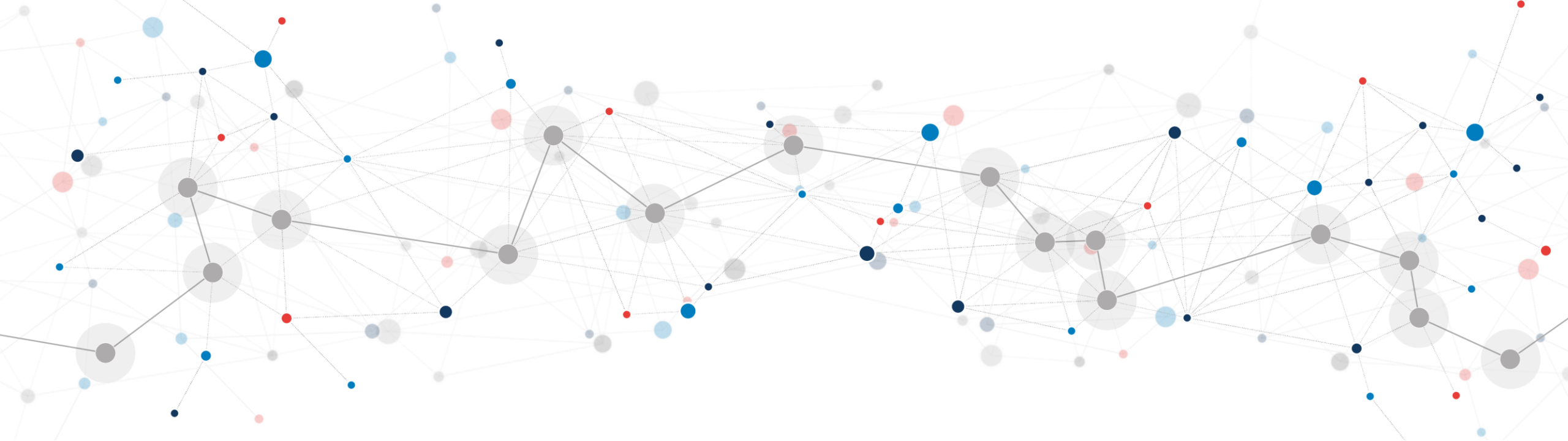




Die zukünftige Rolle von Wasserstoff und notwendige Förderstrategien

Vortrag auf dem Strommarkttreffen

Dr. Anton Burger

April 2023

NICHT VERTRAULICH

ÜBERBLICK

1. **Techno-ökonomisches Optimum:** Wasserstoff hat eine Rolle im zukünftigen Energiesystem (wenngleich Ausmaß noch umstritten)
2. **Anwendungsfälle für Wasserstoff:** Wichtige Rolle im Stromsystem und für schwer zu decarbonisierende Anwendungen
3. **Mögliches Marktversagen und Förderlücken:** Braucht es Fördersysteme für Wasserstoff?
4. **Förderstrategien für Wasserstoff:** Förderdesign ist für die verschiedenen Märkte unterschiedlich
5. **Conclusio:** Ökonomisch solide Förderstrategien sind wichtig

EINORDNUNG DES VORTRAGS

Fördersystemdesign ist eine etwas andere Fragestellung, als die Fragestellungen typischer Dekarbonisierungsstudien

Es besteht die Notwendigkeit, das Energiesystem zu dekarbonisieren. In einigen Bereichen wird dafür sehr wahrscheinlich Wasserstoff benötigt.

Energiesystem jetzt

Fragestellung Fördersystemdesign:

Welche **ökonomischen Mechanismen** und **ordnungspolitischen Maßnahmen** braucht es, um den für die Dekarbonisierung notwendigen Wasserstoffhochlauf zu realisieren?

Maßnahmen

Fragestellung typischer Dekarbonisierungsstudien:

Wie muss das zukünftige Energiesystem technologisch funktionieren, um dekarbonisiert zu sein?

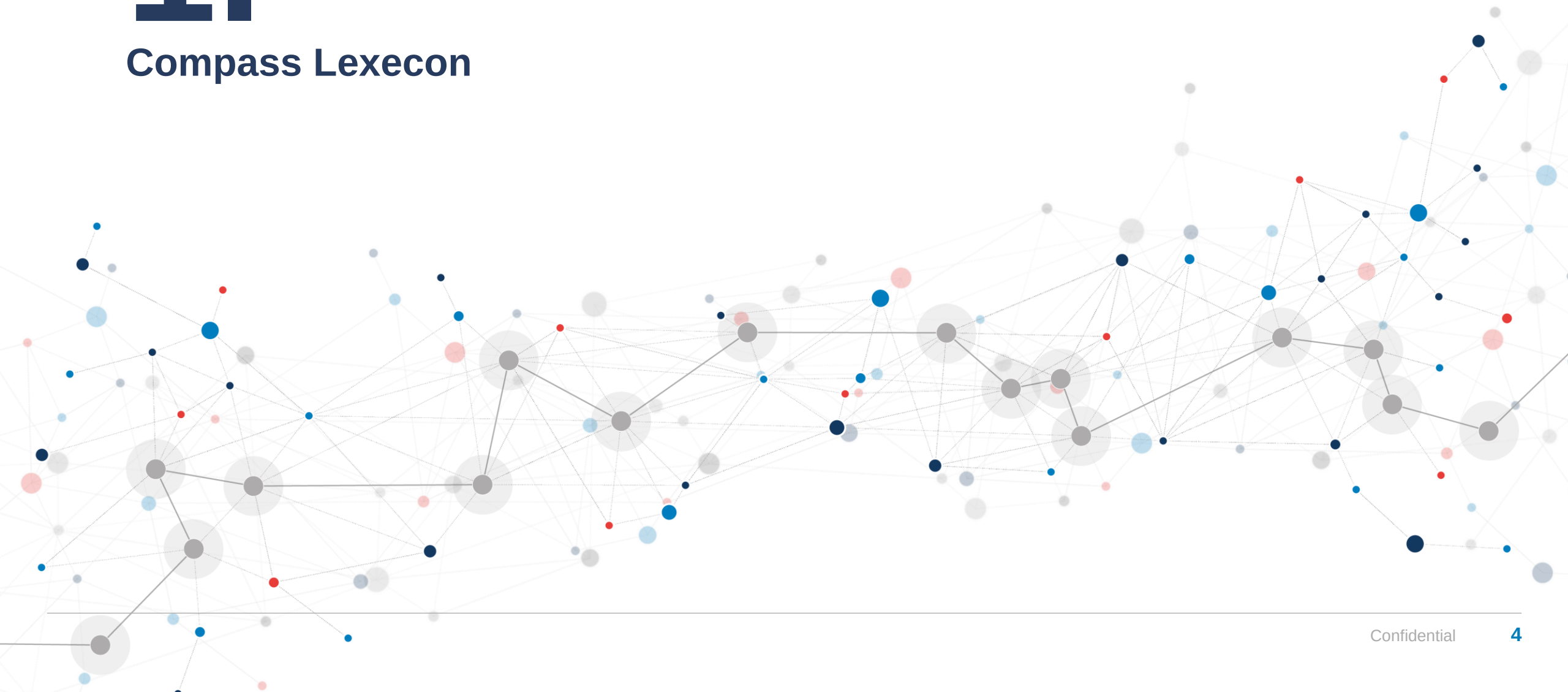
dekarbonisiertes
Energiesystem,
welches Wasserstoff
verwendet

Weitere relevante Fragen, die hier nicht behandelt werden:

- Internationaler Markt und Potenzial für Wasserstoffimporte – auch in Form von SynFuel und Ammoniak
- Koordinationsfragen Infrastrukturentwicklung
- Konkrete Rolle von Wasserstoff im Stromsystem

1.

