



INTERNATIONALE ASPEKTE EINER POWER-TO-X ROADMAP

Zusammenfassung

18. Oktober 2018



Der Weltenergierrat - Deutschland e. V. mit Sitz in Berlin vertritt das deutsche Energiesystem im Netzwerk des World Energy Council. Zu seinen Mitgliedern zählen über 60 Unternehmen und Verbände. Er blickt mit faktenbasiertem Auge auf das gesamte Energiespektrum, um ein besseres Verständnis energie-wirtschaftlicher Fragen und Lösungsansätze aus einer globalen Perspektive heraus zu fördern.

Der folgende Bericht wurde von Frontier Economics verfasst und wird im Auftrag des Weltenergierrat - Deutschland (www.weltenergierrat.de) veröffentlicht. Es handelt sich bei dieser Studie um ein gemeinsames Projekt folgender Projektpartner:

- 50Hertz Transmission GmbH
- Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V.
- DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.
- EnBW Energie Baden- Württemberg AG
- E.ON SE
- Innogy SE
- Institut für Wärme und Oeltechnik e. V. (IWO)
- Mitsubishi Hitachi Power Systems Europe GmbH
- Mineralölwirtschaftsverband e. V. (MWV)
- MEW Mittelständische Energiewirtschaft Deutschland e. V.
- Open Grid Europe GmbH
- Robert Bosch GmbH
- RWE AG
- Siemens AG Power Generation
- UNITI Bundesverband mittelständischer Mineralölunternehmen e.V.
- Verband der Chemischen Industrie e.V. (VCI)
- Volkswagen AG

Der Bericht wurde um Beiträge ergänzt, die aus dem Netzwerk des Weltenergierrates stammen:

- Australien
- Chile
- China
- Deutschland
- Irland
- Marokko
- Niederlande
- Neuseeland
- Norwegen
- Saudi Arabien
- Vereinigtes Königreich

Dr. Jens Perner

 +4922133713102

 jens.perner@frontier-economics.com

Dr. David Bothe

 +4922133713106

 david.bothe@frontier-economics.com

ZUSAMMENFASSUNG

Sollen die im Pariser Abkommen festgelegten klimapolitischen Ziele der Begrenzung des Anstiegs der Erderwärmung auf deutlich weniger als 2 °C über dem Niveau des vorindustriellen Zeitalters erreicht werden, muss die globale Energiewirtschaft in den kommenden Jahrzehnten einen grundlegenden Wandel hin zum Einsatz kohlenstoffneutraler Energiequellen vollziehen.

Weltweit haben sich Staaten zu sehr ambitionierten Zielen zur Reduktion der Treibhausgase (einschließlich CO₂) in den kommenden Jahren verpflichtet. Die Bundesregierung plant, die Emission der Treibhausgase bis 2050 um 80 % bis 95 % im Vergleich zum Niveau von 1990 zu senken. Gegenüber der heutigen Situation erfordert die Umsetzung dieses Ziels weitere massive Änderungen sowohl in der Energieversorgung als auch in der Energienutzung.

Neben verbesserter Energieeffizienz wird der zunehmende Einsatz erneuerbarer Energien einer der Hauptbestandteile der globalen Transformation der Energiesysteme sein. Dabei kann der Einsatz Erneuerbarer Energien auf vielfältigem Wege erfolgen, z.B. durch einen direkten Einsatz bei Endverbrauchern (Biomasse, Solaranlagen, Erdwärmeheizung etc.), durch eine zunehmende Elektrifizierung (z.B. Elektroautos, Wärmepumpen etc.) oder eben auch in Form von synthetischen Brenn- und Kraftstoffen, die aus erneuerbarem Strom gewonnen werden.

In unserer Studie betrachten wir insbesondere den möglichen Beitrag letzterer – synthetischer Brenn- und Kraftstoffe aus erneuerbarem Strom (Power-to-X, bzw. PtX), d.h. erneuerbare oder „grüne“ Brenn- und Kraftstoffe.¹ Hierzu zählen grüne Produkte wie Wasserstoff², Ammoniak, Methan, Methanol, Diesel, Benzin und Kerosin. Die erneuerbaren Brenn- und Kraftstoffe können prinzipiell in allen Sektoren eingesetzt werden, z.B. im Transport-, Wärme-, Industrie- oder Stromerzeugungssektor – und können dort konventionelle Brenn- und Kraftstoffe aus Kohlenwasserstoff als primäre Energiequelle und Rohstoffe ersetzen.

Ziel dieser Studie ist es, für die nächsten Jahrzehnte einen dezidierten Fahrplan (Roadmap) zur Schaffung einer globalen PtX Industrie zu entwickeln. Wir erläutern die Erfordernisse internationaler PtX Erzeugung und des globalen Handels, untersuchen potenziell PtX erzeugende und exportierende Länder und identifizieren die Hauptsäulen und Meilensteine eines Fahrplans hin zur Umsetzung eines globalen PtX Marktes.

