



prognos
Wir geben Orientierung.

**Die Rolle der PV in den
Energieperspektiven 2050+**
Kernergebnisse, Voraussetzungen, Bedingungen

Dr. Almut Kirchner

Bern 29. 03. 2022

©. iStock_temin_106394704

Agenda

1. **Energieperspektiven in a nutshell**
2. **Ergebnisse: Strom und PV**
3. **Voraussetzungen im Stromsystem**
4. **Ergebnisse: Beispiel kritische Wochen**
5. **Exkurs: Was hat sich seitdem geändert?**

Agenda

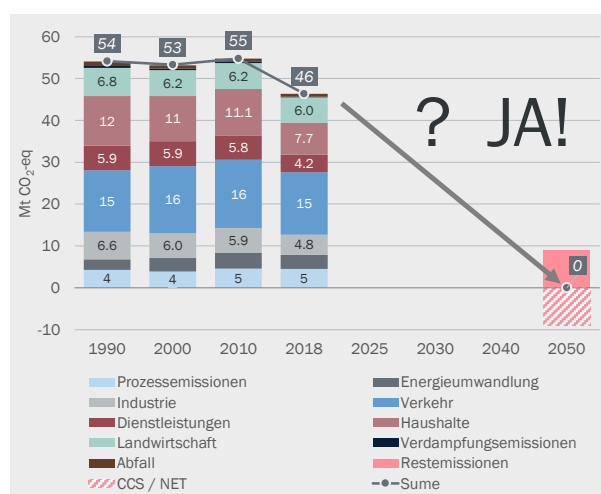
1. **Energieperspektiven in a nutshell**
2. **Ergebnisse: Strom und PV**
3. **Voraussetzungen im Stromsystem**
4. **Ergebnisse: Beispiel kritische Wochen**
5. **Exkurs: Was hat sich seitdem geändert?**

3

prognos

Klimaneutralität kann bis spätestens 2050 erreicht werden

- es besteht grosser Handlungsbedarf
- zusätzliche Massnahmen müssen unmittelbar angegangen werden
- zusätzliche Investitionen sind notwendig, deren Umfang ist jedoch begrenzt



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

4

Ergebnisse EP 2050+,

prognos

Einleitung: Szenarien und Varianten
verschiedene Wege führen zum Ziel

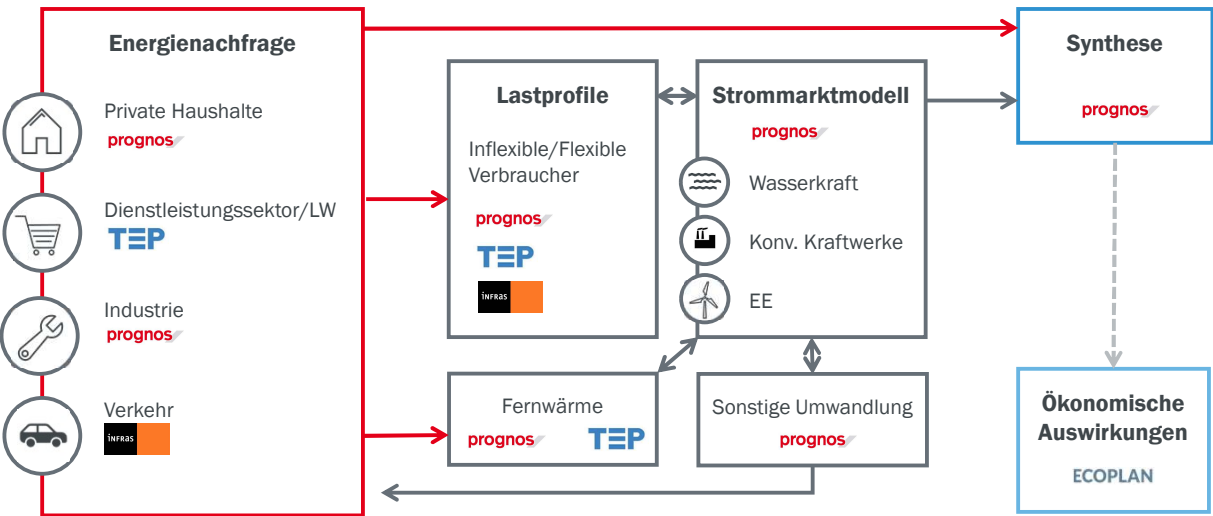
Szenario	Variante	Strategievarianten zur Stromerzeugung
Szenario Netto-Null (ZERO)	Basisvariante (ZERO Basis)	Ausgeglichene Jahresbilanz 2050 Richtwerte / Ausbauziele Aktuelle Rahmenbedingungen
	Variante A (ZERO A) <i>weitgehende Elektrifizierung</i>	Ausgeglichene Jahresbilanz 2050 Richtwerte / Ausbauziele Aktuelle Rahmenbedingungen
	Variante B (ZERO B) <i>stärkerer Fokus auf Gas</i>	Ausgeglichene Jahresbilanz 2050 Richtwerte / Ausbauziele Aktuelle Rahmenbedingungen
	Variante C (ZERO C) <i>stärkerer Fokus auf Wärmenetze und flüssige Energieträger</i>	Ausgeglichene Jahresbilanz 2050 Richtwerte / Ausbauziele Aktuelle Rahmenbedingungen
Szenario Weiter wie bisher (WWB)	Aktuelle Massnahmen der Energie- und Klimapolitik	Heutige Gesetzes- und Rahmenbedingungen

