

Power2X und die Antriebswende

H₂ und E-Fuels als Maßnahme für die Klimaneutralität im (Straßen)verkehr?

Peter Kasten

E-Fuels und Wasserstoff – wie technologieoffen ist der Pkw?

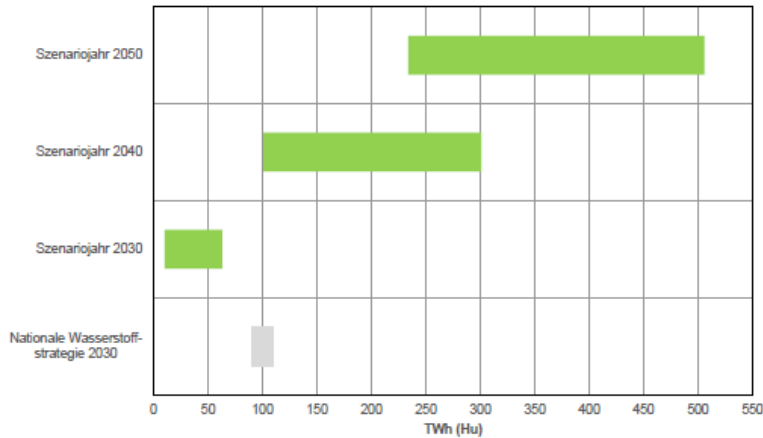
14.07.2021

Was beeinflusst den Bedarf an Wasserstoff und E-Fuels?

Determinante	Effekt	Erläuterung
Ambitionsniveau THG-Minderung	▲ je höher das Ambitionsniveau, desto größer die Nachfrage	Für die langfristige Perspektive (2050) erreichen alle hier berücksichtigten Projektionen eine Emissionsminderung von mindestens 95%. Der zeitliche Verlauf des Bedarfs ändert sich jedoch auch mit den unterschiedlichen Emissionsminderungstrajektorien.
Effizienz- und Suffizienzambitionen	▼ hohe Ambitionen führen zu geringen Wasserstoffbedarfen	Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen geringerer Energienachfrage und der Nachfrage nach Brennstoffen.
Elektrifizierungsgrad	▼ hoher Elektrifizierungsgrad führt zu geringeren Wasserstoffbedarfen	Der Grad der Elektrifizierung wird besonders durch die Elektrifizierung in der Wärmebereitstellung und im Verkehrsbereich bestimmt. Hier konkurrieren elektrische und wasserstoffbasierte Technologien direkt miteinander.
Einsatz von CCS	▼ Einsatz von CCS führt zu geringeren Wasserstoffbedarfen	Carbon Capture and Storage (CCS) ist ein relativ teures THG-Vermeidungsinstrument. Es setzt an CO ₂ -Punktemissionen an und steht damit z.B. in direkter Konkurrenz zum Einsatz von Wasserstoff in der Industrie.
Einsatz von Biomasse	▼ signifikanter Einsatz von Biomasse führt zu geringeren Wasserstoffbedarfen	Brennstoffe, die auf Biomasse basieren, können direkt mit dem Einsatz von Wasserstoff konkurrieren.
Systemgrenzen	▲ Betrachtung aller Sektoren führt zu höheren Wasserstoffbedarfen	Insbesondere die Betrachtung der stofflichen Nachfrage in der Industrie ist nicht in allen Szenarien berücksichtigt.

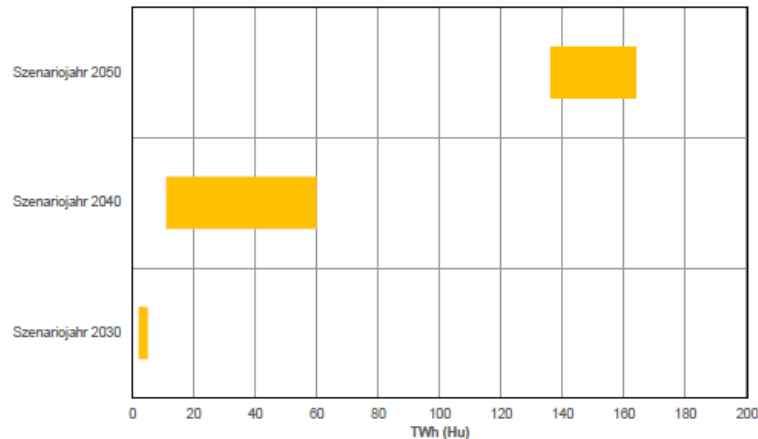
Wie entwickelt sich der Wasserstoff- und E-Fuel-Bedarf in Deutschland?

