

UPTAKE

Eine Methodik zum Managen der Bandbreiten möglicher Energiesystem-Entwicklungen mit Blick auf die zukünftige Stromtransportaufgabe

Franziska Flachsbarth (Öko-Institut) für das Projektteam

Energietage: Netze der Zukunft

Wien, 14. November 2022

Gliederung

1. Einführung
2. Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“
3. Verdichtung zu Storylines
4. Von den Storylines zur Transportaufgabe
5. Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite
6. Fazit

1 Einführung Projektverbund

Hintergrund des Projektverbunds:

- Die Transformation des Energiesystems zur Klimaneutralität soll massiv beschleunigt werden
- Anfang 2021: 50Hertz Zielsetzung „Von 60 auf 100 bis 2032“

„Um unser Ziel, 100 Prozent Erneuerbare bis 2032 sicher ins Netz zu integrieren, umzusetzen, braucht es einen interdisziplinären und zukunftsorientierten Austausch.

Uns ist wichtig, diesen nicht nur mit der Wirtschaft, sondern auch mit der Wissenschaft zu führen.“

→ Einberufung eines **Scientific Advisory & Project Board (SAPB)**

- ca. 20 interdisziplinär aufgestellte Wissenschaftler*innen fungieren bei ca. 3 Treffen pro Jahr als Sounding Board und setzen Akzente bei Definition von Forschungsbedarf
- 50Hertz hat bisher 4 Projekte im Rahmen des SAPB beauftragt
- UPTAKE: **Unkonventionelle Perspektiven auf den Transportnetz-Ausbau für Klimaneutralität & Energiewende**



Quelle: DIW Wochenbericht 27 / 2022

1 Einführung Projekt

Hintergrund des Projektes:

- Spürbar zunehmende Unsicherheit bei der Definition des zukünftigen Netzausbaubedarfs
 - Größere Bandbreiten für zukünftige Transportbedarfe
 - Koalitionsvertrag: Entwicklung eines Klimaneutralitätsnetzes → Planungsperspektive für Netzausbau wird langfristiger

Erkenntnisziel des Auftraggebers 50 Hertz:

- Orientierungshilfe zum Managen der Bandbreiten möglicher Energiesystem-Entwicklungen
 - Befähigung, die Konsequenzen für die zukünftigen Stromtransportaufgaben früh ableiten zu können
 - schnelle Bearbeitungsmöglichkeit, keine neuen Szenarien
 - Ergebnis erklärbar (keine Cross Impact Analysis)

→ Ansatz zu einer erweiterten Analyse des Möglichkeitsraums

Zentrale Herausforderung:

- extrem **große Anzahl** an technischen, wirtschaftlichen, regulativen, politischen und gesellschaftlichen Einflussgrößen und **unübersichtliche Kombinatorik**


$$\binom{40}{6} = \frac{40 \cdot 39 \cdot 38 \cdot 37 \cdot 36 \cdot 35}{6!}$$

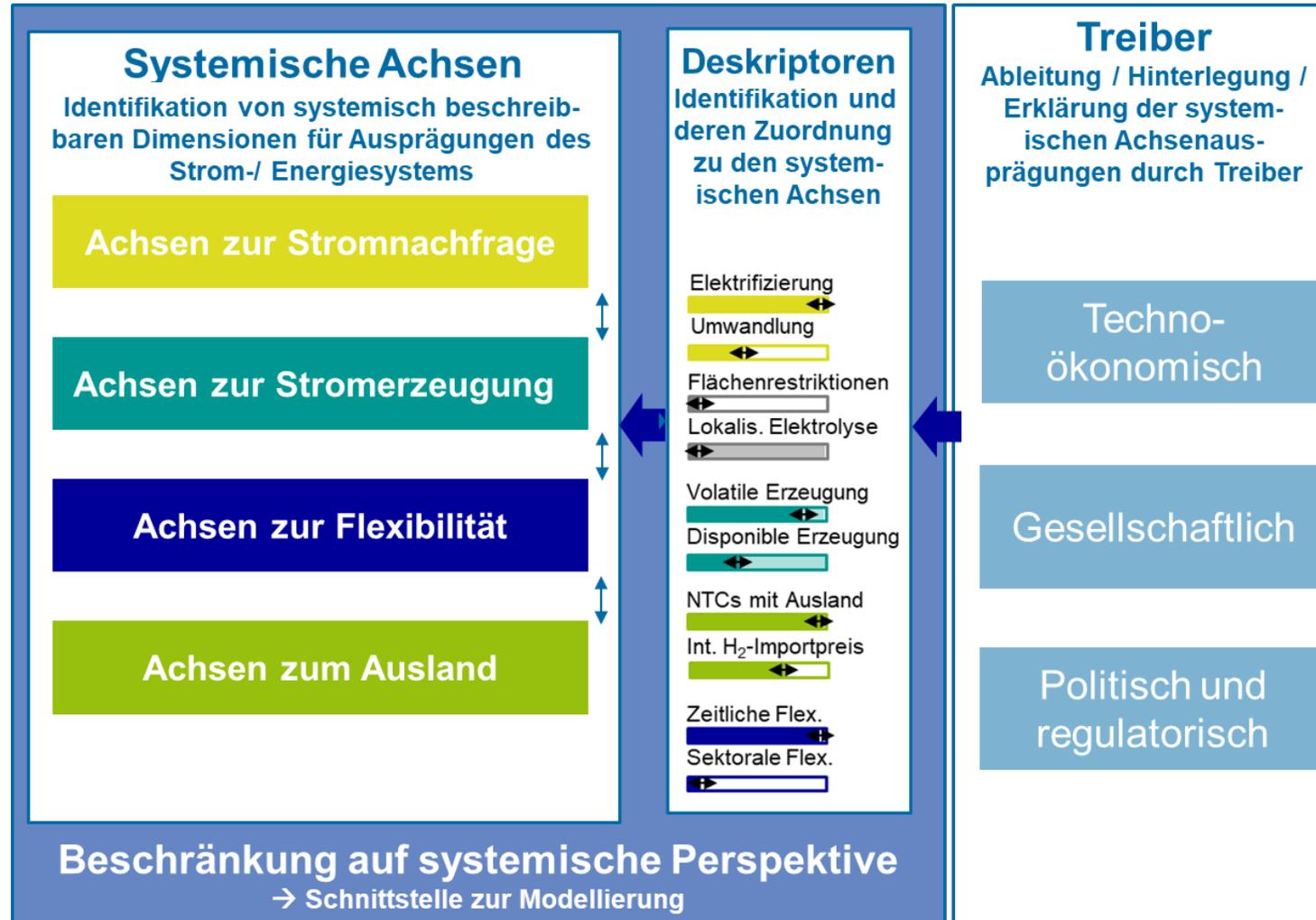
Gliederung

1. Einführung
2. Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“
3. Verdichtung zu Storylines
4. Von den Storylines zur Transportaufgabe
5. Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite
6. Fazit

