

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz
Wegbereiter für die Energiewende
Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



www.cc4e.de

Wegbereiter für die Energiewende

Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz



www.cc4e.de

Das Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz

Bündelung der 4E-Fähigkeiten



Organisationsstruktur des CC4E

Leitungsteam

Prof. Dr.-Ing. Hans Schäfers – Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert – Prof. Dipl.-Ing. Peter Dalhoff – Prof. Dr. Tessa Taefi
Dipl.-Ing. Mike Blicker – Janine Becker, M.A. – Jenny Capel, M.A.

CC4E
Windenergie GmbH
(GF Prof. Dalhoff)



ReTec



Windpark Curslack



Kernkompetenzen des CC4E

Forschungsfelder

Sektorkopplung & Wasserstoff

- Netzdienlichkeit und -integration
- Energiespeicherung und intelligentes Lademanagement
- Steuer- und Regelungskonzepte
- **Power-to-X**
- **Carbon Management**



Wind

- Last- und Strömungssimulation von Windenergieanlagen (WEA)
- **Entwicklung von Konzeptdesigns für Multirotor- und Zweiblatt-WEA**
- Wartungs- und Servicestrategien von (Multirotor-) Offshore-WEA
- Ertrags-, Lebensdauer- und akustische Optimierung von WEA
- **Sektormanagement und Windparkplanung**



Wärme

- Detaillierte thermohydraulische Simulationen
- **Transformation von Fernwärmennetzen**
- Wärmemarkt: Handels-, Vermarktungs- und Nachweismechanismen
- Regelungskonzepte Verbraucherseite/ Demand Side Management
- **Wärmebedarfe und Bestandsoptimierungen**



Gesellschaftliche Transformation & Akzeptanz

- Empirische Sozialforschung
- **Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen** (Markt- und Geschäftsmodelle)
- Weiterbildung und Qualifizierung
- **Partizipation, Teilhabe und Transdisziplinarität**
- Akzeptanzförderung und Artenschutz im Kontext von WEA



Kernkompetenzen des CC4E

Forschungshighlights

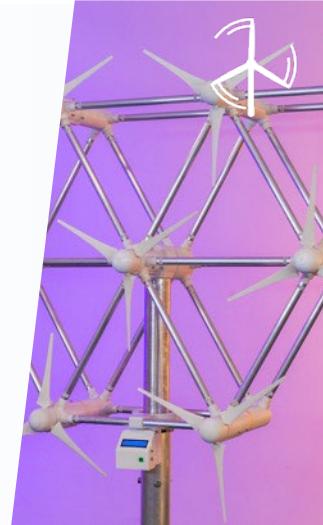
Closed-Carbon-Loop

Optimierung des CO₂-Kreislaufs bei Nutzung atmosphärischen Kohlenstoffdioxids für Power-to-Gas (PtG)-Technologien



X-Multirotor

Entwicklung realistischer, wettbewerbsfähiger Konzeptentwürfe von **Multirotor-Windenergieanlagen**



CTRL-Peaks

Spitzenlastreduktion im **Fernwärmesystem** Hamburg durch Anpassung der kundenseitigen Regelung



Transformation Labs

Sie sind Teil des **NRL-Teilvorhabens zur gesellschaftlichen Teilhabe** und industriellen Transformation. Ziel ist es, Stakeholder der Energiewende zu vernetzen und über Ansätze der Sektorenkopplung in Norddeutschland zu diskutieren.





**Unsere Motivation ist die Leidenschaft, Wege zur
nachhaltigen Energieversorgung zu entwickeln
– für die Erhaltung einer lebenswerten Welt.**

CC4E Factsheet

Nachhaltige Lösungen für eine lebenswerte Zukunft



CC4E

FÜNF

Windenergieanlagen liefern
Energie im Forschungswindpark
Curslack



41

Millionen
Euro
Fördermittel

VIER

Kompetenzteams bilden den Schwerpunkt
des CC4E:

Sektorkopplung & Wasserstoff, Wärme, Windenergie,
Gesellschaftliche Transformation und Akzeptanz

60:30:20

Mitarbeiter*innen,
Professor*innen, Studentische
Hilfskräfte

17

Jahre CC4E

150

Kooperationspartner aus
Wissenschaft, Wirtschaft
und Politik



29

(Teil-)Projekte

CC4E Mittelbilanz

Gesamtvolumen der direkten und indirekten Fördermittel sowie der investiven Mittel bis 2024

Fördermittel: rd. 49 Mio. € (inkl. Projektpauschale und Barmittel)		Investive Mittel: rd. 66 Mio. €		Leistungsbeitrag Großprojekte		
NEW 4.0	7,5 Mio. € zzgl. 2 Mio. €	Technologiezentrum	7,5 Mio. €	520 Mio. €	120 Mio. €	Gesamtvolumen
X-Energy	12 Mio. €	Windpark Curslack	21 Mio. €	155 Mio. €	45 Mio. €	Fördermittel
NRL	6,8 Mio. € zzgl. 1 Mio. €	Anwendungszentrum	5 Mio. €			
IW ³	1,7 Mio. €	Gebäude Fraunhofer IWES für Pitchlager-Großprüfstand	12 Mio. €			
Plasma2x	2 Mio. €	Demonstrationszentrum Sektorkopplung und Elektrolyseur	20 Mio. €	NRL	> 300 Mio. €	Gesamtvolumen
EFH	1 Mio. €			NRL 2.0	80 Mio. €	Fördermittel
Weitere	13 Mio. €				100 Mio. €	Gesamtvolumen
					20 Mio. €	Fördermittel

Norddeutsches Reallabor (NRL): Transformationspfad zur Klimaneutralität

Das **NRL** erprobt die ganzheitliche Transformation des Energiesystems in allen Sektoren und entwickelt den Weg zur Reduzierung der CO2-Emissionen im Norden um 75 % bis 2035.



Systematischer Gesamtansatz mit Fokus auf Sektorenkopplung mit Wasserstoff und Lösungen für energieoptimierte Quartiere/Wärmeversorgungen.



15 Referenzprojekte - in denen relevante Verbrauchsbereiche defossilisiert werden – im Mittelpunkt Demonstrationsanlagen (darunter 8 Elektrolyseure mit rund 15 MW sowie Anlagen für 700 GWh/a Abwärmenutzung), die bis zu 330.000 Tonnen CO2 pro Jahr einsparen werden.



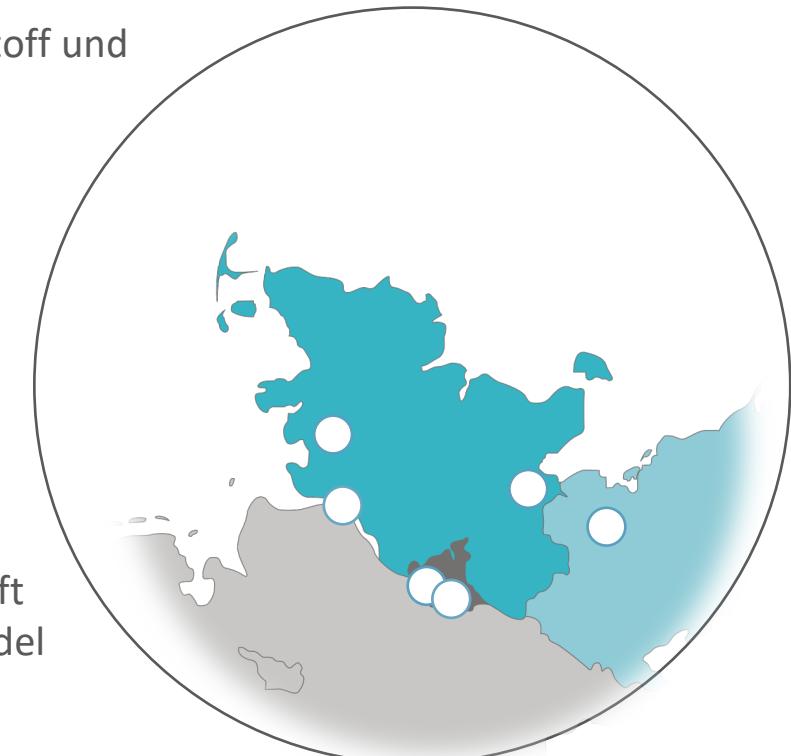
Model-Region: Hamburg, Schleswig-Holstein, Mecklenburg-Vorpommern and Bremerhaven.



Mehr als 50 Partner (darunter **20 Förderpartner**) aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik wollen nachhaltige Innovationen schaffen, den industriellen Wandel vorantreiben und den Industriestandort Norddeutschland stärken.



Investitionsvolumen: 200 Mio. €, davon 30 Mio. € aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWE). Weitere Mittel werden vom Bundesverkehrsministerium (BMV) bereitgestellt. Das Großprojekt hat eine Laufzeit von sechs Jahren (04/2021-03/2027)



Wasserstoff: Was ist das überhaupt ?

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserstoff – Was ist das überhaupt?

