



DIE ALPEN FÜR EINE KLIMAPOSITIVE SCHWEIZ

ENERGIEAUTARKIE UND NETZINTEGRATION

THOMAS KIENBERGER

LEHRSTUHL FÜR ENERGIEVERBUNDTECHNIK

MONTANUNIVERSITÄT LEOBEN

26.01.2024

Überblicksbeitrag aus externer Perspektive

Methodische Vorgehensweise:

Zunächst Faktensammlung

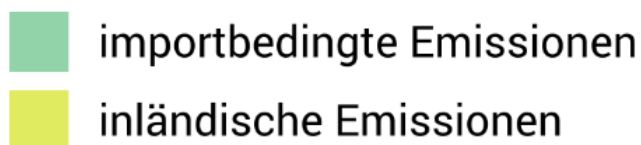
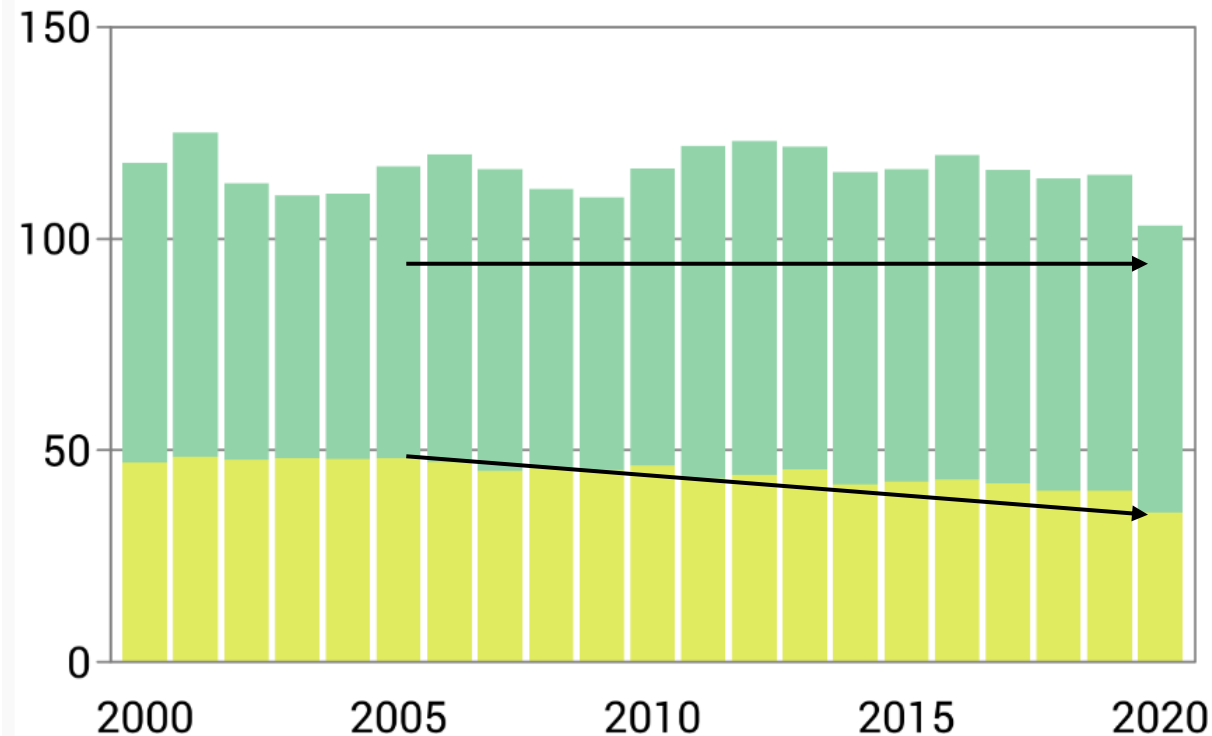
- Sammlung von statistischen Daten, Dokumenten zum aktuellen politischen Rahmen, aktuelle high-level Studien, teilweise Studien zu Detailthemen. Einbeziehung der Factsheets.
- Nicht Anspruch, alles zu kennen.
- Prüfung auf Konsistenz, Ableiten von systemischen Kern-Aussagen → Top-Down.

Ableiten von Handlungsempfehlungen aus derselben Perspektive.