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG

5

prognos

Gesamtübersicht Modellierung



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

6

prognos

Rahmendaten: Wachstum setzt sich fort

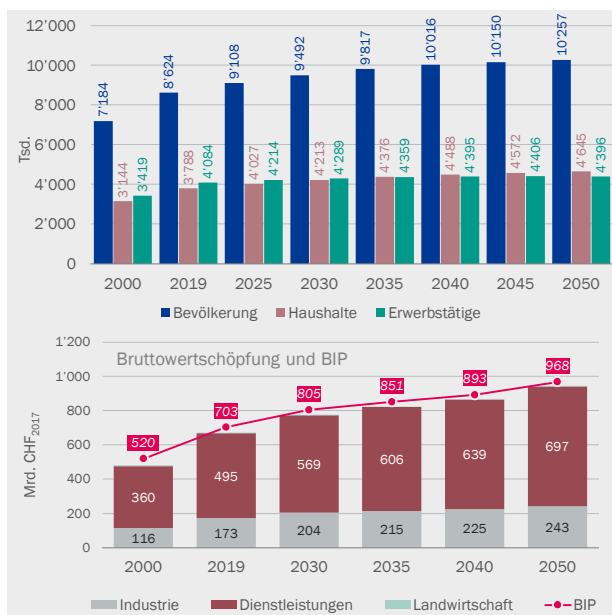
Mengengerüste steigen weiter an:

- Bevölkerung wächst auf über 10 Mio.
 - Beheizte Fläche erhöht sich um 17%
 - Fahrleistung Personenverkehr steigt ebenfalls um 17%
 - Zahl der Erwerbstätigen nimmt um 8% zu
 - BIP wächst um 38%
- Entwicklung der Rahmendaten stützt sich auf andere bundesinterne Perspektivstudien
→ sind nicht Teil der EP2050+
(Bevölkerung / Haushalte: BfS 2015 / 2017
BIP: Seco 2018)

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

7

Veränderungen bezogen auf Zeitraum 2019 bis 2050



Treibhausgasemissionen

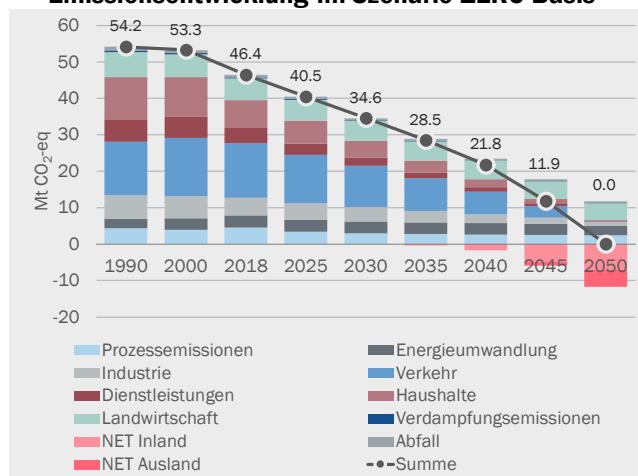
Netto-Null Treibhausgasemissionen

- Ziel Netto-Null kann erreicht werden
- 2050 verbleiben rund 12 Mt CO₂-eq schwer vermeidbare Restemissionen
- diese fallen hauptsächlich an in den Bereichen:
 - Landwirtschaft
 - industrielle Prozesse (u.a. Zement) und
 - Kehrichtverwertung (KVA)
- Einsatz von CCS/NET ist notwendig, damit bilanzielle Null erreicht werden kann.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

8

Emissionsentwicklung im Szenario ZERO-Basis



prognos

Zielbild klimaneutrale Schweiz 2050



9

Grafik: Dina Tschumi

prognos

Agenda

1. Energieperspektiven in a nutshell
- 2. Ergebnisse: Strom und PV**
3. Voraussetzungen im Stromsystem
4. Ergebnisse: Beispiel kritische Wochen
5. Exkurs: Was hat sich seitdem geändert?

10

prognos

Stromanwendungen als zentrale Massnahme

- Strom wird zum zentralen (jedoch nicht ausschliesslichen) Energieträger
- zusätzliche Stromanwendungen in allen Sektoren, u.a.
 - Gebäudewärme (dezentrale Wärmepumpen)
 - Elektrifizierung der Wärmenetze (Grosswärmepumpen)
 - weitgehende Elektrifizierung des Verkehrs
 - Elektrowärme in der Industrie
- inländisch wenig Produktion von PtH_2 und keine Produktion strombasierter flüssiger Treibstoffe



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

11

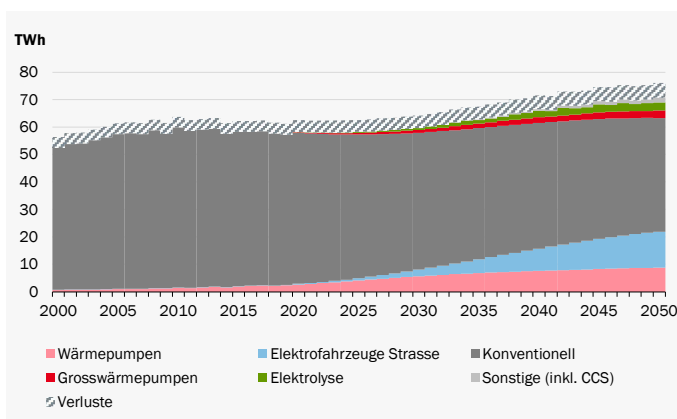
prognos

Stromsystem : Stromverbrauch gesamt

Landesverbrauch

Anstieg des Landesverbrauchs um rund 24 % bis zum Jahr 2050.