— — —



[1]

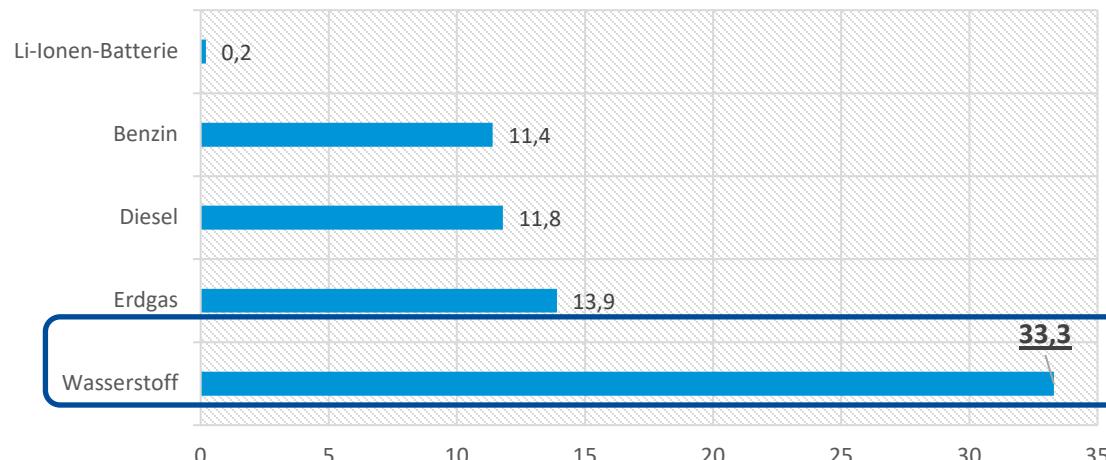
Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserstoff – Was ist das überhaupt?



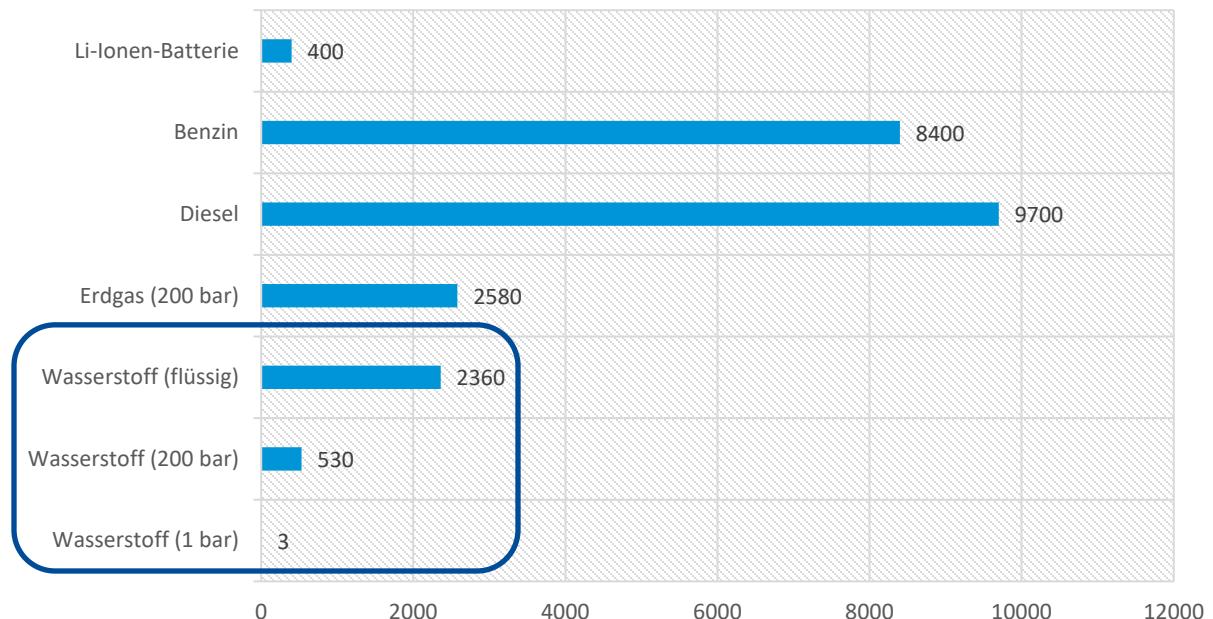
Die Energiedichte ist ein Maß, welches angibt, wie viel Energie ein Energieträger mit einer bestimmten Masse (gravimetrisch) oder einem bestimmten Raumvolumen (volumetrisch) hat. Die Einheit zur Angabe der Energiedichte ist entweder J/kg (auch kWh/kg) oder J/m³ (auch kWh/m³).

Gravimetrische Energiedichte* in kWh / kg



*bei Normbedingungen ($T_N = 0^\circ\text{C}$, $p_N = 1,013 \text{ bar}$)

Volumetrische Energiedichte in kWh / m³



Grüner Wasserstoff: Wie wird dieser hergestellt?

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Grüner Wasserstoff – Was ist das überhaupt?



Farbenlehre des Wasserstoffs – Welche Farbe steht für welchen Herstellungspfad?

	 Grauer Wasserstoff	 Blauer Wasserstoff	 Türkiser Wasserstoff	 Grüner Wasserstoff	 Roter Wasserstoff
Primärenergie	Fossile Energieträger (Erdgas, Heizöl)	Fossile Energieträger (Erdgas)	Fossile Energieträger (Erdgas)	Erneuerbare Energien	Kernenergie
Herstellungsverfahren	Methan-Dampf-Reformierung	Methan-Dampf-Reformierung	Methan-Pyrolyse	Wasserelektrolyse	Wasserelektrolyse
Besonderheit	10 Tonnen CO2-Emissionen pro Tonne H2	CO2 wird abgeschieden und gespeichert (CCS / CCU / CO2)	Fester Kohlenstoff als Endprodukt; thermische Energie muss CO2-neutral sein (CCS / CCU / C)	Kohlenstofffreier Prozess	Kohlenstofffreier Prozess
Einstufung	Starke CO2-Emissionen	CO2-neutral	CO2-neutral	CO2-frei	CO2-frei

[1]

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Grüner Wasserstoff – Wie wird dieser hergestellt?

— — —

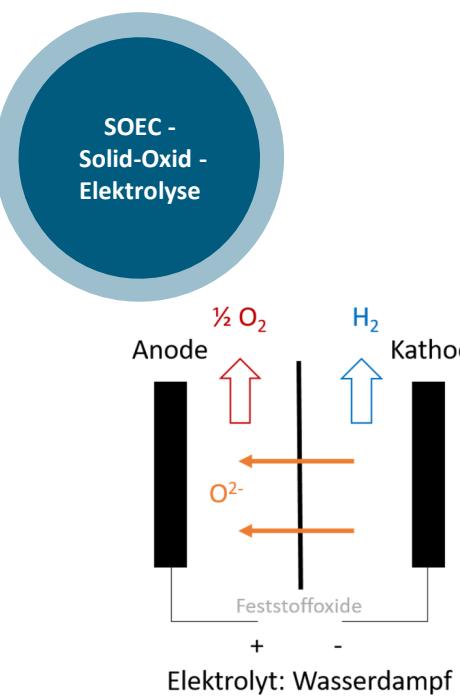
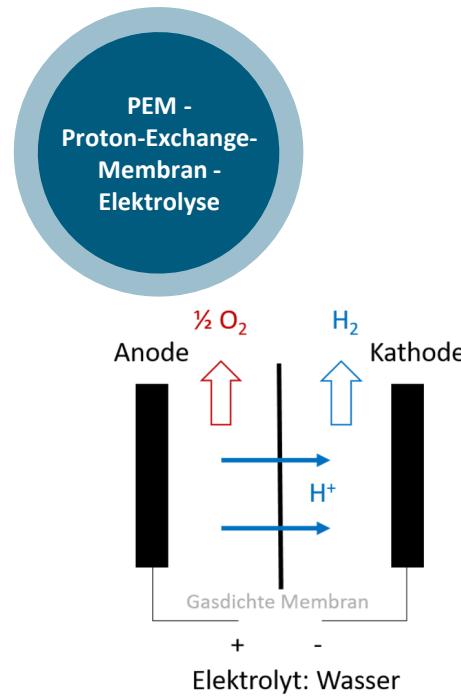
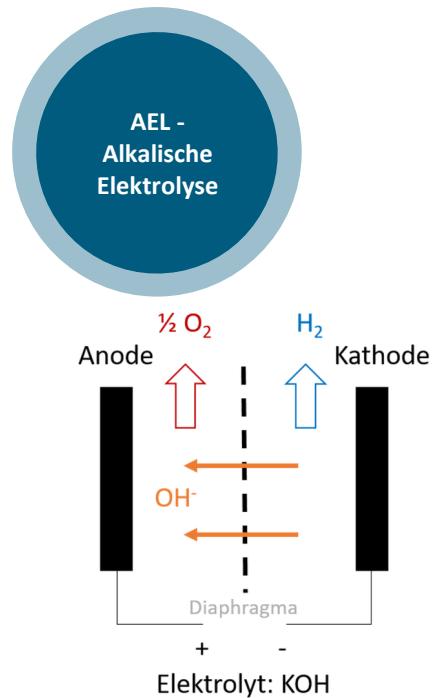


Abb: Grundprinzipien der Alkalischen Elektrolyse, Proton-Exchange-Membran-Elektrolyse, sowie der Solid-Oxid-Elektrolyse [2]

Grüner Wasserstoff: Alles rund um das Thema Wasser

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Grüner Wasserstoff – Und was kostet das nun ?