HISTORISCHE EMISSIONEN DER SCHWEIZ

Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente



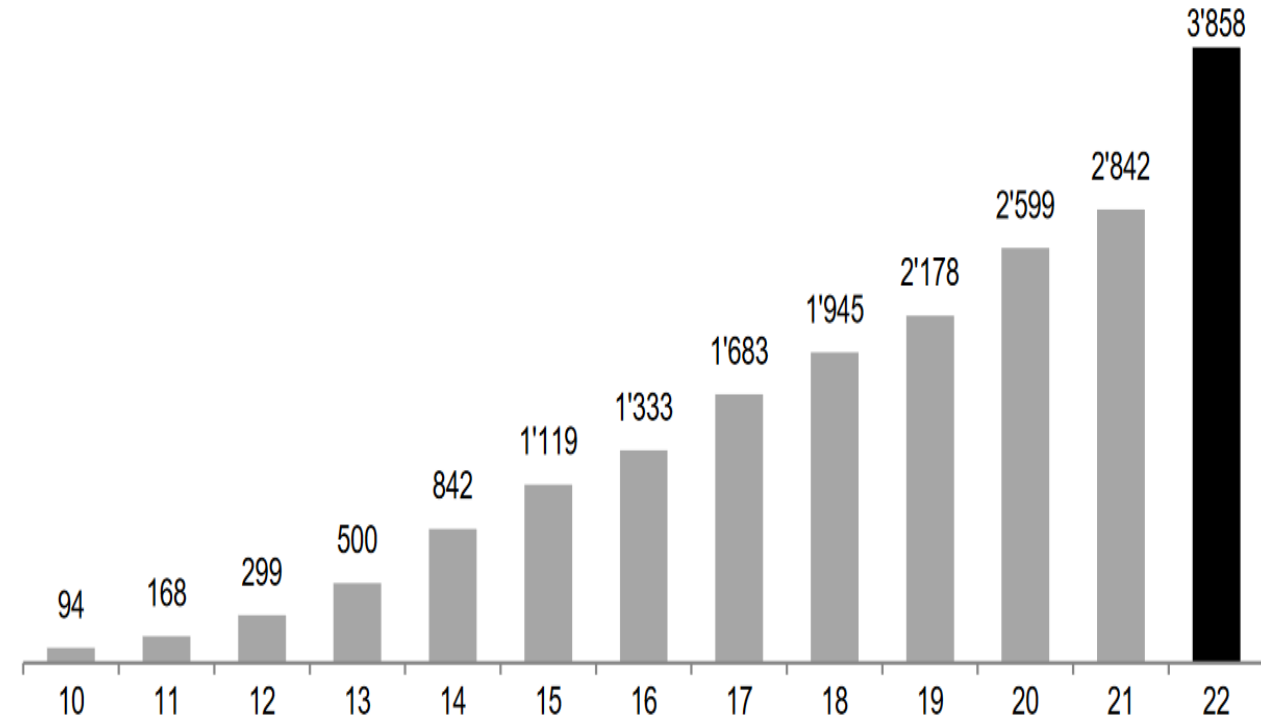
*BFS 2022: Umweltindikator
Treibhausgasemissionen,*

- Im Moment ca. 100 Mt THG Emissionen
- Importierte, konsumbasierte Emissionen überwiegen – Industriegüter, internationaler Luftverkehr
- Inländische THG-Emissionen ca. 45 Mt
 - 45% Energie, Industrie, Landwirtschaft, Abfallwirtschaft
 - 31% Verkehr
 - 24% Gebäude
- (inländische) Emissionen sinken seit ca. 2050...

Heute:

- Bruttoinlandsenergiebedarf ca. 285 TWh
- 77% der Primärenergie aus fossilen Importquellen (Mineralöl, Kernbrennstoff, Gas)
- Wichtigste inländische Energiequelle: Wasserkraft (12%) gefolgt von Biomasse (5%) und den sonstigen Erneuerbaren (PV, Umgebungswärme, Wind...)
- Massiver PV-Zubau in den letzten Jahren