- 9 TWh in 2050 durch Wärmepumpen in Gebäuden.
- 13 TWh in 2050 durch Elektrofahrzeuge im Strassenverkehr.
- 7 TWh für CCS, Grosswärmepumpen und H_2 -Elektrolyse in 2050.
- Rückgang im Vergleich zu WWB im konv. Stromverbrauch durch hohe Effizienz.
- Wärmepumpen, Elektrofahrzeuge und Elektrolyse werden (teilweise) als flexible Verbraucher betrachtet.



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

12

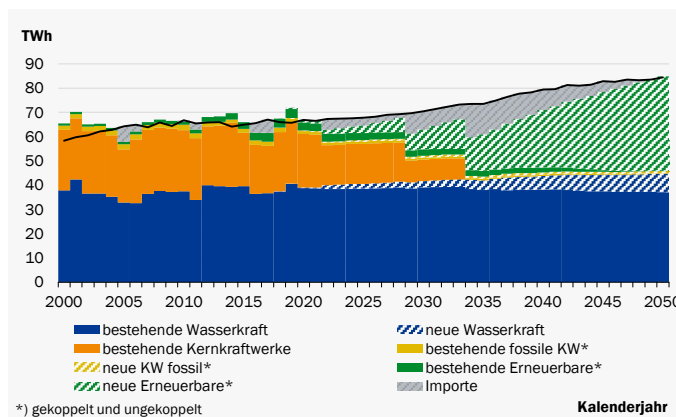
prognos

Stromsystem : Stromerzeugung gesamt

Stromsystem

Stromversorgung der Schweiz durch Wasserkraft und erneuerbare Energien, temporär Ergänzung durch Stromimporte.

- Anstieg des gesamten Verbrauchs (inkl. Speicherpumpen) um rund 29 %.
- Deutlicher Anstieg der Stromerzeugung aus EE (v.a. aus PV) und Wasserkraft.
- Importsaldo nach Ausserbetriebnahme von Leibstadt im Jahr 2034 bei 14 TWh, bis 2050 ausgeglichen.
- Restemissionen bei KVA-Anlagen durch fossile Anteile des Kehrichts.



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

13

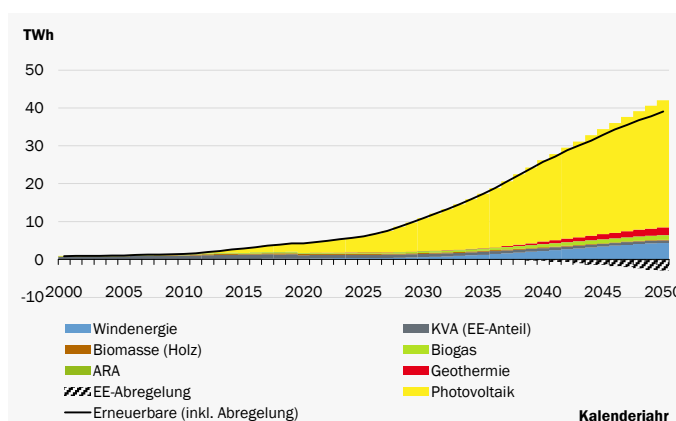
prognos

Stromsystem : Erneuerbare Energien gesamt

Erneuerbare Energien

Deutlicher Anstieg der EE-Stromerzeugung bis 2050 auf 39 TWh (unter Abzug abgeregelter Strommengen).

- PV: sinkende Kosten und hohes Potenzial: 34 TWh in 2050 (mit Winteranteil von 31 %).
- Windenergie: tiefe Kosten, Probleme bei Akzeptanz, 4 TWh in 2050.
- Biomasse: Schwerpunkt Biogas bzw. Biomethan aufgrund von Potenzialgrenzen insb. bei fester Biomasse.
- Geothermie: langfristig 2 TWh.
- EE- Abregelung in 2050 bei 3 TWh.



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

14

prognos

Voraussetzungen PV-Hochlauf

Konservative Rahmenannahmen

- Dach- und Fassaden-PV (ca. 10 % der Arbeit kommt von Fassaden) → ca. 50 % des «Solardach»-Potenzials wird ausgeschöpft
- Keine Grossflächen, keine Agri-PV, keine strategische Belegung von z.B. Autobahnrändern
- Hochlauf: gegenüber bisherigem Ausbautempo beschleunigt, Bedingungen müssen aufgebaut werden (Fachkräfte! Infos! Spezialunternehmen! Ggf. mehr Standardisierung, Automatisierung! ...)
- ab 2035 ca. 1,5 GW / a
- Technologieannahme: implizit weiterhin Halbleiterbasierung, gegen Ende des Zeitraums werden auch Alternativtechnologien unterstellt.



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

© Fotolia- blumenkind

15

prognos

Agenda

1. Energieperspektiven in a nutshell
2. Ergebnisse: Strom und PV
3. Voraussetzungen im Stromsystem
4. Ergebnisse: Beispiel kritische Wochen
5. Exkurs: Was hat sich seitdem geändert?