Wasserstoff



- Im Jahr 2030: ~ 60 TWh
- Relevanter Anstieg im Zeitraum 2030 – 2035
- Anwendungssektoren ohne relevante Alternativen:
 - Industrie (Stahl, Grundstoffchemie, weitere Hochtemperaturprozesse)
 - Ausbalancierung des Stromsystems
- Diskussion um folgende Anwendungssektoren:
 - Wärmesektor / Straßenverkehr (im Schwerlastverkehr wahrscheinlich)

E-Fuels

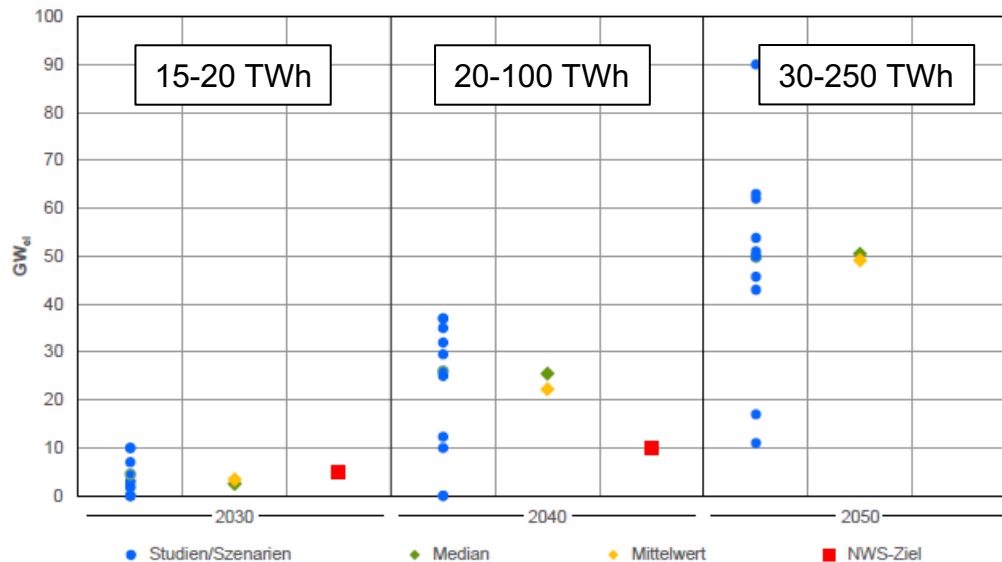


- Im Jahr 2030: ~ 3 TWh
- Anwendungssektoren ohne relevante Alternativen:
 - Industrie (Grundstoffchemie)
 - Flug- und Seeverkehr
- Diskussion um folgende Anwendungssektoren:
 - Wärmesektor / Straßenverkehr