Zu den abschließenden Empfehlungen hinsichtlich der drei wichtigsten Säulen des PtX Fahrplans zählen:

¹ Sofern nicht ausdrücklich anders angegeben beziehen sich die Verweise auf PtX oder synthetische Brenn- und Kraftstoffe im weiteren Verlauf dieser Studie ausschließlich auf erneuerbare, d.h. grüne, Produkte.

² Wasserstoff wird über die Wasserstoffelektrolyse gewonnen und ist daher nicht synthetisiert. Zur vereinfachten Darstellung subsumieren wir Wasserstoff im Rahmen dieser Studie unter dem Oberbegriff der synthetischen Brenn- und Kraftstoffe.

- Verbesserung und Förderung des Ausbaus von PtX Technologien und Anlagen mit dem Ziel, erhebliche Kosteneinsparungen zu realisieren und so den Weg für den internationalen Handel zu ebnen;
- Sicherstellung gleicher Wettbewerbsbedingungen für PtX und konventionelle Brenn- und Kraftstoffe durch eine Vergütung der Klimavorteile derartiger grüner synthetischer Brenn- und Kraftstoffe. Hierdurch würden zuverlässige Nachfragestrukturen gewährleistet und ein Wachstum des globalen PtX Marktes gefördert;
- Verbesserung eines angemessenen Investitionsrahmens durch bindende und nicht bindende politische Maßnahmen, wie internationale Kooperationen und Handelsstandards.

Die komplexen Interdependenzen zwischen diesen Säulen und den begleitenden Empfehlungen erfordern dabei einen koordinierten Ansatz zur Entwicklung eines globalen PtX Marktes.

Die wesentlichen Ergebnisse unserer Studie lassen sich wie folgt zusammenfassen.

PtX ist ein notwendiger Bestandteil der globalen Transformation der Energiesysteme

Auf erneuerbaren Energien basierende PtX Technologie wird ein integraler Bestandteil auf dem Weg hin zu einer klimaneutralen Energieversorgung sein. PtX stellt dabei in vielen Ländern eine sinnvolle Ergänzung dar, um die anderen zentralen Elemente einer Energiewende, z.B. die direkte Nutzung erneuerbarer Energien und den direkten Einsatz erneuerbaren Stroms zu flankieren. Für den Einsatz von PtX als ergänzende Technologie gibt es dabei zahlreiche Gründe:

- **Fehlende Alternativen:** In einigen Sektoren werden aus logistischen Gründen Brenn- und Kraftstoffe mit hoher Energiedichte benötigt. Dies trifft insbesondere auf die Luftfahrt und den Schiffsverkehr zu, aber auch auf spezifische industrielle oder chemische Prozesse mit hohem Temperaturbedarf. PtX Brenn- und Kraftstoffe in Kombination mit Biobrennstoffen und -kraftstoffen stellen daher oft die einzig technisch machbaren Möglichkeiten dar, die notwendigen CO₂-Reduktionen zu realisieren.
- **Speicherbarkeit verbessert Versorgungssicherheit:** Das zukünftige Erneuerbare Energiesystem in Europa wird großvolumige Energiespeicher erfordern, um beispielsweise die Speicherung von erneuerbarer Energie aus dem Sommer zur Deckung von Heizbedarf im Winter zu ermöglichen. PtX Produkte sind für diese saisonale Speicherung von Energie bestens geeignet und tragen somit zu einer erhöhten Versorgungssicherheit bei.
- **Unmittelbares Nachfragepotenzial:** Die Mehrheit der synthetischen Brenn- und Kraftstoffe, einschließlich synthetischen Methans, Diesels, Benzins, Kerosins und anderer, lassen sich unmittelbar in bestehenden Systemen und existierender Infrastruktur einsetzen. CO₂-Reduktionen können daher innerhalb eines kurzen Zeitraums realisiert werden, ohne auf einen langwierigen Ersatz von Endnutzeranwendungen durch andere Technologien

angewiesen zu sein. Dies gilt z.B. für den Wärmesektor in Bestandsgebäuden oder für den Transportsektor und den Einsatz von Verbrennungsmotoren.

- **Verstärkte Akzeptanz:** Die öffentliche Akzeptanz neuer Infrastrukturmaßnahmen, die einen Einfluss auf die Umwelt und die Landschaft haben, ist oftmals gering. Durch PtX besteht die Möglichkeit, auf bestehende Energieinfrastrukturen, wie beispielsweise Gaspipelines, zurückzugreifen, wodurch öffentliche Widerstände reduziert werden können.
- **Kostenüberlegungen:** Erneuerbare Brenn- und Kraftstoffe ermöglichen in vielen Fällen Kosteneinsparungen, da sie die Möglichkeit bieten, in bestehenden Infrastrukturen wie Gaspipelines, Tankstellen und Speichereinrichtungen zum Einsatz zu kommen. Auch die Nutzung bestehender und kostengünstiger Endverbraucheranwendungen, wie kostengünstiger Brennwärmtauscher, reduziert den Bedarf an Infrastrukturinvestitionen.