2 Methodischer Ansatz: Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“ Sammlung und Strukturierung möglicher Einflussfaktoren auf das Energiesystem

ID	Perspektive	Kategorie	Achsentitel	Deskriptor	Achsenspezifikation links (eher Min Transportbedarf)	Achsenspezifikation rechts (eher Max Transportbedarf)	Beeinflussende Entwicklungen	Positiv bedingende Deskriptoren	Negativ bedingende Deskriptoren	Quantifizierung /Datenverfügbarkeit	Aktuelle Berücksichtigung im SCOPE SD-Modell	Sonstige Erläuterungen
1	Systemisch	Stromnachfrage	Stromverbrauchs-niveaus Letztverbrauch	Stromnachfrage des Mobilitätssektors	Gering	Hoch	Einsatz von H2 Förderung elektrifizierter Anwendungen Verkehrsleistung Suffizienz Individualverkehr Marktanteile Bereitschaft zum Technologiewechsel	Umfang des EE-Ausbaus	PTX-Erzeugung Entwicklung Gasinfrastrukturen	Nachfrage + Profil [TWh bzw. GWh/h]	Modellendogene Ausbau- und Betriebsentscheidungen	Stromnachfrage im Mobilitätssektor resultiert aus Entwicklungen der allgemeinen Verkehrsnachfrage sowie dem Marktanteil batterieelektrischer Anwendungen. Zur
2	Systemisch	Stromnachfrage	Stromverbrauchs-niveaus Letztverbrauch	Stromnachfrage des Wärmesektors	Gering	Hoch	Einsatz von H2 Förderung elektrifizierter Anwendungen Finanzierung des Rückbaus großer Teile des Gas-(Verteil)Netzes Erreichung der Energieeffizienzziele des	Umfang des EE-Ausbaus	PTX-Erzeugung Entwicklung Gasinfrastrukturen	Nachfrage + Profil [TWh bzw. GWh/h]	Modellendogene Ausbau- und Betriebsentscheidungen	
	Systemisch	Stromnachfrage	Stromverbrauchs-niveaus Letztverbrauch	Stromnachfrage des Industriesektors	Gering	Hoch	Einsatz von H2, Stromverbrauchs-niveaus Letztverbrauch Förderung elektrifizierter Anwendungen	Umfang des EE-Ausbaus	PTX-Erzeugung Entwicklung Gasinfrastrukturen	Nachfrage + Profil [TWh bzw. GWh/h]	Modellendogene Ausbau- und Betriebsentscheidungen	Auch: Abwanderung der Industrie?
103	regulatorisch	Stromnachfrage	Stromverbrauchs-niveaus Letztverbrauch	Förderung elektrifizierter Anwendungen	niedrige Förderung	Hohe Förderung						
110	regulatorisch	Stromerzeugung	Volatile Stromerzeugung - Standorte	Abstandsgebote Windkraftanlagen	Hoher Abstand	Niedriger Abstand						
111	gesellschaftlich	Flexibilität	Zeitliche Flexibilität	Bereitschaft zu Flexibilitätsbereitstellung	ja	nein						
114	regulatorisch	Flexibilität	Räumliche Flexibilität	Finanzierung / Förderung von H2-Infrastruktur	ja	nein					Nur bilanzielle Betrachtung (keine Infrastruktur)	
116	regulatorisch	Austausch Ausland	nettoimporte Strom	Klassifizierung der Kernkraft als grüne Energie	nein	ja					exogene Sterbelinie vs. endogener Kraftwerkszubaue	
117	regulatorisch	Austausch Ausland	Europäischer Strommarkt	Flow-based Market Coupling	niedrige minRAM	hohe minRAM					NTC-Ansatz	IEE: Unklar, ob hier nur der Anteil der zukünftige
126	technologisch	Stromnachfrage	Digitalisierung	Intelligenz / Vernetzung der Anwendungssysteme	Niedrig	Hoch						

2 Methodischer Ansatz: Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“ Strukturierung möglicher Einflussfaktoren auf das Energiesystem



2 Methodischer Ansatz: Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“ Übersicht und Achsenzuordnung der relevanten systemischen Deskriptoren

Stromnachfrage

Stromverbrauchsniveaus Letztverbrauch

- Konventioneller Stromverbrauch
- Grad der Elektrifizierung des Mobilitätssektors
- Grad der Elektrifizierung des Wärmesektors
- Grad der Elektrifizierung des Industriesektors

Stromverbrauchsniveaus Umwandlung

- Kapazität von PtX-Anlagen (insb. Elektrolyseure, ausgenommen PtH)
- Kapazität von großskaligen PtH-Anlagen (Industrie oder Einspeisung in Wärmenetze)
- Lokalisierung von PtX-Anlagen (insb. Elektrolyseure, ausgenommen PtH)

Stromerzeugung

Volatile Stromerzeugung

- Umfang von Freiflächen PV-Ausbau
- Umfang von Dachflächen PV-Ausbau
- Umfang Windkraftanlagen-Onshore-Ausbau
- Umfang Windkraftanlagen-Offshore-Ausbau
- Lokalisierung Freiflächen-PV-Ausbau
- Lokalisierung Windkraftanlagen-Onshore-Ausbau
- **Disponible Stromerzeugung**
- Stromerzeugung durch brennstoffbasierte Kraftwerke (H₂, CH₄, Ölprodukte)
- Stromerzeugung durch andere disponible Kraftwerke

Flexibilität

Zeitliche Verschiebung der Transportaufgabe

- Verfügbarkeit der Flexibilität von „Flexsumern“ (DSM, dezentrale Batteriespeicher)
- Umfang von Großbatteriespeichern
- Lokalisierung von Großbatteriespeichern

Sektorale Verschiebung der Transportaufgabe

- Verfügbarkeit der Erdgastransportinfrastruktur
- Verfügbarkeit einer Wasserstoffinfrastruktur

Ausland

Import von Strom

- Ausbau grenzüberschreitender Handelskapazitäten im Stromsektor
- Umfang volatiler Stromerzeugung im Ausland
- Umfang Kernkraft im Ausland
- Umfang Flexibilität (Erzeugung und Verbrauch) im Ausland

Import von grünen Brennstoffen

- Angebot an grünen Brennstoffimporten
- Infrastruktur für grüne Brennstoffimporte
- Preise für grüne Brennstoffimporte

2 Methodischer Ansatz: Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“ Zuordnung relevanter Treiber zu den definierten Achsen

Stromnachfrage

Stromverbrauchs niveaus Letztverbrauch

- Förderung von elektrifizierten Anwendungen
- Kostenentwicklung elektrifizierter Anwendungen und konkurrierender Technologien
- Technologiefortschritt und Effizienz sowie deren Standards
- Veränderungen im Verbrauchsverhalten (Suffizienz)
- Offenheit ggü. Technologiewechsel im Gegensatz zu Beharrung
- Wachstum (Bevölkerung, Wirtschaft)