- Aktuelle DIW Studie geht von 0,6%^[4] der Gesamtkosten der Elektrolyse für Wasser aus
- Das ist ein Verhältnis von 1:110 zwischen Wasserkosten und Stromkosten

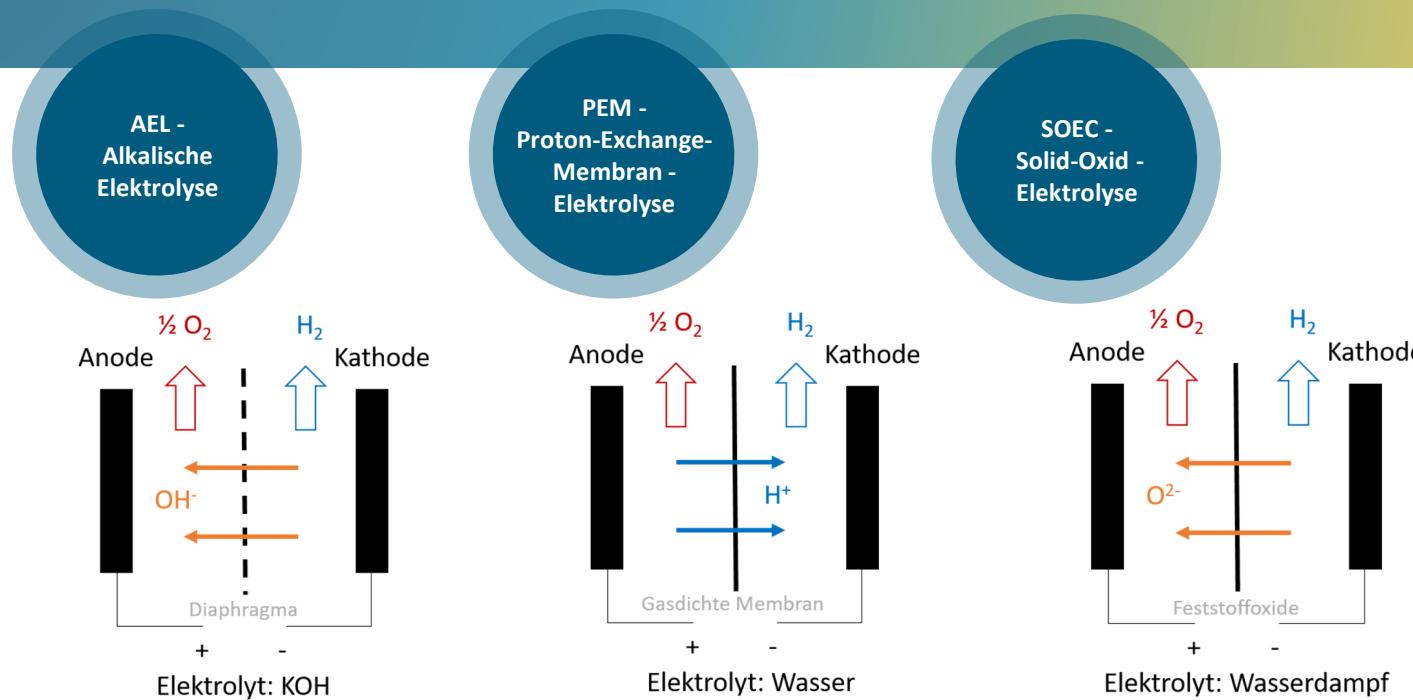


Abb: Grundprinzipien der Alkalischen Elektrolyse, Proton-Exchange-Membran-Elektrolyse, sowie der Solid-Oxid-Elektrolyse [2]

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Grüner Wasserstoff – Wie sauber muss es ?

- Spaltung von Wasser: 8,94 kg H₂O in 1 kg H₂ und 7,94 kg O₂
- 39,41 kWh/kg H₂ ($\eta = 100\%$), 55 kWh/kg H₂ ($\eta = 60\%$, \emptyset bei Ely.)

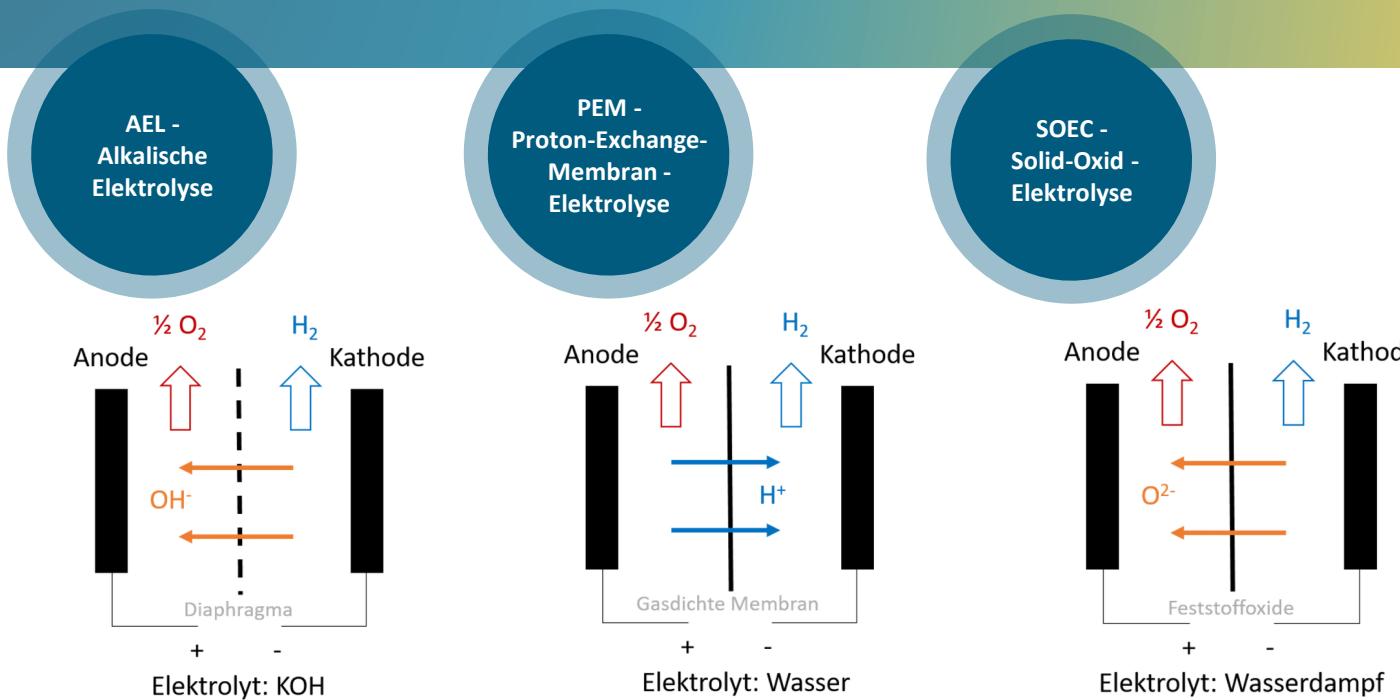


Abb: Grundprinzipien der Alkalischen Elektrolyse, Proton-Exchange-Membran-Elektrolyse, sowie der Solid-Oxid-Elektrolyse [2]

PEM	Leitfähigkeit [$\mu\text{S}/\text{cm}$]				
	AEL	HTEL	ASTM Reinstwasser	ASTM Reinwasser (II)	
	<2	<5	<2	<0,056	<1

Tab. 2: Qualitätsanforderungen an das Wasser [2]

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Grüner Wasserstoff – Wie viel Wasser brauchen wir eigentlich?

- Spaltung von Wasser: 8,94 kg H₂O in 1 kg H₂ und 7,94 kg O₂
- 39,41 kWh/kg H₂ ($\eta = 100\%$), 55 kWh/kg H₂ ($\eta = 60\%$, \emptyset bei Ely.)