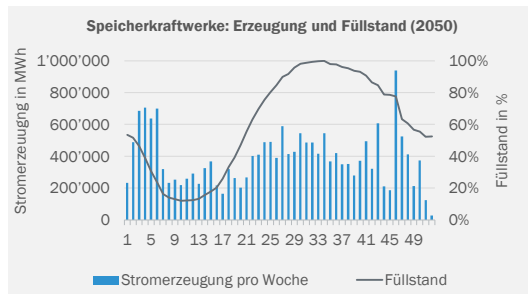
16

prognos

Stromsystem: Flexibilität

Flexibilität Erzeugung

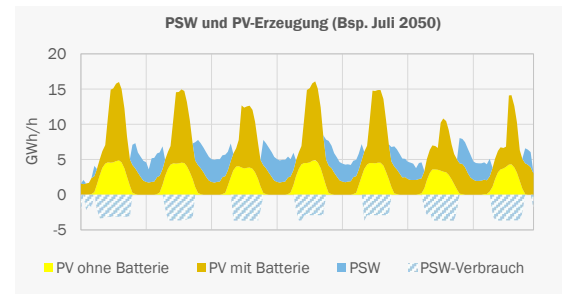
Saisonale Flexibilität: Speicherkraftwerke verschieben ihre Erzeugung in das Winterhalbjahr, saisonaler Ausgleich auch durch WKK-Anlagen möglich.



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

17

Kurzfristige Flexibilität: Speicherkraftwerke, Pumpspeicher, stromgeführte WKK-Anlagen (plus Batteriespeicher und nachfrageseitige Flexibilität).



prognos

Stromsystem: Flexibilität

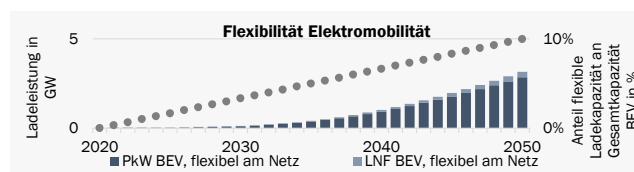
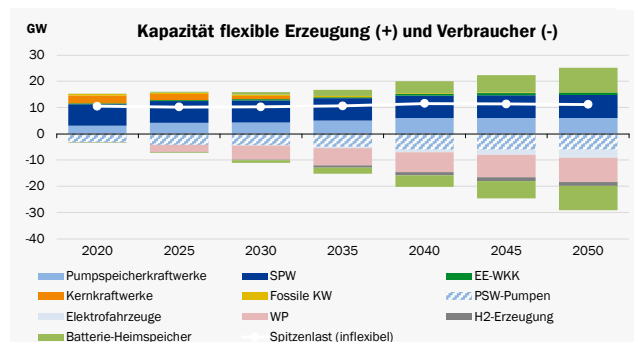
Flexibilität Verbrauch

Neben bestehender Flexibilität in der Erzeugung hohe Bedeutung für verbrauchsseitige Flexibilität.

- Elektrofahrzeuge: Lastverschiebung über mehrere Tage möglich, Anteile flexibler Ladung in 2050 bei 10 %.
- Wärmepumpen im Winter mit Flexibilität über wenige Stunden.
- Diese Flexibilitätsoptionen müssen erst realisiert werden.
- Weitere Optionen: u.a. Klimatisierung, Prozesswärme Gross-WP, stärkere Flexibilisierung Elektrofahrzeuge, Vehicle to Grid.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

18



prognos

Die Zusammenarbeit mit dem Ausland ist wichtig

- auch bei bilanzieller Eigenversorgung kann nicht auf Stromimporte verzichtet werden, benötigt werden zudem Netze & Marktzugang
- Eigenversorgung nimmt mit sinkenden Importmengen konventioneller Energieträger zu, es ergeben sich neue Importe an nichtfossilen Energieträgern:
 - Biomasse (insbesondere Biomethan)
 - Wasserstoff
 - strombasierte flüssige Treibstoffe
- eine gemeinsame Infrastruktur ist notwendig für
 - Import des Wasserstoffs
 - Transport des abgeschiedenen CO₂ und dessen Speicherung
- die notwendigen technologischen Weiterentwicklungen vollziehen sich global
- Produktionskapazitäten und Ressourcenverfügbarkeit müssen global betrachtet werden



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

19

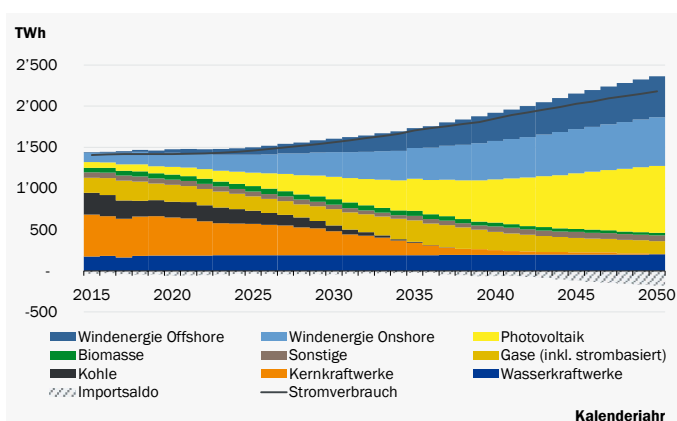
prognos

Stromsystem: Ausland

EU-Ausland (Nachbarstaaten der Schweiz)

Anstieg des Stromverbrauchs um mehr als 50 % und Anstieg der Stromerzeugung aus PV und Windenergie.