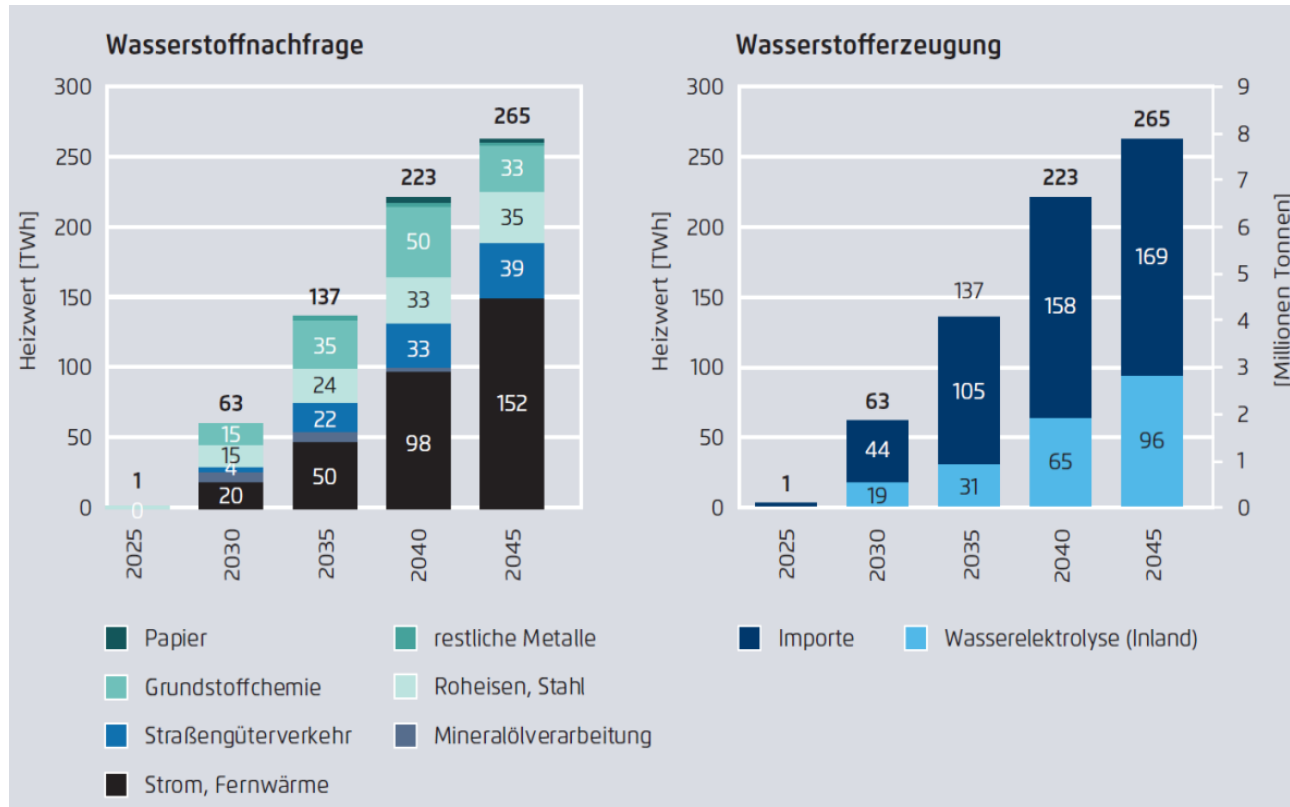
Wasserstoff und E-Fuels kurz- und mittelfristig auch mit Importen nicht im „Überfluss“ verfügbar

- National produziertes H₂ deckt nicht den Bedarf
- Importe werden benötigt
 - Global großes Flächenpotenzial, **aber**...
 - oft hohes Investitionsrisiko
 - Nachhaltigkeitsstandards müssen Berücksichtigung finden
 - Hohe Kosten für Transport bzw. fehlende Transportinfrastruktur (gilt für H₂)
 - Eigenbedarfe der Produktionsländer / Bedarfe anderer Weltregionen
 - Zeitbedarf für den Aufbau der Produktionsanlagen
- Wasserstoff und E-Fuels werden kurz- und mittelfristig keine Commodity sein
 - Auch langfristig nicht „unendlich“ verfügbar

Installierte Elektrolyseurkapazitäten in Deutschland



Wasserstoffeinsatz und -erzeugung auf dem Weg zur Klimaneutralität 2045



- **Zusätzlicher Bedarf für E-Fuel Herstellung:** Im Jahr 2045 ein Bedarf von ca. 160 TWh an E-Fuels
 - Flug- und Schiffsverkehr; Restbestand Straßenverkehr; Naptha/Methanol für die Industrie

Der CO₂-Preis ist wichtig, aber ein H₂-Markt braucht kurz- und mittelfristig weitere Instrumente!

H₂-Produktionskosten ohne Transport (~2030)

		Electrolyzer investment costs [EUR/kW(e)]															
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700		
Electricity costs [EUR/MWh(e)]	0	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22	23	25	0	
	5	9	11	13	14	16	18	20	22	23	25	27	29	31	32	5	
	10	16	18	20	21	23	25	27	29	31	32	34	36	38	40	10	
	15	23	25	27	29	30	32	34	36	38	39	41	43	45	47	15	
	20	30	32	34	36	38	39	41	43	45	47	48	50	52	54	20	
	25	38	39	41	43	45	47	48	50	52	54	56	57	59	61	25	
	30	45	46	48	50	52	54	55	57	59	61	63	64	66	68	30	
	35	52	54	55	57	59	61	63	64	66	68	70	72	73	75	35	
	40	59	61	63	64	66	68	70	72	73	75	77	79	81	82	40	
	45	66	68	70	71	73	75	77	79	81	82	84	86	88	90	45	
	50	73	75	77	79	80	82	84	86	88	89	91	93	95	97	50	
55	80	82	84	86	88	90	91	93	95	97	98	100	102	104	55		
60	88	89	91	93	95	97	98	100	102	104	106	107	109	111	60		
		50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700		