Stromverbrauchs niveaus Umwandlung

- Kostenentwicklung / Technologieentwicklung PtX und alternativer Anwendungen
- Steuern und Umlagen für Elektrolyseure
- Reg. Rahmen für Positionierung und Betriebsweise

Flexibilität

Zeitliche Verschiebung der Transportaufgabe

- Bereitschaft zu Komforteinbußen
- Gesellschaftliche Akzeptanz der Energiewende
- Förderung von zentraler / dezentraler Flexibilität
- Technologiefortschritt (Kommunikationstechnik, Speichertechnologien)
- Rolle von Quartierslösungen

Sektorale Verschiebung der Transportaufgabe

- Förderung von Gasinfrastrukturen
- Förderung von Elektrolyseuren zur Flexibilitätsbereitstellung
- Partnerschaften für / Angebot und Preis von grünen Brennstoffen

Stromerzeugung

Volatile Stromerzeugung

- Förderung / Finanzierung von EE-Anlagen/Wegfall EEG
- Bereitstellung von Flächen und Ko-Nutzungsmöglichkeiten
- Abstandsgebote von WEA
- Akzeptanz ggü. Infrastrukturausbau
- Technologiefortschritt
- Lokale CO₂- Preise

Disponibile Stromerzeugung

- Verfügbarkeit und Kosten von grünen Brennstoffen
- Autarkiebestreben, Akzeptanz, Nutzungskonflikte

Ausland

Import von Strom

- Akzeptanz ggü. Stromimporten
- Autarkiebestreben / Europäische Kooperation
- Ausbau / Freigabe von Handelskapazitäten
- Akzeptanz ggü. Erzeugungstechnologien im Ausland
- Vergütung der Transite

Import von Brennstoffen

- Ausbau / Verfügbarkeit der Brennstoffinfrastruktur
- Politische Abhängigkeiten / Autarkiebestrebungen / Stabile politische Partnerschaften
- Technologiefortschritt Brennstoffherzeugung

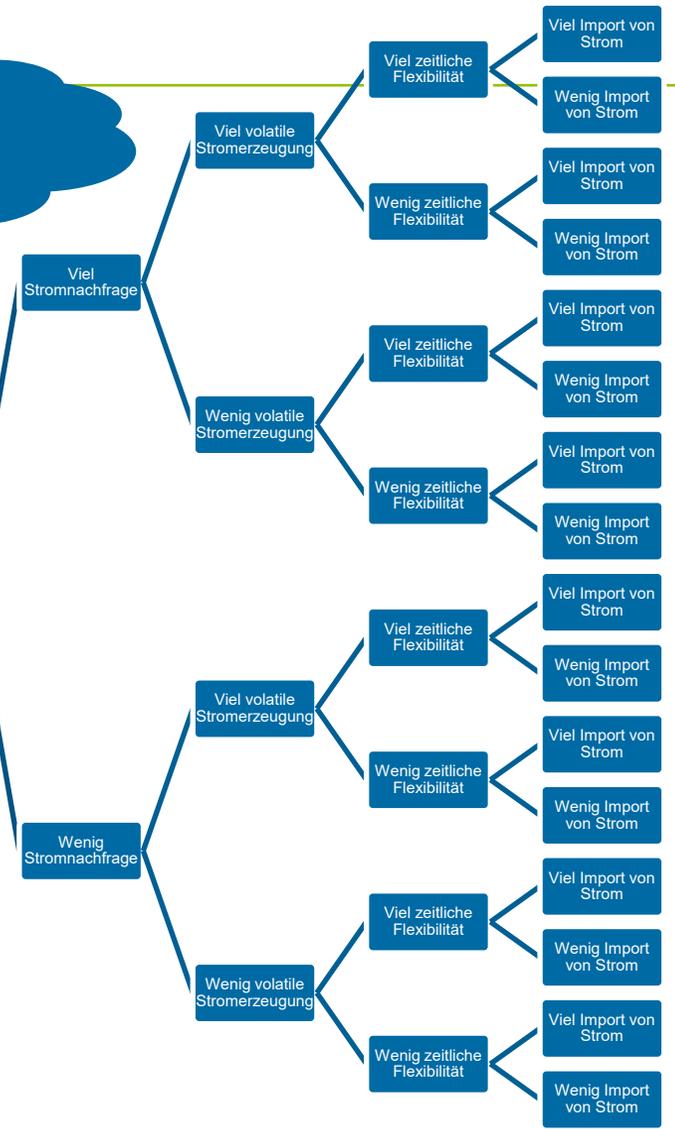
2 Methodischer Ansatz: Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“ Aufspannen des Möglichkeitsraumes

- **These 1:** Das Energiesystem kann durch eine Quantifizierung der identifizierten Deskriptoren vollständig beschrieben werden.
 - **These 2:** Die Wirkungen sämtlicher Treiber des Energiesystems können durch eine Quantifizierung der angegebenen Deskriptoren angemessen beschrieben werden.
- Ergo: Die nicht-systemischen Perspektiven beim Aufspannen des Möglichkeitsraumes ausgeschlossen werden.
- Werden alle extremen Achsenausprägungen (hoch / niedrig) miteinander kombiniert, so wird die Bandbreite möglicher zukünftiger Entwicklungen vollständig abgebildet.
- Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen

Wenn das stimmt, dann lässt sich der Möglichkeitsraum kompakt aufstellen.



Ist



2 Methodischer Ansatz: Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“ Prämissen beim Aufspannen des Möglichkeitsraumes

- **Grundlegende Prämissen, auf deren Basis sich die Analysen bewegen**
 - die Europäische Union bleibt bestehen
 - Ziel der Klimaneutralität wird in DE erreicht
 - die Europäische Union und ihr Umfeld (EFTA etc.) verfolgen weiterhin das Ziel der Klimaneutralität
- **Energiemarkt-Prämissen, auf deren Basis sich die Analysen bewegen**
 - der europäische Strommarkt in seinen heutigen Grundstrukturen bleibt bestehen (Großhandelsmarkt auf der Basis von Grenzkostenpreisbildung bleibt Kern des Strommarktes)
 - die Etablierung neuer Energieträger im System (v.a. Wasserstoff) erfolgt grundsätzlich im Rahmen eines Marktmodells (mit diversen Flankierungsmaßnahmen)
 - es erfolgt keine radikale Umstellung des Marktmodells in Richtung hoch aufgelöster Lokalisierungssignale (z.B. keine Umstellung auf ein nodales System – mit allen Konsequenzen)
- **Beachte: Beschränkung auf **Zielzustände** und **Storylines****
 - (noch) keine Transformationspfade
 - Storyline als qualitatives Narrativ → indikative Parametrisierung auf Basis bestehender Szenarien
 - jeder extreme Zielzustand, aber nicht jedes denkbare Szenario

