



Klimawandel – Entwicklungen im Energiehaushalt

Christian Todem
Leiter Systementwicklung APG

25. September 2023

Agenda

Klimaveränderungen – Klimakrise?

Ein paar Zahlen, Daten und Fakten die man kennen sollte

Situation in Österreich: Wie gelingt die Dekarbonisierung?

... mit Blick auf die Herausforderungen im Energiesystem insgesamt

... mit Blick auf die Herausforderungen im Stromsystem

ÖNIP – Ein Gamechanger für den Ausbau der Infrastruktur?

...Massiver Zubau an Erneuerbaren nötig

...Sektorenkopplung und Power-to-Gas als essenzielle Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende

Empfehlungen und Fazit: Es braucht eine gesamthafte Koordinierung der Aktivitäten und sektorübergreifende Planung

Klimaveränderungen – Klimakrise?

Ein paar Zahlen, Daten und Fakten die man kennen sollte

Entwicklung CO₂ Konzentration in der Atmosphäre

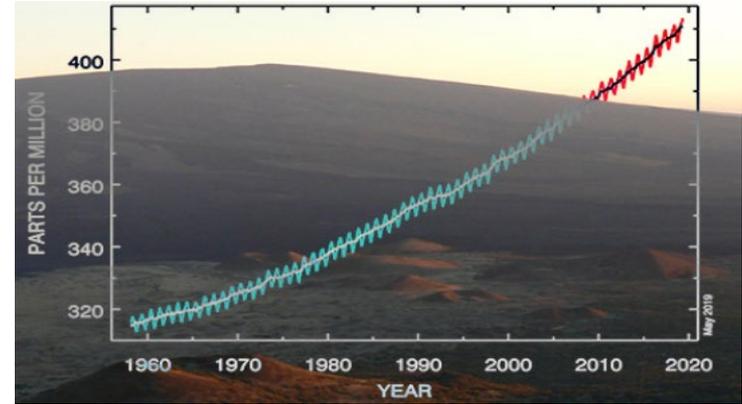


Im **Mai 2020** wurde ein **neuer Rekordwert** auf dem Mauna Loa auf Hawaii gemessen: **417,1ppm (2023: 424ppm*)**

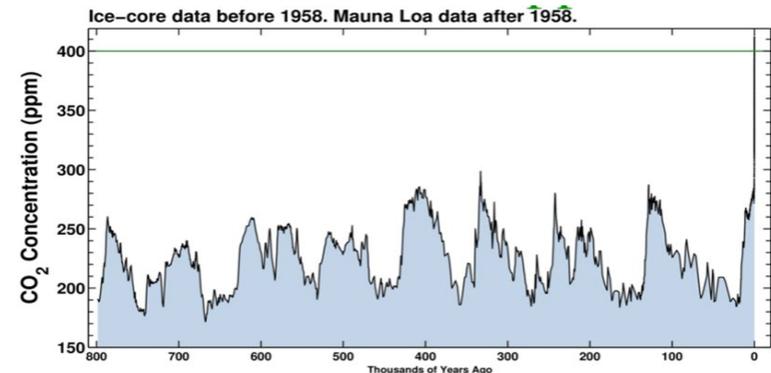
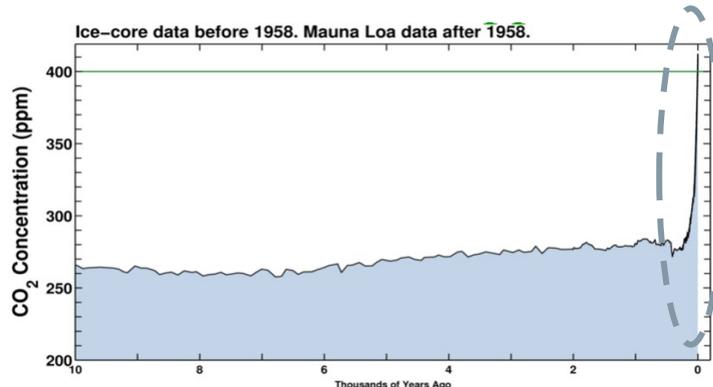
Diese Messungen (Keeling Kurve) der realen Atmosphäre hängen nicht von irgendwelchen Modellen ab!

In Kombination mit Messstellen an anderen Orten dokumentieren diese Langzeitmessungen damit relativ zuverlässig, wie sich der atmosphärische CO₂-Gehalt entwickelt hat.

Gleichzeitig geben sie auch das typische Auf und Ab der Werte im Jahresverlauf wieder: Im **Mai** wird der **CO₂-Jahreshöchstwert** erreicht, im **September** der **Tiefstpunkt**.



<https://youtu.be/Z43FQCSg4Ow>



Temperaturentwicklung global

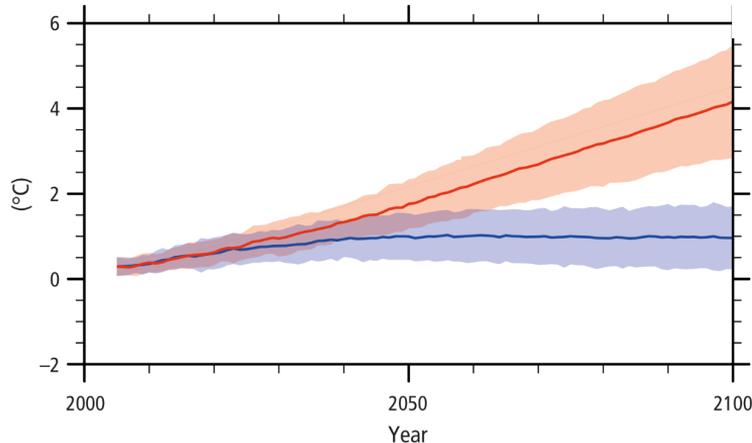


- Durch die anthropogene Verstärkung des natürlichen Treibhauseffekts, wird sich die globale Mitteltemperatur bis zum Ende dieses Jahrhunderts erhöhen.
- Mit Globalen Klimamodellen berechnete Zunahmen der globalen Mitteltemperatur zeigen Werte zwischen **etwa 1.5°C und 4.5°C**.
- Dabei hängt das Ausmaß der Temperaturzunahme ganz wesentlich vom betrachteten Emissionsszenario (Representative Concentration

b.



