

Klimafreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit von Wasserstoff und erforderliche Rahmenbedingungen

Digitaler Workshop
der Friedrich-Ebert-Stiftung MV (FES MV), der IHK zu Schwerin
und des Landesverbandes Erneuerbare Energien MV (LEE-MV)

» Wasserstoff: Zukunft oder Sackgasse «

Dr. Felix Chr. Matthes

Berlin/Schwerin, 19. November 2020



Landesverband
Erneuerbare Energien
Mecklenburg-Vorpommern e.V.

Ein Vortrag im Rahmen des LEE-Projekts „Klimaschutz durch Wärmewende und Sektorenkopplung“

Gefördert durch das Energieministerium MV aus EFRE-Mitteln.



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung

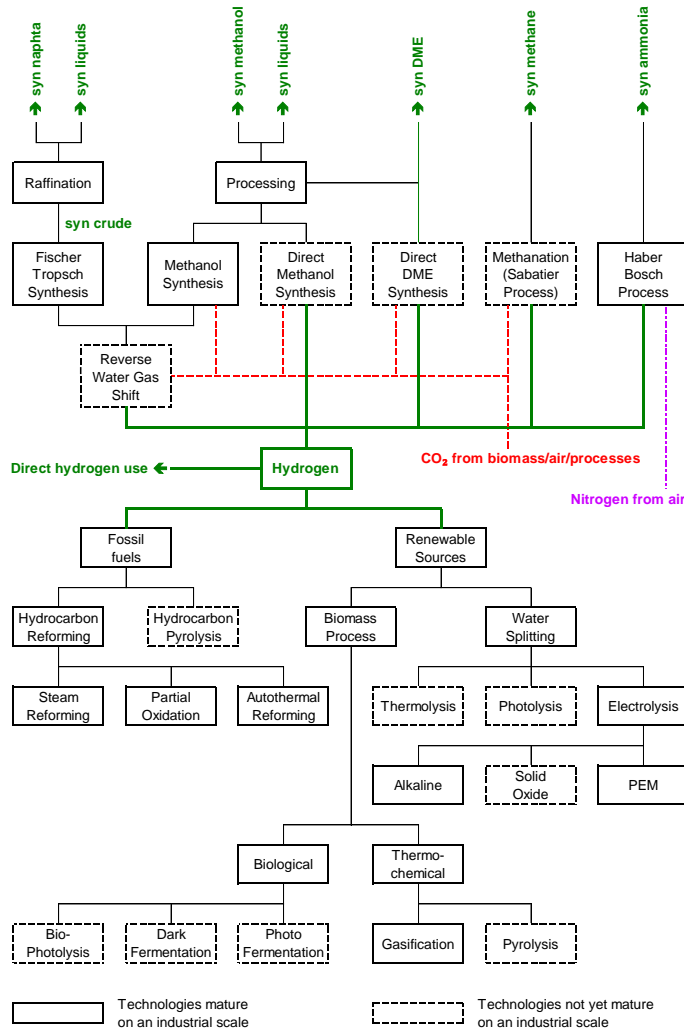


Wasserstoff in einer klimaneutralen Volkswirtschaft

Warum es im Kern geht

- **Wasserstoff ist die vierte Säule einer klimaneutralen Volkswirtschaft**
 1. Energieeffizienz
 2. Erneuerbare Energien zum Direkteinsatz und zur Stromerzeugung
 3. Elektrifizierung
 4. Wasserstoff und wasserstoffbasierte Energieträger und Rohstoffe
 5. ...
- **Klimaneutrale Volkswirtschaften benötigen signifikante H₂-Mengen**
 - Bandbreite der Studien für Deutschland
 - 300...900 TWh für 2050, 0...60 TWh für 2030
 - Faustformel 9-3-9-3: Klimaneutralität = 900 TWh erneuerbarer Strom + 300...900 TWh Wasserstoff + 300 TWh Biomasse
 - einige Nachfrage-Sektoren sehr klar (Industrie, Luftverkehr, Schiffsverkehr, Stromsystem), einige eher unklar (Schwerlast-Güterverkehr), einige umstritten (dezentrale Wärmeerzeugung, Pkw)