Import synthetischer Brenn- und Kraftstoffe und die Entwicklung eines globalen PtX Marktes unterstützen die Energiewende

Die Energiewende in Deutschland wird voraussichtlich beträchtliche Importe von erneuerbaren Energien via PtX aus dem Ausland erfordern. Dies hat folgende Gründe.

- **Kostenvorteile durch Import:** Synthetische Brenn- und Kraftstoffe können in vielen Regionen der Welt aufgrund der besseren Standortbedingungen für Erneuerbare Energien (Photovoltaik, Wind) deutlich günstiger als in Europa (z.B. Deutschland) produziert werden.
- **Verfügbarkeit von Anlagen für RES-E:** Die Verfügbarkeit von Standorten für Anlagen der Stromgewinnung aus erneuerbaren Energiequellen ist in vielen europäischen Ländern, wie z.B. Deutschland, langfristig aus praktischen Gründen beschränkt – dies gilt insbesondere für Wind, aber auch für Biomasse. Dies könnte zukünftig durch weitere umweltbedingte Auflagen in einigen Ländern, wie Landschaftsschutz und Meeresschutz, noch erschwert werden. Es ist daher zu erwarten, dass ein erheblicher Anteil der in Europa verbrauchten erneuerbaren Energie importiert werden muss.
- **Transport von PtX leicht möglich:** Für den Import größerer Mengen erneuerbarer Energie sind chemische Energieträger (z.B. auf Basis von PtX) die erste Wahl: Es besteht eine ausgebaute internationale Infrastruktur, und die Transportkosten sind relativ gering, selbst bei großen Distanzen.
- **Globaler PtX Handel fördert Wirtschaftswachstum und Wohlfahrt:** Energieimporte und -exporte stärken die internationalen Handelsbeziehungen, Kooperationen und politischen Beziehungen. Der internationale Handel fördert politische Stabilität und Wohlstand in allen beteiligten Ländern. Exportländer können von Investitionen und Wachstum profitieren, Importländer von niedrigeren Energiekosten. Darüber hinaus profitieren Länder wie Deutschland, die Technologien und Ausrüstungsgüter (Anlagen und Betriebsmittel) exportieren, von einem internationalen Markthochlauf.

Langfristig kann ein globaler Markt für PtX erhebliche Größenordnungen erreichen – mit entsprechendem Investitionsbedarf

