

27.09.2019 Strommarkttreffen
 Power-to-gas und power-to-liquid

Untersuchung zum PtX-Hochlauf

Wie schnell kann PtX produziert werden?

Sebastian Timmerberg, Martin Kaltschmitt

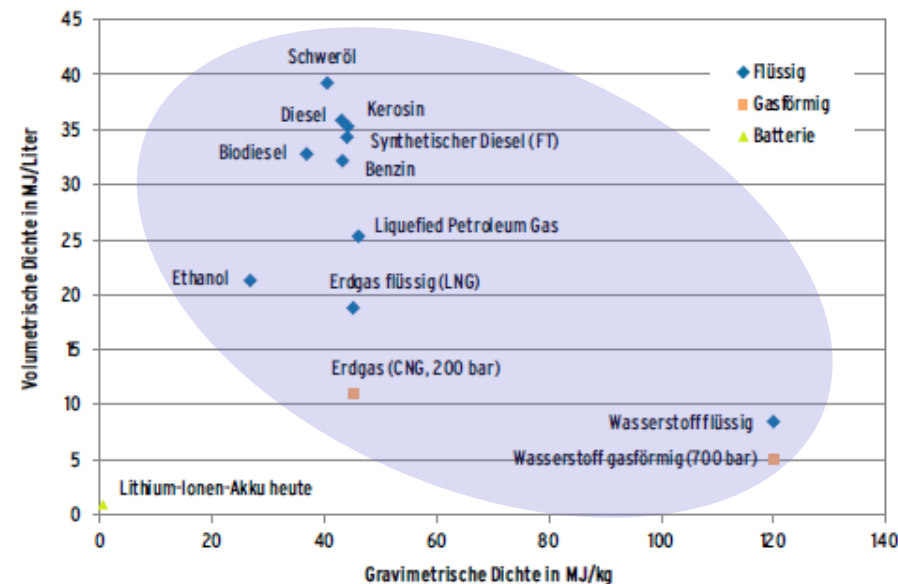


- Laut Klimaabkommen von Paris maximal $+2^{\circ}\text{C}$ globale Temperaturerhöhung ($+1,5^{\circ}\text{C}$ Ziel)
 - Ziel Deutschland: 80 – 95 % weniger THG-Emissionen in 2050¹
 - Ziel IMO: mind. 50 % weniger THG-Emissionen bis 2050, 0 THG-Emissionen in diesem Jahrhundert²
- **Signifikante und teils drastische Änderungen sind notwendig**

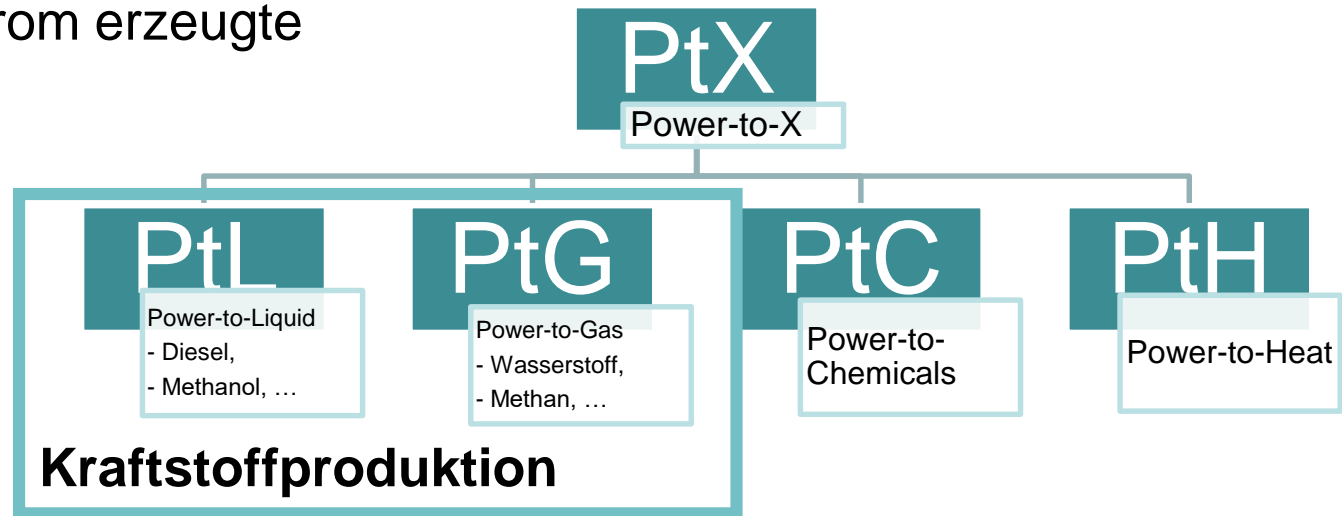
- Schiff- und Luftfahrt (ggf. auch Lkw-Verkehr) benötigen weiterhin Kraftstoffe