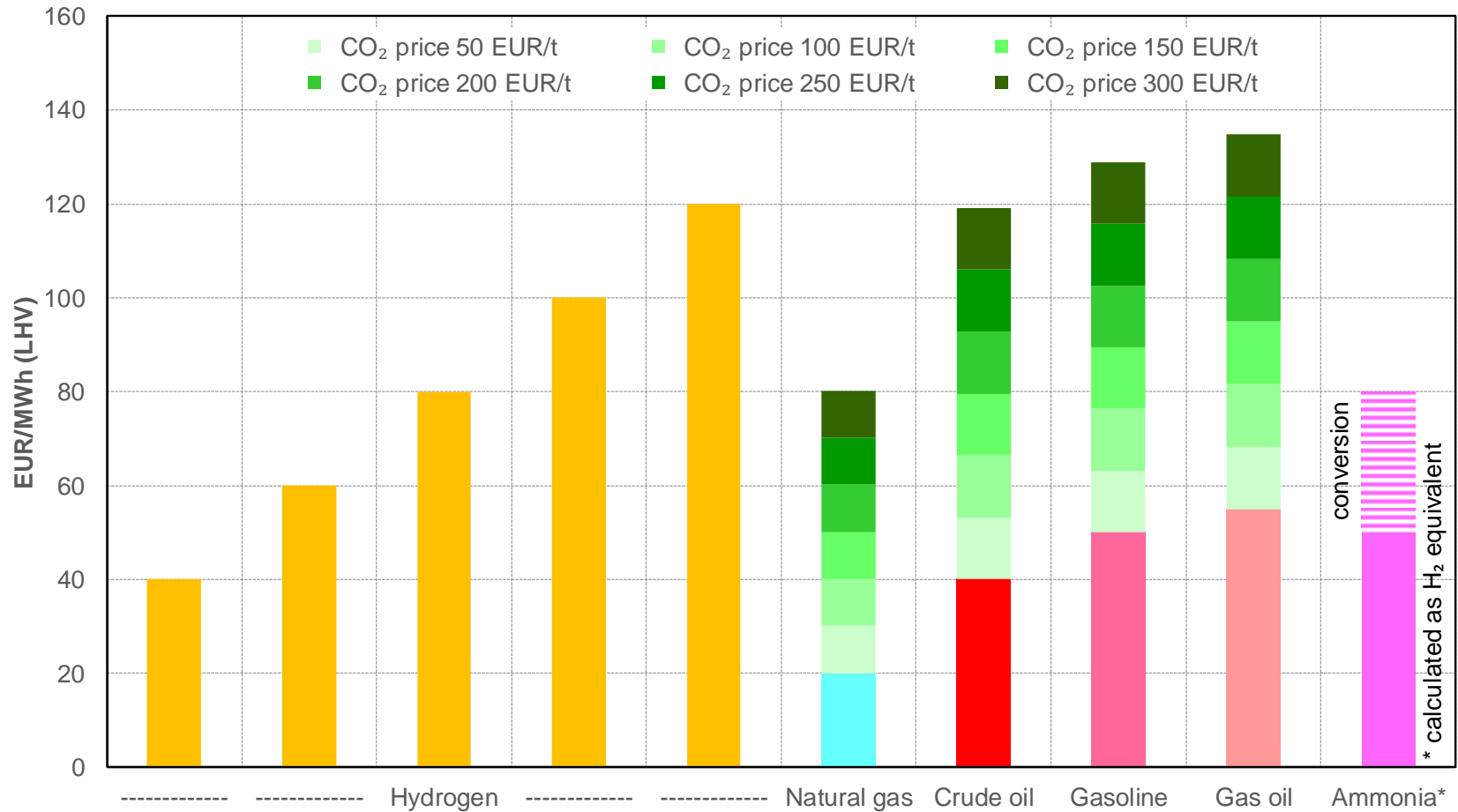
Wasserstoff in einer klimaneutralen Volkswirtschaft Mehr eine Plattform als „nur“ ein Energieträger