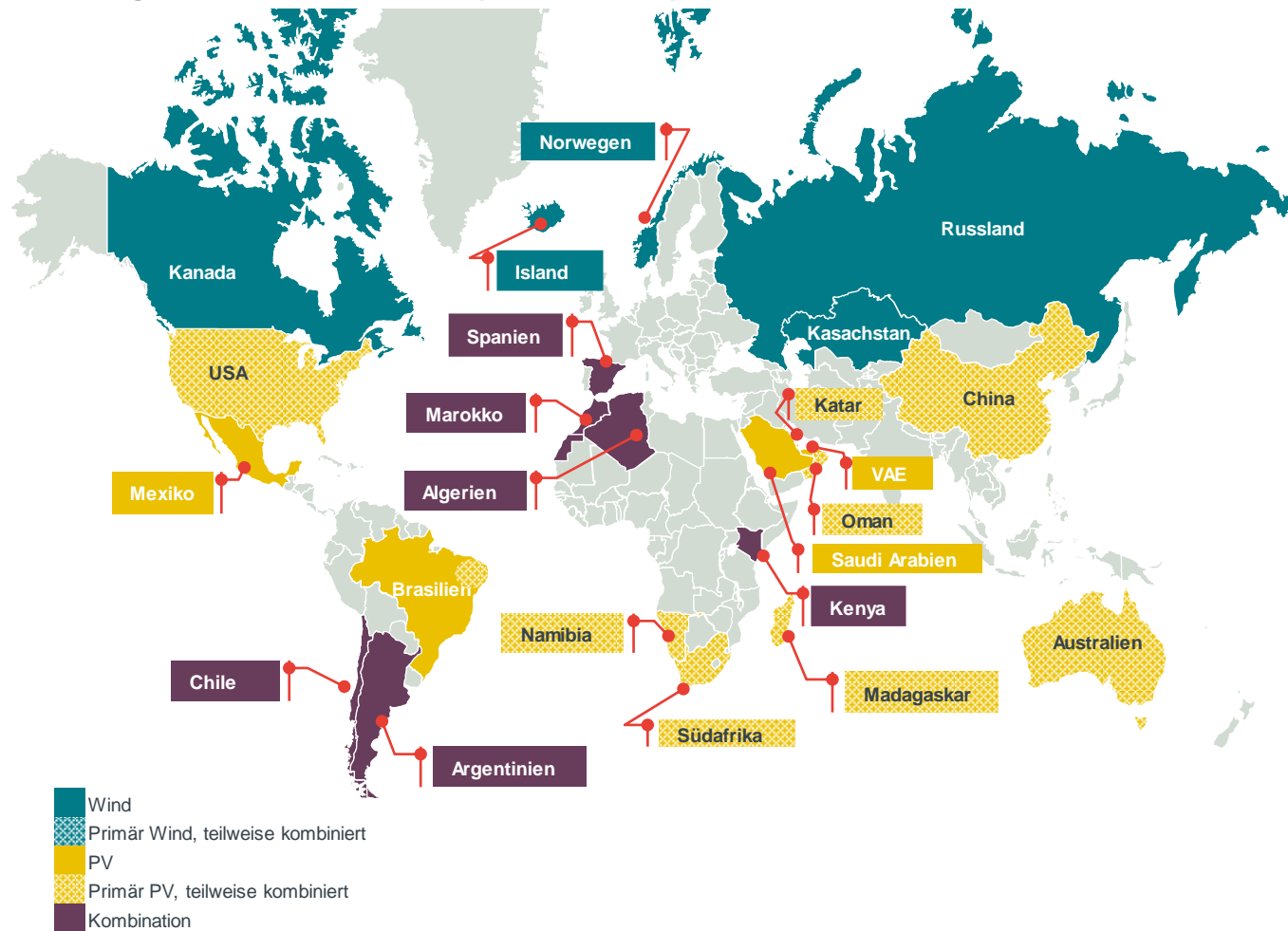
Indikative Schätzungen zeigen, dass ein globaler Markt für grüne synthetische Brenn- und Kraftstoffe langfristig (2050 und darüber hinaus) eine Größenordnung von 10.000 bis 20.000 TWh/a erreichen kann. Dies entspricht ungefähr 50 % der heutigen weltweiten Nachfrage nach Rohöl. Die hierfür erforderliche Erzeugungskapazität, wie z.B. durch Elektrolyseuren (zur Herstellung von Wasserstoff) allein kann leicht zwischen insgesamt 3.000 und 6.000 GW liegen.

Selbst wenn sich der globale Bedarf an PtX nur teilweise realisieren sollte, sind in den kommenden Jahrzehnten signifikante Investitionen in PtX Technologien und Anlagen erforderlich. Diese Investitionen benötigen angemessene Rahmenbedingungen, und es müssen frühzeitig Maßnahmen ergriffen werden, die den Weg hin zu einer weltweiten PtX Industrie ebnen.

Zahlreiche Länder können potenziell PtX produzieren, jedoch hängt deren Markteintritt von der jeweiligen individuellen Motivation ab

Ein globaler PtX Markt könnte potenziell durch viele PtX produzierende Länder beliefert werden. Die Verteilung dieser Länder weltweit verdeutlicht, wie divers die potenziellen Lieferländer sind. Insbesondere Länder und Regionen mit günstigen Bedingungen für Erneuerbare Energien und hohem technischen Potenzial für die Produktion von Strom aus erneuerbaren Energiequellen sind aussichtsreiche Kandidaten für PtX Produktion und Export (siehe Abbildung 1).

Abbildung 1 Vielfalt und Diversität potenziell PtX produzierender Länder









Quelle: Frontier Economics.

Hinweis: Illustrative Darstellung der stärksten identifizierten RES-Potenziale; keine umfangreiche Liste aller Länder.

Dabei verfügt jedes Land über individuelle Gegebenheiten und auch unterschiedliche Anreize, die letztlich die zukünftige Rolle der Regionen im globalen PtX Markt bestimmen werden. Dabei lassen sich verschiedene Kategorien von "PtX-Ländertypen" identifizieren, die sich nach den aktuellen energiewirtschaftlichen Gegebenheiten im jeweiligen Land, der möglichen Motivationen zur Herstellung synthetischer Brenn- und Kraftstoffe und ihrer potenziellen Rolle auf einem globalen Markt unterscheiden. Wir differenzieren dabei zwischen "Frontrunner" (z.B. Norwegen), "Hidden Champions" (z.B. Chile), "Hyped Potentials" (z.B. Marokko), "Converters" (z.B. Saudi-Arabien), "Giants" (z.B. Australien) und "Uncertain Candidates" (z.B. China) (siehe Abbildung 2). In diesem Zusammenhang analysieren wir exemplarisch einzelne Länder, die jedoch stets als Stellvertreter für eine Gruppe von Ländern mit ähnlichen Merkmalen und PtX Potenzialen stehen. Auch ist die Zuordnung der Kandidatenländer zu einem bestimmten Typ nicht unbedingt eindeutig und abgegrenzt, vielmehr können auf jeden Typ auch Merkmale anderer Typen zutreffen. Ebenso lassen sich einige Länder in mehrere Kategorien einteilen, da diese sich nicht gegenseitig ausschließen, bzw. sich gegenseitig ergänzen können.

