaffen wir den Ausgleich im Netz Tag / Nacht & saisonal Sommer/Winter?



Was bewirken 3.6 GW Photovoltaik quantitativ bei den Speicherkraftwerken im Stromnetz?

- Die **indirekte Wirkung von PV** beginnt mit der Entleerung der Wasserkraftwerke im **Oktober** und wirkt bis im **April** mit dem Beginn der Schneeschmelze.
- Die **gesamte**, im Winter produzierte Schweizer PV (Lokal verbraucht oder eingespeist) **reduziert den zusätzlichen Stromverbrauch** und damit die Entleerung der Stauseen.



**Der beste Strom-Speicher ist derjenige, den wir schon haben und der im Januar schon halb leer ist!
Es sind unsere vorhandenen Stauseen.**

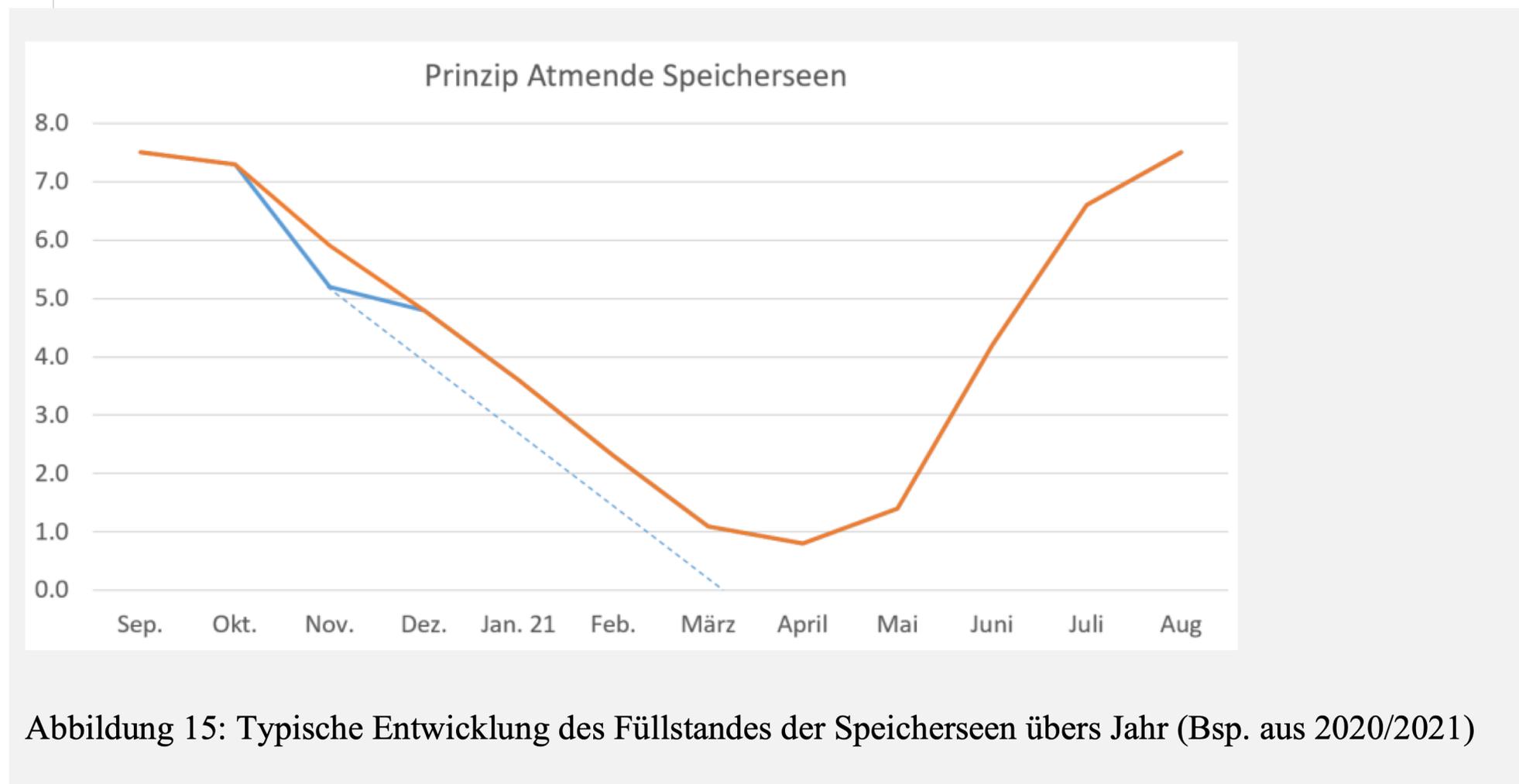
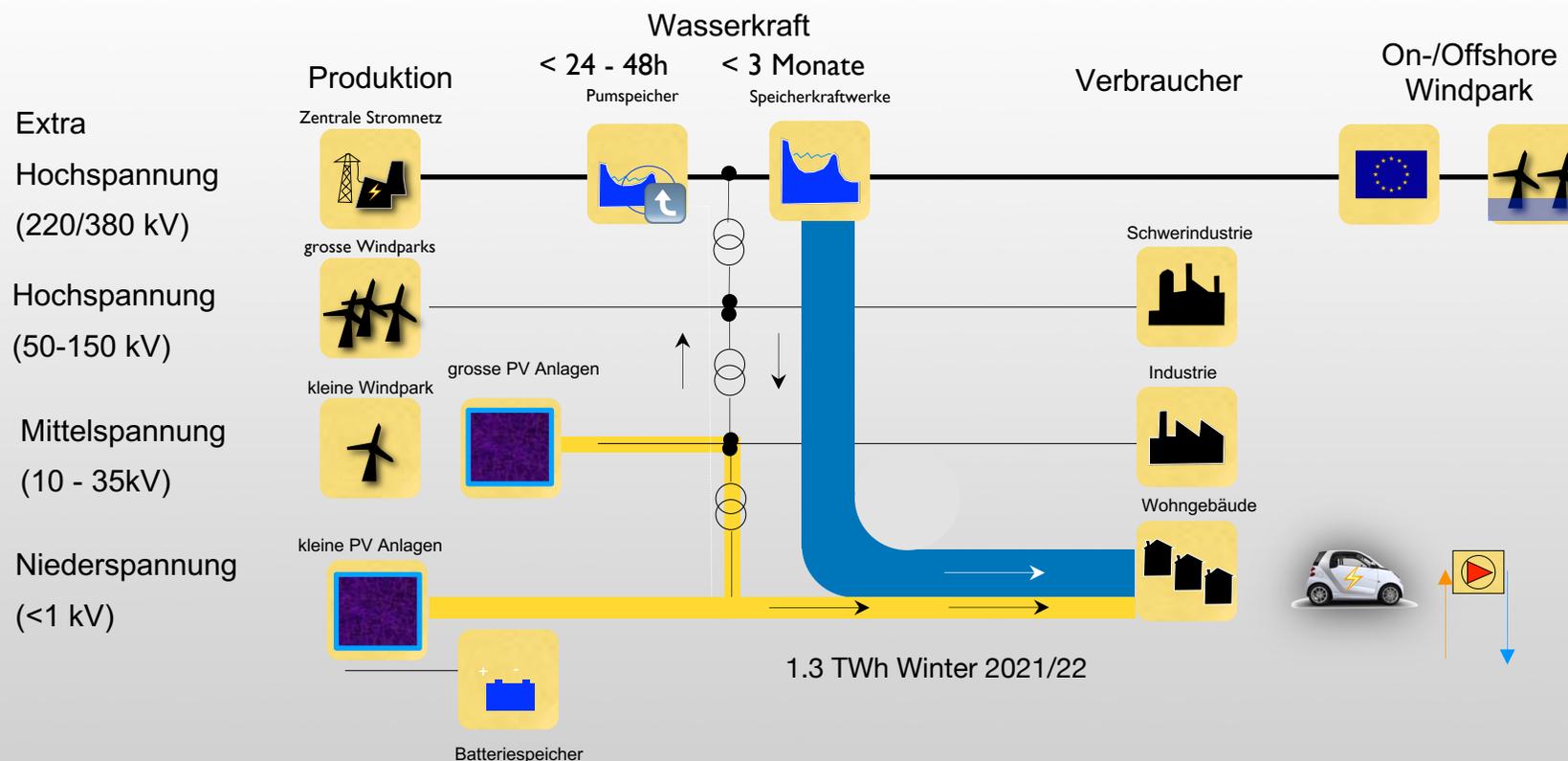