Gliederung

1. Einführung
2. Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“
3. Verdichtung zu Storylines
4. Von den Storylines zur Transportaufgabe
5. Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite
6. Fazit

3 Methodischer Ansatz: Verdichtung zu Storylines Identifikation von Wechselwirkungen

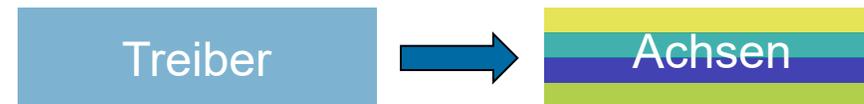
- Reduktion der Komplexität: Identifikation von Wechselwirkungen zur Bündelung von Achsenausprägungen
- **Storyline** als Verdichtungskonzept
 - Eine Storyline ist ein **qualitatives Narrativ** zur Beschreibung einer möglichen Ausgestaltung des zukünftigen Energiesystems
 - Sie fasst eine Menge von verschiedenen Treibern zusammen, die in eine ähnliche Richtung wirken und in sich konsistent sind.

Wechselwirkungen zwischen den Achsen



- Möglichkeiten der Achsenkombinationen können ausgeschlossen werden, wenn die Ausprägung einer Achse die der anderen bedingt

Wechselwirkungen zwischen Treibern und ihren Achsen



- Achsenkombinationen können ausgeschlossen werden, wenn gleiche Treiber auf sie wirken
- Achsenkombinationen müssen in Storylines abgebildet werden, wenn auf die Achsen unterschiedliche Treiber wirken

3 Methodischer Ansatz: Verdichtung zu Storylines Wechselwirkungen zwischen den Achsen (Übersicht)

- Möglichkeiten der Achsenkombinationen können ausgeschlossen werden, wenn die Ausprägung einer Achse die der anderen bedingt
- Beobachtung: Achsen innerhalb einer Kategorie wirken tendenziell substituierend
 - z.B. eine hohe Elektrifizierung und ein hoher Einsatz von Molekülen bilden entgegengesetzte Entwicklungen des Energiesystems ab. (→ Kombination der Ausprägungen kann ausgeschlossen werden)

Wechselwirkungen zwischen den Achsen Von  Zu	Nachfrage Letztverbrauch	Nachfrage Umwandlung	Volatile Erzeugung	Disponible Erzeugung	Zeitliche Verschiebung	Sektorale Verschiebung	Import Strom	Import grüne Brennstoffe
Nachfrage Letztverbrauch		-	++	++	++	-	++	--
Nachfrage Umwandlung	-		++	--	-	++	+	--
Volatile Erzeugung	+	++		+/-	++	++	--	--
Disponible Erzeugung	+	--	+/-		-	++	-	++
Zeitliche Verschiebung	++	-	++	-		--	--	--
Sektorale Verschiebung	-	++	++	++	--		--	++
Import Strom	++	+	--	-	--	--		--
Import gr. Brennstoffe	--	--	--	++	--	++	--	

3 Methodischer Ansatz: Verdichtung zu Storylines Wechselwirkungen zwischen den Achsen

Wechselwirkungen zwischen
den Achsen



Wesentliche Erkenntnisse und Schlussfolgerungen:

- Achsen innerhalb einer Kategorie tendenziell substituierend, z.B. Import von Elektronen vs. Brennstoffen, da unterschiedliche Ausgestaltungsoptionen einer systemischen Aufgabe abgebildet werden
- Nachfrage Stromverbrauch treibt Strombedarf aus inländischer Erzeugung oder Stromimporte
- Substituierende Effekte bei inländischer vs. ausländischer Stromerzeugung und Molekülproduktion
- **Zeitlicher Flexibilitätsbedarf** (inkl. disponibler Erzeugung) resultiert aus **inflexibler Stromnachfrage** und **volatiler Erzeugung**
- **Volatile Stromerzeugung** kann neben **zeitlicher Flexibilität** auch durch **sektorale Flexibilität** in das System integriert werden
- Hohe **Korrelation** zwischen der Ausprägung der Achsen des **Stromverbrauchs** und der **Flexibilitätsbereitstellung**
- Während zeitliche Flexibilität im Stromsystem tendenziell substituierend auf Importe wirkt (bezogen auf Leistung [GW]), ist **sektorale Flexibilität (Infrastruktur) Voraussetzung** für großskalige **Brennstoffimporte**.
- Gleichzeitig **hohe Umwandlung** bei **disponibler Stromerzeugung** systemisch **ineffizient**

3 Methodischer Ansatz: Verdichtung zu Storylines Auswirkungen von Treibern auf Achsen (Übersicht)

- Achsenkombinationen können ausgeschlossen werden, wenn gleiche Treiber auf sie wirken
 - z.B. Treiber, die eine zeitliche Flexibilisierung der direkten Stromnachfrage befördern (z.B. E-Autos), bewirken auch einen Kostenvorteil elektrifizierter Anwendungen
- Möglichkeit zur Storyline-Reduktion: Zusammenfassung der Nachfrage- und Flexibilisierungsachse

Wechselwirkungen zwischen Achsen und ihren Treibern

Treiber → Achsen

Treiber	Nachfrage Letztverbrauch	Nachfrage Umwandlung	Volatile Erzeugung	Disponible Erzeugung	Zeitliche Verschiebung	Sektorale Verschiebung	Austausch Strom	Austausch Brennstoffe
Gesellschaftliches Wachstum	++	++	++	++				
Sinkendes Nachfrage Niveau (Effizienz der Anlagen, Änderungen im Verbrauchsverhalten)	--	--	--	--				
Förderung elektrifizierter Anwendungen	++	--			++	--		
Technologiefortschritt und Effizienz elektrifizierter Anwendungen	+	-			+	-		
Kostenentwicklung elektrifizierter Anwendung	++	--			++	--		
Offenheit ggü. Technologiewechsel	++	--			++	--		
Kostenentwicklung alternativer Anwendung	--	++			--	++		
Steuern und Umlagen für PtX-Anlagen	--	++			--	++		
Reg. Rahmen für netzentlastende Positionierung von PtX-Anlagen/lokale CO2-Bespreisungen bzw. Zertifikate für PtX	--	++	++	-	--	++		
Förderungen/Anreize zur Flexibilitätsbereitstellung	++	-	+	-	++			
Bereitschaft zur Flexibilitätsbereitstellung	++	-	+	-	++			
Finanzierung/Förderung von H2-Infrastruktur	--	++			+/-	++	-	++
Ausbau von Gasinfrastrukturen	--	++				++	--	++
Verfügbarkeit von Klimaneutralen Molekülen	-	++	-	++	-	++	-	+
Kosten für klimaneutrale Moleküle	-	++	-	++	-	++	-	+
Offenheit ggü. Infrastrukturausbau	-	+					+	
Lokale CO2-Bespreisungen bzw. Zertifikate								
Bestrebungen zu Quartierslösungen oder dezentralen, klimaneutralen, autarken Netzen	++	-	+/-	-	++	-	--	-