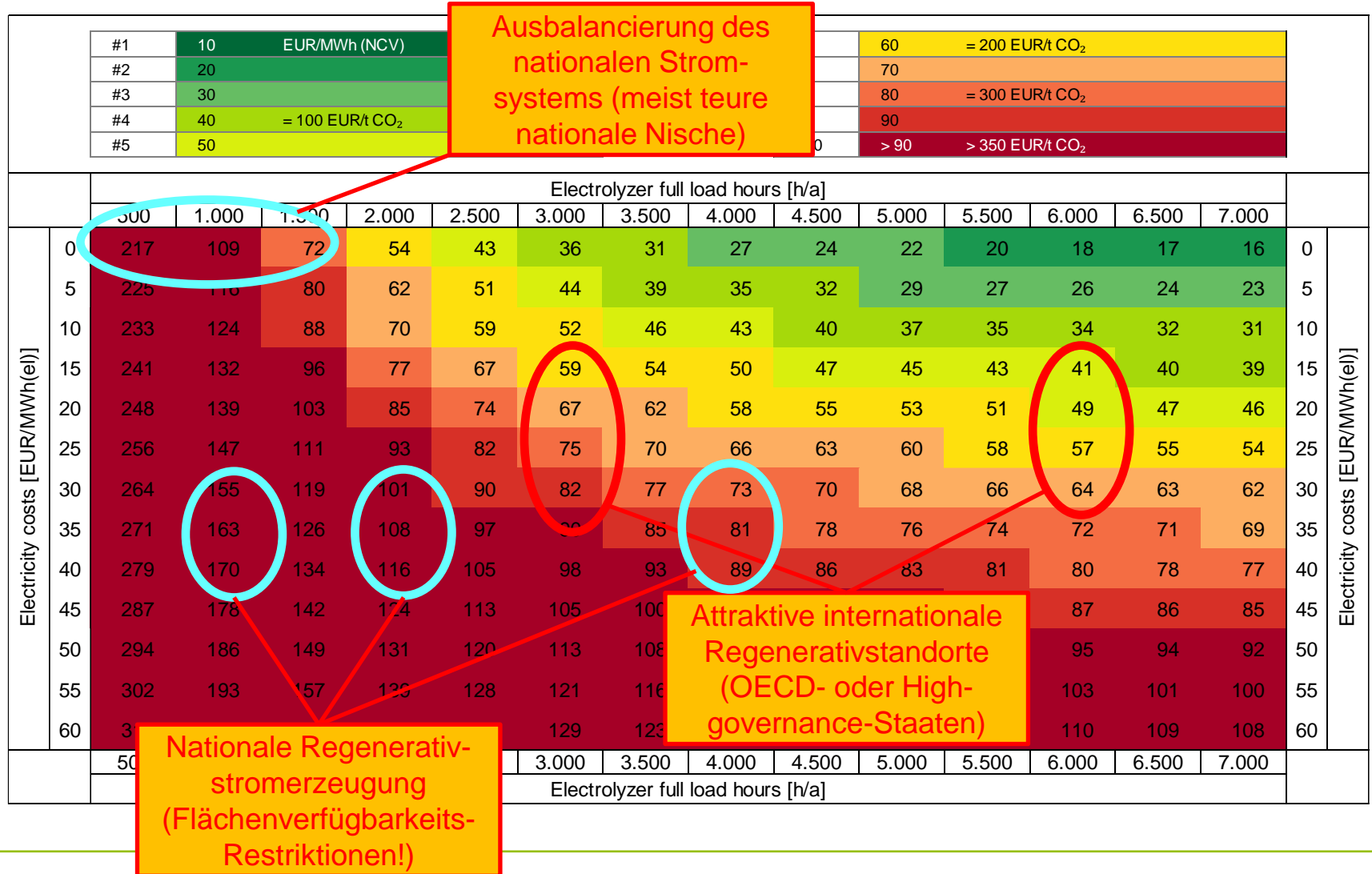
- **vielfältige Herstellungspfade**
 - grau: aus fossilen Energieträgern ohne CCS
 - grün: vollständig aus (zusätzlichen) erneuerbaren Energien (Elektrolyse)
 - blau: aus Erdgas (Dampf-reformierung) + CCS
 - türkis: aus Erdgas (Pyrolyse) (Produkte: H₂ + Kohlenstoff)
 - pink/gelb: aus Kernenergie
- **direkte Nutzung von Wasserstoff**
- **vielfältige Herstellungspfade für wasserstoffbasierte Energieträger und Rohstoffe**