- Abhängigkeit der H₂-Kosten von Kosten bei den Elektrolyseuren und den Strombezugskosten
 - H₂-Gestehungskosten: 2,30 – 3,30 EUR/kg
 - Kostenparität ggü. Erdgas bei 250 – 350 EUR/t CO₂
 - Kostenparität ggü. fossilem Wasserstoff bei 125 – 200 EUR/t CO₂
- Transportkosten von H₂ sind hoch (>1 EUR/kg)
 - Ausnahme: Umgerüstete Erdgaspipeline
- Zusätzliche Preis- oder Mengeninstrumente zum CO₂-Preis werden benötigt
 - Rein marktbasierter Ansatz erst langfristig realistisch

Der CO₂-Preis ist wichtig, aber ein E-Fuel-Markt braucht kurz- und mittelfristig weitere Instrumente!

E-Fuel-Produktionskosten ohne Transport (~2030)

		CO ₂ supply costs [€/t]													
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
Hydrogen costs [EUR/MWh(NCV)]	20	35	42	48	55	62	68	75	82	88	95	102	108	115	122
	25	41	48	55	61	68	75	81	88	95	101	108	115	121	128
	30	48	54	61	68	74	81	88	94	101	107	114	121	127	134
	35	54	60	67	74	80	87	94	100	107	114	120	127	134	140
	40	60	67	73	80	87	93	100	107	113	120	127	133	140	147
	45	66	73	80	86	93	100	106	113	120	126	133	140	146	153
	50	73	79	86	93	99	106	113	119	126	132	139	146	152	159
	55	79	85	92	99	105	112	119	125	132	139	145	152	159	165
	60	85	92	98	105	112	118	125	132	138	145	152	158	165	172
65	91	98	105	111	118	125	131	138	145	151	158	165	171	178	
70	98	104	111	118	124	131	138	144	151	157	164	171	177	184	
75	104	110	117	124	130	137	143	150	157	164	170	177	184	190	
80	110	117	123	130	137	143	150	157	163	170	177	183	190	197	
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325
		CO ₂ supply costs [€/t]													

- Abhängigkeit der E-Fuel-Kosten von Wasserstoff- und Strombezugskosten
 - E-Fuel-Gestehungskosten: 1,00 – 1,50 EUR/l
 - Kostenparität ggü. Diesel: 200 – 350 EUR/t CO₂
- Transportkosten der E-Fuels sind gering
- Zusätzliche Preis- oder Mengeninstrumente zum CO₂-Preis werden benötigt
 - Rein marktbasierter Ansatz erst langfristig realistisch

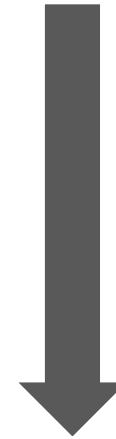
Anwendung von E-Fuels im Verkehr: Volkswirtschaftlich teure Klimaschutzoption

Verkehrsvermeidung

Verkehrsverlagerung

Effizienzsteigerung und Elektrifizierung

Kraftstoffwechsel (Biokraftstoffe/E-Fuels)



*Tendenziell zunehmende
volkswirtschaftliche
Kosten*

Verweis auf Abbildung 51 | THG-Vermeidungskostenkurve im Sektor Verkehr (Seite 194) aus [BCG, Prognos \(2018\). Klimapfade für Deutschland. Im Auftrag des BDI.](#)

Fazit

- Wasserstoff (und E-Fuels in ausgewählten Bereichen) sind die 4. Säule für die Klimaneutralität
- Importe an Wasserstoff und E-Fuels werden im relevanten Maßstab benötigt
 - Verfügbare Mengen werden kurz- und mittelfristig knapp sein
 - Primäre Anwendungssektoren: Industrie (H₂), Ausbalancierung des Stromsystems (H₂), Flug- und Seeverkehr (E-Fuels)
- Der CO₂-Preis ist ein Bestandteil eines Maßnahmensets, aber kurz- und mittelfristig werden auch andere Instrumente für eine Nachfrage (z.B. Quoten, CCFD) benötigt
- Klimaschutz über Wasserstoff und E-Fuels ist im Verkehrssektor teurer als andere Klimaschutzmaßnahmen

Vielen Dank!

Peter Kasten

Senior Researcher

Öko-Institut e.V.

Büro Berlin

Borkumstraße 2

13189 Berlin

Telefon: +49 30 405085-349

E-Mail: p.kasten@oeko.de