Compass Lexecon



Über Compass Lexecon

Compass Lexecon Global

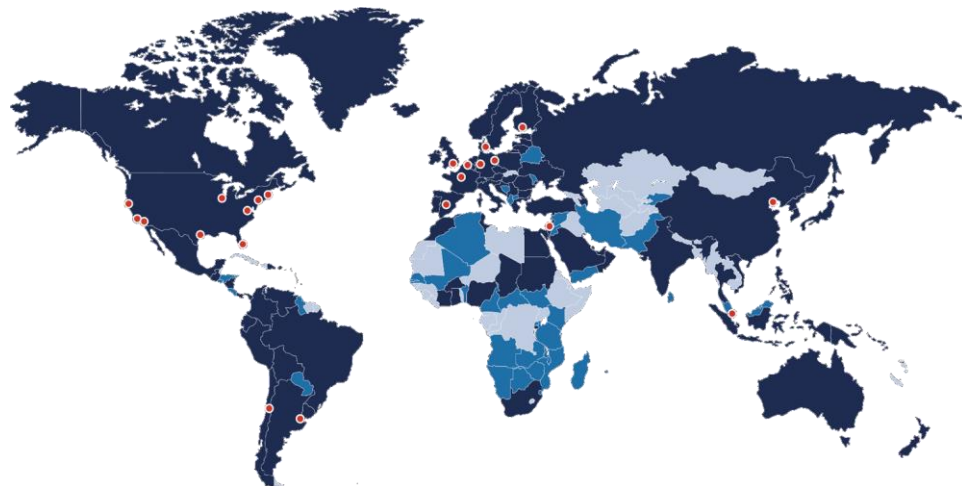
Compass Lexecon ist ein weltweit führendes, auf ökonomische Fragestellungen spezialisiertes Beratungsunternehmen. Wir bieten Unternehmen, Regierungsorganisationen und Anwaltskanzleien klare Analysen komplexer Probleme.

175+ PhDs

2 Nobelpreis-träger

84% der **Fortune 100** Unternehmen beraten

+70% Europäische Länder beraten



● Compass Lexecon Offices

■ Wir haben an Fällen in diesen Ländern gearbeitet

■ Weitere Länder, in denen wir die Amtssprache sprechen (ausgenommen Jurisdiktionen ohne Wettbewerbsbehörde)

Compass Lexecon Energy

Strom



Erdgas/
grüne Gase/
Wasserstoff



Emissions-
handel



Fernwärme
& Kraft-
Wärme-
Kopplung



Marktprognose & Analysen

Energiemarktregulierung

Strategie

Vertragsdesign

Emissions- und
Umweltökonomie

Wettbewerbs- &
Beihilferecht

M&A

Streitfälle,
Schiedsverfahren,
Schadensersatz

Über Compass Lexecon

Unsere **Energieexperten** werden von unserem EMEA Team aus **50+ erfahrenen Energy Consultants** unterstützt

Senior Energy Experten in Europa



Joe Perkins



Lorenzo Coppi



Jason Mann



Martina Lindovska



Boaz Moselle



Nicholas Brooks



Ljubo Mitrasevic



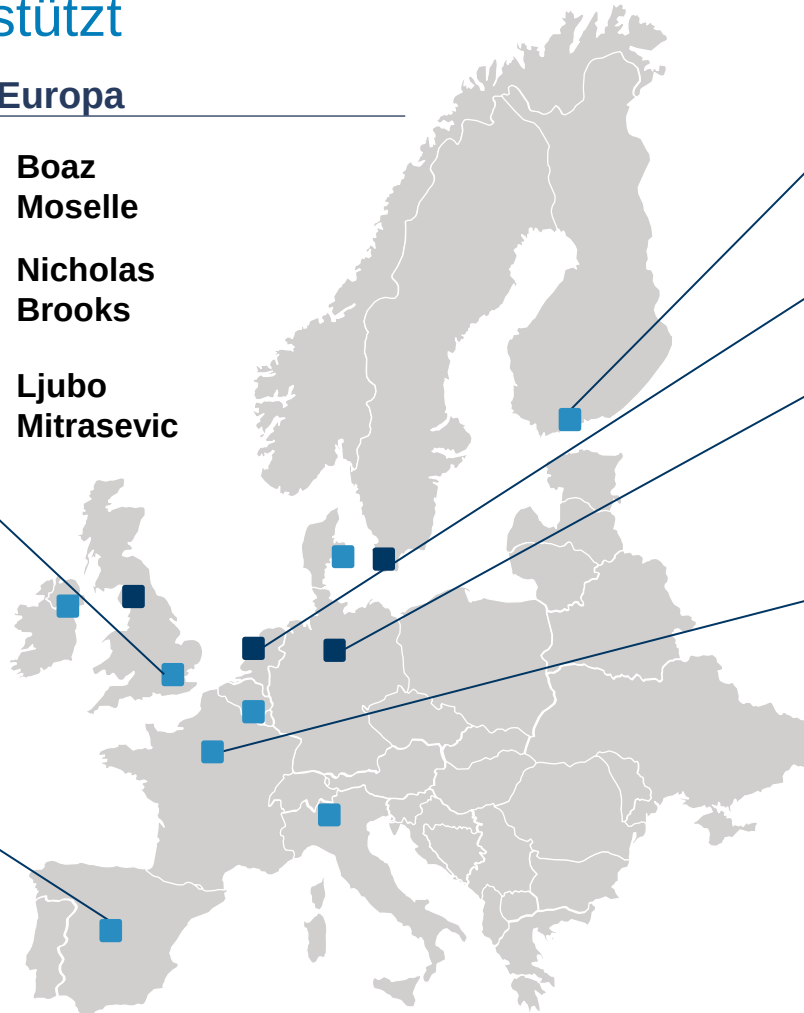
Blanca Perea



Anton Garcia

■ Wichtigste Energy Offices

■ Weitere FTI-CL Offices



Petr Spodniak



Guillaume Duquesne



Anton Burger



Gerald Aue



Fabien Roques



Charles Verhaeghe



Yves Le Thieis

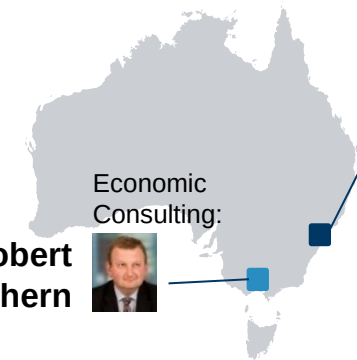


Dmitri Perekhodtsev



Emmanuel Grand

Experten in Australien



Economic Consulting:



Robert Prydon

Strategic Communications:



Ben Hamilton



Robert Skeffington

Robert Southern



Economic Consulting:

Experten in den USA



William Hogan



Scott Harvey

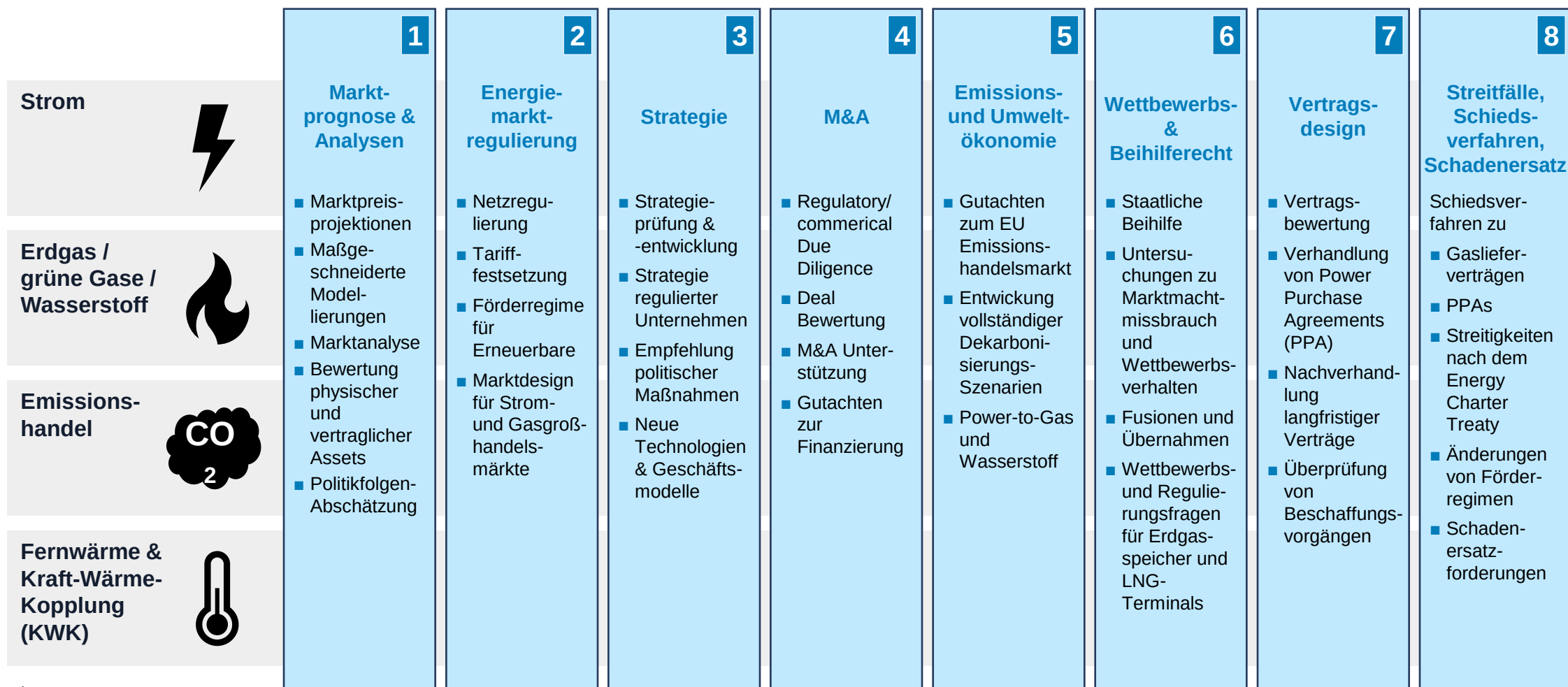


Susan Pope



John Cochrane

Compass Lexecon EMEA Energy Practice Expertise – Übersicht



Quelle: Compass Lexecon

Compass Lexecon Projekterfahrung im Bereich **Wasserstoff und grüne Gase** (Auswahl)

European Clean
Hydrogen Alliance



Identifikationen von Entwicklungshemmnissen im Kontext der EU-Wasserstoffstrategie

Wir haben die Arbeit des Erzeugungs-Roundtables (mehr als 50 Produzenten, Investoren, öffentlichen Akteuren etc.) zur Erreichung der Ziele der EU-H2-Strategie unterstützt. U.a. mit einer Klassifizierung von Wasserstoffprojekten, einer Standardisierung der Projektdatenerhebung (der standardisierte Fragenkatalog wird nun durch die EU-Kommission angewandt), der Identifikation von ökonomischen und regulatorischen Projekt-Hemmnissen.



Markteintrittsstrategie für grünen Wasserstoff

Wir haben EDP hinsichtlich des Eintritts in den französischen Markt für grünen Wasserstoff beraten. Im Fokus standen dabei der regulatorische Rahmen, besonders hinsichtlich Zertifizierung und Klassifizierung von Wasserstoff, Förder- & Finanzierungsmöglichkeiten, sowie die Abschätzung der Wasserstoffnachfrage im Transport- und Industriesektor. Diese Analysen waren Grundlagen für strategische Empfehlungen und potentielle Partner.



Die Rolle von Gas auf dem Weg zu einem zuverlässigen und dekarbonisierten Energiesystem in Belgien

In einer Studie für den belgischen Gas TSO Fluxys haben wir die Auswirkungen verschiedener Anteile der Gasnutzung im belgischen Energiemix unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen mit den Strommärkten bewertet. Dabei wurden verschiedene technologische Optionen für Wärme und Kühlung, Transport und industrielle Prozesse bewertet.



Studie deutscher und französischer Markt für Methanol auf Basis grünen Wasserstoffs

Im Rahmen eines IPCEI („Important Project of Common European Interest“) Verfahrens haben wir für die Produktion von Methanol aus grünem Wasserstoff den regulatorischen Rahmen und die Absatzmöglichkeiten für E-Methanol im Transportsektor und in der chemischen Industrie bewertet (inkl. Analyse von Förderinstrumenten, des bestehenden Marktes für graues Methanol und der langfristigen Nachfragetreiber für Methanol).



Unterstützung eines deutschen Biomethanherstellers und -händlers bei einer Beihilfebeschwerde vor der Europäischen Kommission gegen die dänische Förderregelung für Biomethan

Die dänische Regelung wurde im Jahr 2013 genehmigt, mit möglichen Verzerrungen im europäischen Markt für Biomethan. Wir haben daher u.a. eine quantitative Marktanalyse, einen Vergleich verschiedener europäischer Förderregelungen, sowie Gespräche mit der Kommission durchgeführt.



Der europäische Biomethanmarkt

Wir haben eine Studie über den europäischen Biomethanmarkt und die internationalen Handelsströme von Biomethan sowie eine Analyse der Produktionskosten von Biomethan in europäischen Ländern durchgeführt. Dafür haben wir verfügbare quantitative Marktdaten gesammelt und analysiert, Interviews mit Marktexperten geführt und den regulatorischen Hintergrund, insbesondere verschiedene Subventionssysteme recherchiert.