Global average surface temperature change
(relative to 1986–2005)

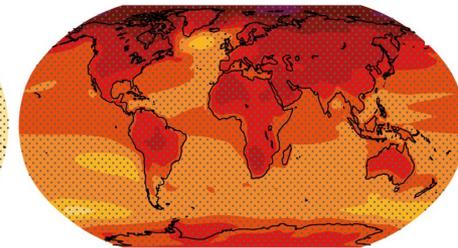
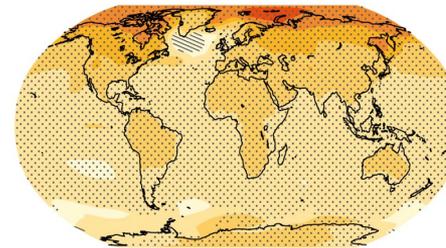


RCP2.6
RCP4.5
RCP6.0
RCP8.5

RCP2.6

Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)

RCP8.5



Klimaschutz-Szenarien (Info)



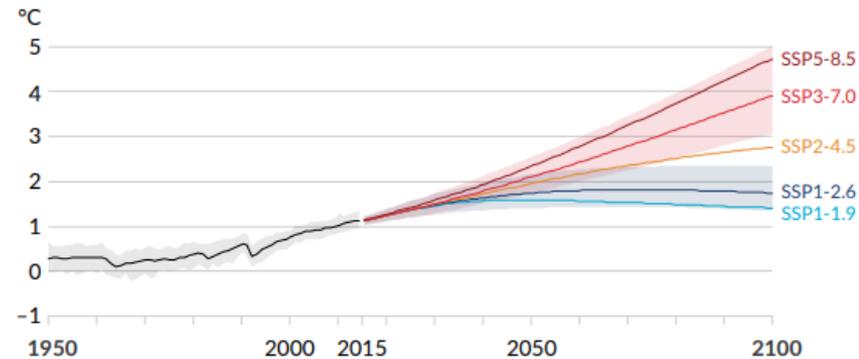
RCP Szenarien (Representative Concentration Pathways):

- Für den 5. Bericht des Weltklimarats IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) von 2013 wurden die RCP Szenarien entwickelt.
- Diese Szenarien leiten den Strahlungsantrieb nicht aus sozio-ökonomischen Faktoren ab, sondern legen Änderungen im Strahlungsantrieb bis 2100 gegenüber 1850 (vor Industrialisierung) fest.
- RCP 6.0 bedeutet einen zusätzlichen Strahlungseintrag von $6,0 \text{ W/m}^2$ im Jahre 2100 im Vergleich zu 1850.

SSP Szenarien (Shared Socioeconomic Pathways):

- Die ökonomische und gesellschaftliche Begründung für die RCP-Szenarien ist in den letzten Jahren durch die sogenannten SSP-Szenarien nachgeliefert worden.
- Sie stellen anders als die RCP-Szenarien die globalen gesellschaftlichen, demographischen und ökonomischen Veränderungen in den Mittelpunkt und gehen bereits in die jüngste Modellgeneration CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) ein, die für den aktuellen 6. Sachstandsbericht des Weltklimarats (2021/22) erschienen ist.

(a) Global surface temperature change relative to 1850–1900

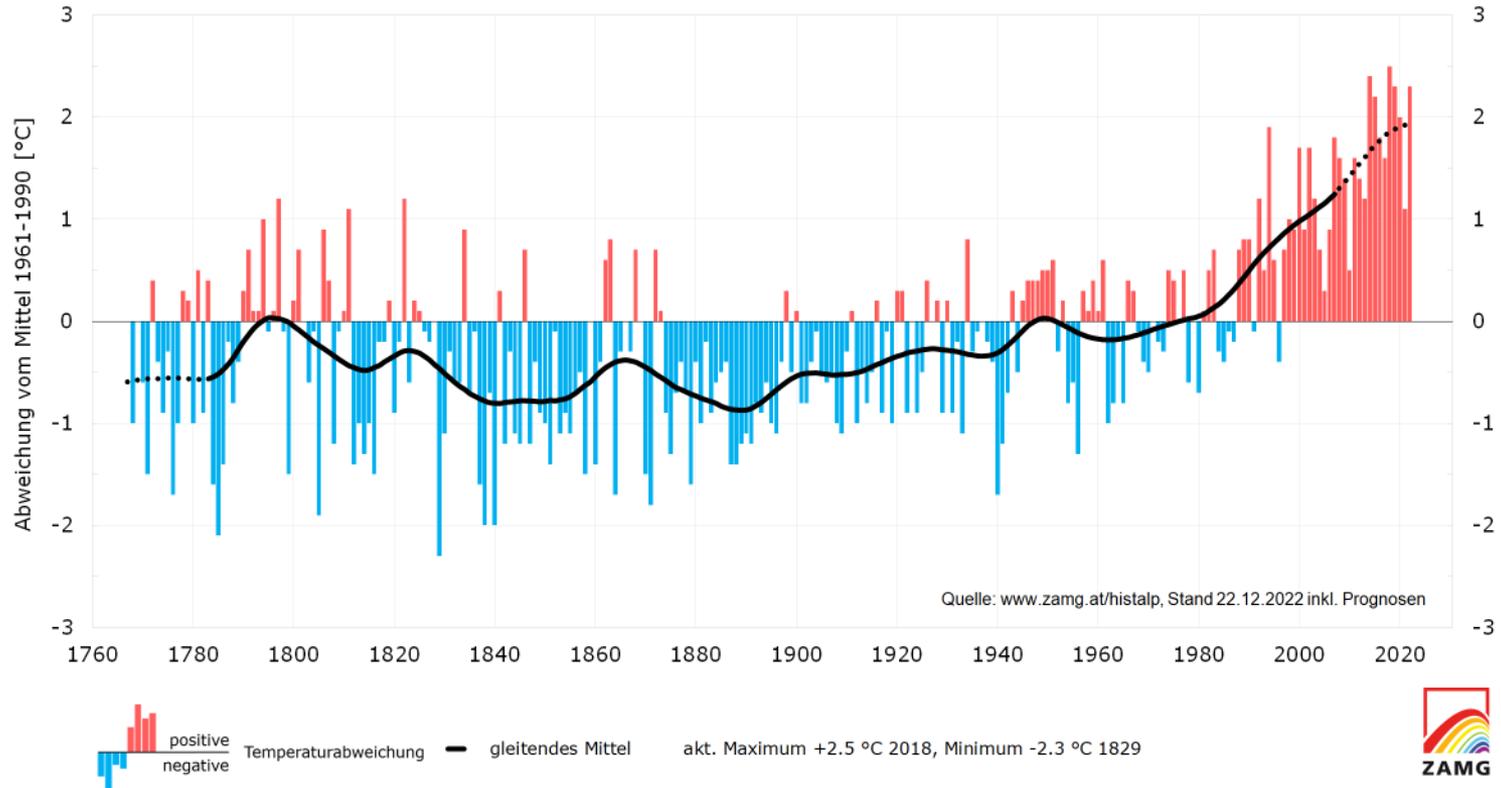


Klimaschutz-Szenarien (Info)