- Batterien können hohe Anforderungen an mechanische Leistung und Reichweite absehbar nicht erfüllen

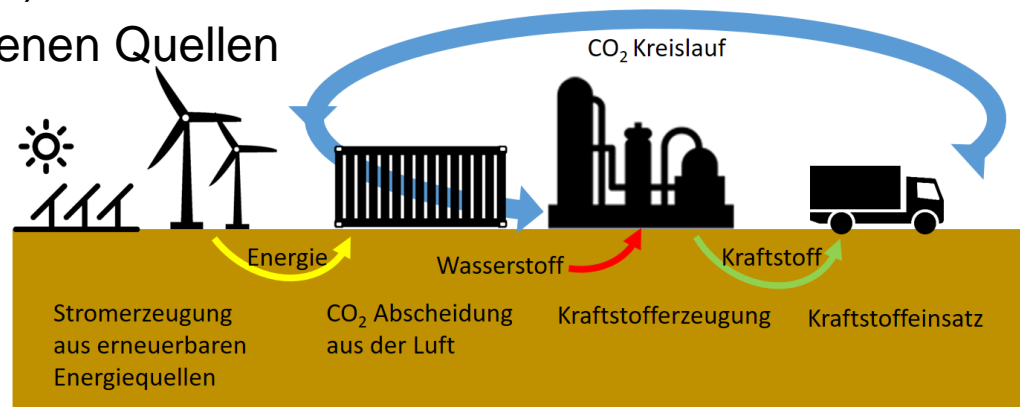
→ **PtX Kraftstoffe sind THG-arme Alternative**



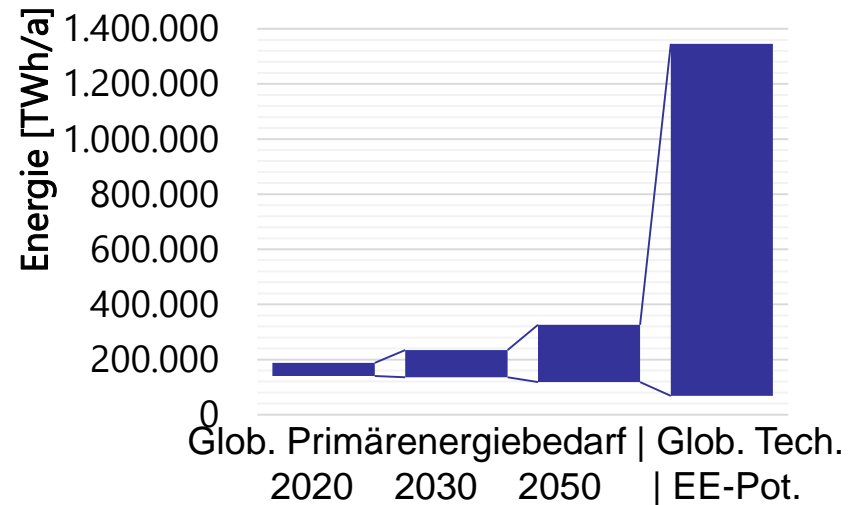
- PtX: Aus Strom erzeugte Endenergie



- PtX-Anlagen können CO₂-neutrale Kraftstoffe erzeugen
 - Strom aus (zusätzlichen) erneuerbaren Quellen
 - CO₂ aus Luft oder biogenen Quellen



- Potenzial zur Erzeugung von PtX Kraftstoffen aus erneuerbaren Quellen übersteigt Nachfrage signifikant



- PtX-Kraftstoffnachfrage 2030 in D weist große Spannbreite auf

Studie	BDI/BCG (2019) ¹	MWV/Prognos (2018) ²	PtX-Allianz (2017) ³
PtX Menge 2030 in D	190 PJ	602+ PJ	9 PJ* (*+150 MW jährlich zwischen 2019-2027)

Sind geforderte PtX Mengen bis 2030 realistisch?