Abbildung 15: Typische Entwicklung des Füllstandes der Speicherseen übers Jahr (Bsp. aus 2020/2021)

Photovoltaik-Speicher-System im Schweizer Stromnetz-Universum

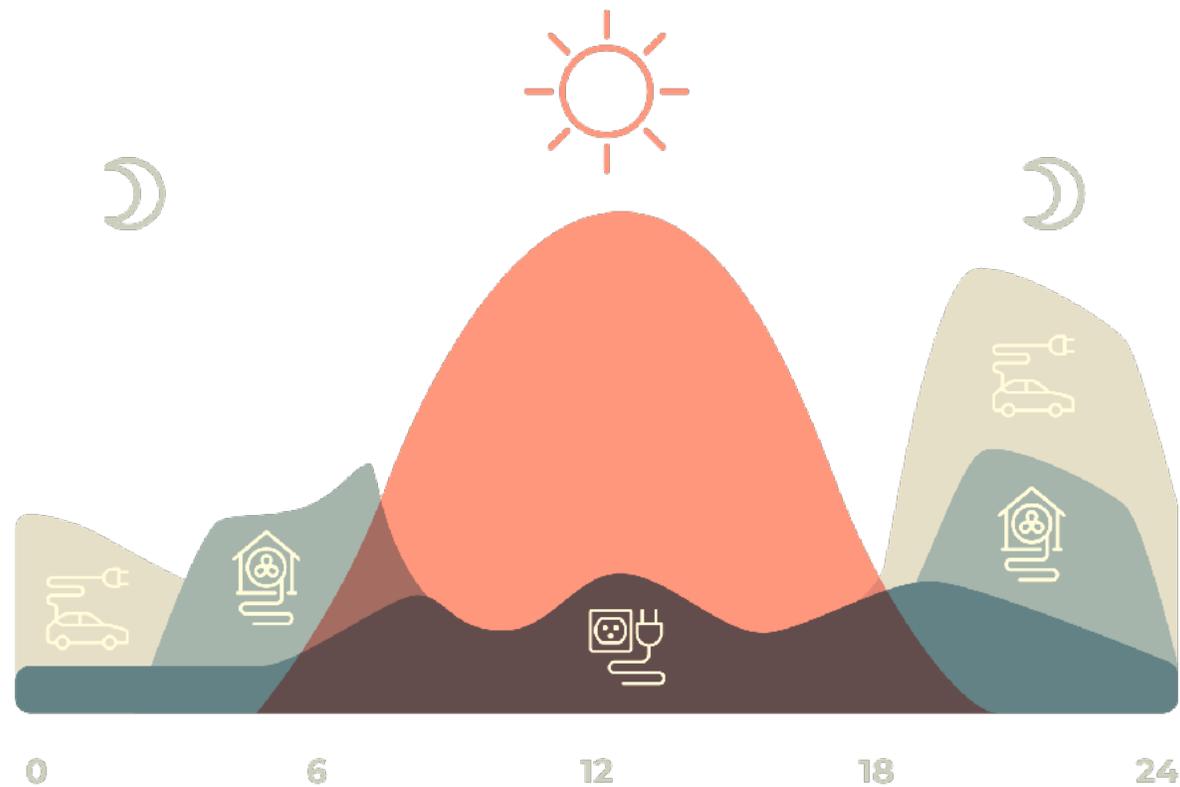
- Solarstrom muss nicht in die Speicherseen gepumpt werden, sondern wird direkt und ohne Verluste am Tag zu den Strom-Verbrauchern geliefert.
- Das nicht benötigte Speicher-Wasser bleibt im Stausee und kann in der Nacht oder bei zu wenig PV genutzt werden!
Das ohne Speicherverlust und über Monate!
- Unser Stromnetz wird optimal unterstützt, weil die PV dezentral von 150'000 Anlagen in die Netzebene 7 eingespeist wird.