- Mehrverbrauch: E-Fahrzeuge und WP, Industrie und PtX-Erzeugung.
- Wind: 46 % Anteil an der Stromerzeugung, rund 1'100 TWh in 2050
- PV: 35 % Anteil an der Stromerzeugung, rund 800 TWh in 2050.
- Kohleausstieg bis 2035.
- Reduktion der Kernenergieerzeugung.
- Gaskraftwerke: Funktion als Back-up-Kraftwerke (Biogas/strombasierte Gase).



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

20

prognos

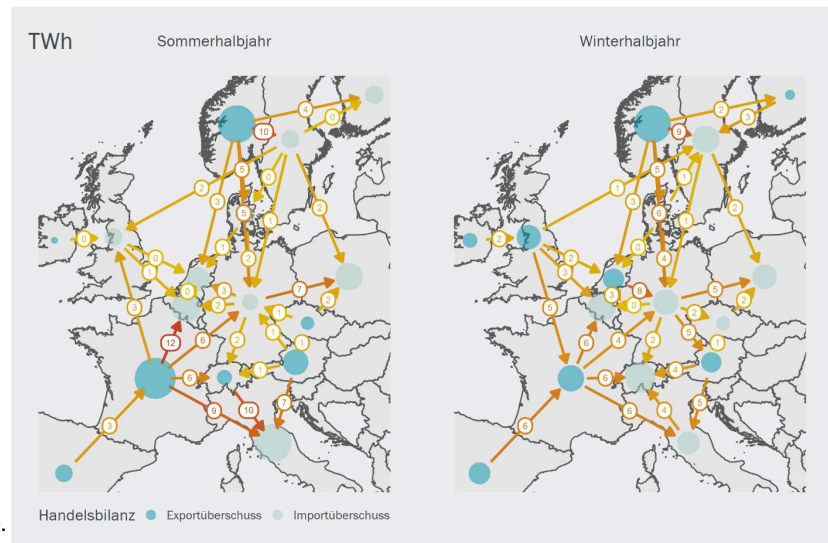
Stromtausch mit dem Ausland

Nettohandelsflüsse pro Halbjahr 2035 KKW 50 Jahre

- Die Schweiz weist im Winter Nettoimportüberschüsse gegenüber allen Nachbarländern auf.
- Die Importe erfolgen vorwiegend aus windreichen Gegenden in Deutschland (inkl. Durchleitung AT) und Frankreich.
- Zudem bestehen in Frankreich noch Kernkraftwerke.
- Ausserdem profitiert die Schweiz durch ihre Anbindung an Italien von der Ungleichzeitigkeit der dortigen Winderzeugung und der Gaskraftwerke.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

21



prognos

Agenda

1. Energieperspektiven in a nutshell
2. Ergebnisse: Strom und PV
3. Voraussetzungen im Stromsystem
4. Ergebnisse: Beispiel kritische Wochen
5. Exkurs: Was hat sich seitdem geändert?

22

prognos

Stromsystem: Stromerzeugung

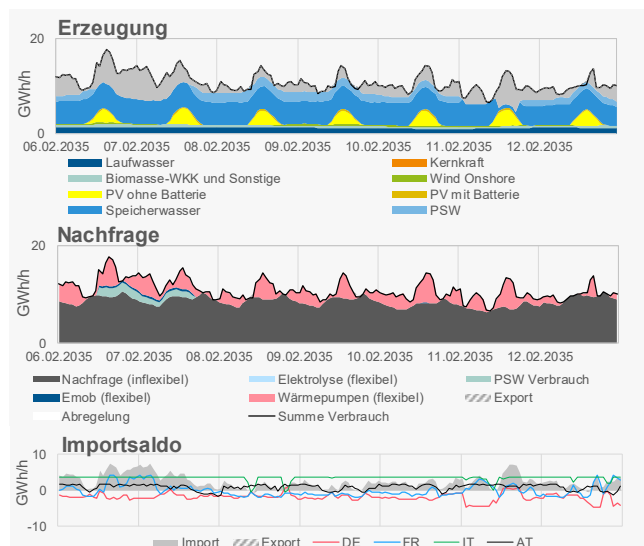
Stromsystem: Bsp. Winter 2035 (KKW 50)

Kernenergieausstieg ist vollzogen, die Schweiz ist Nettoimporteur von 14 TWh im Jahr.

- Importe kommen vor allen Dingen aus Gas- und Windkraftwerken in Italien und Frankreich. Dies führt bei den Gaskraftwerken zu einer höheren Vollaststundenzahl.
- Wasserkraft: Stromerzeugung ist durchgehend hoch.
- Verbrauchsspitzen durch Wärmepumpen werden in Zeitfenster hoher erneuerbarer Erzeugung verschoben.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

23



prognos

Stromsystem: Stromerzeugung

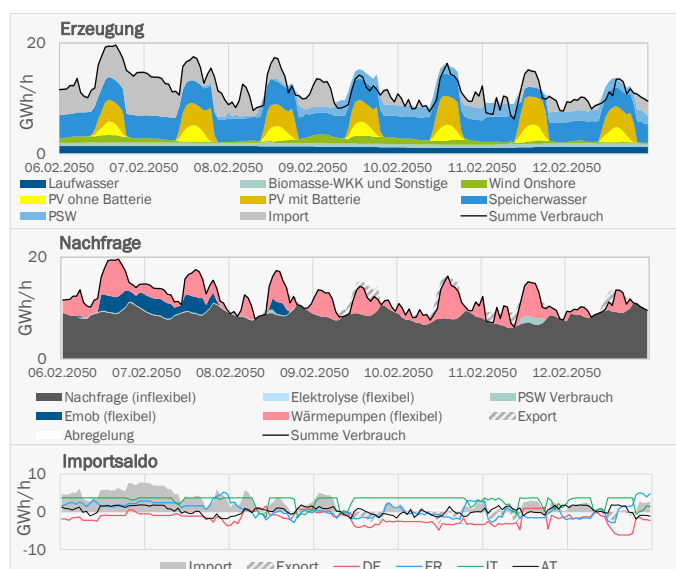
Stromsystem: Bsp. Winter 2050

Hohe EE-Anteile aber geringe Wintererzeugung, flexible Wasserkraft und Importe decken den Bedarf.