Quelle: Compass Lexecon

Anmerkung: Einige der genannten Projekte wurden von Compass Lexecon Experten während ihrer Tätigkeit für andere Beratungsunternehmen bearbeitet.

Compass Lexecons Dekarbonisierungs- und Sektorkopplungsstudien (Auswahl)



WIENER STADTWERKE GRUPPE

Dekarbonisierungsszenarien für Wien

Compass Lexecon hat Szenarien für die Dekarbonisierung des gesamten Wiener Energiesystems (Sektorenwärme, Klimatisierung, Mobilität und sonstiger Energiebedarf) konform zu den neuen politischen Zielsetzungen entwickelt. Besonderer Fokus lag dabei auf der Dekarbonisierung der Wiener Fernwärme durch die Nutzung von Großwärmepumpen und Geothermie.



Kosteneffiziente Elektrifizierung in Finnland

Entwicklung von Dekarbonisierungsszenarien der finnischen Wirtschaft durch weitgehende Elektrifizierung. Die Anpassung der Stromerzeugerlandschaft wurde auf Grundlage einer detaillierten Analyse der Nachfrageentwicklung und möglicher Brennstoffsubstitution analysiert. Erwartbare Investitionsbedarfe und Kostenentwicklungen, sowie Engpässe in der Energiewirtschaft wurden abgeleitet.



Modellierung und wirtschaftliche Folgenabschätzung von weitreichenden Dekarbonisierungsszenarien für den Europäischen Energiesektor

Modellierung des Europäischen Strommarkts und szenario-differenzierte Kostenabschätzung zur Bewertung wie Dekarbonisierungsziele bis 2030/50 durch Kostenreduktionen und technischen Fortschritt auf Angebots- und Nachfrageseite erreicht werden können.



Dekarbonisierungsoptionen für den bulgarischen Stromsektor

Für AmCham haben wir die Dekarbonisierungspfade für die Energiewende in Bulgarien untersucht, die mit den Fit-for-55-Zielen vereinbar sind. Wir haben die Entwicklung des Stromsektors in mehreren Technologiemix-Szenarien modelliert und dabei u.a. das bestehende Energiesystem und die erforderliche Versorgungssicherheit berücksichtigt. Dabei haben wir die entsprechenden Kosten und den Investitionsbedarf bewertet.



Wirtschaftliche Analyse von Dekarbonisierungsszenarien bei unterschiedlichen Anteilen von Atomenergie in europäischen Strommärkten

Modellierung der europäischen Strommärkte und Bewertung des möglichen Beitrags von Atomenergie zur kohlestoffarmen Wirtschaft anhand verschiedener Szenarien, abhängig von der installierten Kapazität von Kernkraftwerken, insb. mit Fokus auf das Timing von Abschaltung, Verlängerung der Lebensdauer, und Neubau.

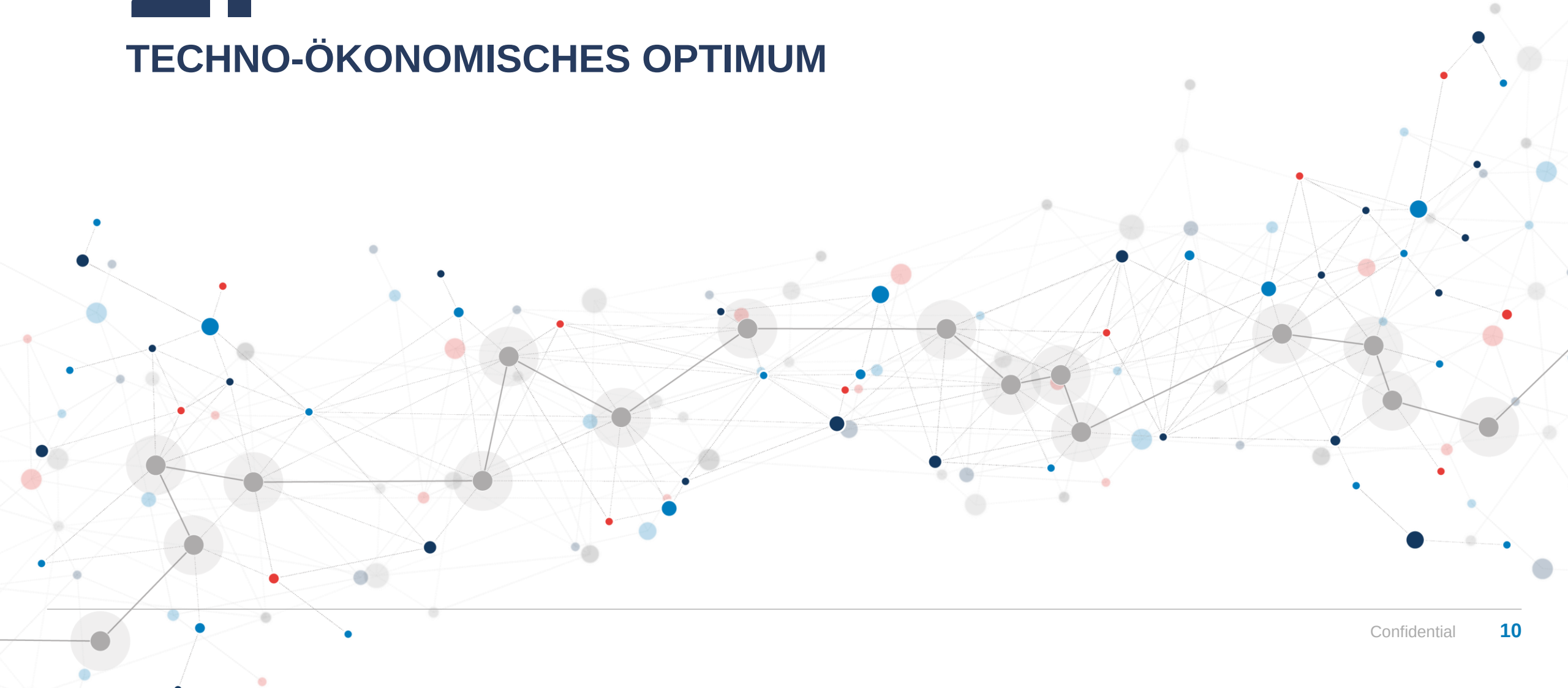


Folgenabschätzung der 550gCO₂/kWh Emissionsnorm

Studie zur Folgenabschätzung der Implementierung der 550 Emissionsnorm auf die europäische Strommärkte. Aggregation und Aufbereitung von Daten der EURELECTRIC Mitglieder, sowie Modellierung, Bewertung und Entwicklung von Empfehlungen bezüglich der Effizienz des vorgeschlagenen Systems.

2.