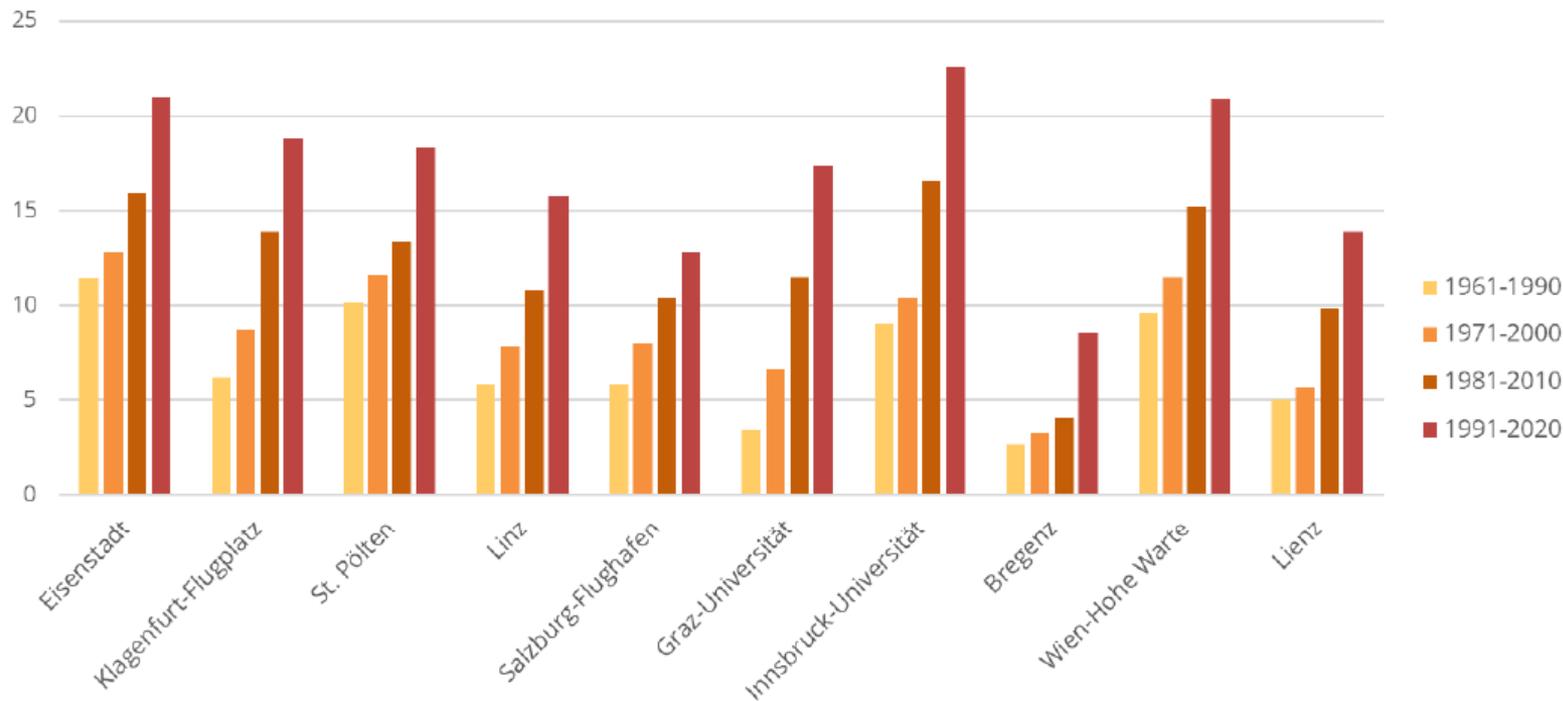


- **SSP1: *Der nachhaltige und grüne Weg.*** Die Welt beschreitet allmählich einen nachhaltigen Pfad. Die globalen Gemeinschaftsgüter werden wichtig genommen und bewahrt, die Grenzen der Natur werden respektiert. Statt Wirtschaftswachstum steht zunehmend das menschliche Wohlbefinden im Fokus. Die Einkommensungleichheiten zwischen den Staaten und innerhalb der Staaten werden reduziert. Der Konsum orientiert sich an einem geringen Material- und Energieverbrauch.
- **SSP2: *Der mittlere Weg.*** Die bisherige Entwicklung setzt sich in die Zukunft fort. Die Entwicklungen beim Einkommen in den einzelnen Ländern gehen weit auseinander. Es gibt zwar eine gewisse Zusammenarbeit zwischen den Staaten, die jedoch nur geringfügig weiterentwickelt wird. Das globale Bevölkerungswachstum ist moderat und schwächt sich in der zweiten Jahrhunderthälfte ab. Umweltsysteme erfahren eine gewisse Verschlechterung.
- **SSP3: *Regionale Rivalitäten.*** Eine Wiederbelebung des Nationalismus und regionale Konflikte rücken globale Themen in den Hintergrund. Die Politik orientiert sich zunehmend an nationalen und regionalen Sicherheitsfragen. Investitionen in Bildung und technologische Entwicklung nehmen ab. Ungleichheiten nehmen zu. In einigen Regionen kommt es zu starken Umweltzerstörungen.
- **SSP4: *Ungleichheit.*** Die Kluft zwischen entwickelten Gesellschaften, die auch global kooperieren, und solchen, die auf einer niedrigen Stufe der Entwicklung mit niedrigem Einkommen und geringem Bildungsstand verharren, nimmt weiter zu. In einigen Regionen ist Umweltpolitik bei lokalen Problemen erfolgreich, in anderen nicht.
- **SSP5: *Die fossile Entwicklung.*** Die globalen Märkte sind zunehmend integriert, mit der Folge von Innovationen und technologischem Fortschritt. Die soziale und ökonomische Entwicklung basiert jedoch auf der verstärkten Ausbeutung der fossilen Brennstoffressourcen mit einem hohen Kohleanteil und einem energieintensiven Lebensstil weltweit. Die Weltwirtschaft wächst und lokale Umweltprobleme wie die Luftverschmutzung werden erfolgreich bekämpft.