- Speicherkraftwerke mit durchgehend hoher Produktion.
- Zu Beginn der Periode hohes Windaufkommen im Ausland.
- Flexible Verbraucher verschieben in diese Periode, hohe Importe.
- Ende der Periode: wenig Wind.
- PSW verschieben ihre Produktion in diese Periode.
- Importbilanz gegen Ende der Periode ausgeglichen.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

24



Ergebnisse EP 2050+, URE 2020-2021

prognos

Strom- und Wärmeversorgung

Flexibilität im Stromsystem

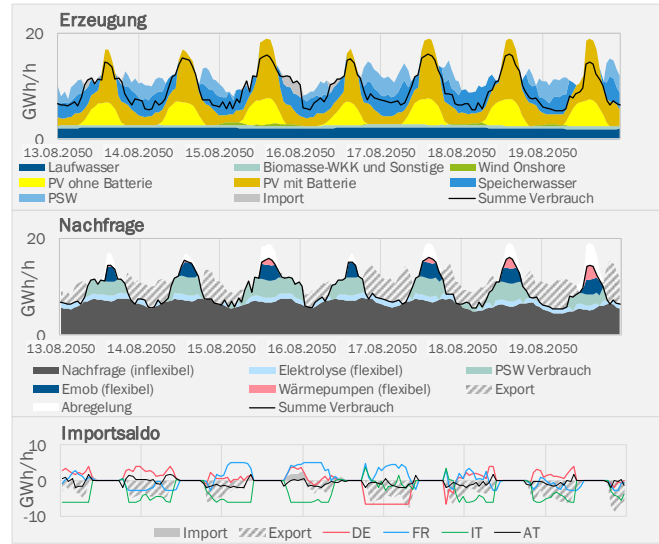
Flexibilität in der Stromerzeugung und zukünftig auch im Stromverbrauch ermöglicht die Integration erneuerbarer Stromerzeugung.

- Speicher- und Pumpspeicherkraftwerke verschieben ihre Erzeugung in Stunden geringer erneuerbarer Erzeugung.
- Stromverbrauch wird in Stunden hoher erneuerbarer Erzeugung verschoben.
- Zusammenspiel mit dem Ausland ergänzt die Stromversorgung der Schweiz.
- Abgeregelter Strommengen durch Erzeugungsspitzen im Sommer sind gering.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

25

Bsp. aus den Modellergebnissen: Sommerwoche 2050



Agenda

1. Energieperspektiven in a nutshell
2. Ergebnisse: Strom und PV
3. Voraussetzungen im Stromsystem
4. Ergebnisse: Beispiel kritische Wochen
5. Exkurs: Was hat sich seitdem geändert?

26

prognos

... was hat sich seitdem geändert?

Internationale Voraussetzungen

- Kein Stromabkommen in Sicht
- Integration in europäischen Strommarkt unklar, wahrscheinlich nicht vollständig
- → ggf. Neubau von Gaskraftwerken in der Schweiz
- → Russland-Ukraine-Krieg:
 - unklar, wie es mit Gaskraftwerken weitergeht
 - Ggf. ohnehin schnellerer Ausstieg aus dem Gas?
- Änderung der Strategie in F: kein oder wenig Gas, Wind offshore als Übergangstechnologie, (evtl.) später neue KKW

Was bedeutet das für die EP 2050+ /PV ?

- Zubau schneller organisieren?
 - Je früher die PV hochläuft, desto kleiner wird die Lücke 2035
 - Aber: solange KKW laufen, können mehr sommerliche Überproduktionen, entstehen die am Markt untergebracht oder aberegelt werden müssen
 - F-Strategie: Offshore-Wind passt im Profil gut zu PV (saisonaler Ausgleich)
- Verlängerung der KKW-Laufzeiten würde Lücke beim Hochlauf verringern (Wechselwirkung mit Pkt. 1)

27

prognos

Fazit



Quelle: istock © mybirdy

- Die Schweiz verfügt bereits durch die Wasserkraft über hohe Erzeugungsflexibilitäten.
- Zukünftig kommen flexible Nachfrager wie Wärmepumpen und Elektromobilität hinzu.
- Der Stromaustausch mit dem Ausland bleibt zentral für die Versorgungssicherheit.
- Die Verlängerung der Kernkraftlaufzeiten kann den Stromimportbedarf deutlich reduzieren.
- Die Schweiz profitiert auch ökonomisch von höheren Export- als Importpreisen.

28

prognos

Ausblick

Die EP 2050+ (Energiesystemszenarien und -modellierung) decken nicht alles ab - Systemgrenzen

- Sind ausreichend Fachkräfte für den Umbau vorhanden?
- Können genügend Produktionskapazitäten für die nachgefragten neuen Technologien schnell genug aufgebaut werden?
- Eine weitergehende wirtschaftliche Transformation wurde nicht abgebildet, eine solche könnte Energieverbrauch und Emissionen stark beeinflussen (umfassende Kreislaufwirtschaft, Bio-Feedstock)
- (Freiwillige) Suffizienz wurde nicht explizit betrachtet
- Mit welchen konkreten Instrumenten kann die skizzierte technische Transformation erreicht werden?