in GWh



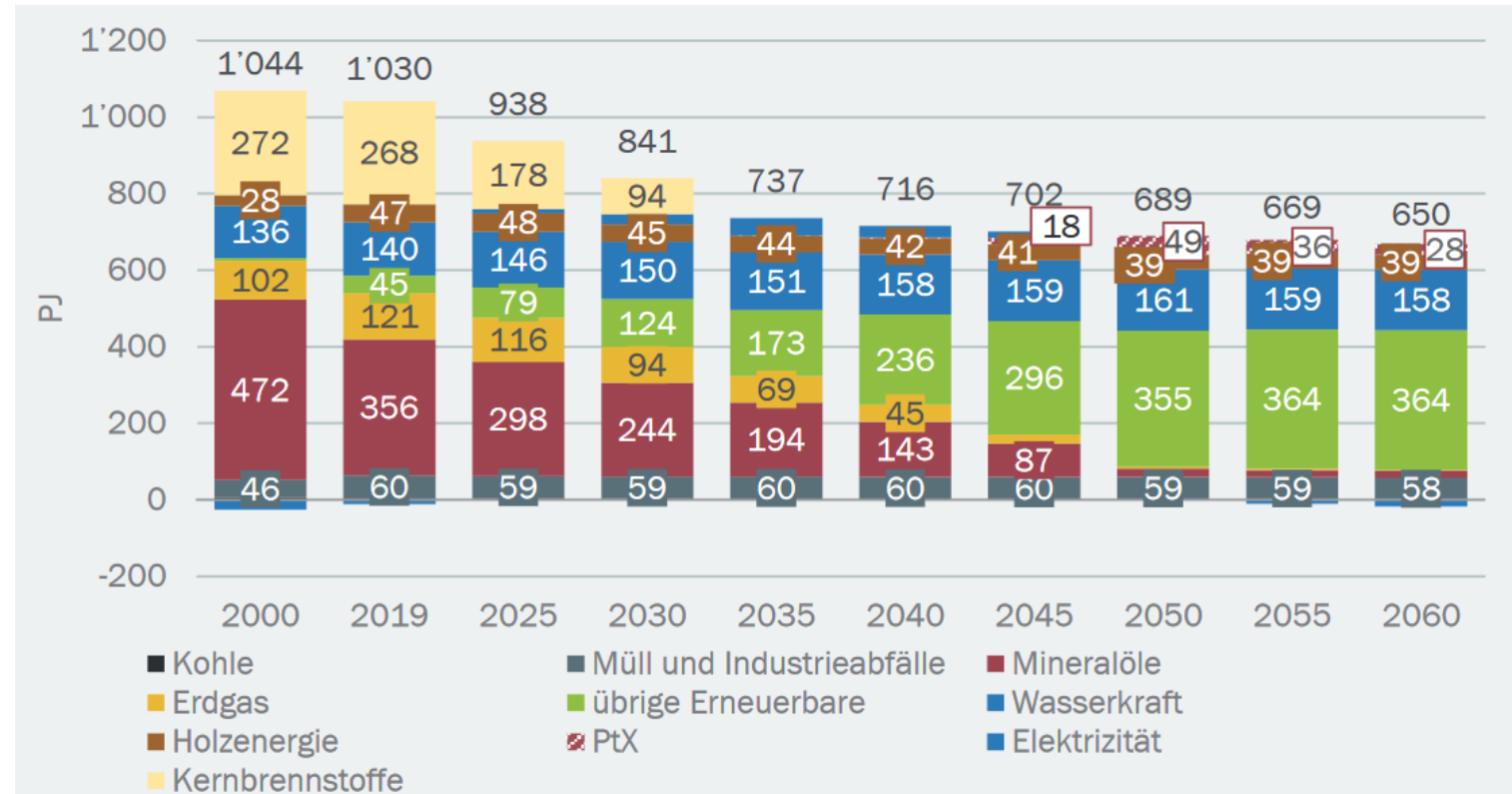
*Entwicklung der Erzeugungsmengen an PV-Strom gemäß
„Statistik Sonnenenergie Referenzjahr 2022“*

POLITISCHES ZIELBILD EINER KLIMANEUTRALEN SCHWEIZ: „ENERGIEPERSPEKTIVEN2050+“

Ausgangsbasis für ein klimaneutrales
Morgen: sehr gut

Randbemerkung: Sofern man die importierten Treibhausgasemissionen bei Seite lässt.

- Vergleichsweise gute Potentiale an Erneuerbaren
- Historische Affinität zur dezentralen Stromproduktionen
- Kaum hard-to-abate Industry



*Entwicklung des energetischen Endverbrauchs gemäß
Basisszenario der „Energieperspektiven2050+“*