Wasserstoff in einer klimaneutralen Volkswirtschaft

Ein heute und auch zukünftig wertvoller und teurer Stoff

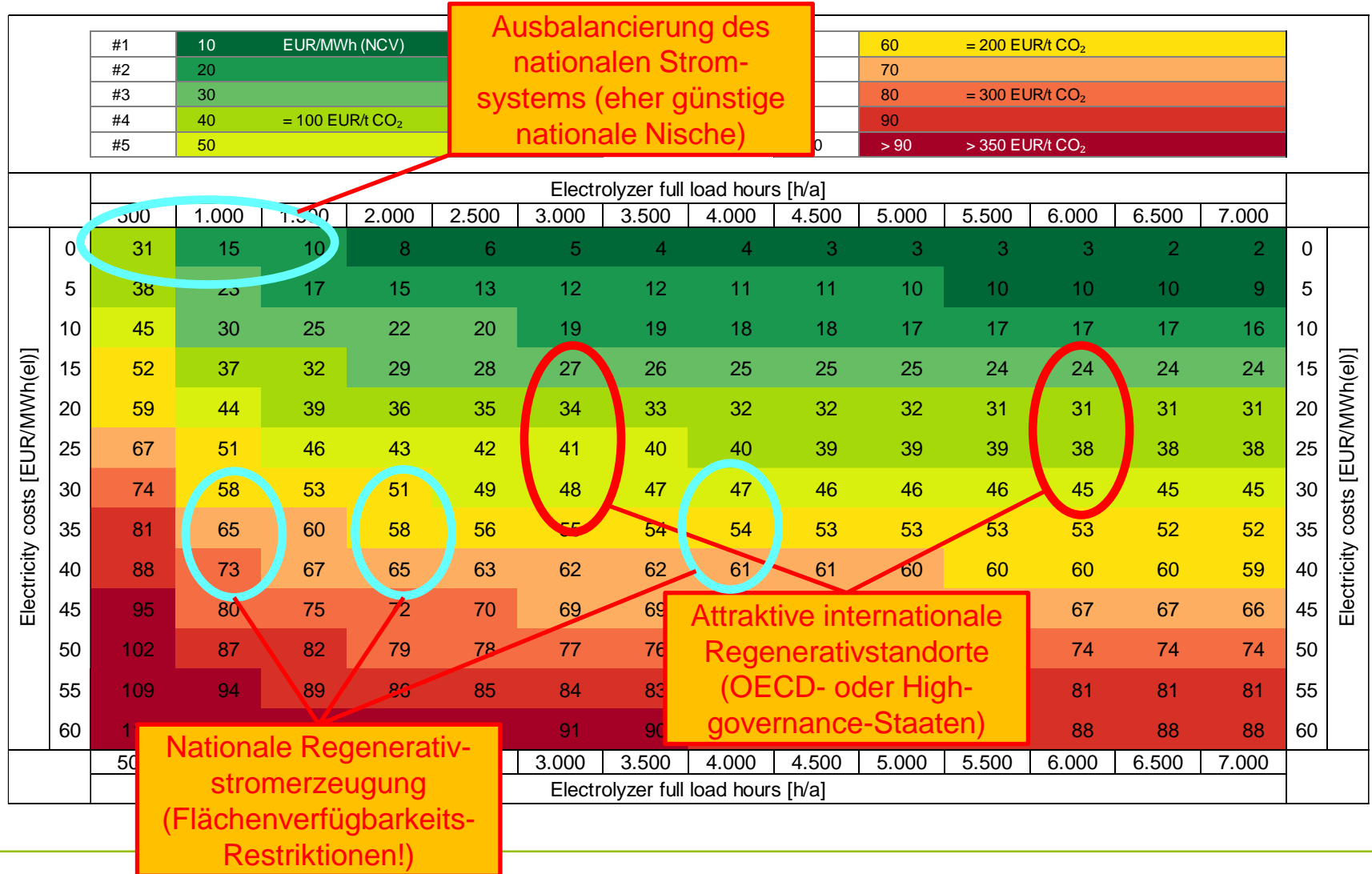


Kosten von grünem Wasserstoff Status Quo (ohne Transportkosten, 5% WACC)



Kosten von grünem Wasserstoff

Durchbruch-Szenario (ohne Transportkosten, 5% WACC)