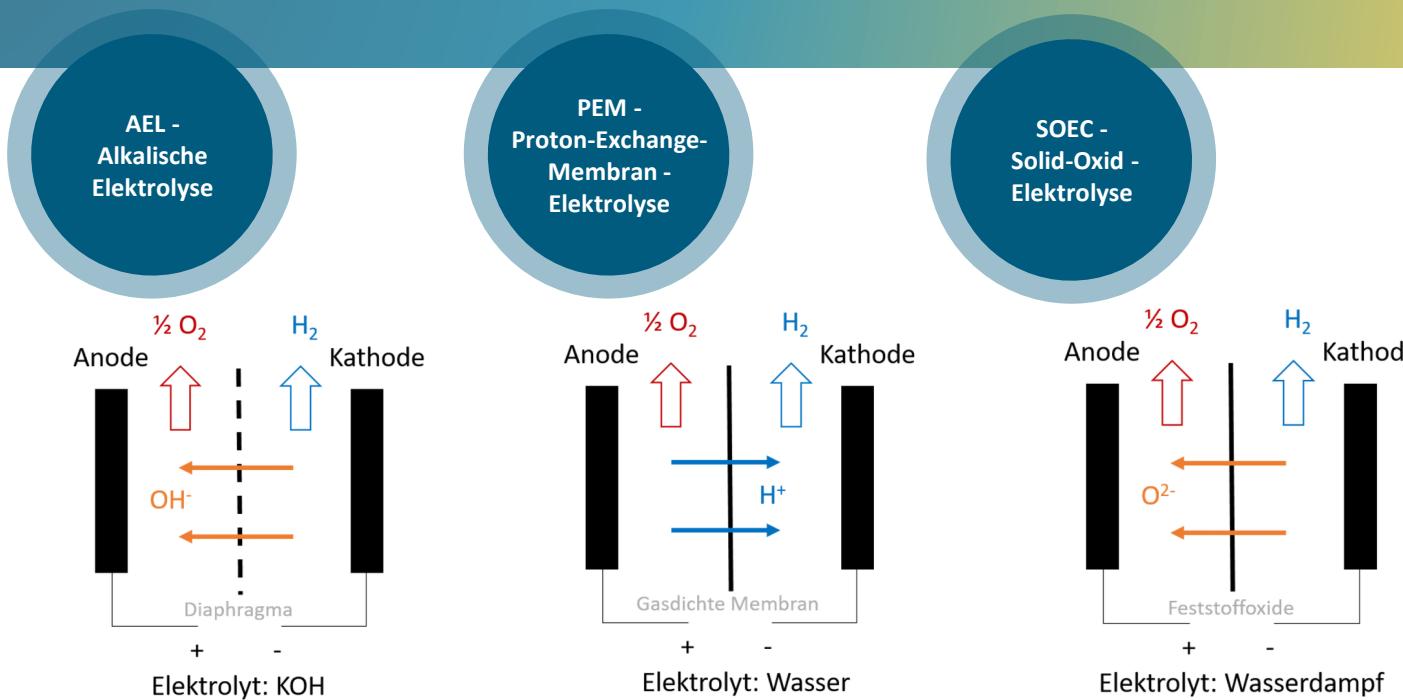


Abb: Grundprinzipien der Alkalischen Elektrolyse, Proton-Exchange-Membran-Elektrolyse, sowie der Solid-Oxid-Elektrolyse [2]

Wasserbedarf [kg _{H2O} /kg _{H2}]		
PEM	AEL	HTEL
10 - 14,6	9,5 - 11,2	16,28

Tab. 1: Wasserbedarfe der Elektrolysetechnologien [2]

Leitfähigkeit [μS/cm]				
PEM	AEL	HTEL	ASTM Reinstwasser	ASTM Reinwasser (II)
<2	<5	<2	<0,056	<1

Tab. 2: Qualitätsanforderungen an das Wasser [2]

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau?

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

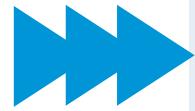
Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau?

Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse				
Zeichen	Angabe	Wert	Einheit	
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]	
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]	
	Wasserbedarf real min./max.	min. max.		
	PEM	10,0	14,6	PEM
	AEL	9,5	11,2	AEL
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		[kW]	
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]	
Input Energie (y)		Produzierte Wasserstoffmenge (x _{H2})	Wasserbedarf (W)	
$y = P_{PtG} * t$		$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$	

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau?

— — —



Wasserstoffstrategien auf unterschiedlichen Ebenen

Europäische
Wasserstoffstrategie

Veröffentlicht am 08.07.2020

- 2020 – 2024
- Elektrolyseleistung > 6 GW
 - Erzeugung von bis zu 1 Mio. t erneuerbaren Wasserstoffs

- 2025 – 2030
- Elektrolyseleistung > 40 GW
 - Erzeugung von bis zu 10 Mio. t erneuerbaren Wasserstoffs

- 2030 – 2050
- Nutzung H2 in bisher schwer zu dekarb. Sektoren
 - Schaffung eines europäischen Wasserstoffmarktes

Nationale Wasserstoffstrategie

Veröffentlicht am 10.06.2020

- 2020 – 2030
- Elektrolyseleistung von bis zu 5 GW
 - Elektrolyseleistung in der Kraftstoffproduktion von 2 GW

- 2030 – 2040
- Elektrolyseleistung von bis zu 10 GW

[1]

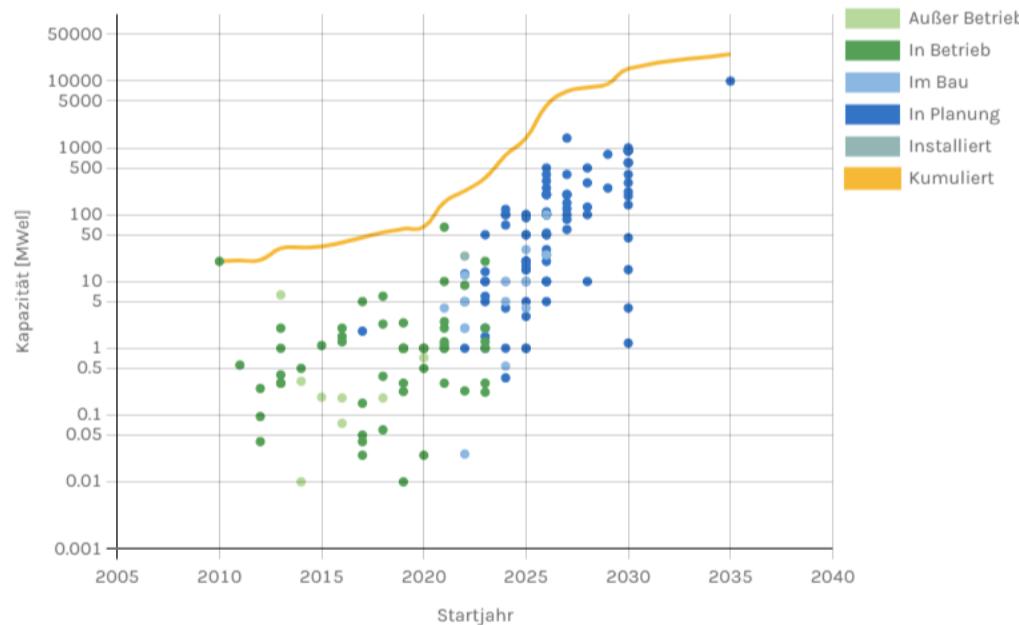
Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau?



Elektrolysekapazitäten

Angekündigte Elektrolyseprojekte nach aktuellem Status, geplanter bzw. installierter Leistung und dem (voraussichtlichen) Startjahr der Wasserstoffproduktion. Kumuliert ergeben diese Leistungen die gesamte Elektrolysekapazität, die im Wasserstoff-Kompass aufgenommen ist.



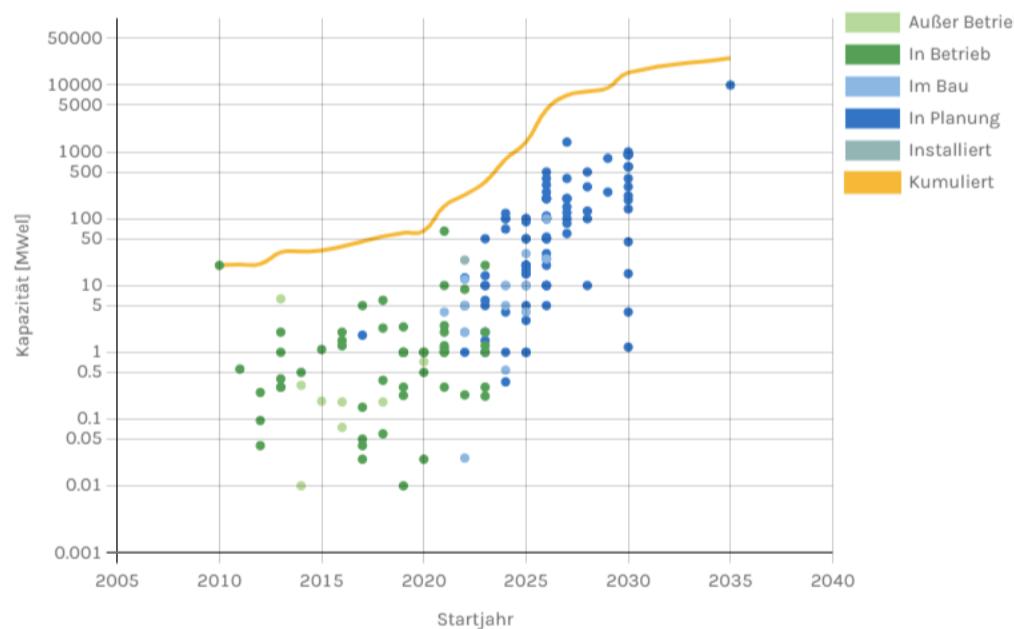
Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau?



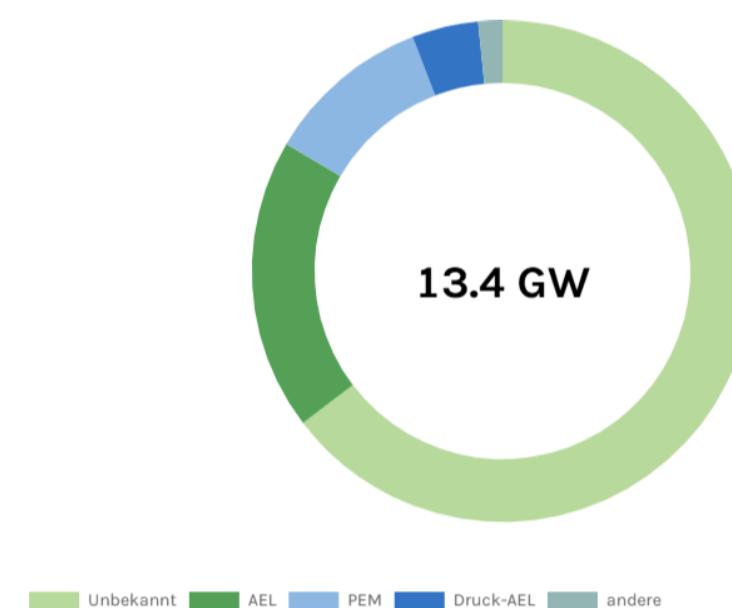
Elektrolysekapazitäten

Angekündigte Elektrolyseprojekte nach aktuellem Status, geplanter bzw. installierter Leistung und dem (voraussichtlichen) Startjahr der Wasserstoffproduktion. Kumuliert ergeben diese Leistungen die gesamte Elektrolysekapazität, die im Wasserstoff-Kompass aufgenommen ist.