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

29

prognos

Impressum/Disclaimer

Kontakt

Prognos AG
St. Alban-Vorstadt 24
4052 Basel
Deutschland

Telefon: +41 61 327 33 27
E-Mail: info@prognos.com

www.prognos.com
twitter.com/prognos_ag

Alle Inhalte dieses Werkes, insbesondere Texte, Abbildungen und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt. Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, bei der Prognos AG. Jede Art der Vervielfältigung, Verbreitung, öffentlichen Zugänglichmachung oder andere Nutzung bedarf der ausdrücklichen, schriftlichen Zustimmung der Prognos AG.

Fotos der Mitarbeitenden, soweit nicht anders gekennzeichnet, von: Prognos AG/Annette Koroll Fotos

Stand: 29. März 2022

30

prognos

prognos

Wir geben Orientierung.

Wir geben Orientierung.

Prognos AG – Europäisches Zentrum für Wirtschaftsforschung und Strategieberatung

Stromerzeugung - Winteranteil

Der gesamte Winteranteil sinkt bis 2050 auf 37% ab, da PV eine stärkere Rolle einnimmt.

Der spezifische Winteranteil der PV steigt bis 2050 aufgrund von veränderter Ausrichtung und steigendem Anteil an Fassaden PV.

WKK weisen aufgrund der gekoppelten Wärmeerzeugung einen hohen Winteranteil auf. Diese machen insgesamt aber nur einen geringen Anteil an der Erzeugung aus (siehe nächste Folie).

Winteranteil nicht regelbarer Stromerzeugungstechnologien

2020

2030

2050

Technologie

Wind Onshore

PV

Laufwasserkraft

KVA

Kleine WKK

Gesamt

62 %

26 %

41 %

50 %

72 %

40 %

62 %

27 %

41 %

50 %

72 %

39 %

61 %

31 %

41 %

50 %

72 %

37 %

Prozent

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

32

prognos

16

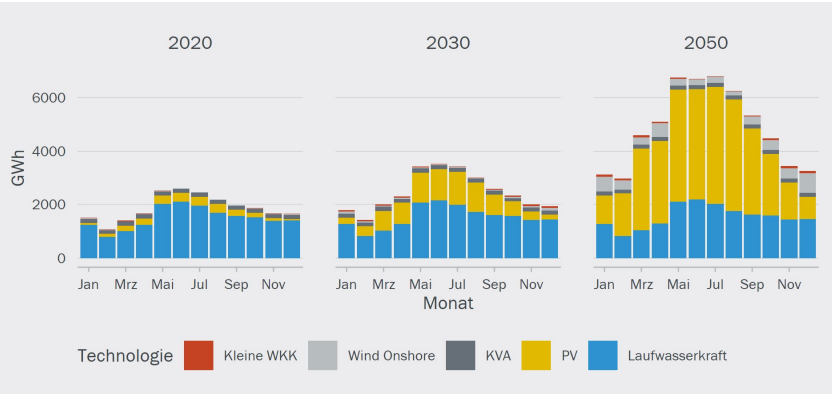
Stromerzeugung – Saisonale Erzeugung

- Die Erzeugung von Laufwasserkraft wird bis 2050 zunehmend ergänzt durch weitere nicht regelbare Kraftwerke.
- PV macht den grössten Teil der Erzeugung mit deutlichen Sommerschwerpunkten aus.
- Daneben leistet Wind noch einen Beitrag. Ein geringer Teil der Erzeugung wird von KVA und kleinen WKK geleistet.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

33

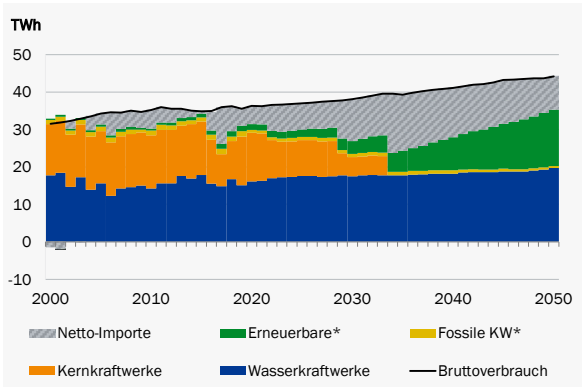
Saisonale Erzeugung nicht regelbarer Kraftwerke



prognos

Stromerzeugung: Winterhalbjahr

Kernkraftlaufzeit 50 Jahre

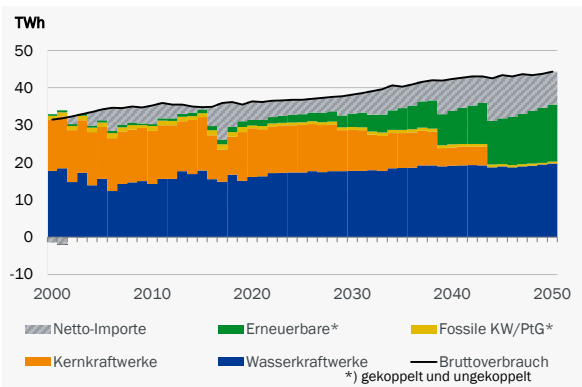


- Importsaldo im Winter steigt bis 2034 auf rund 16 TWh an.
- Bis 2050 Rückgang des Importsaldo auf rund 9 TWh.

© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

34

Kernkraftlaufzeit 60 Jahre



- Importsaldo liegt im Jahr 2034 nur bei rund 7 TWh.
- Maximaler Importsaldo wird 2045 mit rund 12 TWh erreicht.

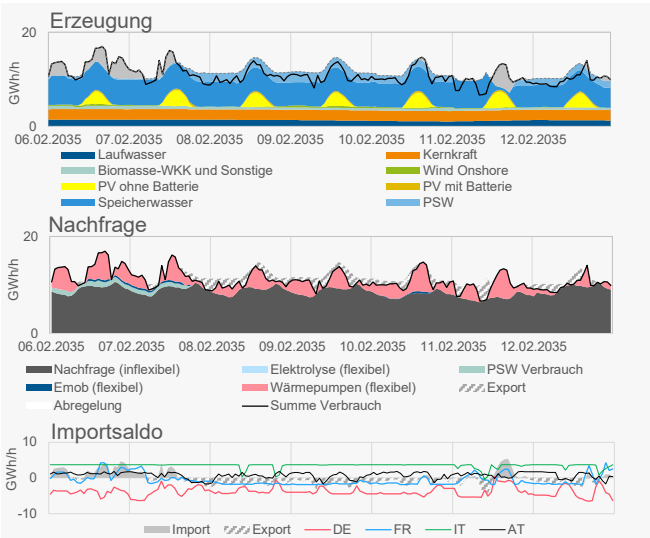
prognos

Stromsystem: Stromerzeugung

Stromsystem: Bsp. Winter 2035 (KKW 60)

Durch die zusätzliche Stromerzeugung der Kernenergie ist die Schweiz übers gesamte Jahr Nettoexporteur von rund 3 TWh.

- Der Importbedarf im Winter reduziert sich auf rund 6 TWh.
- Die Erzeugung von Wasserkraft bleibt durchgehend hoch.
- Die flexiblen Verbraucher insbesondere Wärmepumpen legen ihren Verbrauch weiter in Zeiten hoher erneuerbarer Erzeugung.



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2021

35

prognos

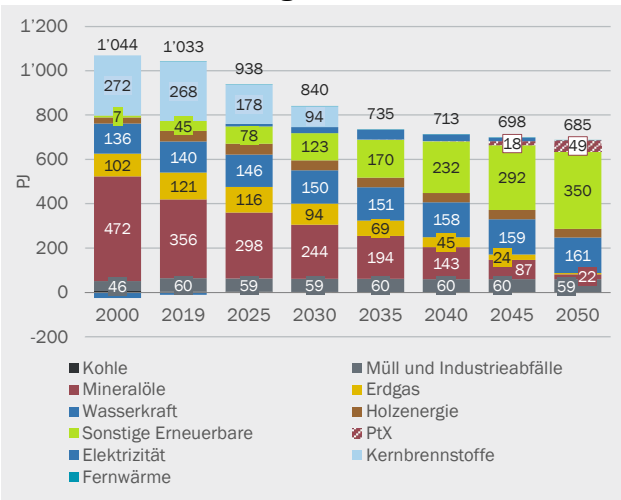
Synthese: Energieverbrauch

Bruttoenergieverbrauch

Entwicklung 2019 bis 2050:

- ZERO Basis: -34%; WWB: -30%
- KKW-Laufzeit 50 Jahres: Wegfall nach 2030
- Verschiebung Struktur:
 - EE-Anteil 2050 80%, zusätzlich 7% PtX
- Fossiler Restsockel
 - Müll/Kehricht
 - Fossile für den Nichtenergetischen Verbrauch

Verbrauchsentwicklung im Szenario ZERO-Basis



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

36

Ohne internationalen Flugverkehr

prognos

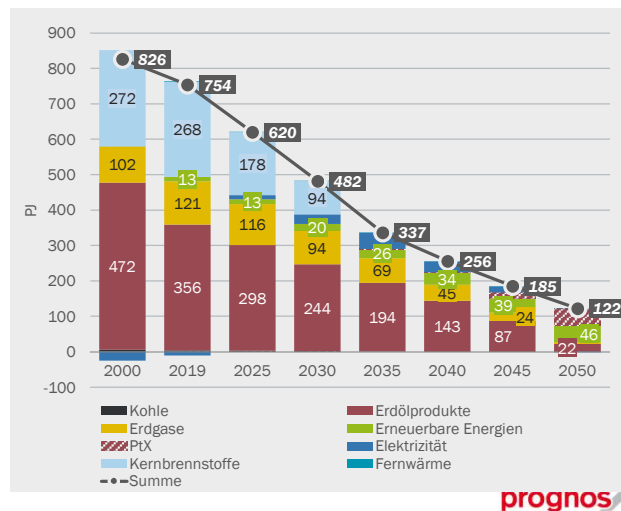
Synthese: Energieverbrauch

Jährliche Nettoimporte

Entwicklung 2019 bis 2050:

- Starker Rückgang der Importe (-84%), insbesondere bei Mineralölen, Erdgas und Kernenergie
- nach Kernenergieausstieg: zwischenzeitlich Anstieg der Stromimporte
- ansteigende Importe für Biomasse (insbesondere Biomethan) und Importe an PtX

Verbrauchsentwicklung im Szenario ZERO-Basis



© Prognos AG, TEP Energy GmbH, INFRAS AG 2020

37

Ohne internationalen Flugverkehr

prognos