Temperaturentwicklung lokal (Österreich)



Entwicklung der durchschn. Anzahl an Hitzetagen (>30°C)



Winter 2022/2023 in Österreich...



Vorarlberg

Salzburg



Sommer 23

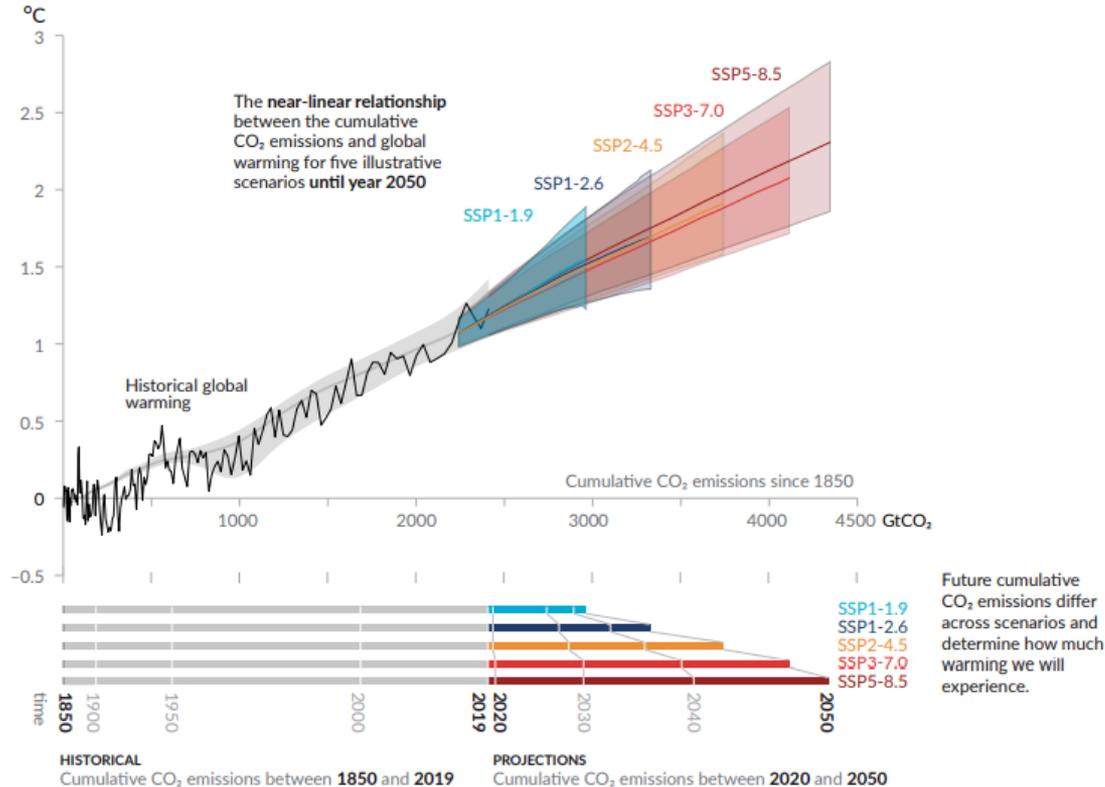


Welche Auswirkungen sind zu erwarten?



Globales CO₂ Budget

Global surface temperature increase since 1850–1900 (°C) as a function of cumulative CO₂ emissions (GtCO₂)



- Seit 1850 rund 2400 Mrd. t CO₂ emittiert!
- Um das 1,5°C Ziel nicht zu verfehlen verbleibt ein Rest CO₂ Budget von rund 400 Gt CO₂.
→ ca. 8 Jahre!!
- Um das 2°C Ziel nicht zu verfehlen verbleibt ein Rest CO₂ Budget von rund 1150 Gt CO₂.
→ ca. 25 Jahre!!

Situation in Österreich: Wie gelingt die Dekarbonisierung?

... mit Blick auf die Herausforderungen im Energiesystem insgesamt

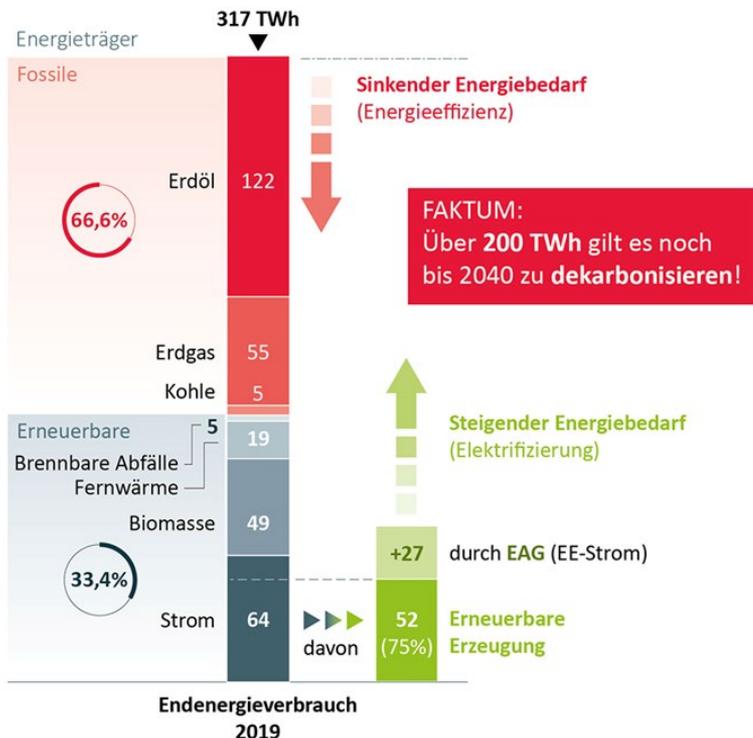
... mit Blick auf die Herausforderungen im Stromsystem