Bis 2030 angekündigte Elektrolysekapazitäten

In der fortgeschriebenen Wasserstoffstrategie definiert Deutschland das Ziel, bis 2030 10 GW inländischer Elektrolysekapazität aufzubauen. Aktuell werden bis 2030 Elektrolyseprojekte mit insgesamt 13.4 GW angekündigt. Bis 2035 werden bereits 28.0 GW Elektrolysekapazität angekündigt. Hierbei sind nicht datierte Projekte enthalten. Aktuell beträgt die installierte Elektrolyseleistung 153.7 MW.



Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

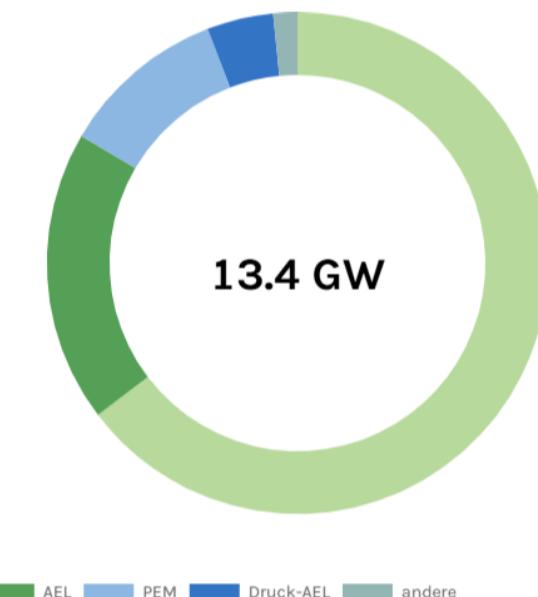
Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau?

Zeichen	Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse		
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]
	Wasserbedarf real min./max.	min.	max.
PEM	10,0	14,6	PEM
AEL	9,5	11,2	AEL
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]

Input Energie (y)	Produzierte Wasserstoffmenge (x _{H2})	Wasserbedarf (W)
$y = P_{PtG} * t$	$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$

Bis 2030 angekündigte Elektrolysekapazitäten

In der fortgeschriebenen Wasserstoffstrategie definiert Deutschland das Ziel, bis 2030 10 GW inländischer Elektrolysekapazität aufzubauen. Aktuell werden bis 2030 Elektrolyseprojekte mit insgesamt 13.4 GW angekündigt. Bis 2035 werden bereits 28.0 GW Elektrolysekapazität angekündigt. Hierbei sind nicht datierte Projekte enthalten. Aktuell beträgt die installierte Elektrolyseleistung 153.7 MW.



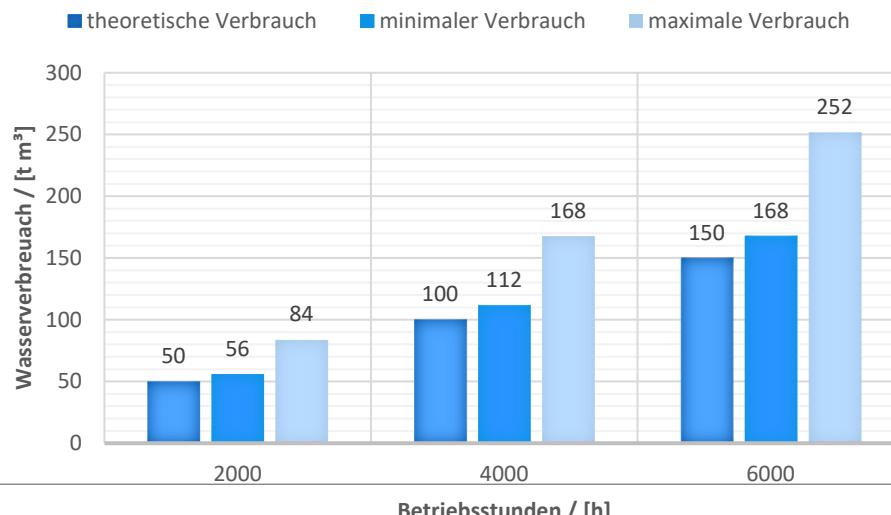
Copyright: acatech/DECHEMA

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? – Aktuell D

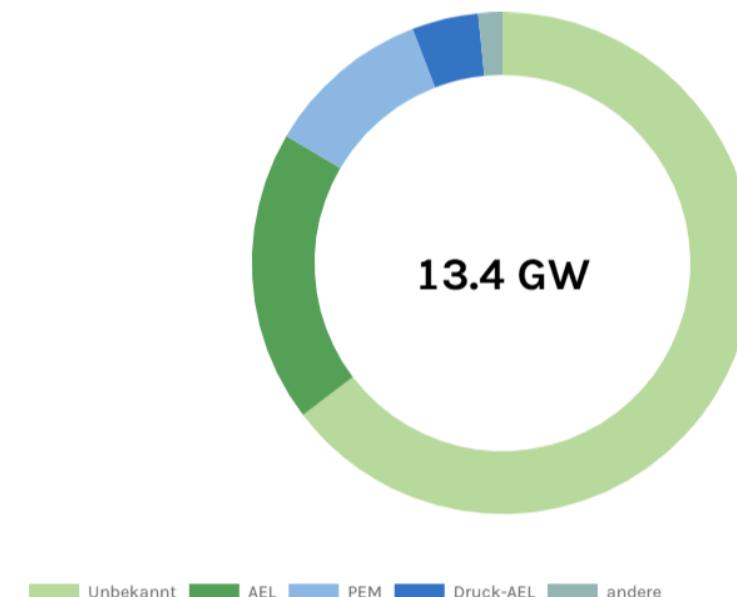
Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse			
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]
	Wasserbedarf real min./max.	min.	max.
PEM		10,0	14,6
AEL		9,5	11,2
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		[kW]
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]

Input Energie (y)	Produzierte Wasserstoffmenge (x _{H2})	Wasserbedarf (W)
$y = P_{PtG} * t$	$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$



Bis 2030 angekündigte Elektrolysekapazitäten

In der fortgeschriebenen Wasserstoffstrategie definiert Deutschland das Ziel, bis 2030 10 GW inländischer Elektrolysekapazität aufzubauen. Aktuell werden bis 2030 Elektrolyseprojekte mit insgesamt 13.4 GW angekündigt. Bis 2035 werden bereits 28.0 GW Elektrolysekapazität angekündigt. Hierbei sind nicht datierte Projekte enthalten. Aktuell beträgt die installierte Elektrolyseleistung 153.7 MW.



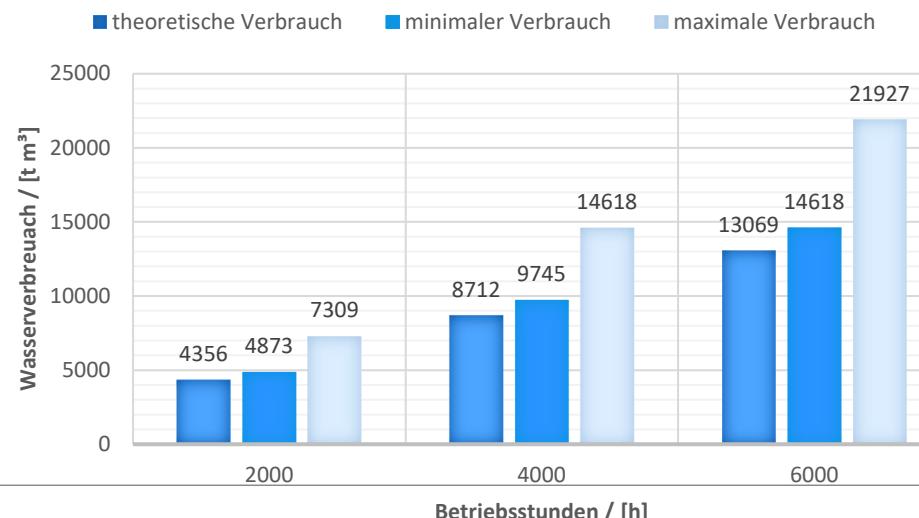
Copyright: acatech/DECHEMA

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? – 2030 D

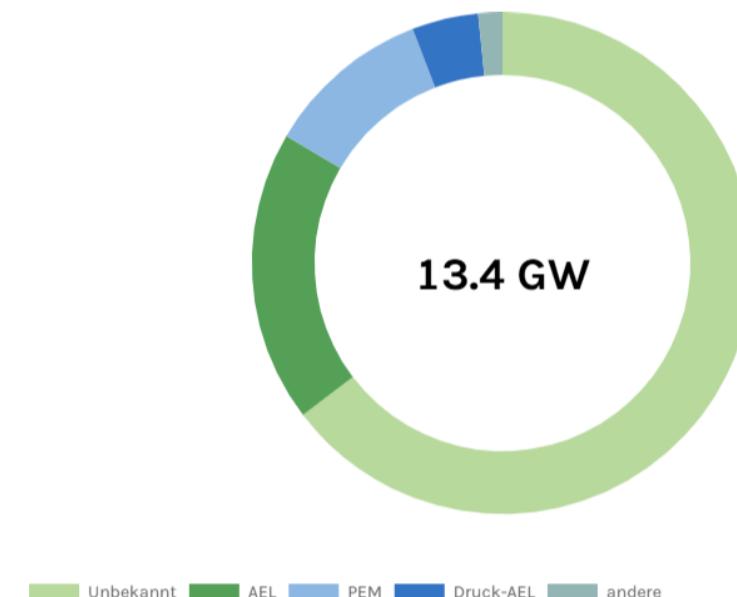
Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse			
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]
	Wasserbedarf real min./max.	min.	max.
PEM	10,0	14,6	PEM
AEL	9,5	11,2	AEL
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		[kW]
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]