TECHNO-ÖKONOMISCHES OPTIMUM

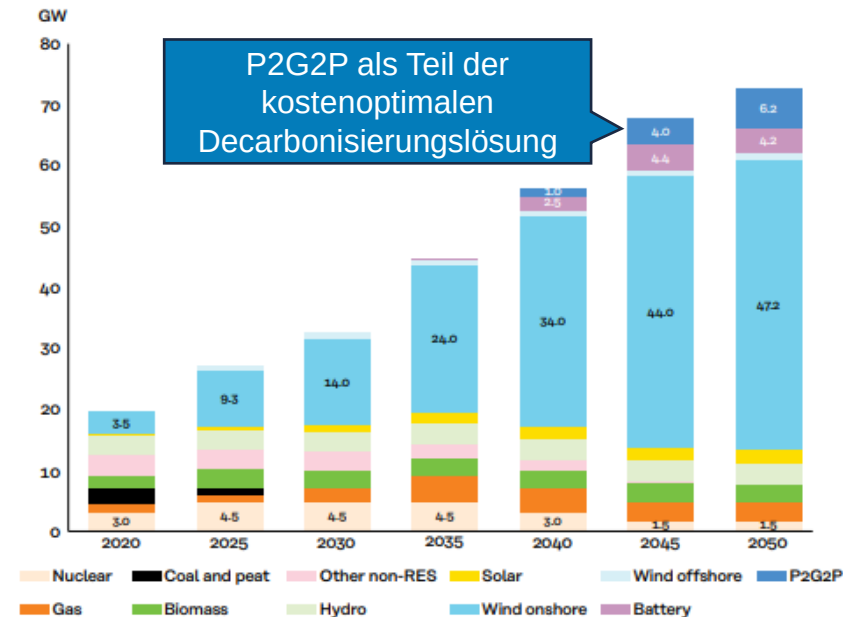


TECHNO-ÖKONOMISCHES OPTIMUM

Wasserstoff hat Rolle im zukünftigen Energiesystem - wenngleich Ausmaß noch umstritten

Kürzlich von Compass Lexecon durchgeführte Dekarbonisierungsstudie für Finnland:

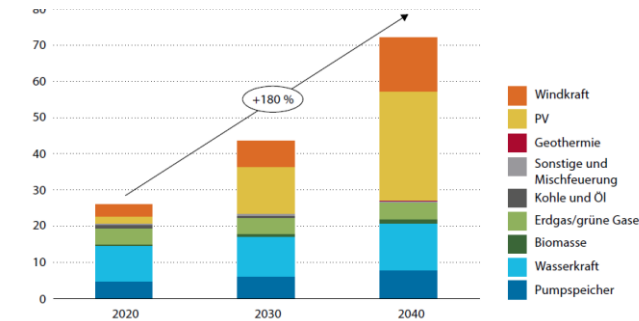
Installierte Erzeugungskapazität in Finnland (GW):



Quelle: [Sitra and Compass Lexecon \(2021\), Enabling cost-efficient Electrification in Finland.](#)

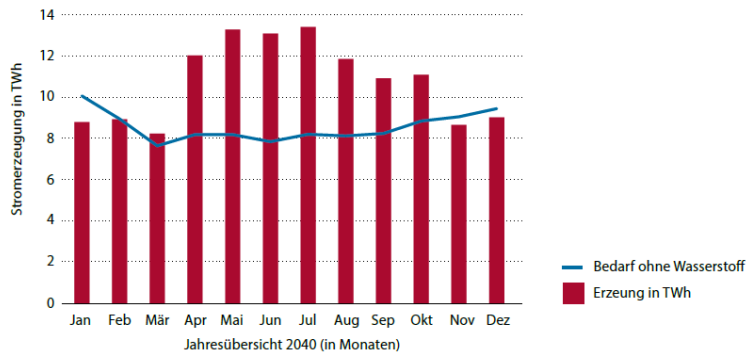
Aktuell für Österreich durchgeführte Studie zeigt starken Bedarf für saisonale Stromspeicher:

Installierte Leistung in Österreich (GW)



Massiver Ausbau Erneuerbarer Energien in Österreich geplant – besonders Wind und PV

Stromerzeugung vs. Bedarf in Österreich 2040 (TWh)



Erzeugung und Verbrauch sind saisonal gegenläufig, woraus sich saisonaler Speicherbedarf ergibt

Quelle: [Österreichs Energie \(2022\), Österreichische Stromstrategie 2040](#)

3.

ANWENDUNGSFÄLLE FÜR WASSERSTOFF



ANWENDUNGSFÄLLE FÜR WASSERSTOFF

Wasserstoff und seine Derivate sind extrem vielseitig – je nach Anwendung stehen mehr oder weniger Alternativen zur Verfügung

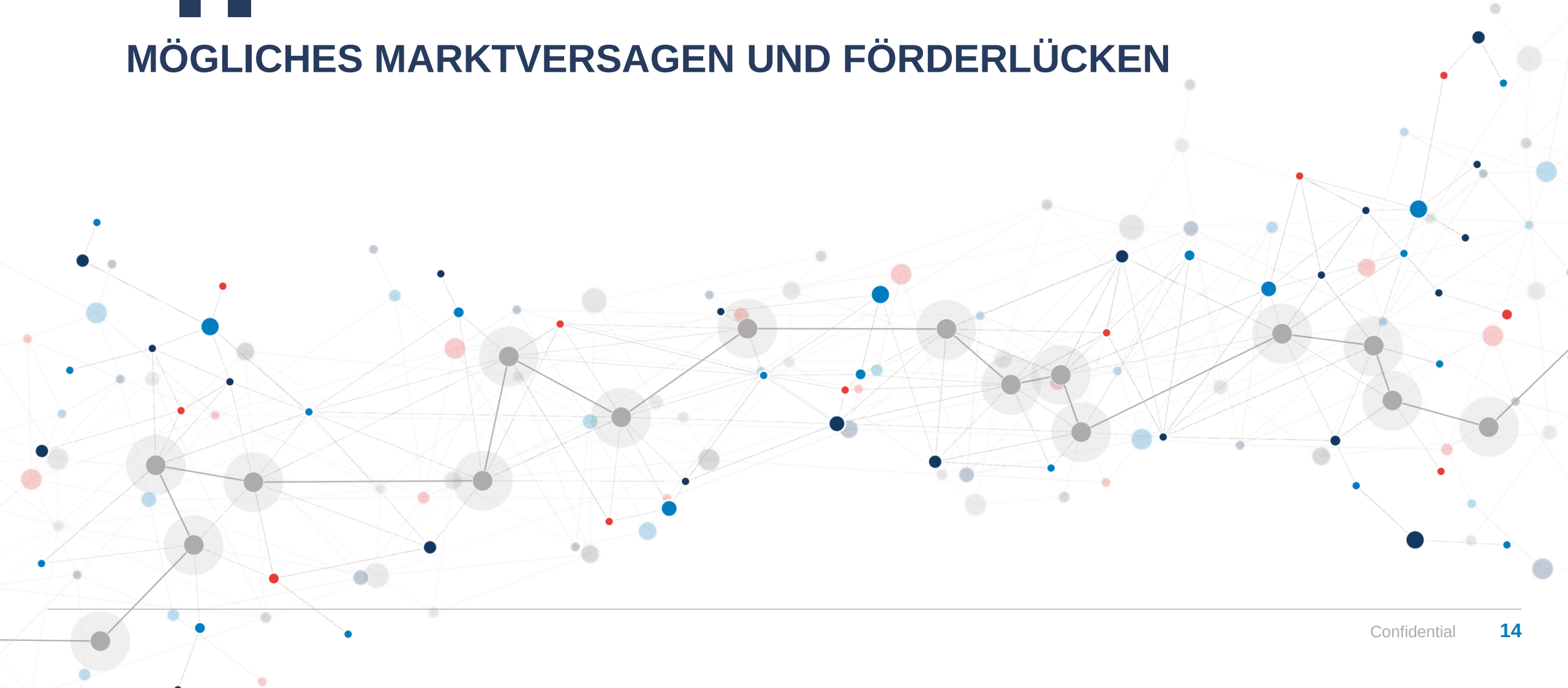
Anwendungsfall		Form von Wasserstoff	Fossile Alternative	CO2-freie Alternative
Straßenverkehr	PKW	 	 	
	Schwerverkehr	 	 	
Schifffahrt (Transport)		 		KEINE
Luftfahrt				KEINE
Raumwärme und Warmwasser				   
Stoffliche Nutzung und Hochtemperatur in Industrie				
KWK				  
Strom	Saisonale Speicher			 keine beliebig erweiterbare Alternative
	Resource adequacy	 		
	Flexibilität			   
	Behebung von Netzengpässen			