Ansatz für Bewertung

- Komponentenbasierte bottom-up Betrachtung
- Darstellung benötigter vs. heutiger Ausbauzahlen

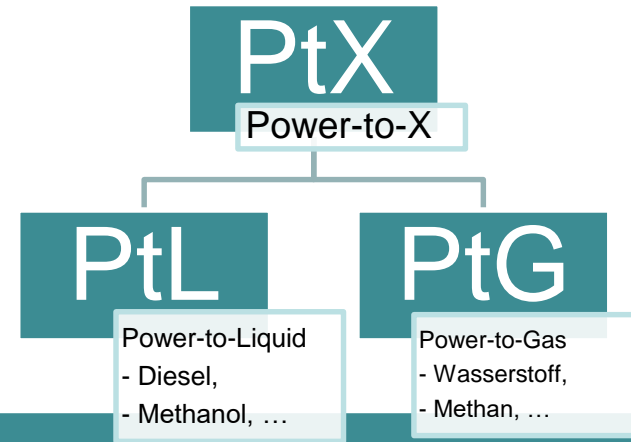
- Hochlauf muss Vorlaufzeiten berücksichtigen
 - Wirtschaftlichkeit nach heutigen Rahmenbedingungen nicht gegeben (Politische Vorlaufzeit)
 - Investitionsentscheidung müssen getroffen werden (Wirtschaftliche Vorlaufzeit)
 - Flächen zur EE-Stromproduktion müssen zur Verfügung stehen (Internationale Vorlaufzeiten)
 - Technische Entwicklung und Bauzeit aller Komponenten inkl. PV/Windstromproduktion müssen berücksichtigt werden (Technische Vorlaufzeit)

Komponenten für PtX Produktion (1)



Komponente	Entwicklungsstand	Ausbau Leistungsklassen
Stromerzeugung	<ul style="list-style-type: none"> – Windkraftanlagen und solare PV Systeme sind etablierte Technologien 	<u>Windkraft</u> <ul style="list-style-type: none"> – 6,6 GW neu installiert in 2017 in D¹ – 50 GW weltweit² <u>Solar PV</u> <ul style="list-style-type: none"> – 1,7 GW³ PV neu installiert in 2017 in D – 99 GW weltweit³
Elektrolyse	<ul style="list-style-type: none"> – Alkalische Elektrolyse am längsten im Einsatz – Proton Exchange Membrane (PEM) Elektrolyse gewinnt Relevanz 	<ul style="list-style-type: none"> – 10 MW_{el} Leistung derzeit größter PEM Elektrolyseur, der bis 2020 bei Raffinerie Rheinland integriert wird – 100 MW weltweit verkauft in 2017⁴
CO ₂ -Luft-Abscheidung	<ul style="list-style-type: none"> – Vereinzelte Demonstrationsanlagen bestehen – CO₂ alternativ aus Biomasse begrenzt verfügbar 	