Input Energie (y)	Produzierte Wasserstoffmenge (x _{H2})	Wasserbedarf (W)
$y = P_{PtG} * t$	$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$



Bis 2030 angekündigte Elektrolysekapazitäten

In der fortgeschriebenen Wasserstoffstrategie definiert Deutschland das Ziel, bis 2030 10 GW inländischer Elektrolysekapazität aufzubauen. Aktuell werden bis 2030 Elektrolyseprojekte mit insgesamt 13.4 GW angekündigt. Bis 2035 werden bereits 28.0 GW Elektrolysekapazität angekündigt. Hierbei sind nicht datierte Projekte enthalten. Aktuell beträgt die installierte Elektrolyseleistung 153.7 MW.



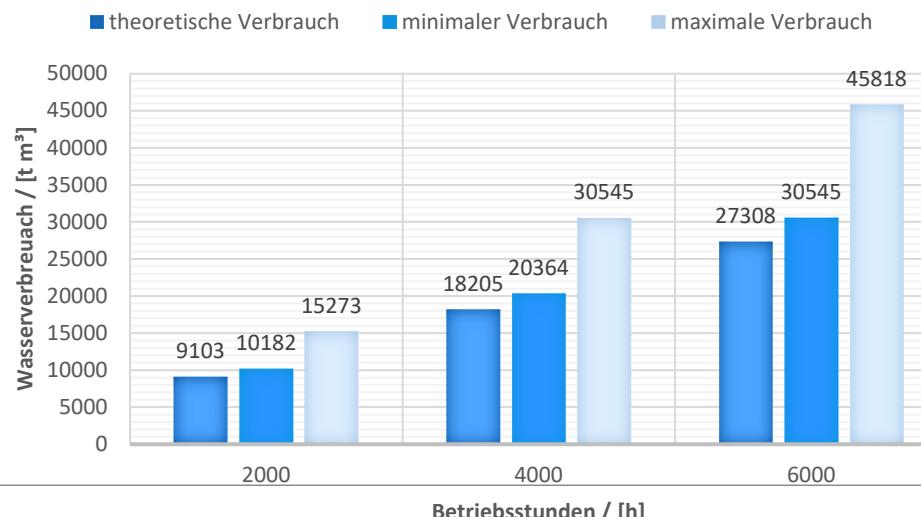
Copyright: acatech/DECHEMA

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? – 2035 D

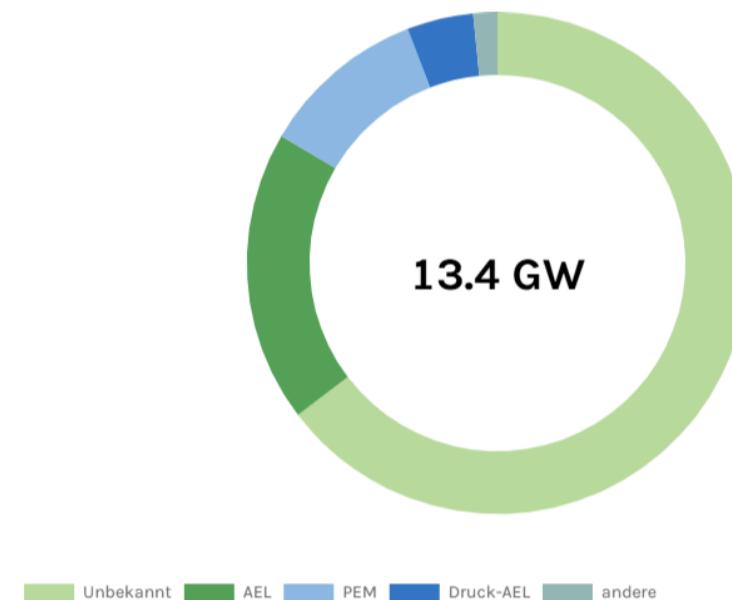
Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse			
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]
	Wasserbedarf real min./max.	min.	max.
PEM	10,0	14,6	PEM
AEL	9,5	11,2	AEL
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		[kW]
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]

Input Energie (y)	Produzierte Wasserstoffmenge (x_{H2})	Wasserbedarf (W)
$y = P_{PtG} * t$	$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$



Bis 2030 angekündigte Elektrolysekapazitäten

In der fortgeschriebenen Wasserstoffstrategie definiert Deutschland das Ziel, bis 2030 10 GW inländischer Elektrolysekapazität aufzubauen. Aktuell werden bis 2030 Elektrolyseprojekte mit insgesamt 13.4 GW angekündigt. Bis 2035 werden bereits 28.0 GW Elektrolysekapazität angekündigt. Hierbei sind nicht datierte Projekte enthalten. Aktuell beträgt die installierte Elektrolyseleistung 153.7 MW.



Copyright: acatech/DECHEMA

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Und nun?

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? – Aktuell D



- Kleinstadtverbrauch: Bei 45 m^3 pro Person und Jahr ist dies der Verbrauch von 5.500 Menschen



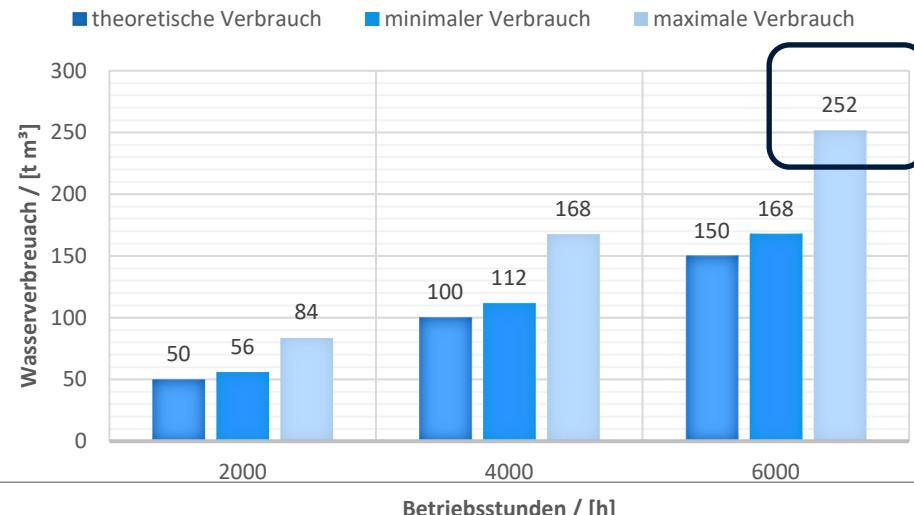
- 4-Personenhaushalt: Bei 185 m^3 pro 4-Personenhaushalt und Jahr ist dies der Verbrauch von 1360 Haushalten



- Schwimmbecken: Bei 2.500 m^3 pro Schwimmbecken und Füllung ist dies der Verbrauch von 100 Schwimmbecken



- Bierproduktion: Bei 4 l Wasser pro 1 l Bier sind dies 63 Mio. l Bier



Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? – Aktuell D



- Kleinstadtverbrauch: Bei 45 m^3 pro Person und Jahr ist dies der Verbrauch von 5.500 Menschen

400 Städte in D

3,9 Mio. Haushalte



- 4-Personenhaushalt: Bei 185 m^3 pro 4-Personenhaushalt und Jahr ist dies der Verbrauch von 1360 Haushalten



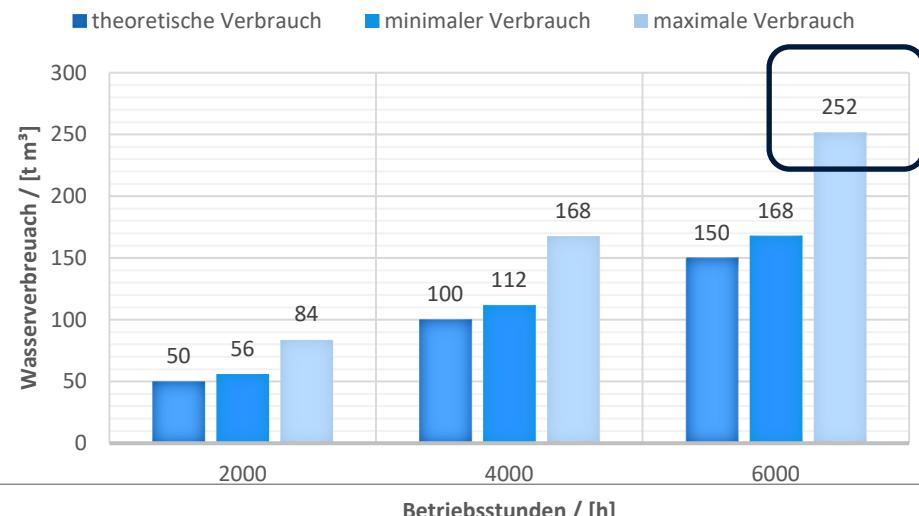
- Schwimmbecken: Bei 2.500 m^3 pro Schwimmbecken und Füllung ist dies der Verbrauch von 100 Schwimmbecken