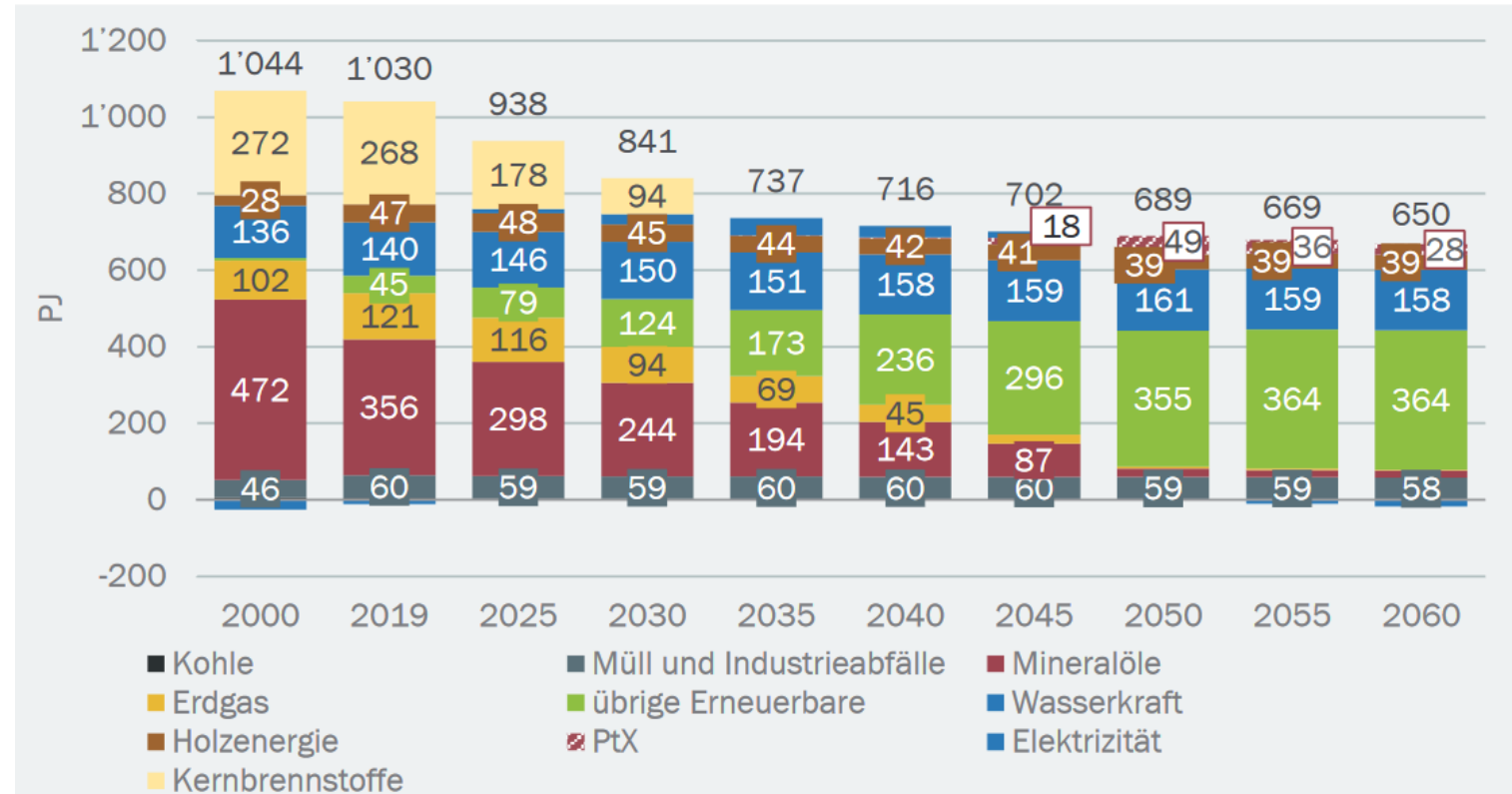
POLITISCHES ZIELBILD EINER KLIMANEUTRALEN SCHWEIZ: „ENERGIEPERSPEKTIVEN2050+“

Maßnahmen auf Nachfrageseite

- Elektrifizierung im Verkehr und in der Raumwärme
- Nutzung von Biomasse für Hochtemperaturanwendungen und für für Raumwärmebedarfe
- Synthetische Kraftstoffe für den Schwerverkehr, Wasserstoff in der Industrie
- Rückgang des Industriesektors

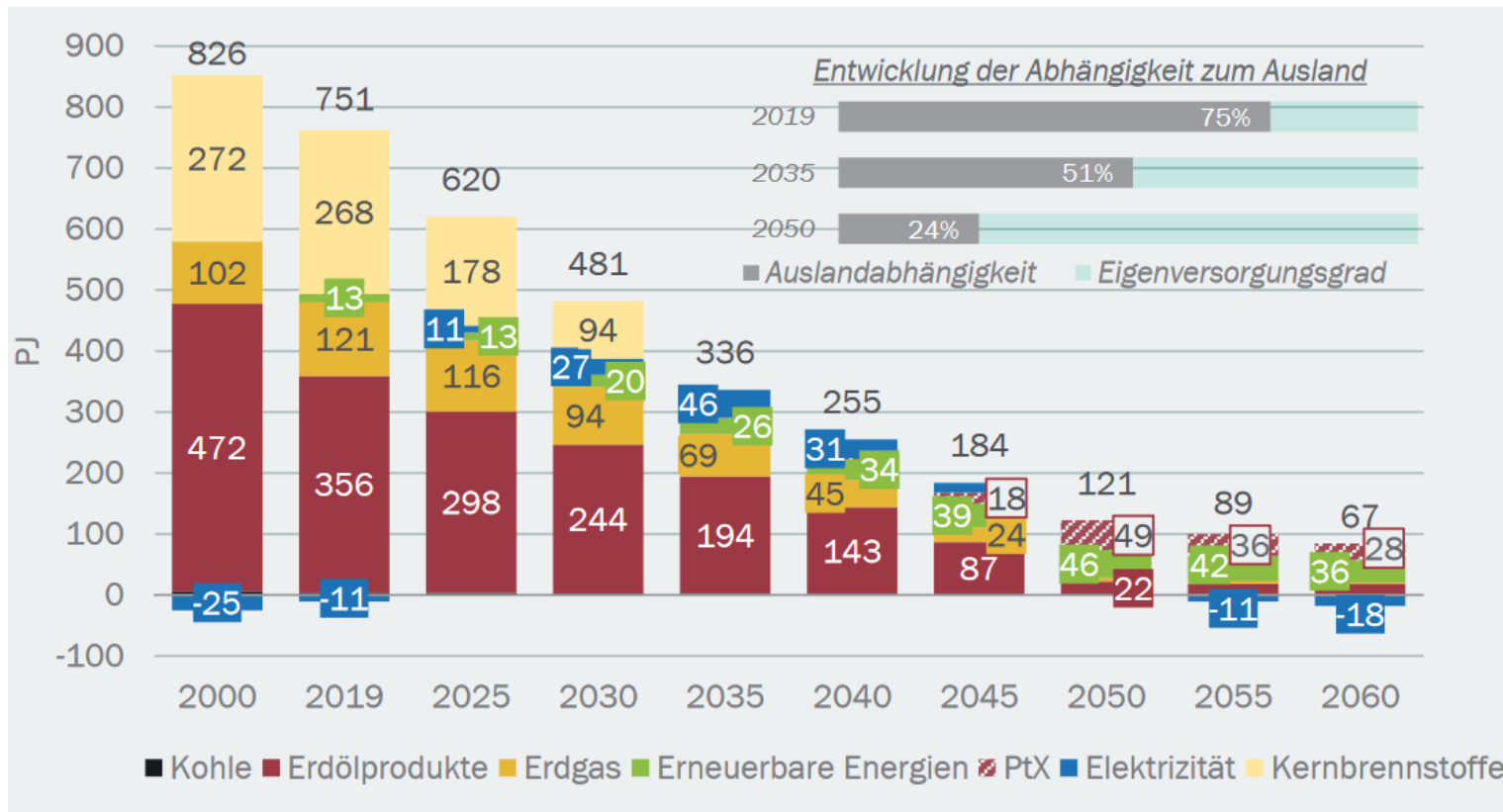
In Summe Reduktion des Endenergiebedarfs auf rund 145 TWh