Der Beitrag der PV im hydrologischen Jahr 2021/22 erreichte bereits 1.3 TWh!
Das im Vergleich zu den neu vorgeschlagenen 0.4 TWh als Bundesreserve.

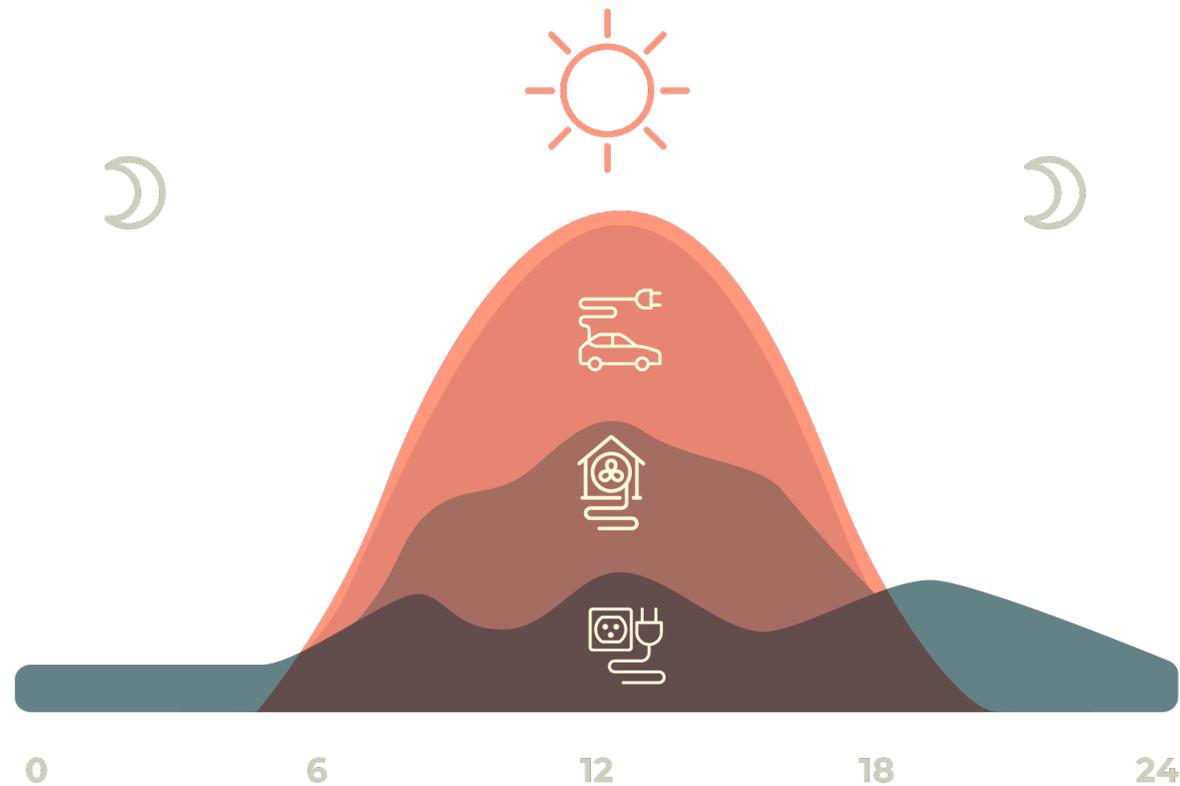
Eigenverbrauch: Herausforderung Tagesverlauf

Zeitgleichheit von Produktion und Verbrauch häufig nicht gegeben - sind Batteriespeicher die Lösung?