1,6 Mio. Schwimmbecken und Pools



- Bierproduktion: Bei 4 l Wasser pro 1l Bier sind dies 63 Mio. l Bier

9 Oktober-Feste



Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? –2030 D



- Kleinstadtverbrauch: Bei 45 m^3 pro Person und Jahr ist dies der Verbrauch von 490 t Menschen

15 Städte >500 t EW in D

3,9 Mio. Haushalte



- 4-Personenhaushalt: Bei 185 m^3 pro 4-Personenhaushalt und Jahr ist dies der Verbrauch von 118,5 t Haushalten



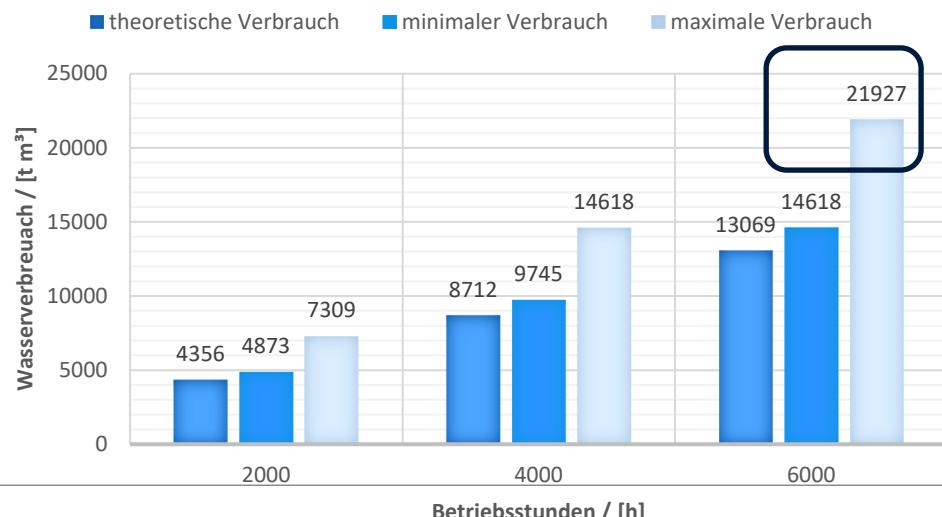
- Schwimmbecken: Bei 2.500 m^3 pro Schwimmbecken und Füllung ist dies der Verbrauch von 8770 Schwimmbecken

1,6 Mio. Schwimmbecken und Pools



- Bierproduktion: Bei 4 l Wasser pro 1 l Bier sind dies 5,48 Mrd. l Bier

783 Oktober-Feste



Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? – Schleswig-Holstein 2030



- Kleinstadtverbrauch: Bei 45 m^3 pro Person und Jahr ist dies der Verbrauch von 30.000 Menschen

250 Städte in D

3,9 Mio. Haushalte



- 4-Personenhaushalt: Bei 185 m^3 pro 4-Personenhaushalt und Jahr ist dies der Verbrauch von 7.300 Haushalte



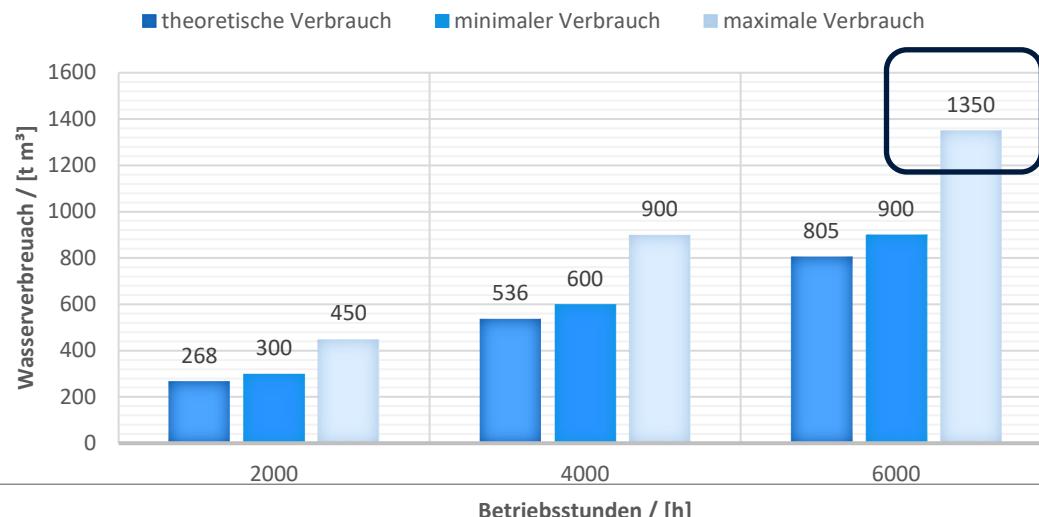
- Schwimmbecken: Bei 2.500 m^3 pro Schwimmbecken und Füllung ist dies der Verbrauch von 540 Schwimmbecken

1,6 Mio. Schwimmbecken und Pools



- Bierproduktion: Bei 4 l Wasser pro 1l Bier sind dies 337,5 Mio. l Bier

48 Oktober-Feste



Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Was bedeutet das genau? – Schleswig-Holstein Aktuell



- Kleinstadtverbrauch: Bei 45 m^3 pro Person und Jahr ist dies der Verbrauch von 130 Menschen

~1.000 in D

171 t Haushalte SH



- 4-Personenhaushalt: Bei 185 m^3 pro 4-Personenhaushalt und Jahr ist dies der Verbrauch von 32 Haushalte



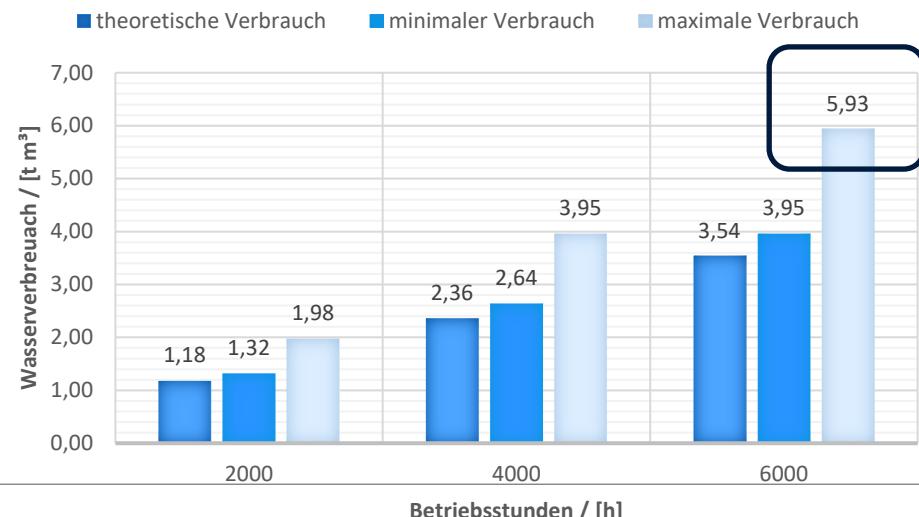
- Schwimmbecken: Bei 2.500 m^3 pro Schwimmbecken und Füllung ist dies der Verbrauch von 2,5 Schwimmbecken

220 Schwimmbecken SH



- Bierproduktion: Bei 4 l Wasser pro 1l Bier sind dies 1,483 Mio. l Bier

0,2 Oktober-Feste



[1, 2, 5]

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Ist das Schlimm?