- 85 TWh davon Strom



*Entwicklung des energetischen Endverbrauchs gemäß
Basisszenario der „Energieperspektiven2050+“*

NETTO-IMPORTTANGENTE: „ENERGIEPERSPEKTIVEN2050+“



2050

- Reduktion der Importabhängigkeit auf rund 25% des Primärenergiebedarf: → keine energetische Autarkie der Schweiz erwartbar.
- Bruttostrombedarf kann bilanziell aus eigenen erneuerbaren Potentialen gedeckt werden. → Energieautakiegrad > 1
- Dazu Ausbaugeschwindigkeit PV zumindest beibehalten. Wind beschleunigen.

Erscheint möglich

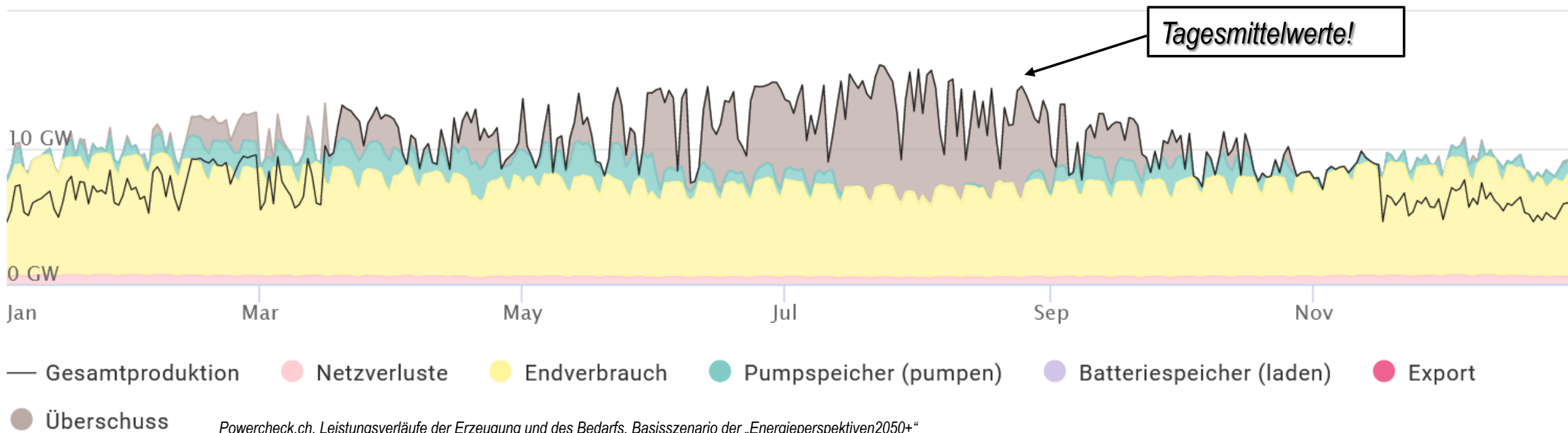
Energieträgerimporte und –exporte gemäß Basisszenario der „Energieperspektiven2050+“

ENERGIEAUTARKIE VS. LEISTUNGSAUTARKIE: „ENERGIEPERSPEKTIVEN2050+“

$$\varepsilon_{LA} = \frac{E_{EV}}{E_{Bed}} = \frac{\text{lokal bereitgestellte und gleichzeitig konsumierte Energie}}{\text{lokal konsumierte Energie}}$$

Leistungsautarkie = 1: Energie wird zumindest dann erzeugt, wenn sie benötigt wird.