Abbildung 2 Typen potenzieller PtX Produzenten/Exporteure und ausgewählte Beispielländer

Typ	Motivation und Ausgangsposition für PtX	Ausgewählte Beispiel
 Frontrunners	<ul style="list-style-type: none"> ▪ PtX bereits auf dem politischen Radar der Länder (Energie) ▪ Exportpotenzial und Aufgeschlossenheit ggü. PtX deutlich erkennbar ▪ Unkomplizierter internationaler Handelspartner ➢ Besonders vorteilhaft in frühen Phasen der Marktdurchdringung 	Norwegen
 Hidden Champions	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grundsätzlich unerschlossenes RES-Potenzial ▪ Weitgehend ausgereifte, aber oft unterschätzte (energie-) politische Rahmenbedingungen mit ausreichend starken Institutionen. ➢ PtX kann bei entsprechender Unterstützung leicht zu einem ernsthaften Thema werden 	Chile
 Giants	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reichlich Ressourcenverfügbarkeit: massive Landflächen gepaart mit oft umfangreichen Potenzialen für Erneuerbare Energie ▪ Aufgeschlossenheit ggü. PtX noch nicht unbedingt gegeben, erfordert ggf. weiteren Dialog ➢ Bereitstellung der erforderlichen PtX Volumina in einem reifen Markt 	Australien
 Hyped Potentials	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bereits Bestandteil der PtX Debatte in Europa, starkes PtX Potenzial ▪ Energiepartnerschaften mit Europa fördern das politische Umfeld ➢ Potenzial als Treiber der Technologieentwicklung zu fungieren; Realisierung hängt stark von politischer Unterstützung ab 	Marokko
 Converters	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Motivation ist langfristige globale Transformation der Energiesysteme von fossilen auf grüne Energiequellen ▪ Als langfristige Wachstumsstrategie zur Diversifizierung des Portfolio ➢ Starke Motivation für die Entwicklung der PtX Exporttechnologie; politische Unterstützung & Partnerschaft mit der EU/DE erforderlich 	Saudi-Arabien
 Uncertain Candidates	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Teilweise unerschlossene RES-Potenziale, möglicherweise gepaart mit ehrgeizigen nationalen Klimaschutzpolitiken ▪ PtX Export im Wettbewerb mit dem wachsenden nat. Energiebedarf ➢ Kann die Entwicklung der PtX Technologie vorantreiben, aber unsicher, ob PtX exportiert würde 	China

Quelle: Frontier Economics.

Hinweis: Die PtX Typisierung und die Zuordnung des möglichen Kandidatenlandes zu den Kategorien dienen als Ausgangspunkt für die Identifizierung möglicher PtX Entwicklungsstrategien; keine endgültige und vollständige Liste.

Die Roadmap in Richtung einer globalen PtX Industrie basiert auf drei Säulen: Weiterentwicklung der Technologien, Schaffung von Märkten und Nachfrage sowie Förderung von Investitionen und Angebot

Globale Märkte für den Handel mit synthetischen Brenn- und Kraftstoffen werden nur dann entstehen und sich entfalten, wenn sich die Entwicklung von Angebot und Nachfrage im Zeitablauf ungefähr die Waage hält. Die folgenden Säulen bilden den Rahmen zur Entwicklung und Etablierung eines internationalen PtX Marktes und Handels:

- **Säule ‘Technologien’ – Technologischer Fahrplan zum Aufbau einer umfassenden PtX Industrie.** Ein globaler Markt für PtX erfordert technologische Weiterentwicklung und Kosteneinsparungen. Zusätzlich kann die Einführung eines globalen PtX Marktes durch flankierende Technologien, wie beispielsweise “blue hydrogen” (z.B. basierend auf Dampfreformierung von

fossilen Energieträgern) oder durch Rückgewinnung von CO₂ aus Biomasse und/oder aus Industrieprozessen (erforderlich für synthetische Brenn- und Kraftstoffen mit Kohlenstoffgehalt) begleitet werden.