3 Methodischer Ansatz: Verdichtung zu Storylines Auswirkung der Treiber auf die systemischen Achsen

Wesentliche Erkenntnisse und Schlussfolgerungen:

Wechselwirkungen zwischen
Achsen und ihren Treibern

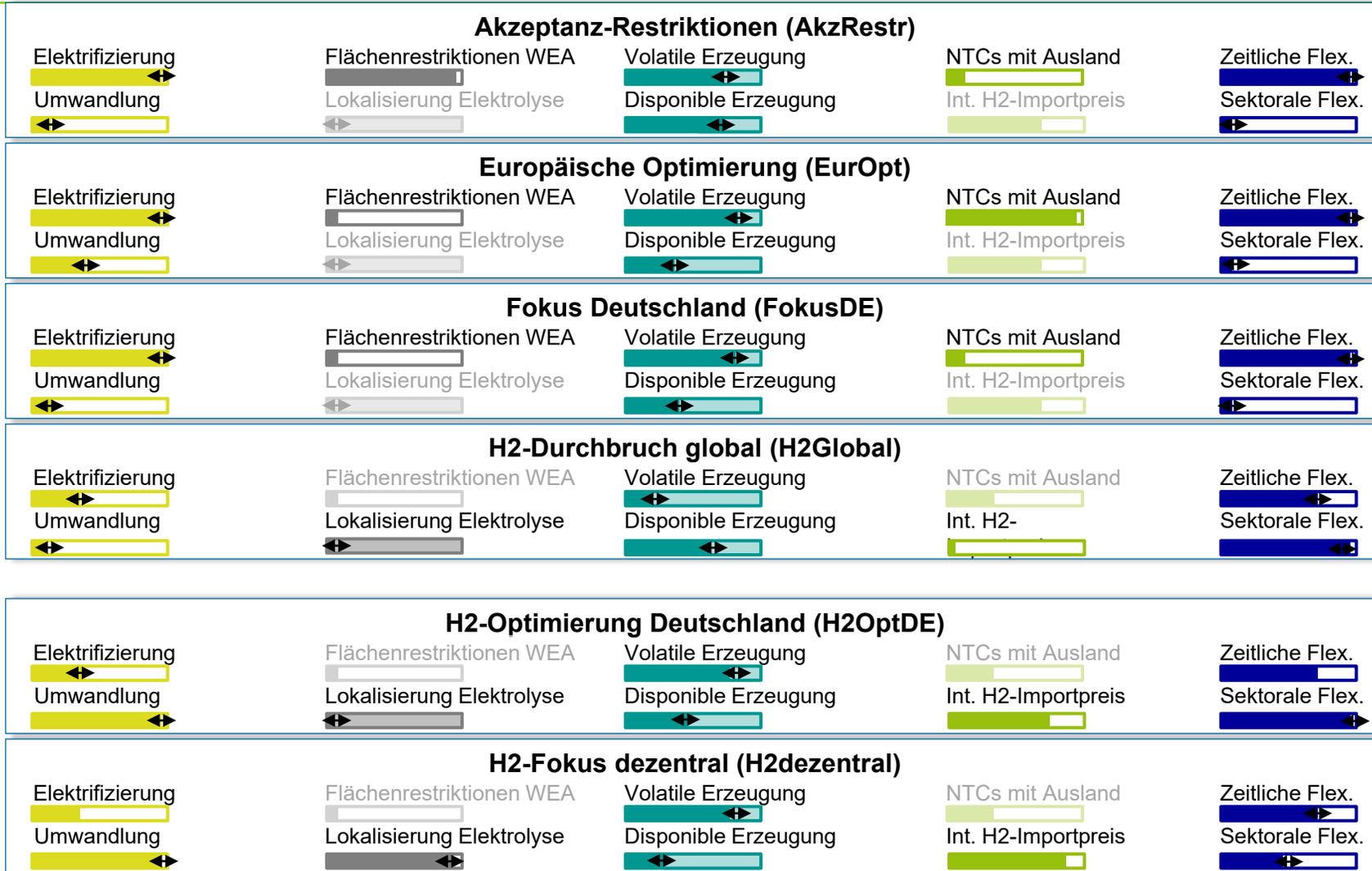


1. Gesellschaftliche und techno-ökonomische Treiber, die die gesamte Nachfrage beeinflussen, führen tendenziell zu einer Skalierung der Nachfrage / der Transportaufgabe, nicht aber zu Veränderung der regionalen Nachfragestruktur, welche die Transportaufgabe strukturell verändern würde.
2. Die Achsen der Stromnachfrage und der Stromerzeugung werden von unterschiedlichen, im Wesentlichen voneinander unabhängigen Treibern beeinflusst. (→ Bandbreite in Storylines abzubilden)
3. Es besteht eine starke Korrelation zwischen Erzeugungsstruktur und Strom- sowie Brennstoffhandel mit dem Ausland / der den Handel ermöglichenden bestehenden Infrastruktur. (→ Möglichkeit zur Storyline-Reduktion)
4. Die Achsen der **Stromnachfrage** und der **Flexibilitätsbereitstellung** werden durch ähnliche Treiber beeinflusst. (→ Möglichkeit zur Storyline-Reduktion)
5. Die Lokalisierung der Stromnachfrage stellt nur in Energiesystemen mit einer hohen Nachfrage durch Umwandlungstechnologien einen relevanten Freiheitsgrad dar, da vor allem mit den Elektrolyseuren eine hohe Stromnachfrage frei zu lokalisieren ist. (→ Möglichkeit zur Storyline-Reduktion)
6. Die Lokalisierung der Stromerzeugungstechnologien stellt insbesondere in Storylines mit einer hohen Elektrifizierung (Nachfrage nicht frei positionierbar) einen relevanten Freiheitsgrad dar. (→ Möglichkeit zur Storyline-Reduktion)
7. Der Umfang des **Imports** von Energieträgern ist stark von **politischen Entscheidungen** getrieben.