Energieperspektiven2050+: Leistungsautarkiegrad < 1, maximale Defizitleistung ca. 3 GW

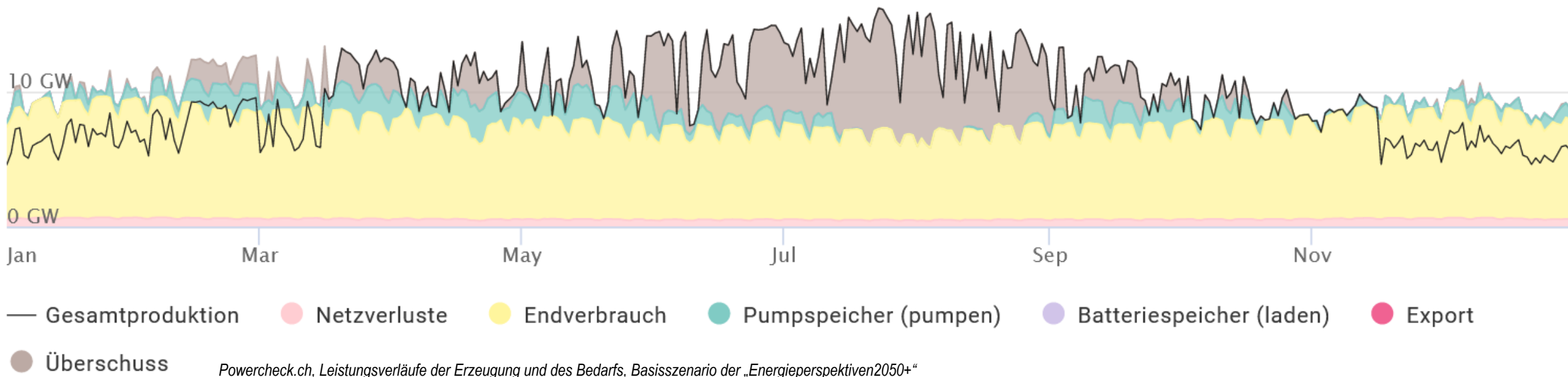


ENERGIEAUTARKIE VS. LEISTUNGSAUTARKIE „ENERGIEPERSPEKTIVEN2050+“

Maßnahmen zur Erhöhung des Leistungsautarkiegrads:

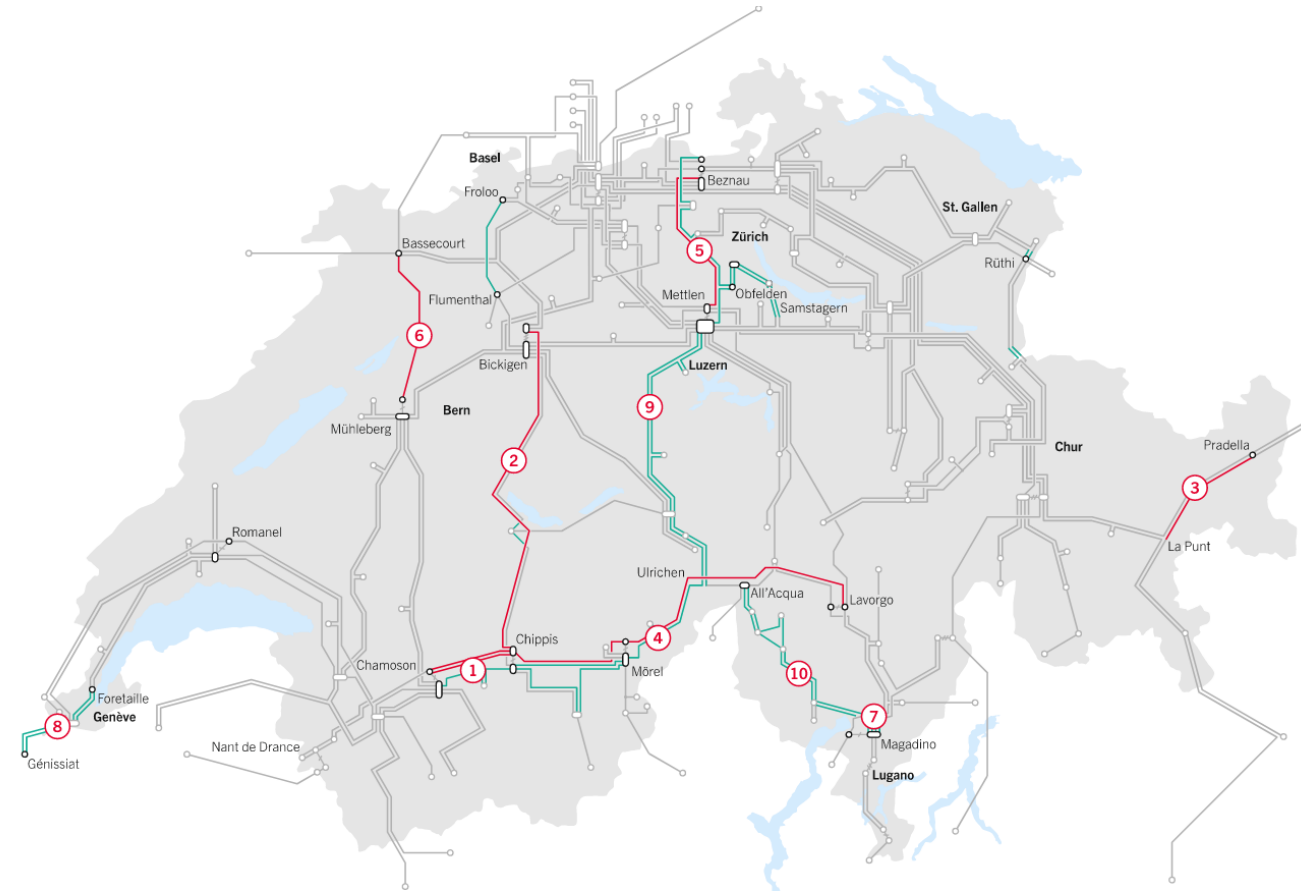
- Saisonal ausgeglichenerere Erzeugungsprofile
- Flexibilitätsoptionen mit unterschiedlichen Zeitkonstanten