- **Säule ‘Märkte und Nachfrage’ – Fahrplan zum Aufbau von Märkten und stabilen Nachfragestrukturen.** Synthetische Brenn- und Kraftstoffe benötigen eine stabile Marktnachfrage, soll die Finanzierung von Investitionen gewährleistet sein. Nur wenn Verbraucher auch dauerhaft synthetische Brenn- und Kraftstoffe nachfragen, wird es einen nennenswerten Markt für PtX Technologien geben. Daher müssen die ökologischen Vorteile von PtX in Ländern, die synthetische Brenn- und Kraftstoffe importieren (z.B. Europa/Deutschland), auch monetarisiert werden können.
- **Säule ‘Investitionen und Nachfrage’ – Fahrplan zur Förderung eines günstigen Investitionsrahmens zur Sicherstellung des PtX Angebots.** Um die global notwendigen Investitionen in PtX zu realisieren und eine PtX Industrie aufzubauen, ist sowohl in produzierenden als auch exportierenden Ländern ein angemessener Rahmen für Investitionen in PtX Technologien und Anlagen notwendig. Ein Schlüssel zur Realisierung von Investitionen in potenziellen PtX Exportländer können hierbei internationale Kooperationen sein.

Diese drei Säulen sind zudem miteinander verwoben und müssen daher parallel (weiter) entwickelt werden.

Säule ‘Technologien’: Weiterentwicklung der Technologien für signifikante Kosteneinsparungen

Um langfristig Kosteneinsparungen zu erzielen, sind weitere Lerneffekte und Effizienzverbesserungen der PtX Technologien erforderlich. Derartige technologischen Verbesserungen und Kosteneinsparungen lassen sich dabei insbesondere realisieren durch:

- **Skalierung der Anlagengröße** – Die spezifischen Investitionskosten für die Anlagen sinken mit zunehmender Anlagengröße.
- **Skalierung der Herstellungsprozesse** – Durch eine Industrialisierung der Produktion von Anlagen in standardisierten modularen Einheiten.

Für beide Effekte ist ein erheblicher Markthochlauf für die Anlagen erforderlich.

Darüber hinaus kann die Entwicklung eines globalen PtX Marktes zumindest kurz- und mittelfristig von der Begleitung durch preisgünstige Technologien profitieren; wie beispielsweise

- “blue hydrogen” (Wasserstoff aus dampfreformierten fossilen Energien in Verbindung mit Carbon Capture and Storage (CCS)); und
- CO₂ Gewinnung aus preisgünstigeren Quellen (wie Industrieemissionen und Biomasse anstelle direkter Gewinnung aus der Umgebungsluft) für die Herstellung von synthetischen Brenn- und Kraftstoffen mit Kohlenstoffgehalt.

Zwar gibt es bereits eine Reihe aktiver PtX Projekte weltweit, dennoch existieren derzeit nur sehr wenige internationale Projekte, die in großem Maßstab basierend auf rein erneuerbaren Energien die Machbarkeit von PtX Technologien entlang

der Wertschöpfungskette inklusive PtX Exporten/Importen demonstrieren können. Synthetische Brenn- und Kraftstoffe werden aktuell nur in kleinerem Umfang produziert und oft wird der erforderliche Strom aus dem öffentlichen Stromnetz entnommen. Darüber hinaus sind die meisten heutigen PtX Pilot- und Demonstrationsprojekte nur für Nischenmärkte ausgelegt. Somit könnten größere integrierte Pilotprojekte, die die Machbarkeit von PtX Exporten nach Europa, basierend auf erneuerbaren Energien, belegen, der nächste Schritt hin zur Entwicklung eines internationalen PtX Marktes sein.

Säule ‘Märkte und Nachfrage’: Maßnahmen zur Monetarisierung der Klimavorteile von PtX sowie zur Schaffung stabiler Nachfragestrukturen

Um einen globalen Markt für PtX zu schaffen, ist es von zentraler Bedeutung, dass Investoren die Finanzierung ihrer Projekte sicherstellen und langfristige Märkte für ihre Produkte finden können. Dies impliziert, dass synthetische Brenn- und Kraftstoffe vom Kunden zu einem Preis nachgefragt werden, der den Wert der Klimaneutralität widerspiegelt und dadurch zur Kostendeckung aus Investorensicht beiträgt. Ohne eine angemessene Marktnachfrage und ausreichende Zahlungsbereitschaft der Kunden können langfristig keine signifikanten Investitionen in PtX Technologien und Anlagen erwartet werden – weder innerhalb Europas noch außerhalb.