Legende

-     Fossile Kraftstoffe und Methan
-   Grüner und grauer Wasserstoff
-   Batterieelektrische Fahrzeuge
-   E-Heizung und Wärmepumpe
-    Pumpspeicher, Biomasse, Geothermie
-   Netzausbau und diverse Speicher
-     Syn-Kraftstoffe und Ammoniak

4.

MÖGLICHES MARKTVERSAGEN UND FÖRDERLÜCKEN



MÖGLICHES MARKTVERSAGEN

Wie könnte für einen Markteingriff argumentiert werden?

1. CO2 ist ein externer Effekt, für den es zwar einen **CO2-Preis zur Internalisierung** gibt, der jedoch entweder a) **nicht hoch genug**, oder b) nicht vorhanden ist.
2. Geschwindigkeit der Dekarbonisierung – Man möchte auch bei **Sektoren**, die **erst ab einem sehr hohen CO2-Preis** dekarbonisiert werden würden, **jetzt schon mit der Dekarbonisierung beginnen**, um bis 2050, 2040 oder auch schon 2035 Net Zero zu erreichen.
3. **Risikoaversion der Investoren** – Investoren brauchen aktuell, wo die Marktdynamik noch unsicher erscheint, ggf. noch Unterstützung.
4. **Koordinationsproblem** – Förderungen und Regulierung kann Investoren helfen, die signifikanten Koordinationsprobleme (Produktion, Transport, Verbrauch) zu lösen.

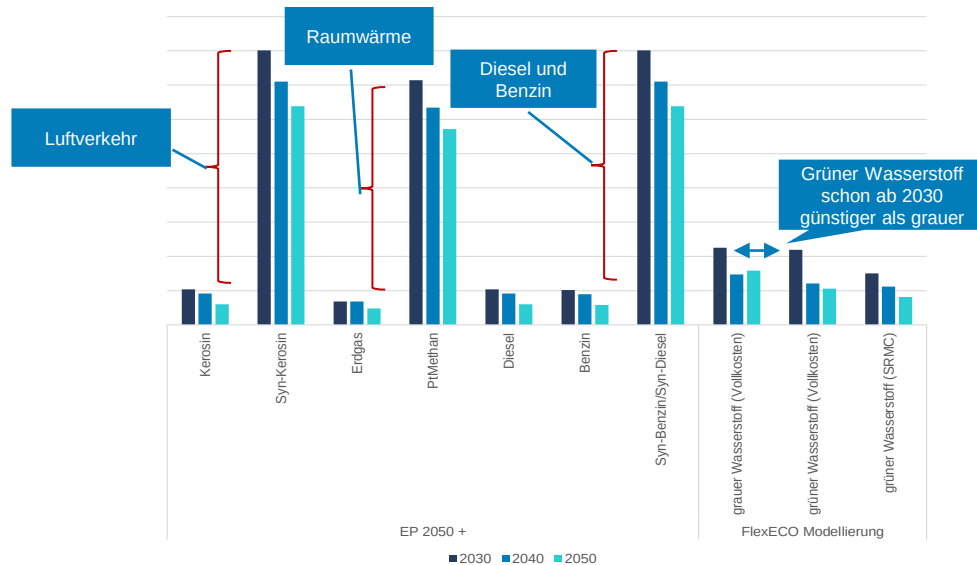
} Siehe nächste Seite

MÖGLICHES MARKTVERSAGEN

Bei aktuellen und realistischen zukünftigen CO₂-Preisen sind die meisten Wasserstoffanwendungen nicht kostendeckend bzw. Profitabel

Compass Lexecon Modellierung von Kostenlücken:

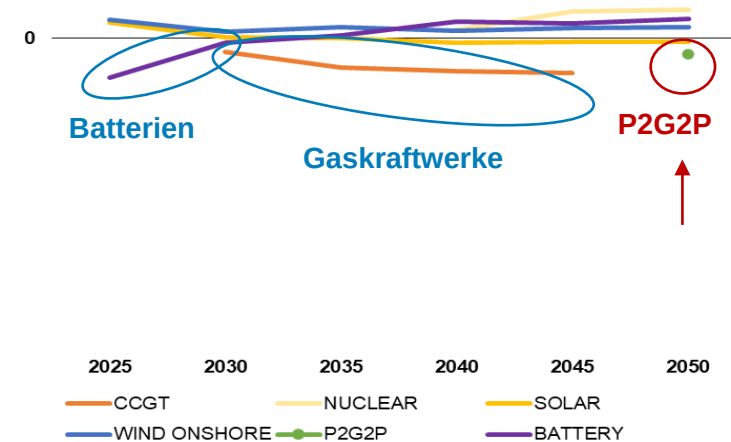
Kostenlücken (nur Brennstoffkosten)



Kostenlücken bei Brennstoffkosten zwischen Wasserstoffprodukten und fossilen Alternativen bleiben bis 2050 bestehen

Illustration der Berechnung von Förderlücken aus CL Studie für Bulgarien:

Förderlücken (basierend auf Profitabilitätsrechnung und Strommarktmodell [EUR2020/kW/Jahr] – (WACC=5%))