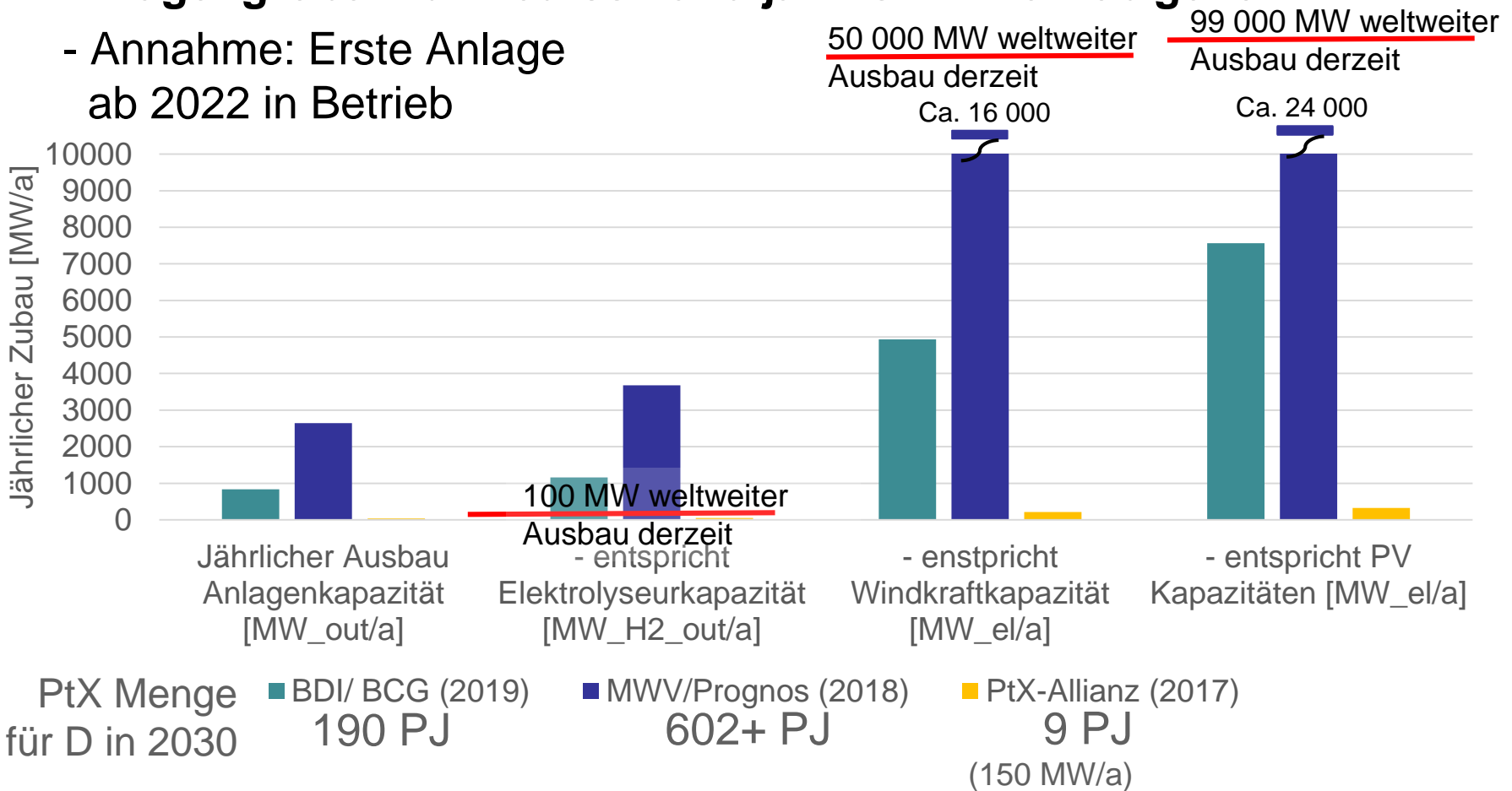
- Stehen Wasserstoff und CO₂ zur Verfügung kann PtG oder PtL erzeugt werden



Synthese und Aufbereitung	Entwicklungsstand	Ausbau Leistungsklassen
Power-to-Gas	<ul style="list-style-type: none"> – Wasserstoff wird im Elektrolyseur in Reinform erzeugt, ggf. Einspeicherung nötig – Methanherzeugung demonstriert, bisher nicht in Kombination mit Verflüssigung (LNG) gezeigt 	<ul style="list-style-type: none"> • Siehe Elektrolyseur bei Wasserstoffherzeugung • 50 TJ/a Methan erzeugt heute Methanisierungsanlage in Werlte <ul style="list-style-type: none"> – 2-3 Jahre Bauzeit¹
Power-to-Liquid	<ul style="list-style-type: none"> – Methanherzeugung großtechnisch umgesetzt – PtL-Diesel/-Kerosinherzeugung in Pilotanlagen – Zwischenstück „Reverse Water Gas Shift“ Reaktor bisher nur vereinzelt demonstriert 	<ul style="list-style-type: none"> • 80 TJ/a (2,5 MW_{th}) Methanol erzeugt heute PtL Anlage in Island <ul style="list-style-type: none"> – 3 Jahre für Forschung und Entwicklung – 2 Jahre für Bauzeit² • 300 PJ/a Diesel (10 GW_{th}) erzeugt heute GtL Anlage „Pearl“ aus Erdgas in Qatar (vergleichbarer Prozess wie PtL) <ul style="list-style-type: none"> – 5 Jahre für Forschung und Entwicklung – 5 Jahre für Bauzeit³

Bei linearem Ausbau bis 2030 müssen jährlich folgende Anlagengrößen für Deutschland jährlich in Betrieb gehen

- Annahme: Erste Anlage ab 2022 in Betrieb



Weitere Annahmen: Anlagenauslastung 90 %, Wirkungsgrad Synthese + Aufbereitung 72 %, Wirkungsgrad Elektrolyseur 67 %, Kapazitätsfaktor Wind 35%, PV 2000 Volllaststunden