Folgende politische Maßnahmen könnten die Entwicklung von PtX Märkten fördern:

- Kurzfristig ist eine Aufrechterhaltung der **Förderung von Pilot- und Demonstrationsprojekten** erforderlich: Die Finanzierung von PtX Projekten erfordert öffentliche Fördermittel, solange der Regulierungsrahmen noch keine Anreize für erhöhte Zahlungsbereitschaft der Kunden für PtX aufgrund der Klimaneutralität bietet. Die ersten Anlagen, die großflächig synthetische Brenn- und Kraftstoffe herstellen, werden erheblich mehr Investitionen erfordern als nachfolgende Anlagen.
- **Die Regulierung von Energiemärkten** sollte so angepasst werden, dass Forschung und Entwicklung, aber auch Investitionen in PtX Technologien und Anlagen nicht behindert werden: Steuern und Abgaben sollten so strukturiert sein, dass Herstellung und Verbrauch synthetischer Brenn- und Kraftstoffe nicht benachteiligt werden. So könnte beispielsweise der Stromeinsatz der PtX Produktion kurzfristig von Energiesteuern und Abgaben ganz oder teilweise befreit werden.
- Das Marktwachstum kann durch **gezielte politische Maßnahmen zur Errichtung von Märkten in spezifischen Sektoren und Segmenten** begleitet werden, z.B. durch Anrechnung von PtX auf Erneuerbare Energien und CO₂-Reduktionsziele/Verpflichtungen. Eine weitere Option wäre es, PtX zur Anrechnung auf Emissionsgrenzwerte zu erlauben: PtX sollte hierbei anderen Instrumenten der Energie- und Klimapolitik gleichgestellt sein.
- Langfristig sollte ein **Level Playing Field für Technologien** zur Vermeidung von CO₂, einschließlich PtX auf globaler Ebene geschaffen werden: Grünes PtX sollte langfristig mit anderen Technologien zur CO₂-Reduktions in einem fairen Wettbewerb stehen.

Säule 'Investitionen und Angebot': Rahmen für Investitionen und internationale politische Maßnahmen

Zur Etablierung einer globalen PtX Industrie bzw. PtX Marktes werden signifikante Investitionen in PtX Technologien und Anlagen in den Erzeugerländern unabdingbar sein. Diese Investitionen erfordern einen adäquat ausgestalteten politischen Rahmen. Politische Entscheidungsträger (z.B. in Europa/Deutschland) sollten daher darauf hinwirken, die Kooperation mit (potenziell) PtX exportierenden Ländern weiter zu verbessern, z.B. durch:

- **Intensivierung der (nicht bindenden) Kooperation** mit energieexportierenden Ländern und weitere Energiepartnerschaften mit zusätzlichen Staaten/Regionen. Eine globale PtX Industrie kann sowohl die Klimapolitik in importierenden Ländern (z.B. Europa/Deutschland) unterstützen, als auch die Entwicklung von Wirtschaft und Energiesystemen in exportierenden Ländern weiter vorantreiben.
- Zudem können weitergehende **rechtlich bindende Energieabkommen/-verträge** eingegangen werden. PtX sollte hierbei Teil der politischen Agenda multilateraler Verhandlungen und Abkommen sein, wie z.B. bei UNFCCC Konferenzen, bzw. in Energie- und Klimavereinbarungen. Zudem sollten ein Beitritt weiterer Länder in die bisher erst von 50 Ländern ratifizierte und unterzeichnete Energy Charter Treaty motiviert werden, als Schritt in eine vertiefte und rechtlich abgesicherte internationale Zusammenarbeit im Bereich Energie.
- **Standards für PtX Importe** sowie die Etablierung **regionaler/globaler Aufsichts- und Zertifizierungssysteme**, um die Einhaltung nachhaltiger und sozialer Standards sicherzustellen. Dies kann dazu beitragen, dass das Vertrauen in globale PtX Märkte steigt und der nachhaltige Wert von PtX auf globaler Ebene erfasst werden kann.
- **Finanzielle Instrumente zur Minderung von Investitionsrisiken** – Regierungen und staatliche Behörden könnten zumindest temporär Investitionen in grünes PtX im Ausland fördern, z.B. indem durch staatliche Garantien oder spezifische Darlehen die mit spezifischen Länderrisiken verbundenen potenziellen finanziellen Hürden gesenkt werden.
- **Strategische diplomatische Unterstützung** kann internationale Beziehungen fördern und die Umsetzung erster Projekte ermöglichen.

Zeitdruck und komplexe Interdependenzen erfordern einen koordinierten Ansatz zur Entwicklung eines internationalen PtX Marktes

Zusätzlich zu den beschriebenen Maßnahmen ist sicherzustellen, dass die einzelnen Maßnahmen jeder der drei Säulen koordiniert ergriffen und umgesetzt werden. Politische Entscheidungsträger sollten daher die Entwicklung auf allen Ebenen parallel vorantreiben (siehe Abbildung 3):

- Entwicklung und Ausbau der erforderlichen Technologien können durch direkte Förderung von Forschung und Entwicklung unterstützt werden. Noch wichtiger aber ist es, frühzeitig Optionen und Geschäftsmodelle zu schaffen, um die