Gliederung

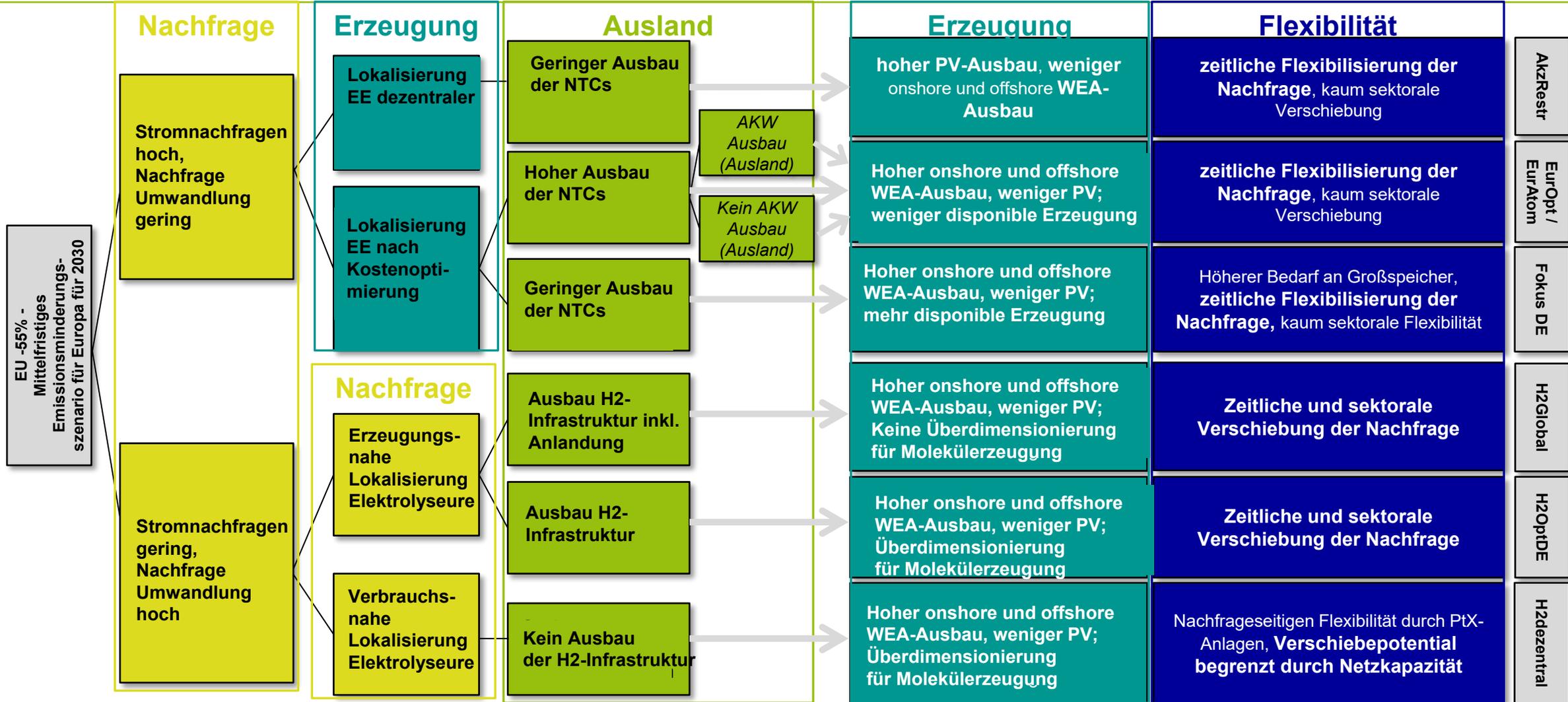
1. Einführung
2. Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“
3. Verdichtung zu Storylines
4. Von den Storylines zur Transportaufgabe
5. Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite
6. Fazit