Kosten von grünem Wasserstoff

Durchbruch-Szenario (mit Transportkosten 0.5 €/kg H₂, 5% WACC)

		Electrolyzer full load hours [h/a]															
		500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000	5.500	6.000	6.500	7.000		
Electricity costs [EUR/MWh(EL)]	0	35	25	22	20	19	18	18	17	17	17	17	17	17	16	0	Electricity costs [EUR/MWh(EL)]
	5	42	32	28	27	26	25	25	24	24	24	23	23	23	23	5	
	10	48	38	35	33	32	32	31	31	31	30	30	30	30	30	10	
	15	55	45	42	40	39	38	38	37	37	37	37	37	37	36	15	
	20	62	52	48	47	46	45	45	44	44	44	43	43	43	43	20	
	25	68	58	55	53	52	52	51	51	51	50	50	50	50	50	25	
	30	75	65	62	60	59	58	58	57	57	57	57	57	57	56	30	
	35	82	72	68	67	66	65	65	64	64	64	63	63	63	63	35	
	40	88	78	75	73	72	72	71	71	71	70	70	70	70	70	40	
	45	95	85	82	80	79	78	78	77	77	76	76	76	76	76	45	
	50	102	92	88	87	86	85	85	84	84	83	83	83	83	83	50	
55	108	98	95	93	92	92	91	91	90	90	90	90	90	90	55		
60	115	105	102	100	99	98	98	97	97	96	96	96	96	96	60		
		500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500	4.000	4.500	5.000	5.500	6.000	6.500	7.000		
		Electrolyzer full load hours [h/a]															

#1	10	EUR/MWh (NCV)
#2	20	
#3	30	
#4	40	= 100 EUR/t CO ₂
#5	50	

#6	60	= 200 EUR/t CO ₂
#7	70	
#8	80	= 300 EUR/t CO ₂
#9	90	
#10	> 90	> 350 EUR/t CO ₂

Attraktive internationale
Regenerativstandorte
(OECD- oder High-
governance-Staaten)

Nur am Rande: Kosten von blauem Wasserstoff Status quo (ohne Transportkosten, 5% WACC)

		CO ₂ price [€/t]																
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325			
Natural gas costs [EUR/MWh(NCV)]	6	31	32	32	33	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41	6	Natural gas costs [EUR/MWh(NCV)]	
	8	34	35	35	36	37	38	38	39	40	41	41	42	43	44	8		
	10	37	38	38	39	40	41	41	42	43	43	44	45	46	46	10		
	12	40	40	41	42	43	44	44	45	46	46	47	48	49	49	12		
	14	43	43	44	45	46	47	47	48	49	49	50	51	51	52	14		
	16	45	46	47	48	48	49	50	51	51	52	52	53	54	54	55		16
	18	48	49	50	51	51	52	53	54	54	55	55	56	57	57	58		18
	20	51	52	53	54	54	55	56	56	57	57	58	59	59	60	61		20
	22	54	55	56	56	57	58	59	59	60	60	61	62	62	63	64		22
	24	57	58	59	59	60	61	62	62	63	63	64	64	65	66	67		24
	26	60	61	61	62	63	64	64	65	66	66	67	67	68	69	70		26
28	63	64	64	65	66	67	67	68	69	69	70	70	71	72	73	28		
30	66	67	67	68	69	69	70	71	72	72	73	73	74	75	75	30		
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325			
		CO ₂ price [€/t]																