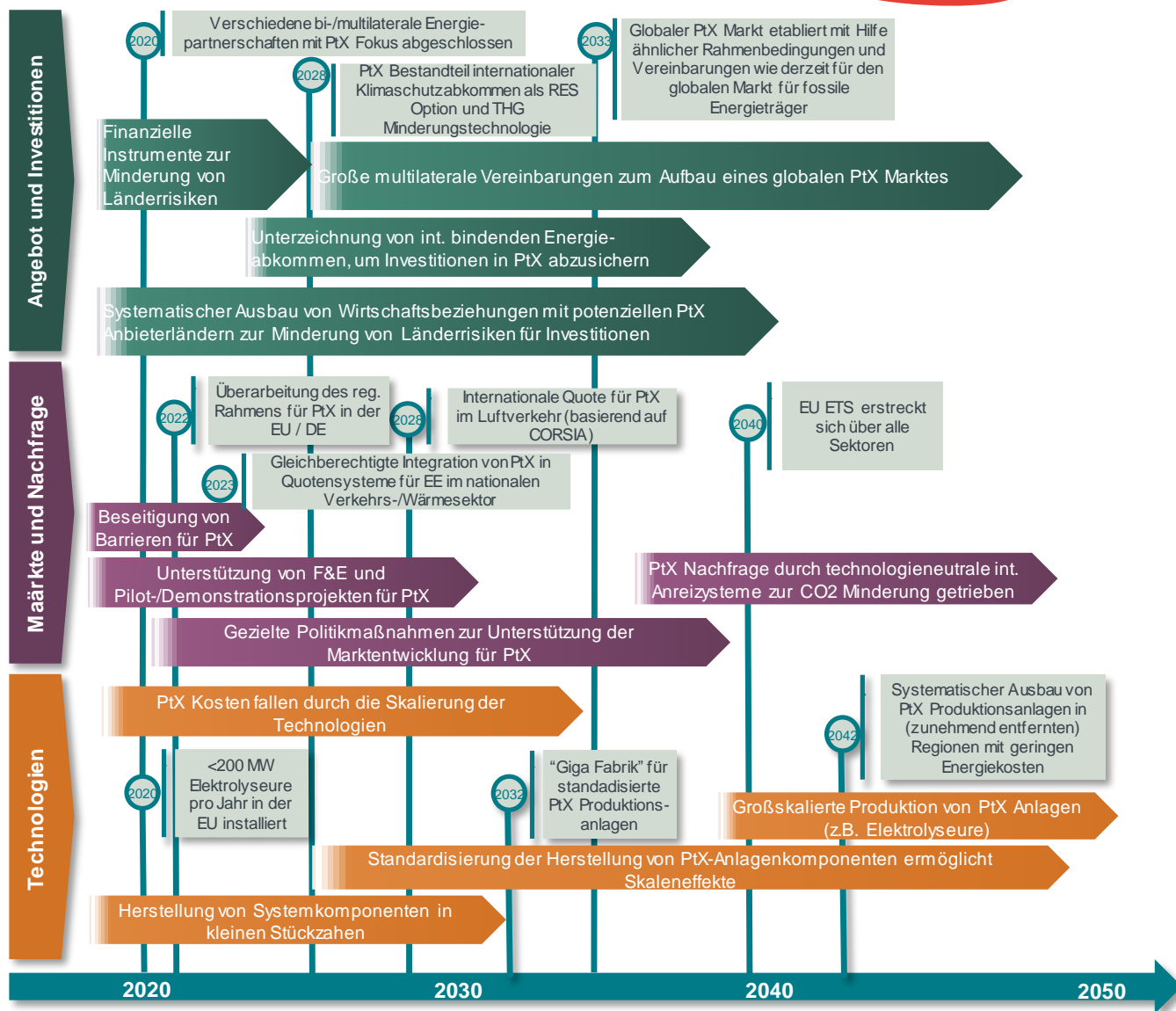
erforderlichen Technologien in Pilotprojekten und Nischenmärkten ausreichend testen und anwenden zu können.

- Förderung der Marktentwicklung durch effektive klimapolitische Maßnahmen und/oder Anreize (z.B. Anrechnung von PtX auf Erneuerbaren und/oder CO₂ Ziele) in Verbindung mit der Validierung und Zertifizierung von PtX Produkten.
- Unterstützung von Investitionen in Produktionskapazitäten durch ein generell förderliches Investitionsklima und Perspektiven für zukünftige Geschäftsmodelle.

Mit zunehmender Reife des PtX Marktes sollten politische Maßnahmen weniger technologiespezifisch gestaltet werden sondern vor allem auf eine vermehrte internationale Integration der Schaffung eines „Level Playing Field“ für alle CO₂-Minderungstechnologien abzielen.

Abbildung 3 Die drei Säulen einer internationalen Power-to-X Roadmap

Illustrativ



Quelle: Frontier Economics.