Zentrale Herausforderungen aus Sicht des Gesamtsystems

Dekarbonisierung des Stromsektors ist nur ein Teil der Herausforderung



Die Herausforderung



Meilensteine und Schlüsselindikatoren

Meilenstein 2030

- ▶ Bis **2030** soll in Österreich (bilanziell auf Jahresbasis) der Stromsektor vollkommen dekarbonisiert sein (Schätzungen für EE-Ausbau zwischen 27 TWh im EAG und 39 TWh im ÖNIP)

Meilenstein 2040

- ▶ Bis **2040** soll das gesamte Energiesystem dekarbonisiert sein – dazu müssten noch **rund 200 TWh** (rd. 2/3 des Energiesystems, derzeit Kohle, Öl und Gas) durch Erneuerbare ersetzt werden

Nettoinvestitionen

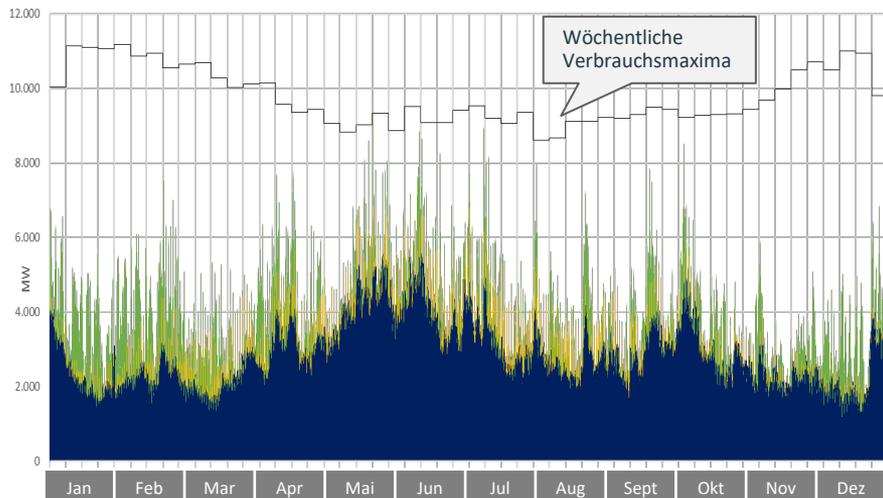
- ▶ Abschätzungen des **Investitionsbedarfs** (+27 TWh) belaufen sich **lt. WKO auf rund 70 Mrd. EUR bis 2030**. Für die vollständige Dekarbonisierung des Energiesystems bis 2040 ist daher mit rund dem doppelten Betrag zu rechnen – als rund **140 Mrd. EUR bis 2040 (Grobschätzung)**!

Zentrale Herausforderungen und Situation heute

Fehlendes Übertragungsnetz verursacht enorme Mehrkosten für Industrie und Haushalte



Lastdeckung 2022 Regelzone APG



4,0 GW



3,8 GW

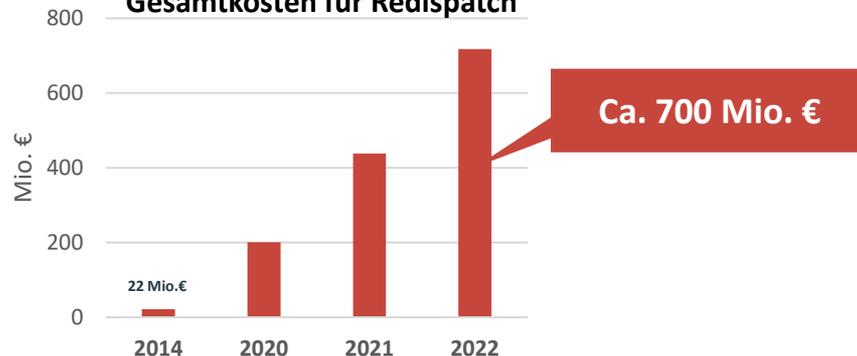


5,7 GW

Nach wie vor hohe Residuallast, die durch flexible Gaskraftwerke gedeckt werden muss

Stromnetz kann Marktwünsche nicht erfüllen

Gesamtkosten für Redispatch



Engpässe zw. AT / DE bedingten Gebotszonensplit

Preisdifferenzen AT / DE [€/MWh]

2019	2,4
2020	2,7
2021	10,0
2022	26,0

Ca. 1.800 Mio. €
(bei 70 TWh Verbrauch)

Fehlendes Übertragungsnetz resultiert 2022 in (vermeidbaren) Mehrkosten von 2.500 Mio. €!

Zentrale **technische Herausforderung**: massiver Leistungszubau

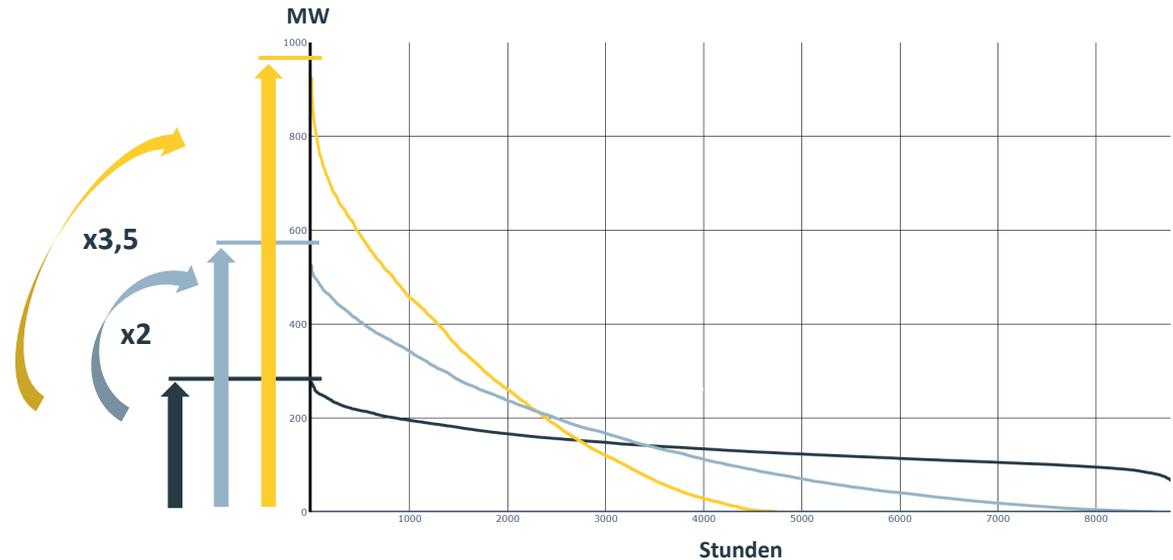
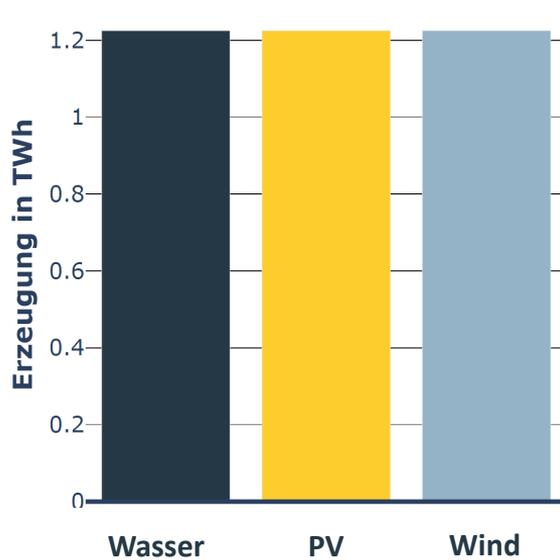
Erzeugungsspitzen sind maßgeblich für die Dimensionierung des Stromnetzes