P2G2P Technologie ohne Förderung auch 2050 nicht notwendigerweise rentabel

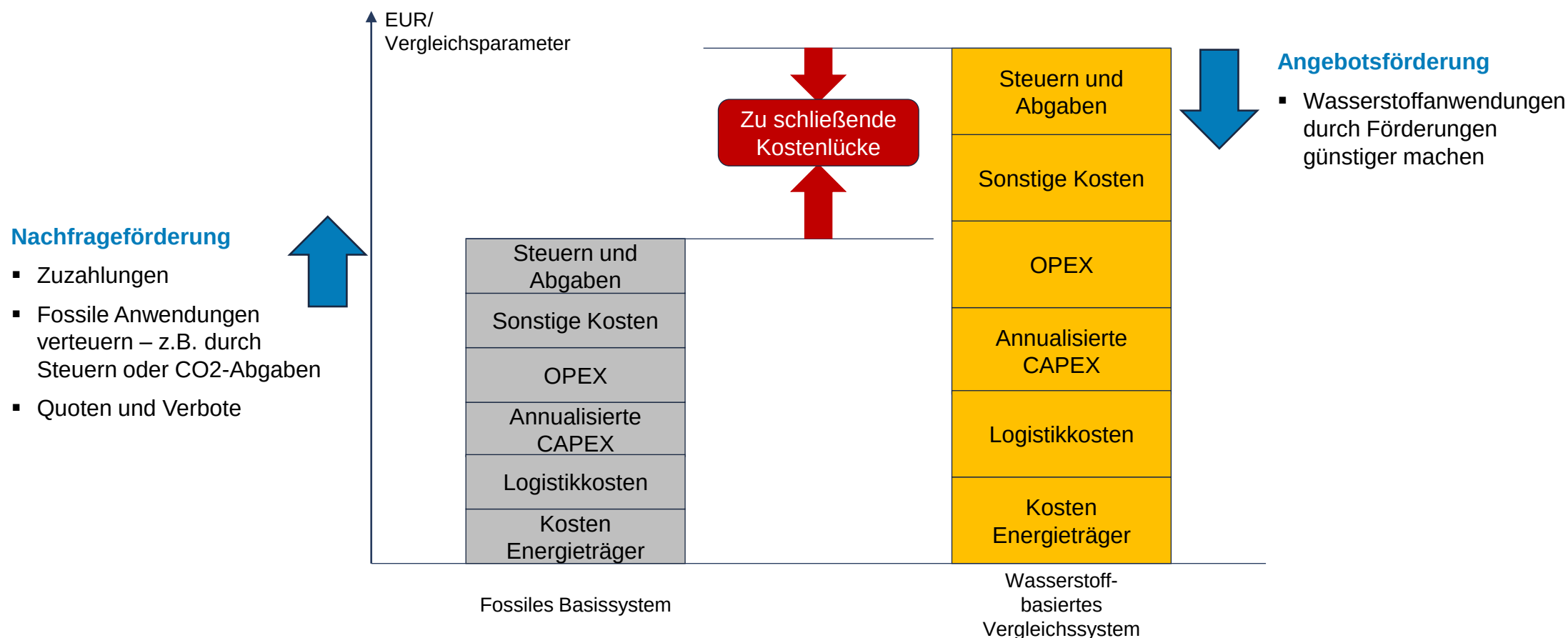
5.

FÖRDERSTRATEGIEN FÜR WASSERSTOFF



Förderstrategie für grünen Wasserstoff

Struktur und Größe der Kostenlücke unterscheidet sich je Anwendungsfall, und es gibt grundsätzlich drei Möglichkeiten, diese zu schließen



Förderstrategie für grünen Wasserstoff

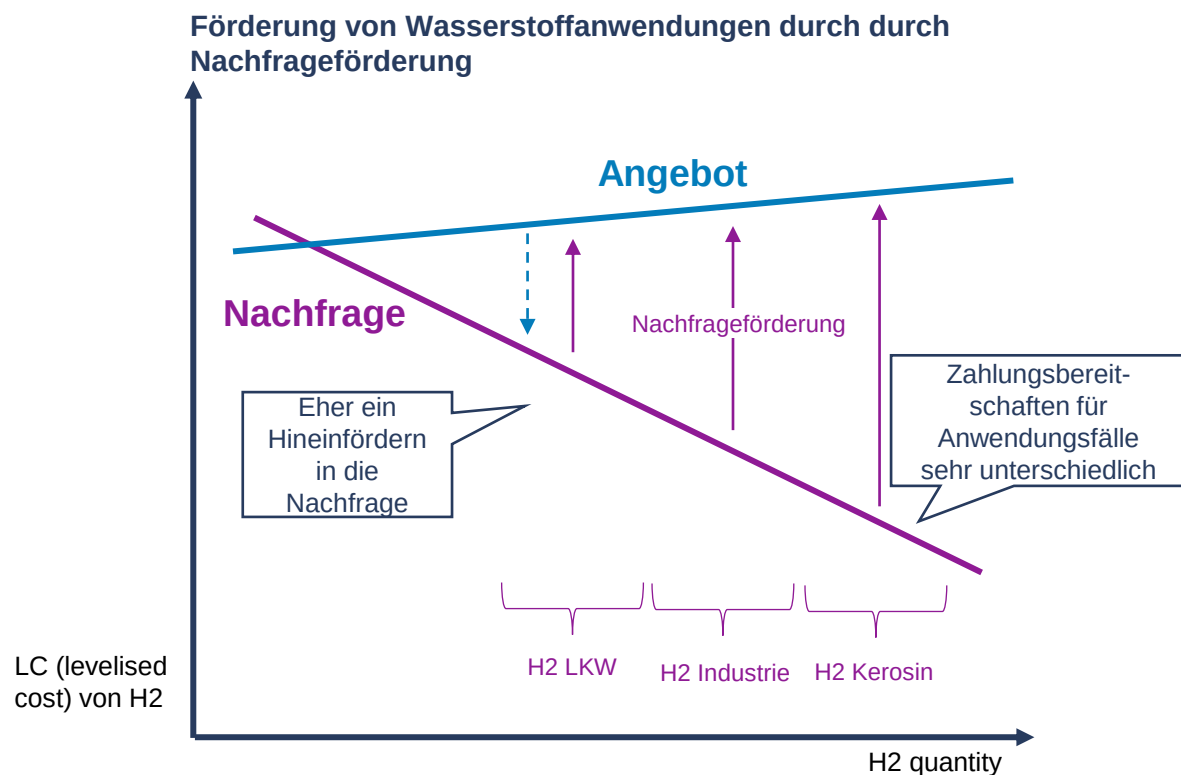
Angebots- und Nachfrageförderung haben ihre spezifischen Vor- und Nachteile

Angebotsförderung	Hybrid	Nachfrageförderung	
		Wasserstoffspezifisch	Nicht Wasserstoffspezifisch
- Investitionsbeihilfen - Produktionsbeihilfen	- Wasserstoff Supply Contracts - Infrastrukturausbau	- Verbrauchszuzahlung - Steuererhöhung Alternativen/ Steuerreduktion für Wasserstoff - Quoten und Verbote (in Verbindung mit Zertifikaten und Label)	CO2-Preis oder Steuer

+	(Um)Verteilungswirkung vs. Ökonomische Effizienz	+
-	Technologieneutralität	+
+	Carbon Leakage	-
-	Finanzielle Bürde für Staatshaushalt	+
+	Grundbedürfnis-Dilemma	-

Förderung von H2 wird wahrscheinlich sowohl auf der Angebots- als auch auf der Nachfrageseite stattfinden

Wobei die vielen sektorspezifischen Anwendungen mit unterschiedlicher Zahlungsbereitschaft eher Lösungen auf der Nachfrageseite bedingen



- Nachfrageförderung: **Jeder Markt hat eine unterschiedliche Zahlungsbereitschaft. Marktspezifische Nachfrageförderungen** können dies berücksichtigen.
- Angebotsförderung: würde man z.B. europaweit die H2 Produktion fördern, so würde der H2 Marktpreis sinken. Während **manche Sektoren bereits überfördert** wären, würden **andere noch immer nicht** in die Verwendung von H2 einsteigen.
- Man kann auch von einer „**automatischen Segmentierung**“ des Marktes durch Anwendungsförderungen sprechen. Der Markt für H2 kann so weitgehend unsegmentiert bleiben.