4 Von den Storylines zur Transportaufgabe Hergeleitete Storylines, Achsenausprägungen

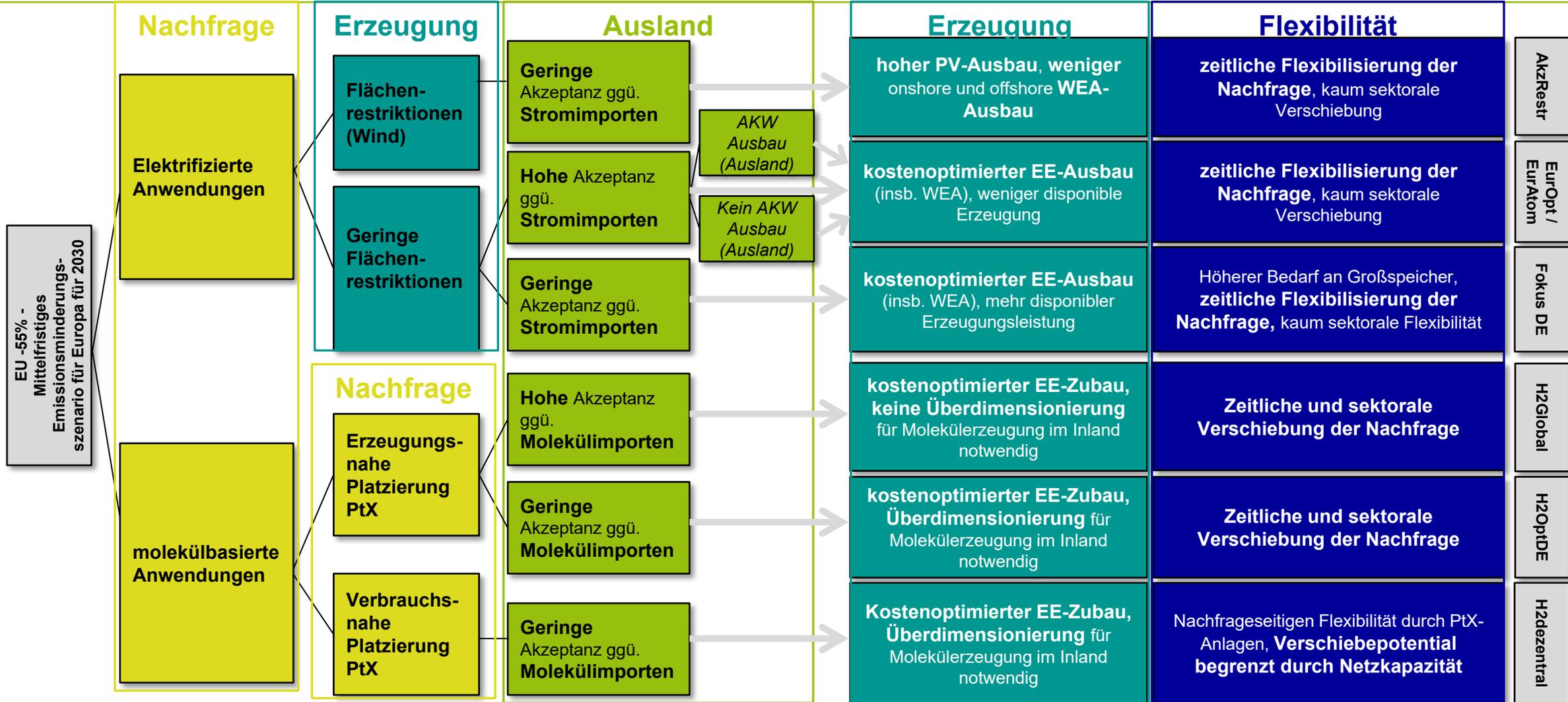


- Stromnachfrage in DE (EU) um ca. 100 (470) TWh höher
 - Importpreis H2 von außerhalb Europas: 85 € / MWh
 - Wind onshore in DE: max. 115 GW
 - Wind offshore in DE: min. 41 GW
 - kein innerdeutscher Netzausbau im Vergleich zur Referenz
 - keine Erhöhung der NTCs im Vergleich zur Referenz
- Konfiguration der Storyline entspricht AkzRestr mit Ausnahme:
- Verdopplung der NTCs im Vergleich zur Referenz
 - innerdeutscher Netzausbau unbegrenzt ermöglicht
 - Wind onshore in DE: max. 180 GW
 - Wind offshore in DE: min. 71 GW
 - AKW-Leistung in EU: 24 GW (Sens: 76 GW)
- Konfiguration der Storyline entspricht EurOpt mit Ausnahme:
- keine Erhöhung der NTCs im Vergleich zur Referenz
 - Importpreis H2 von außerhalb Europas: 73 € / MWh
- H2-Nachfrage der Industrieöfen in DE (EU) +74 (259) TWh
 - H2-Nachfrage Schwerlastverkehr DE (EU) +40 (197) TWh
 - Importpreis H2 von außerhalb Europas: 50 € / MWh
 - Ausbau Elektrolyseure in DE (EU): inf (409 GW)
 - Wind onshore in DE: max. 150 GW
 - Wind offshore in DE: min. 41 GW
 - innerdeutscher Netzausbau unbegrenzt ermöglicht
 - keine Erhöhung der NTCs im Vergleich zur Referenz
- Konfiguration der Storyline entspricht H2Global mit Ausnahme:
- Importpreis H2 von außerhalb Europas: 85 € / MWh
 - Wind offshore in DE: min. 71 GW
- Konfiguration der Storyline entspricht H2OptDE mit Ausnahme:
- nicht großflächig ausgebauten Gasnetzinfrastruktur: in allen Regionen Mindestleistung Elektrolyseure, in Summe min. 60 GWel
 - Importpreis H2 von außerhalb Europas: 110 € / MWh

4 Von den Storylines zur Transportaufgabe Hergeleitete Storylines, Achsenausprägungen

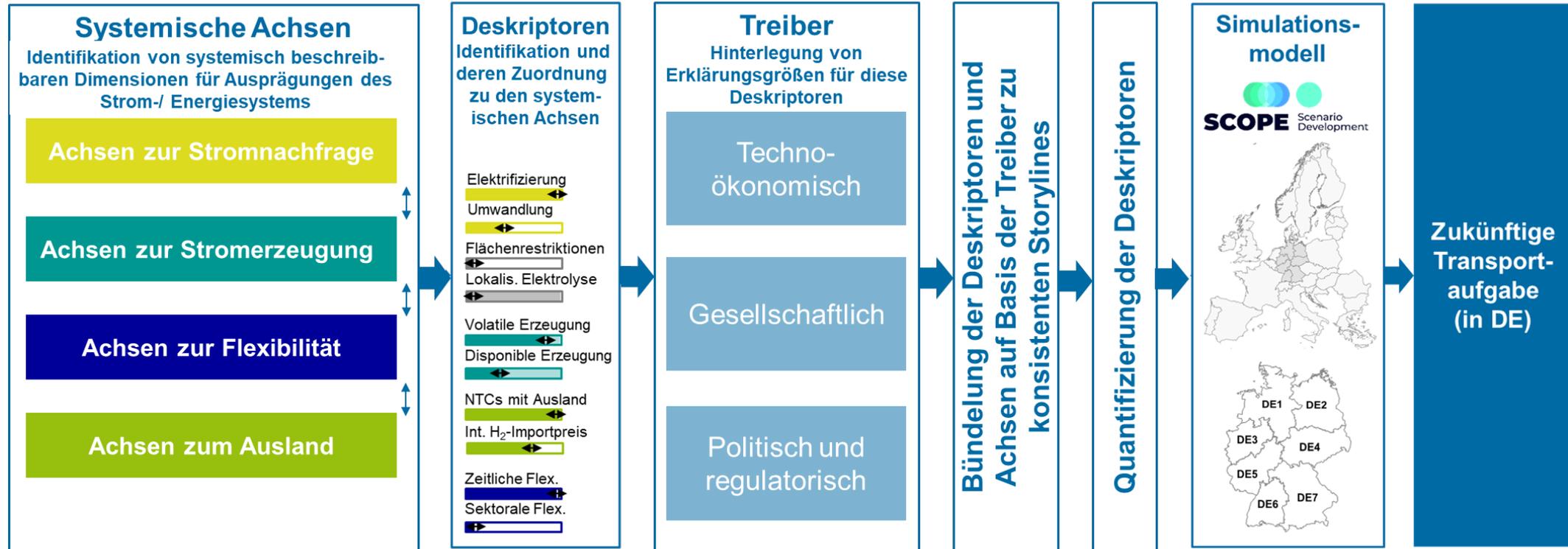


4 Von den Storylines zur Transportaufgabe Hergeleitete Storylines, erklärt durch Treiber



4 Von den Storylines zur Transportaufgabe

Entwickelte Methodik im Überblick



Vergleichsweise schnelle Bearbeitungsmöglichkeit durch

- im Vorfeld identifizierte relevante Storylines
- Beschränkung auf **Storylines** (= qualitatives Narrativ) → erlaubt indikative Parametrisierung
- Fokus auf orientierenden Ergebnisindikator der **Transportaufgabe**

Gliederung

1. Einführung
2. Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“
3. Verdichtung zu Storylines
4. Von den Storylines zur Transportaufgabe
5. Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite
6. Fazit

5 Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite Zukünftige Stromtransportaufgaben bergen hohe Unsicherheit ...