Importe und Exporte: europäische Integration



IMPORT/EXPORT: EUROPÄISCHER AUSTAUSCH

- 70% Minimum Remaining Available Margin wird Handel zwischen den europäischen Gebotszonen verstärken. Schweiz ist momentan keine Gebotszone.
- Europäische Integration erhöht Marktliquidität und damit Wohlfahrtseffekte sowie Bedarf an teuren saisonalen Kapazitäten
- EICOM: Vorbereitung des Übertragungsnetz auf einen Import von 10 TWh im Winterhalbjahr
- Berücksichtigung im “Strategischen Netz2040” der Swissgrid. Prozess dazu startet gerade



Swissgrid „Strategisches Netz 2025“

Leistungsautarkie ausschließlich mittels Flexibilitätsoptionen – Langzeit-, Mittelzeit- und Kurzzeitspeicher führt zu extrem großen Kapazitäten und entsprechend hohen Investmentkosten.

Randbemerkung: aktuelle Studie für Österreich geht für Stromautarkie 2040 von mehreren 10 GW Speicherbedarf aus und sieht dies aus Kostensicht ausdrücklich als nicht sinnvoll an!*

*Wogrin, Kienberger, Renner et al.: „Ermittlung des Speicherbedarfs im österreichischen Elektrizitätssystem 2040“ im Auftrag der APG, momentan unveröffentlicht

BFE-Verteilernetzstudie2021:

- Ohne Flexibilitäten verdoppelt sich Verteilernetzausbaubedarf im Vergleich zu einem “weiter wie bisher” Szenario
- Verteilernetzflexibilität hat großen Einfluss darauf - Kombination von Maßnahmen besonders wirksam

Sensitivität	Bandbreite veränderter Ausbaubedarfe über alle Verteilernetzebenen im Vgl. zu ZERO Basis
ZERO 2050	+ 20 bis + 50 %
Spitzenkappung 85%	- 0 % bis - 10 %
Spitzenkappung 70%	- 0 % bis - 30 %
Verstärktes Heimpladen	+0 % bis + 40%
Verstärktes öffentliches Laden	- 0 % bis - 30 %
Marktorientiertes Lastverhalten	+ 10 % bis + 100 %
Netzorientiertes Lastverhalten	- 0 % bis - 50 %
Kombination: verstärktes Heimpladen und marktorientiertes Verhalten	+ 20 % bis + 200 %
Kombination: verstärktes Heimpladen und netzorientiertes Verhalten	- 0 % bis - 50 %
Kombination: netzorientiertes Verhalten und Spitzenkappung 85%	- 15 % bis - 60 %
Kombination: netzorientiertes Verhalten und Spitzenkappung 70%	- 25 % bis - 60 %
«Smarteres Netz»	- 20 % bis - 60 %