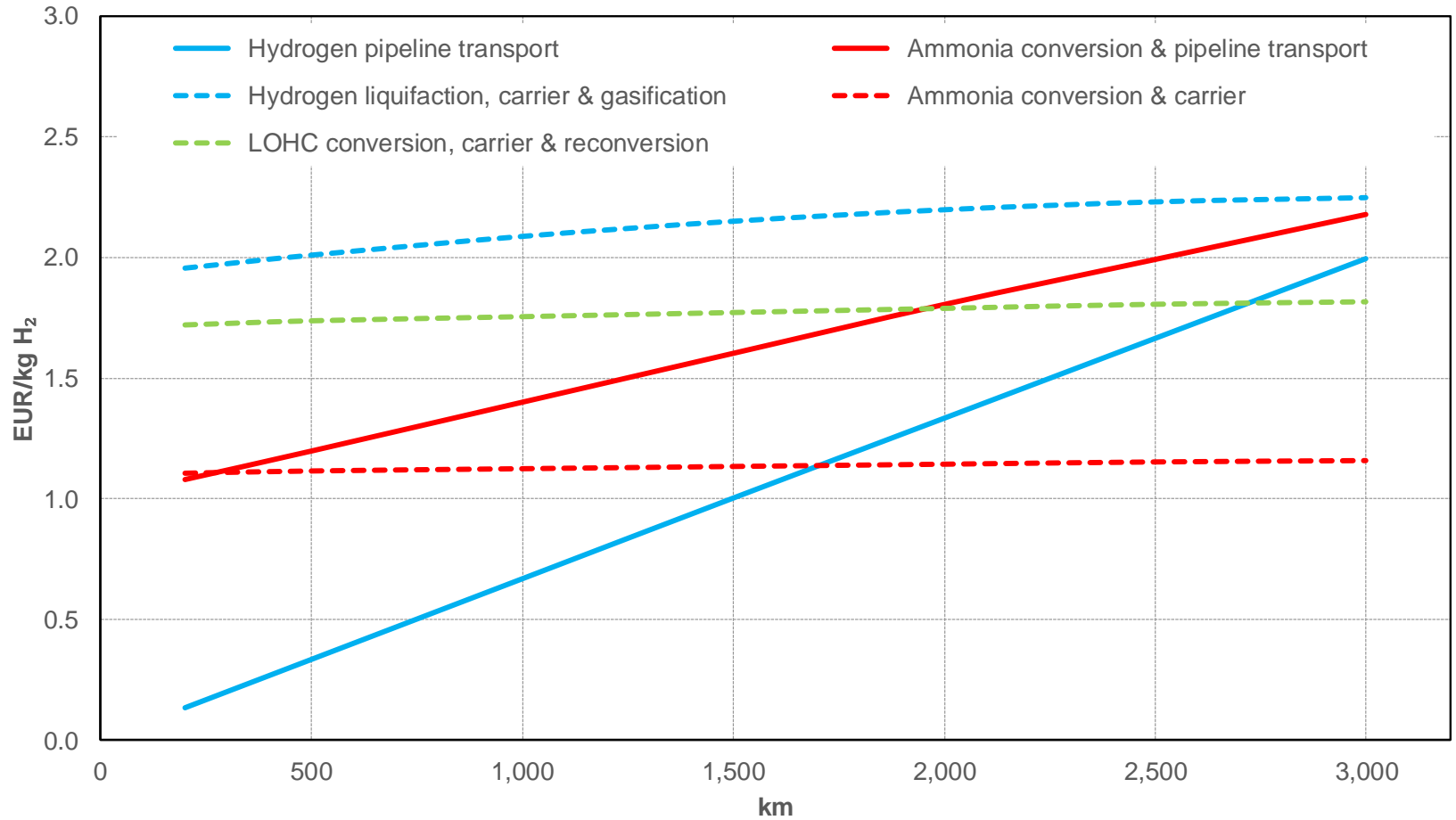
#1	10	EUR/MWh (NCV)
#2	20	
#3	30	
#4	40	= 100 EUR/t CO ₂
#5	50	

#6	60	= 200 EUR/t CO ₂
#7	70	
#8	80	= 300 EUR/t CO ₂
#9	90	
#10	> 90	> 350 EUR/t CO ₂

Produktion in Deutschland (z.B. an Küstenstandorten mit Offshore-CCS)

52

Kosten von Wasserstoff (Signifikante) Transportkosten für potenzielle Lieferregionen



Kosten von synthetischen Kraftstoffen

Durchbruch-Szenario (mit Transportkosten 2 €/MWh, 5% WACC)