Direkter Vergleich zwischen Wasserkraft, **Windkraft** und **PV** zeigt:

Um die gleiche Energiemenge herzustellen ...

... benötigt man die **2-fache Leistung für Wind** und die **3,5-fache Leistung für PV**



► Erzeugung aus insbesondere Wind und PV mit fundamental anderer Charakteristik als Wasserkraft und Gaskraftwerke – der Effekt wird durch voranschreitende Elektrifizierung noch weiter verstärkt!

Zwischenfazit: Vielzahl der Herausforderungen verdeutlicht die Komplexität

Strom wird zum wichtigsten Energieträger der Zukunft und gibt in Zukunft den Takt an



	HEUTE	2040
Elektrifizierung des Energiesystems	~70 TWh in Ö	ca. 140 – 160 TWh
Massive Leistungsspitzen	25 GW (davon 5 GW fossile)	> 80 GW (davon 53 GW Wind und PV)
Steigende Volatilität in der Erzeugung	RES Anteil ~60%	RES Anteil 100%
Kostenstruktur	Geringe Kapitalkosten, hohe Grenzkosten	Hohe Kapitalkosten, geringe Grenzkosten
Versorgungssicherheit	Netzreserve, Redispatch	Neue Anreize für flexible Erzeugung (H ₂ Gaskraftwerke) durch intelligente Kapazitätsmechanismen, Redispatch
Geografie	Kraftwerke nahe bei Verbrauchern, zentrale Planung	Zunehmende Dezentralisierung der Erzeugung
Rolle der Verbraucher	Passiv	Aktiv (Demand Side Management)

ÖNIP – Ein Gamechanger für den Ausbau der Infrastruktur?

Key Message 1: Massiver Zubau an Erneuerbaren nötig

Key Message 2: Sektorenkopplung und Power-to-Gas als essenzielle Voraussetzung für das Gelingen der Energiewende

Ausblick 2040: Modellierungsergebnisse im ÖNIP

UBA Transition Szenario des ÖNIP gibt eine Indikation zum EE-Ausbaubedarf



Forcierung der Erneuerbaren Energie Integration im Kern des ÖNIP erfordert einen präzedenzlosen Aus- und Umbau des Systems

Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung



2030¹: + 39 TWh

2040¹: + 77 TWh

Strom wird zum wichtigsten Energieträger der Zukunft ...

Paradigmenwechsel durch die Sektorkopplung und Wasserstoff



2030¹: + 5 TWh (1 GW_{el})

2040¹: + 29 TWh (3 GW_{el})

... und **Wasserstoff** zur Drehscheibe für die Kopplung des Energiesystems!

Erscheint immer noch zu niedrig!
Andere Studien (OE) gehen von
zumindest einer Verdoppelung des
Strombedarfs aus.²

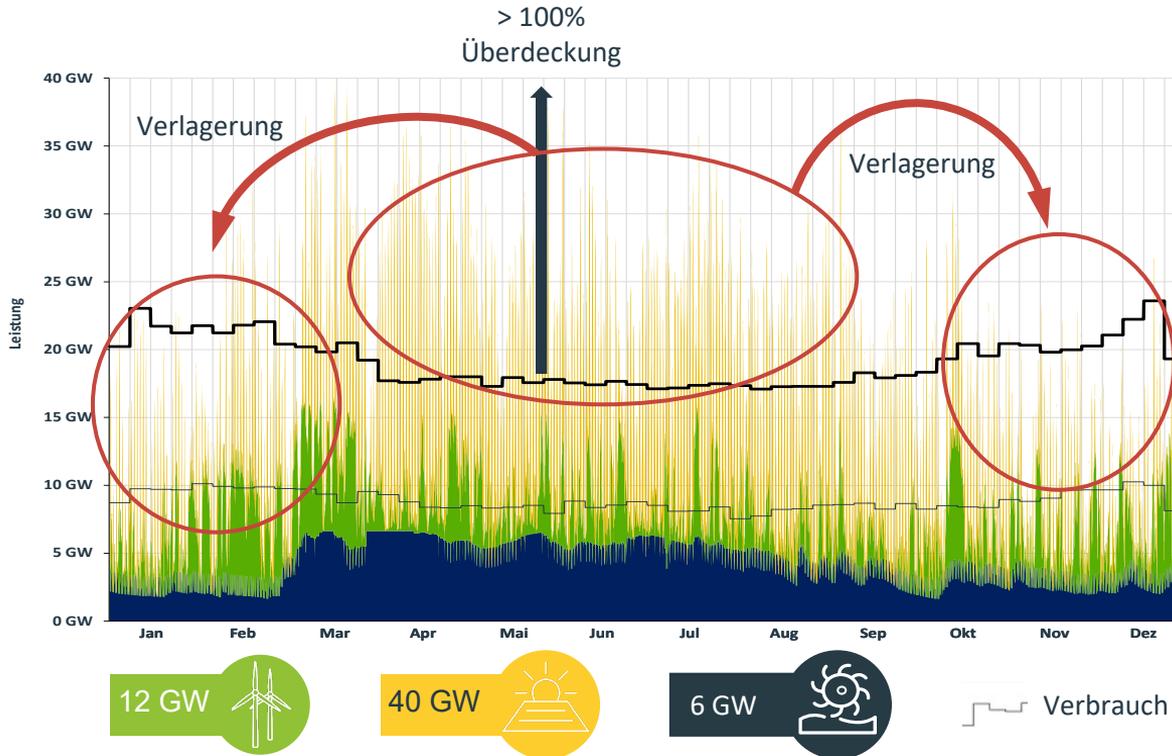
^[1] ... ÖNIP Transition Szenario (UBA) | ^[2] ... heute ca. 70 TWh Erzeugung, Ersatz fossiler Erzeugung: ca. 18 TWh hieße: >90 TWh an Ausbaubedarf bis 2040