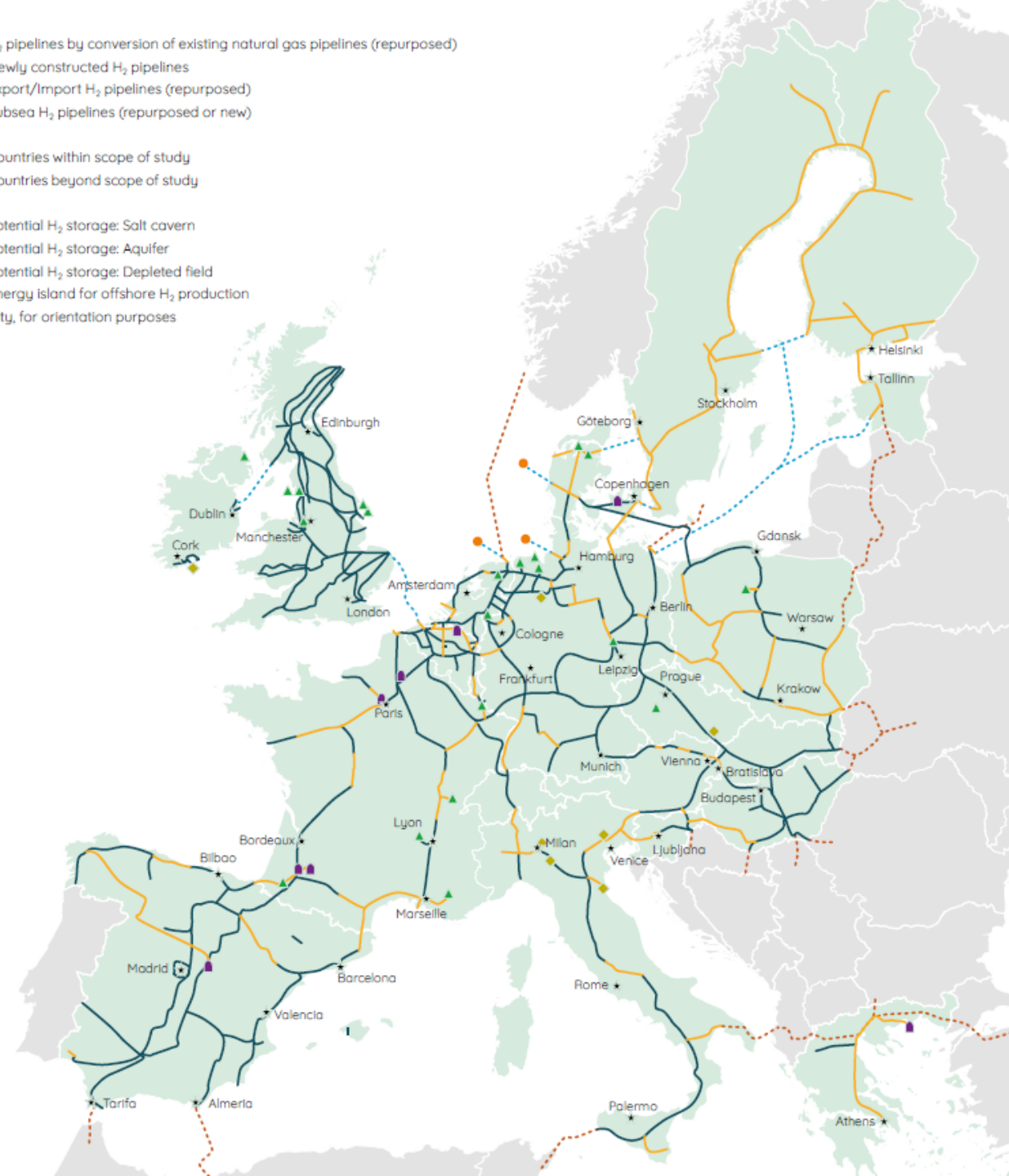
„HYDROGEN-BACKBONE“

- Energieperspektiven 2050+: 33TWh an Primärenergie 2050 nach wie vor zu importieren: das sind 25%
- Hauptsächlich Wasserstoff und seine Derivate (PtX-Fuels)
- Perspektive: 2035+
- Europäische Kooperation wird nötig sein, um ans Netz zu kommen.
- Mengenabsicherung: Importrouten sind heute noch nicht robust bekannt.

— H₂ pipelines by conversion of existing natural gas pipelines (repurposed)
— Newly constructed H₂ pipelines
- - - Export/Import H₂ pipelines (repurposed)
••• Subsea H₂ pipelines (repurposed or new)

■ Countries within scope of study
■ Countries beyond scope of study

▲ Potential H₂ storage: Salt cavern
■ Potential H₂ storage: Aquifer
◆ Potential H₂ storage: Depleted field
● Energy island for offshore H₂ production
★ City, for orientation purposes



*European
Hydrogen
Backbone
initiative2021,
supported by
Guidehouse*

FAZIT UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

- Betrachtung nicht nur der inländischen 45 Mt THG-Emissionen sondern der gesamten 100 Mt. THG-Emissionen → CO₂-Senken und -Transportdiskussionen ist vertieft zu führen.
- Wasserstoff und PtX: robuste Importpfade sind zu entwickeln.
- Integrierte vernetzte Flexibilitätsplanung ist anzugehen
 - Energieträgerübergreifende Speicherstrategie unter Einbezug eines europäischen Stromaustausches
- Geeignete Regulierungsmaßnahmen für netzdienliches Verhalten in Verteilernetzen ist sind zu entwickeln.
- Saisonale ausgeglichene Profile: Prozesse zu Ermittlung geeigneter Flächen sind zu initiieren

Das Ganze auf Basis von und mess- und vergleichbaren sozio-techno-ökonomischen Indikatoren.

Danke für die Aufmerksamkeit