Transportkorridor	Maximal genutzte Stromaustauschkapazität in GW _{el}							
	EU -55%	AkzRestr - EU -55%	EurOpt - EU -55%	EurAtom - EU -55%	FokusDE - EU -55%	H2Global - EU -55%	H2OptDE - EU -55%	H2Dez'tral - EU -55%
DE4<>DE5	1.7	0.0	2.2	2.3	0.0	0.5	0.4	0.0
DE4<>DE7	9.5	0.6	6.0	6.4	0.6	1.5	2.4	4.6
DE2<>DE1	5.5	0.0	6.2	5.9	5.5	0.8	4.2	2.9
DE4<>DE2	6.3	0.0	6.9	7.0	7.7	5.0	1.9	3.2
DE7<>DE5	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DE6<>DE5	8.3	0.0	23.1	22.7	10.0	0.6	12.8	26.1
DE7<>DE6	4.7	0.0	3.9	4.6	1.9	0.0	1.3	1.9
DE1<>DE5	4.2	0.0	17.5	16.5	9.8	3.6	9.2	9.7
DE5<>DE3	13.3	0.0	5.0	4.7	0.0	0.0	0.0	1.7
DE1<>DE3	15.3	0.0	13.5	13.0	11.5	6.7	9.0	18.6
DE6<>DE1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DE7<>DE1	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DE7<>DE2	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DE6<>DE3	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Summe	82.8	0.6	84.3	83.1	47.1	18.7	41.2	68.6

- Hohe Schwankungsbreite der Ergebnisse zwischen den Storylines
 - **Bandbreite** häufig im Bereich von 5 GW, tw. > 10 GW

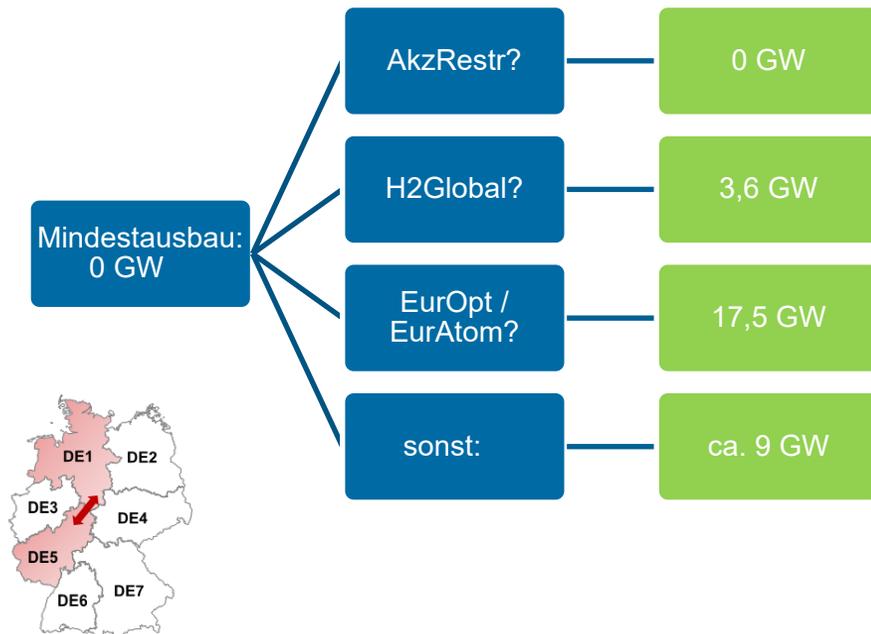


5 Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite

Zukünftige Stromtransportaufgaben bergen hohe Unsicherheit, die durch Beobachtung der Energiesystementwicklungen eingrenzbar ist

Ausbauentcheidung Transportkorridor DE1-DE5:

Transportkorridor	Maximal genutzte Stromaustauschkapazität in GW _{el}							
	EU -55%	AkzRestr EU -55%	EurOpt EU -55%	EurAtom EU -55%	FokusDE EU -55%	H2Global EU -55%	H2OptDE EU -55%	H2Dez'tral EU -55%
DE1<>DE5	4.2	0.0	17.5	16.5	9.8	3.6	9.2	9.7



- Eingrenzung der Bandbreiten durch Einbeziehung von Energiesystementwicklungen:
 - Sicherer Mindestausbaubedarf je Transportkorridor?
 - Pfadabhängige Ausbauentscheidungen eingrenzbar?
 - Ggf. Ergänzung um Eintrittswahrscheinlichkeiten zur finalen Quantifizierung
 - Nachjustieren im Zeitverlauf!
 - Anerkennung einer Vorsorgeplanung / Fehlertoleranz
- Wichtigste Pfadentscheidungen (Treiber) für Einschätzung des Netzausbaubedarfs:
 - Auswirkungen von Akzeptanzfragen auf die Energiemarktentwicklung
 - Flächenentwicklung auf See / Offshore-Anlandungspunkte
 - Regulatorische Rahmenbedingungen des europäischen Strommarktes
 - Elektronen oder Moleküle?
 - Höhe und Lokalisierung der inländischen Elektrolysekapazität

Gliederung

1. Einführung
2. Ebenenkonzept „Achsen – Deskriptoren – Treiber“
3. Verdichtung zu Storylines
4. Von den Storylines zur Transportaufgabe
5. Transportaufgabe: Handhabung der Bandbreite
6. Fazit

6 Fazit Blick auf das Erkenntnisziel

<u>Erkenntnisziel</u>	Lösungsvorschlag	
Orientierungshilfe zum Managen der Bandbreiten möglicher Energiesystementwicklungen	<ul style="list-style-type: none"> • Einordnung in den identifizierten Möglichkeitenraum • Zuordnung zu den Storylines 	☑
Ableitung der Konsequenzen von bestehenden Energiesystementwicklungen auf die Stromtransportaufgaben	<ul style="list-style-type: none"> • Zuordnung zu den Storylines • Eingrenzung der Bandbreiten durch Überprüfung der identifizierten Pfadabhängigkeiten • Anpassung der Parametrierung der Storylines, Nachjustieren der indikativen Ergebnisse 	☑
Schnelle Bearbeitungsmöglichkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Festlegung von relevanten Storylines • Beschränkung auf Storylines • Fokus in der Ergebnisinterpretation 	☑



6 Fazit Zusammenarbeit zwischen den Institutionen



- Intensive Zusammenarbeit zwischen IAEW, IEE und ÖI
- Enge Begleitung durch 50Hertz
- Sounding Board: 5 ausgewählte Mitglieder des SAPB
- SAPB: ca. 20 Wissenschaftler*innen
- Bewusst keine explizite Diskussion der Parametrierung

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Projektteam:

Felix Chr. Matthes / Franziska Flachsbarth
f.flachsbarth@oeko.de

Philipp Härtel / Norman Gerhardt / Felix Frischmuth
philipp.haertel@iee.fraunhofer.de

Sirkka Porada / Lukas Löhr
s.porada@iaew.rwth-aachen.de

UPTAKE

IAEW | Fraunhofer IEE | Öko-Institut e.V.

UPTAKE
(Unkonventionelle Perspektiven auf den Transportnetz-Ausbau für Klimaneutralität & Energiewende)

Netzausbau im Zeichen beschleunigter Klimaneutralitätspolitik und der neuen Unübersichtlichkeit

Felix Matthes, Franziska Flachsbarth (Öko-Institut)
Philipp Härtel, Norman Gerhardt, Felix Frischmuth (Fraunhofer IEE)
Sirkka Porada, Lukas Löhr (IAEW RWTH Aachen)

Endbericht
Berlin / Kassel / Aachen, 4. Juli 2022

https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/UPTAKE_Endbericht.pdf