Ausblick 2040: Modellierungsergebnisse im ÖNIP

Herausforderungen für das Stromsystem



Flexibilisierung des Gesamtsystems und Sektorkopplung als oberstes Gebot der Stunde!



- ▶ **Keine zeitliche und mengenmäßige Konvergenz** von Erzeugung und Verbrauch
- ▶ **Flexibilisierung des Gesamtsystems** als Gebot der Stunde – Strom gibt den Takt an (Regeleinriffe alle 2 Sekunden)
- ▶ **Netze müssen massiv ausgebaut werden**, damit Erzeugungsspitzen nicht verloren gehen
- ▶ **Kurzfristige und saisonale Verlagerung** als unbedingt notwendige betriebliche Maßnahme: Power-to-Gas essenziell für die Versorgungssicherheit

Ausblick 2030+: Ausbau des Übertragungsnetzes



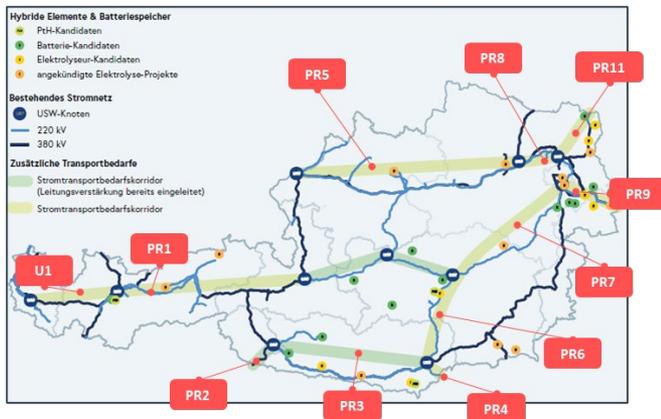
APG Berechnung durch ÖNIP bestätigt

Massive Herausforderungen bis 2030+

APG



ÖNIP



	Heute	Morgen (ÖNIP 2030+)	Anstieg
Trassenlänge [380 kV]	1.200 km (in 60 Jahren)	+ 1.200 km (in 13 Jahren)	+100%
UVP-Verfahren	(max.) 2	5-6 (parallel)	+300%
UWs	65	+45	+70%
Trafos	95	+110	+120%

Heute Morgen (ÖNIP)

► Massive Herausforderung noch vor Erreichen der Klimaneutralität 2040!

Empfehlungen und Fazit:

Es braucht eine gesamthafte Koordinierung der Aktivitäten und sektorübergreifende Planung – nur so kann der Totalumbau des Energiesystems gelingen

Ein Blick auf die Entwicklungen in der Energiewirtschaft zeigt: Der Umbau des Energiesystems steht noch bevor



Phase 1: Marktreife der Erneuerbaren

- **Ziel:** Marktreife der Erneuerbaren
- **Umsetzung:** Forschung & Entwicklung, Pilotprojekte
- **Politik:** Liberalisierung, Marktdesign auf Fossile ausgerichtet

Phase 2: Ausbau des *bestehendes* System bis an seine Grenze

- **Ziel:** max. quantitativer Zubau der Erneuerbaren
- **Umsetzung:** Förderungen für Erneuerbare
- **Politik :** EAG, Clean Energy Package, Fit-For-55, ...

Phase 3: Umbau des Energiesystems – Grenzen werden neu gesetzt

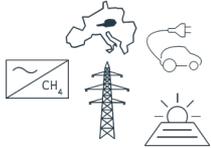
- **Ziel:** vollständige Dekarbonisierung des Energiesystems
- **Umsetzung:** Elektrifizierung, Wasserstoff, Sektorkopplung
- **Politik :** **Entscheidungen müssen jetzt getroffen werden**



Nur durch eine koordinierte Vorgehensweise kann die Energiewende gelingen



► **Energiewende als Chance** verstehen und **politisch außer Streit** stellen: Investitionen in erneuerbare Erzeugung sind Investitionen in den Standort!



► **Weg vom Gedanken des reinen Ausbaus, hin zum Gedanken des Umbaus** – damit die Energiewende gelingt, muss das System als Ganzes geplant werden!
(Erzeugung – Infrastruktur – Netze – Speicher)