BEISPIEL: STRASSENVERKEHR

Für jeden der Märkte stellen wir vorselektierte Förderalternativen den Kriterien gegenüber, um Empfehlungen auszusprechen und zu klassifizieren, um eine Roadmap zu entwickeln.

Marktbetrachtung

- Der Markt wird abgegrenzt und **Alternativen zu H2-Anwendungen** identifiziert
- Das **Kostendelta zwischen den Anwendungen** wird berechnet
- Bei PKW dominieren EV
- Bei LKW und Bussen Fossil, EV und H2 in etwa gleich auf

	Fossil	EV	H2	Syn-fuel
PKW				
NFZ				
LKW				
Bus				

Eher günstig Eher teuer

Bewertung Förderalternativen

- Für den Anwendungsfall wird eine Short-list identifiziert
- Förderalternativen werden im Lichte von Kriterien bewertet
- z.B.: **Steuererhöhungen** haben gewünschte **Steuerungswirkung**, sind **technologieneutral** in Bezug auf Alternative, und **generieren Einnahmen**

Bewertung ▶	(mikro)- ökono- misch	Wirtschafts- politisch	Fiskal- politisch
Massnahme ▼			
PtL Quoten			
CO2 Preis			
Steuer- anpassungen			
Betriebskostenf örderung			
Investitions- zuschuss			

Eher sinnvoll Eher nicht sinnvoll

Maßnahmenidentifikation

- Übertragung der als sinnvoll identifizierten Förderalternativen auf Zeitachse
- Unterscheidung zwischen Maßnahmen, anhand ihrer absehbaren Notwendigkeit

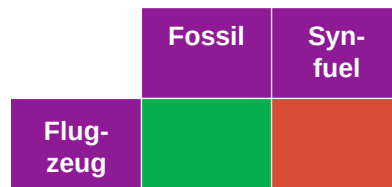
„jetzt sinnvolle“ Maßnahmen	„voraus- schauende“ Maßnahmen	„Vorbehaltliche“ Maßnahmen (sinnvoll WENN)
Höhere Steuern für fossile Treibstoffe	—	Quoten für Syn-fuel (Fortführung) Steuererleichterung, bzw. relative Steuererleichterung im Vergleich zu fossil betriebenen Fahrzeugen für Wasserstoff Ggf. Investitions- zuschüsse für FCEV

BEISPIEL: LUFTFAHRT

Für jeden der Märkte stellen wir vorselektierte Förderalternativen den Kriterien gegenüber, um Empfehlungen auszusprechen und zu klassifizieren, um eine Roadmap zu entwickeln.

Marktbetrachtung

- Der Markt wird abgegrenzt und Alternativen zu H2-Anwendungen identifiziert
- Das Kostendelta zwischen den Anwendungen wird berechnet
- Es gibt (noch) **keine Alternativen** zu Kerosin
- Die **Kostenlücke ist erheblich**



Eher günstig

Eher teuer

Bewertung Förderalternativen

- PtL-Quoten können schrittweise eingeführt werden**, und belasten den Staatshaushalt nicht
- Umverteilungsfragen** spielen ggf. bei Flügen **weniger eine Rolle**

Bewertung ▶ Massnahme ▼	Mikro-ökonomisch	Wirtschafts-politisch	Fiskal-politisch
PtL Quoten			
CO2 Abgaben			
Betriebskos-tenförderung			
Doppel-auktionen			

Eher sinnvoll

Eher nicht sinnvoll

Maßnahmenidentifikation

- Übertragung der als sinnvoll identifizierten Förderalternativen in Abhängigkeit auf das Mengengerüst auf die Zeit
- Unterscheidung zwischen Maßnahmen, anhand ihrer absehbaren Notwendigkeit

„jetzt sinnvolle“ Maßnahmen	„voraus-schauende“ Maßnahmen	„Vorbehalt-liche“ Maßnahmen
Syn-Kerosin-Quote Zur Limitierung vom Carbon Leakage Koordination mit Ausland	Erhöhung der Quote im Zeitablauf Gewissheit über im Zeitablauf steigende Syn-Kerosin Quote macht Markt-Hochlauf planbarer	

CONCLUSIO

Sorgfältiges Design von Fördermechanismen ist ein wichtiger Baustein für das Gelingen der Energiewende

- Wasserstoff bietet Alleinstellungsmerkmale: **Saisonale Stromspeicher** und **Dekarbonisierung von sonst schwierigen Sektoren**
 - Studien zum Thema Wasserstoff haben oft einen starken Fokus auf techno-ökonomische Optimierungen
 - Durch die Vielzahl der Anwendungsfälle ist das **Design von Fördermechanismen für Wasserstoff anspruchsvoll**, und dadurch besteht grundsätzlich ein **Risiko von nicht optimal eingesetzten Ressourcen**
- Verschwendung schmälert den Spielraum für weitere Maßnahmen, und ist somit nicht im Sinne der Dekarbonisierung
-
- Aus Investorensicht gibt es die folgenden **Risiken**:
 - Wasserstoff ist (noch) **nicht** ohne zusätzliche Eingriffe **profitabel**
 - Die Komplexität kann zu Regulierungsfehlern und somit **Korrekturen der Regulierung** (Verwerfungen) führen
 - Noch ist die **Marktdynamik unsicher**
- Um so wichtiger ist ein ökonomisch durchdachtes Design von Fördermechanismen

LOCATIONS

Berlin

Kurfürstendamm 217
Berlin, 10719

Brussels

23 Square de Meeûs
Brussels, 1000

Copenhagen

Bredgade 6
Copenhagen, 1260

Düsseldorf

Kö-Bogen
Königsallee 2B
Düsseldorf, 40212

Helsinki

Unioninkatu 30
Helsinki, 00100

London

5 Aldermanbury Square
London, EC2V 7HR

Madrid

Paseo de la Castellana 7
Madrid, 28046

Milan

Via San Raffaele 1
Milan, 20121

Paris

22 Place de la Madeleine
Paris, 75008

Singapore

8 Marina View
Asia Square Tower 1
Singapore, 018960

Tel Aviv

Yigal Alon Street 114
Toha Building
Tel Aviv, 6744320

Dr. Anton Burger | Vice President
COMPASS LEXECON
Kurfürstendamm 217,
10719 Berlin

Mobile: +49 (0) 170 93 14 709
Email: aburger@compasslexecon.com

This report has been prepared by Compass Lexecon professionals. The views expressed in this report are the authors only and do not necessarily represent the views of Compass Lexecon, its management, its subsidiaries, its affiliates, its employees or clients.