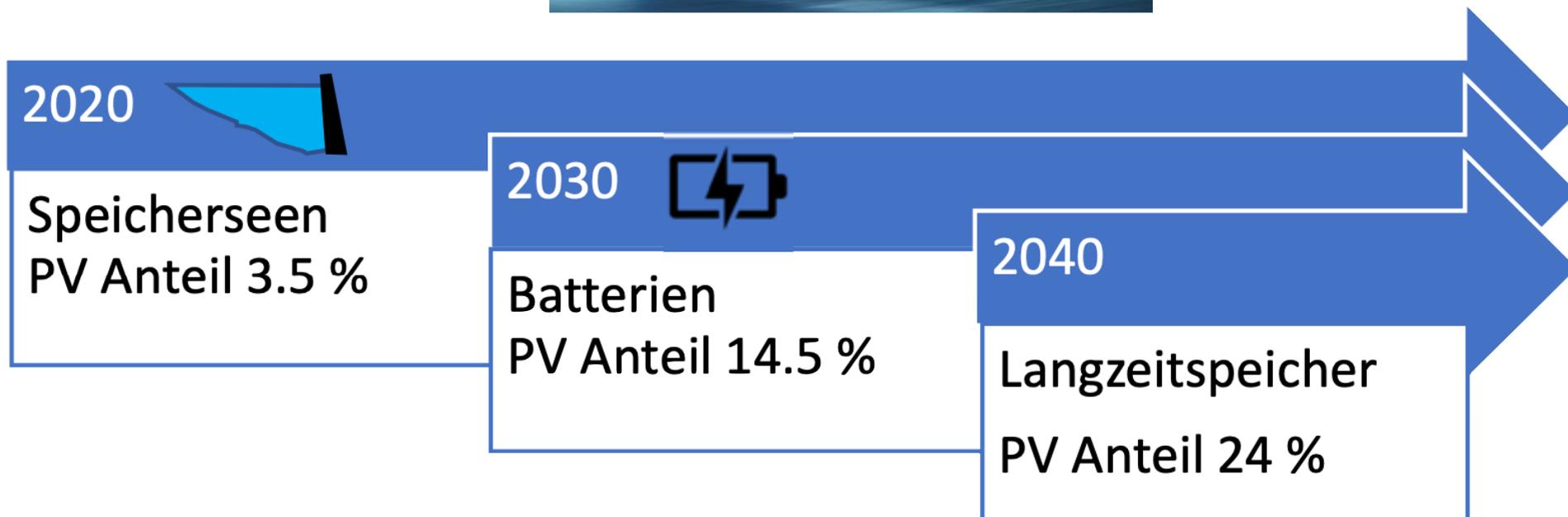


Eigenverbrauch: Herausforderung gemeistert

Optimiert und nachgeführt



PV Marktanteil und die 3 Phasen der Speichertechnologien



Bedeutung der Vehicle-to-Grid-Technologie (V2G) für die Stromversorgungssicherheit?



12/2022 in der Schweiz >110`000 Elektromobile!

Zukünftig pro E-Mobil Lade-/ + **Einspeiseleistung** ≤ 12 kW **3 Ph/AC**

So entstehen +1.32 GW sekundär Strom-Regelleistung.

Vergleich Schweizer Pumpspeicher Kraftwerkspark ca. 3.5 GW.

7 Thesen zur Versorgungssicherheit und der Energiewende

1. Stromverbrauch 2021 → 2050 von 55 TWh → 88 TWh, gleichzeitig die Reduktion des Gesamtenergieverbrauch mit Effizienz und Substitution von Benzin, Öl & Gas von 200 TWh → 150 TWh
2. Erster Schritt: Die Photovoltaik trägt die Hauptlast bei den neuen erneuerbaren Energien. Die PV Jahresproduktion wird von 4.7 TWh > 40 TWh (2045) gesteigert.
3. Mit PV statt AKW, bleibt eine partielle saisonale Versorgungslücke ca. 7 TWh von November - Februar.
4. Die PV Winter Solarstromproduktion Oktober – April entlastet **Speicherkraftwerke**. Die Bewirtschaftung der Speicherkraftwerke muss neu ausgerichtet werden. (Neue Konzession nach Heimfall)
5. **Zweiter Schritt** ca. 2030: **Elektromobile** als zusätzliche Kurzzeitspeicher. Fehlender Strom kann durch die kurzzeitige Speicherung Tag → Nacht verlagert werden. Das Parlament hat im Mantelerlass die Grundlage gelegt, um bidirektionalen Betrieb der Elektromobile zu gewährleisten.
6. **Dritter Schritt** ab 2040 zusätzliche saisonale Wärmespeicher (4 TWh) FESS Vortrag
7. Power-to-X ab 2040: Heute noch F&E/P&D, um den optimalen Mix der Technologien zu finden. Wasserstoff kann eine Rolle spielen.