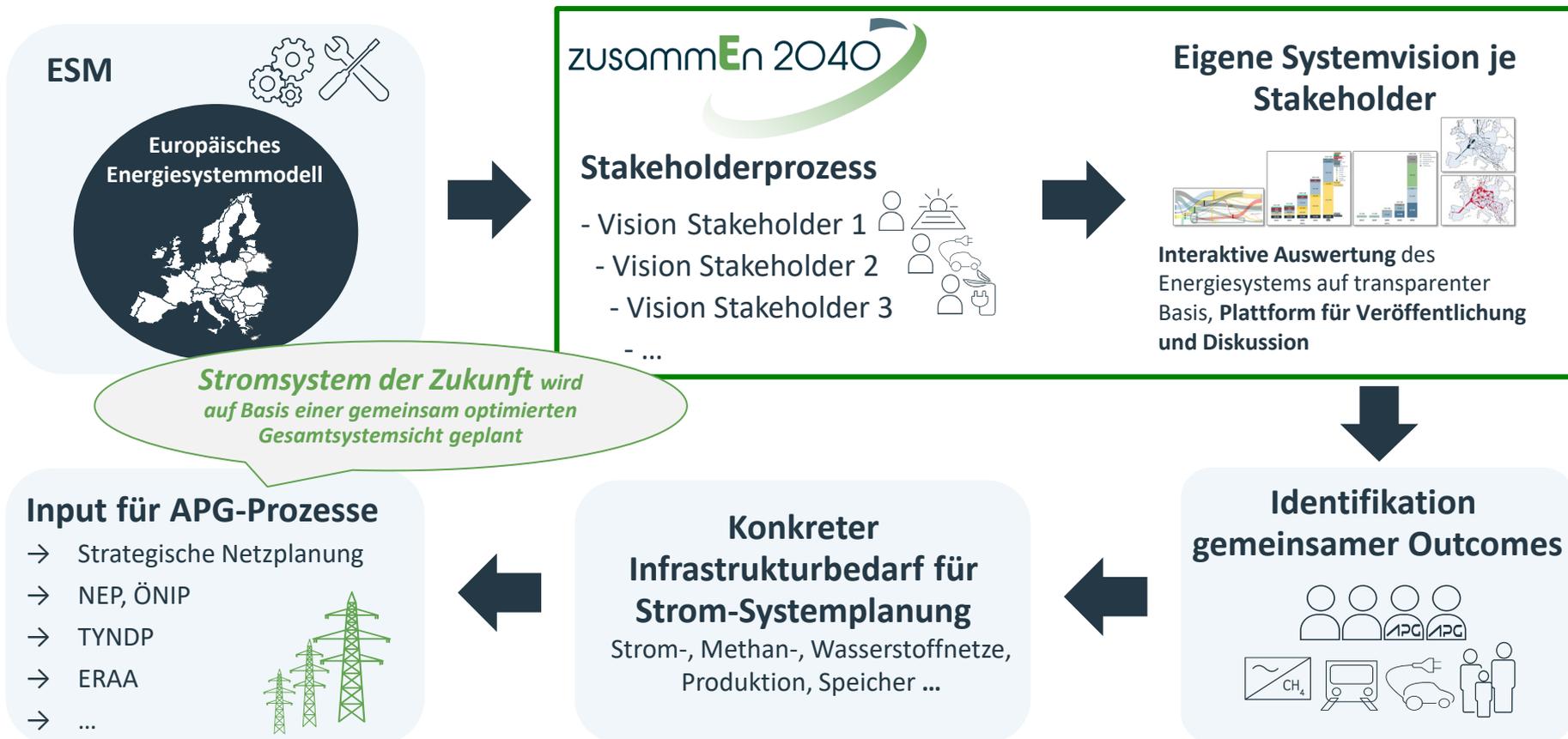


► Die Strategie auf Basis der **besten Planungsinstrumente** entwickeln – die verfügbaren Ressourcen aus Wissenschaft und Praxis müssen kombiniert werden!



► **Planungsprozesse zusammen gestalten**, um Vertrauen zu bestärken und den Schritt von der Planung in die Umsetzung sobald als mögliche zu schaffen!

Im APG Projekt **zusammEn2040** wird ein state-of-the-art Energiesystemmodell eingesetzt, um die Systemplanung zu optimieren

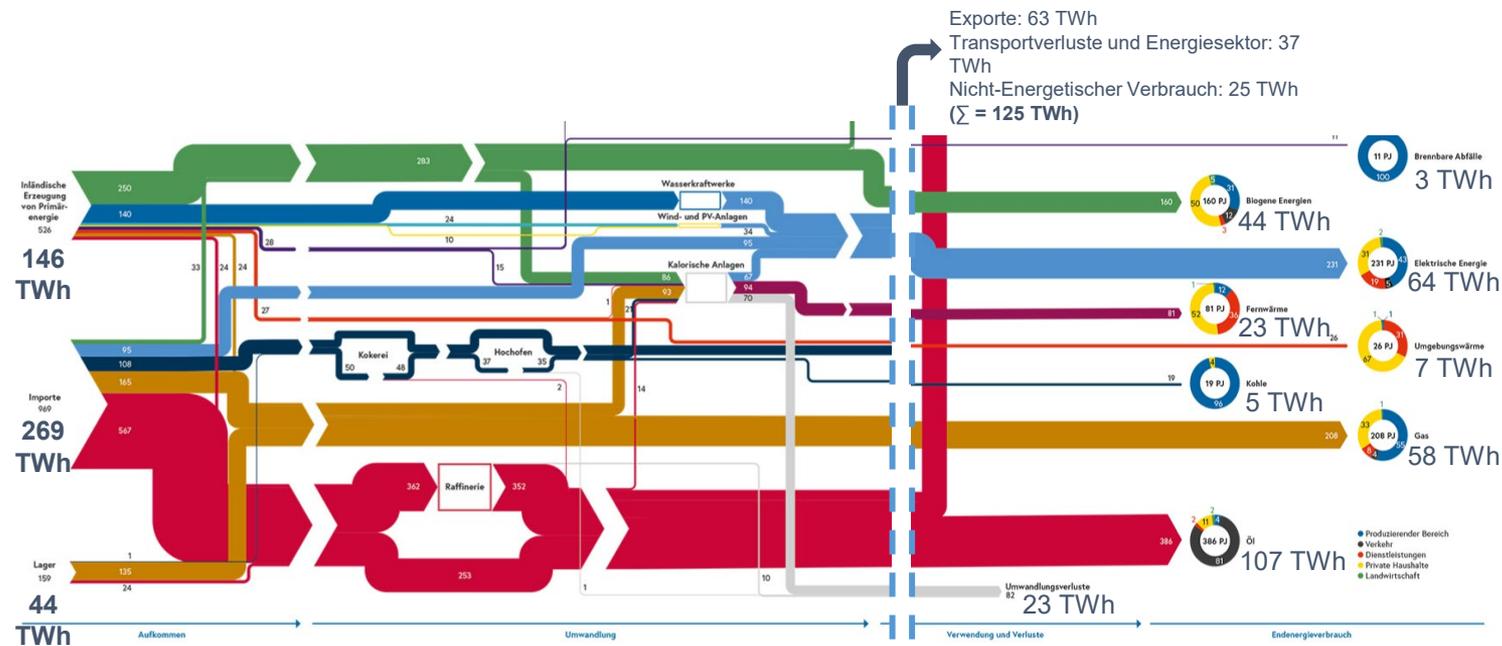


Vielen Dank!



Energieflussbild 2021 (BMK)

(Ohne Details zu Verwendung und Verlusten)



Summe Aufkommen (Links): 459 TWh
Summe Endenergieverbrauch (Rechts): 311 TWh

Quelle: [BMK](#)