Im Vergleich zu **globalen** Ausbau heute

Ausbaugeschwindigkeit	BDI/BCG (2019) 190 PJ	MWV/Prognos (2018) 602+ PJ	PtX-Allianz (2017) 9 PJ
Stromerzeugung Wind- bzw. PV	Größenordnung niedriger	Gleiche Größenordnung	Größenordnung niedriger
Elektrolyseur	Ca. 10 x höher	Ca. 40 x höher	Ca. 50 %

- PtX Hochlauf BDI/BCG (2019) und besonders MWV/Prognos (2018) massiv im Vergleich zu derzeitigem Ausbau
- Hochlauf nach PtX-Allianz (2017) moderater

- PtX Kraftstoffe werden für den Klimaschutz benötigt
 - PtL Diesel/Kerosin sind zentral wichtig für Schiff-/Luftfahrt
- PtX Technologien sind unterschiedlich weit entwickelt
 - Wasserstoff: Technologie am Markt verfügbar
 - Methan: großtechnisch demonstriert
 - Diesel/Kerosin: nur kleinere Demonstratoren
- Ausbau bis 2030 in beliebiger Höhe ist nicht realistisch
 - Ökonomische Studien sollten Technologie-Verfügbarkeit und Vorlaufzeiten berücksichtigen
 - Markt für Elektrolyseure heute begrenzt
 - Politische Handlung notwendig, um Wirtschaftlichkeit zu erreichen
 - Technische und organisatorische Vorlaufzeiten betragen z.T. Jahre
- **Politik muss schnellstmöglich handeln, um PtX-Kraftstoffe bis 2030 verfügbar zu machen!**



Technische Universität Hamburg / Hamburg University of Technology
Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft (IUE)
Institute of Environmental Technology and Energy Economics (IUE)
Eissendorfer Str. 40; D-21073 Hamburg
Ansprechpartner / Contact person: Prof. Dr.-Ing. Martin Kaltschmitt

Folie 3

1. Klimaschutzplan (2017) <https://www.bmu.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik/klimaschutzplan-2050/>
2. IMO (2018) http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/18-MEPCGHGprogramme.aspx?_hstc=32645665.7ab734f9822a9c3981f04695664b9dc0.1541376000087.1541376000088.1541376000089.1&_hssc=32645665.1.1541376000090&_hsfp=528229161

Abbildung aus Umweltbundesamt (2015)

Folie 4

Abbildung aus Timmerberg et. al (2019). Teilstudie „Import von Stromkraftstoffen für den Verkehr – Lkw, Binnen-/Seeschiffe, Flugzeuge“, Wissenschaftliche Beratung des BMVI zur Mobilitäts- und Kraftstoffstrategie (bisher nicht öffentlich zugänglich)

Folie 5

Abbildung nach Moriarty, P., Honnery, D. (2012). What is the global potential for renewable energy?. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 16. Issue 1. Pages 244-252. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.07.151>

1. BDI/BCG (2019). https://www.zvei.org/fileadmin/user_upload/Presse_und_Medien/Publikationen/2018/Januar/Klimapfade_fuer_Deutschland_BDI-Studie_/Klimapfade-fuer-Deutschland-BDI-Studie-12-01-2018.pdf
2. MWV/Prognos (2018): https://www.zukunftsheizen.de/fileadmin/user_upload/Downloads/Prognos-Endbericht_Fluessige_Energietraeger_Web-final.pdf
3. PtX-Allianz (2017): https://www.uniper.energy/storage/sites/default/files/2017-12/2017_okt_eckpunktepapier_power_to_x_allianz.pdf
* Abgeleitete Energiemenge: Laut PtX-Allianz sollen 1,35 GW Erzeugungsleistung aufgebaut werden, die ca. 3500 Vollaststunden und einen Wirkungsgrad von 50 % aufweisen

Folie 7

1. on- und offshore zusammen, Zahlen nach Bundesverband Windenergie (2018): <https://www.wind-energie.de/themen/zahlen-und-fakten/>
2. Windbranche (2018): <https://www.windbranche.de/windenergie-ausbau/welt>
3. PV-Magazin (2018): Solarpower Europe erwartet Photovoltaik-Weltmarkt 2017 bei 98,9 Gigawatt
4. Department of energy (2018): <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/fact-month-august-2018-global-electrolyzer-sales-reach-100-mw-year>

Folie 8

1. Sterner (2012): https://www.oth-regensburg.de/fileadmin/media/professoren/ei/sterner/pdf/2012_Sterner_p2g_TFZ_Straubing.pdf
2. Carbon Recycling International (2018): Sustainable Methanol: An alternative green fuel for the future
3. aus persönlicher Kommunikation mit Shell