		CO ₂ supply costs [€/t]																
		0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325			
Hydrogen costs [EUR/MWh(NCV)]	30	53	60	66	73	80	86	93	100	106	113	120	126	133	140	30		
	40	66	72	79	86	92	99	106	112	119	125	132	139	145	152	40		
	50	78	85	91	98	105	111	118	125	131	138	145	151	158	165	50		
	60	91	97	104	111	117	124	131	137	144	150	157	164	170	177	60		
	70	103	110	116	123	130	136	142	149	156	163	170	176	183	190	70		
	80	116	122	129	136	142	149	156	162	169	175	182	189	195	202	80		
	90	128	135	141	148	155	161	168	175	181	188	195	201	208	215	90		
	100	141	147	154	161	167	174	181	187	194	200	207	214	220	227	100		
	110	153	160	167	174	181	187	193	200	206	213	220	226	233	240	110		
	120	166	173	180	187	194	200	206	212	219	225	232	239	245	252	120		
	130	178	185	192	199	206	212	218	225	231	238	245	251	258	265	130		
	140	191	197	204	211	217	224	231	237	244	250	257	264	270	277	140		
	150	203	210	216	223	230	236	243	250	256	263	270	276	283	290	150		
			0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325		
			CO ₂ supply costs [€/t]															

#1	60	EUR/MWh (NCV)
#2	70	
#3	80	= 100 EUR/t CO ₂
#4	90	
#5	100	

#6	110	= 200 EUR/t CO ₂
#7	120	
#8	130	
#9	140	= 300 EUR/t CO ₂
#10	> 140	> 300 EUR/t CO ₂

PtL-Produktion in Regionen mit sehr guten Standorten für Regenerativstromerzeugung

Auf dem Weg zum Durchbruch-Szenario für Wasserstoff Benchmarks für Kostensenkung & aktuelle Handlungsfelder

- **Die zentralen (Kosten-) Ziele**

- Grünstrom-Einstandskosten frei Elektrolyse ≤ 40 €/MWh
- Elektrolyse-Investkosten von heute ca. 700 €/kW um $\geq 75\%$ senken
- Auslastung der Elektrolyseanlagen von ≥ 4.000 Stunden sichern
- internationale Antransportkosten auf 0,5 €/kg H₂ senken
- fossile Energieträger mit $\geq 100 \dots 150$ €/t CO₂ bepreisen

- **Vielfältige Optionen/Notwendigkeiten zur Schließung der (heutigen/ zukünftigen) Wirtschaftlichkeitslücke**



- Betriebskostenentlastung
- Investitionskostenentlastung
- Produktförderung
- Nutzungsverpflichtungen
- CO₂-Bepreisung

Wasserstoff in einer klimaneutralen Volkswirtschaft Was sind die (nächsten) Handlungsfelder?

- **Im Kontext höherer Klimaschutzambitionen werden signifikante Wasserstoffmengen bereits 2030 nötig werden**
 - welche einheimische Erzeugung von (wie zertifiziertem?) grünem Wasserstoff (massiver Ausbau der Grünstromerzeugung notwendig!) ist zu welchen Kosten (bzw. mit welchen Fördermitteln) möglich
 - welche Prozesse müssen zur Sicherung zukünftiger Importe von klimaneutralem (grünen/blauen?/türkisen?) Wasserstoff und deren Nachhaltigkeits-Integrität angestoßen werden?
 - in welchen Bereichen sollte/kann/muss die Sektorallokation adressiert werden (Fördermechanismen, Infrastrukturentwicklung)?
 - wie können die Spannungsfelder zwischen Kostendegression, effektiver Emissionsminderung, Industriepolitik, Geopolitik etc. transparent und effektiv adressiert werden?
 - wie können die Infrastrukturanpassungen frühzeitig initiiert werden?
 - wie kann ein geeigneter Regulierungsrahmen geschaffen werden?

Zum Weiterlesen

- Öko-Institut (2020): Wasserstoff sowie wasserstoffbasierte Energieträger und Rohstoffe. Eine Überblicksuntersuchung.
<https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Wasserstoff-und-wasserstoffbasierte-Brennstoffe.pdf>

- Matthes, Felix Chr. (2020): Wasserstoff und wasserstoffbasierte Energieträger bzw. Rohstoffe in der Transformation zur Klimaneutralität. Stellungnahme zur Anhörung des Ausschusses für Wirtschaft und Energie des 19. Deutschen Bundestages am 26. Oktober 2020
<https://www.bundestag.de/resource/blob/800134/2a2b4a09fb1b48c400548cac87ea21fa/sv-matthes-data.pdf>



Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Dr. Felix Chr. Matthes
Energy & Climate Division
Büro Berlin
Borkumstraße 2
D-13189 Berlin
f.matthes@oeko.de
www.oeko.de
twitter.com/FelixMatthes