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



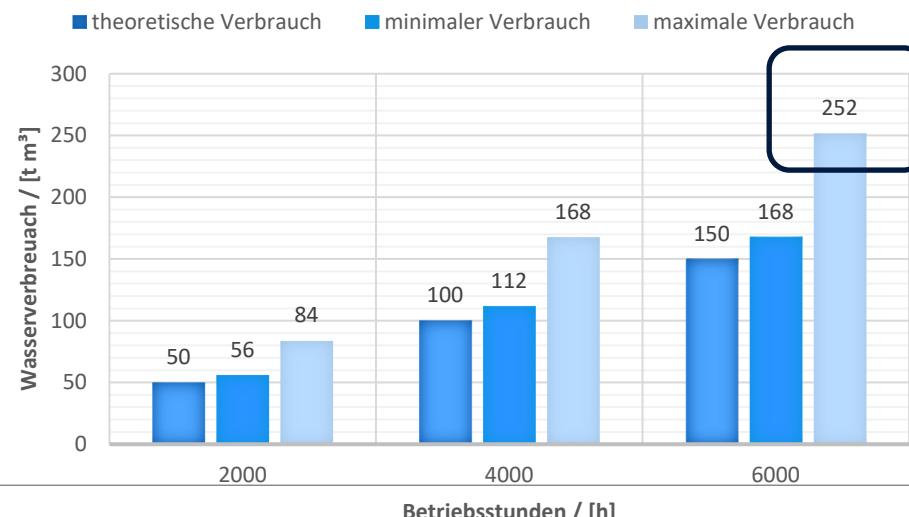
www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Ist das Schlimm? – Aktuell D

Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse			
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]
	Wasserbedarf real min./max.	min.	max.
PEM	10,0	14,6	PEM
AEL	9,5	11,2	AEL
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		[kW]
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]

Input Energie (y)	Produzierte Wasserstoffmenge (x _{H2})	Wasserbedarf (W)
$y = P_{PtG} * t$	$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$



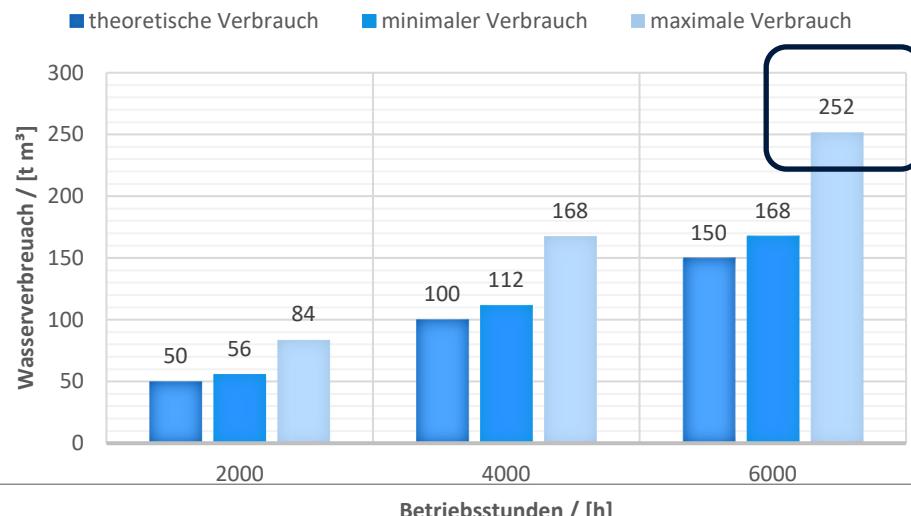
- 2022 Wassergewinnung der öffentlichen Versorgung: 5,3 Mrd. m³; davon 3,8 Mrd. m³ Grund- und Quellwasser

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Ist das Schlimm? – Aktuell D

Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse			
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]
	Wasserbedarf real min./max.	min.	max.
PEM	10,0	14,6	PEM
AEL	9,5	11,2	AEL
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		[kW]
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]

Input Energie (y)	Produzierte Wasserstoffmenge (x_{H2})	Wasserbedarf (W)
$y = P_{PtG} * t$	$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$



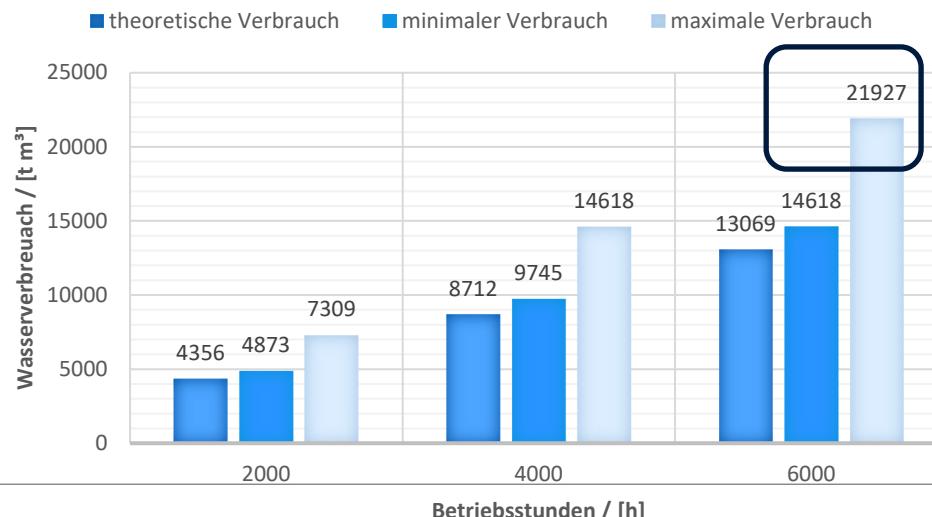
- 2022 Wassergewinnung der öffentlichen Versorgung: 5,3 Mrd. m³; davon 3,8 Mrd. m³ Grund- und Quellwasser
- 2022 Wassergewinnung der nicht öffentlichen Versorgung: 12,8 Mrd. m³; davon 2,2 Mrd. m³ Grund- und Quellwasser

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Ist das Schlimm? – 2030 D

Wasserbedarfsermittlung Elektrolyse			
x_I	angenommener Strombedarf	55	[kWh/kg _{H2}]
x_{H2O}	Wasserbedarf theoretisch	9,0	[H ₂ O/kg _{H2}]
	Wasserbedarf real min./max.	min.	max.
PEM	10,0	14,6	PEM
AEL	9,5	11,2	AEL
P_{PtG}	Elektrolyseleistung		[kW]
t	Betriebsstunden	2.000/ 4.000/ 6.000	[h]

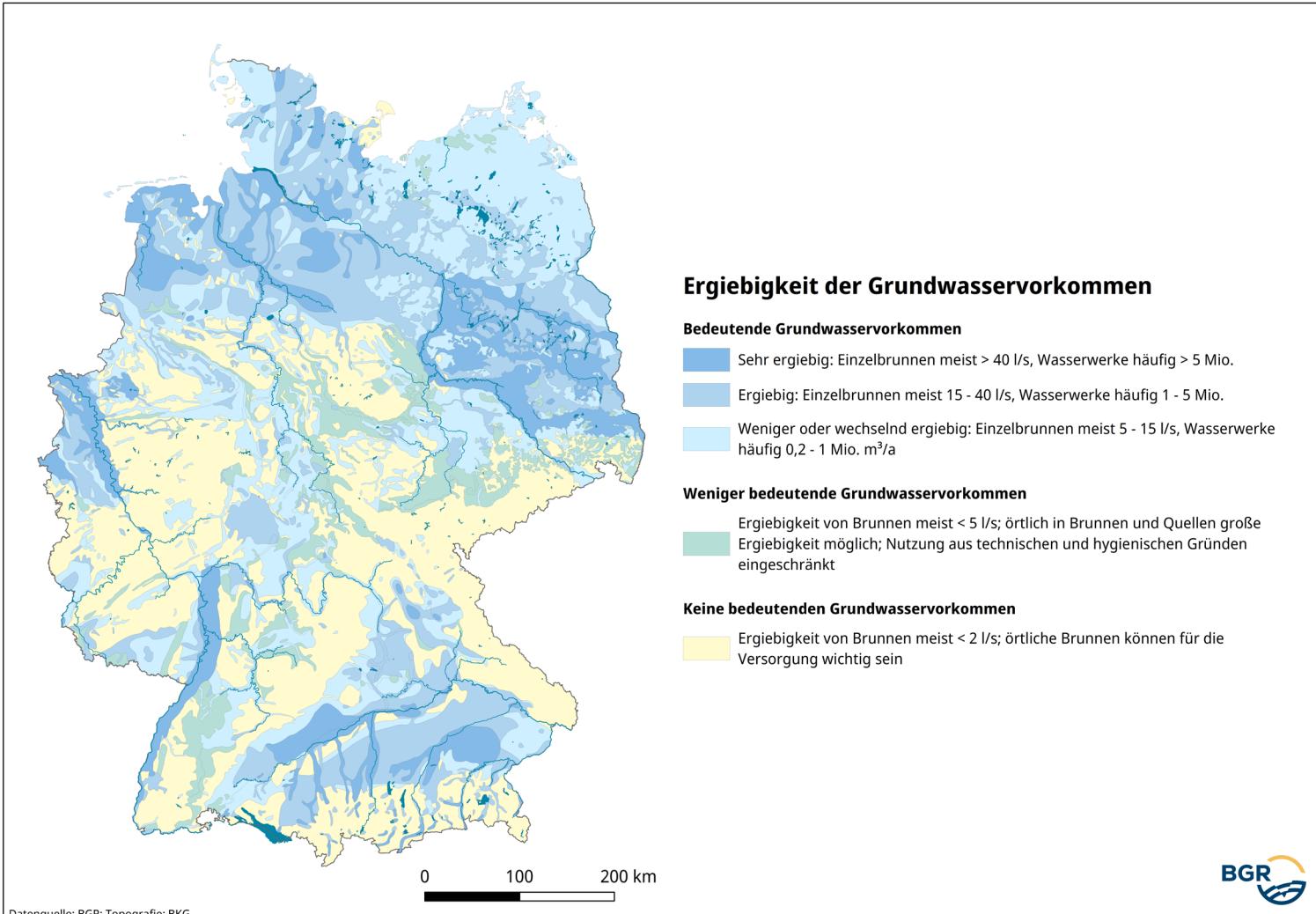
Input Energie (y)	Produzierte Wasserstoffmenge (x_{H2})	Wasserbedarf (W)
$y = P_{PtG} * t$	$z = \frac{y}{x_I}$	$W = z * x_{H2O}$



- 2022 Wassergewinnung der öffentlichen Versorgung: 5,3 Mrd. m³; davon 3,8 Mrd. m³ Grund- und Quellwasser
- 2022 Wassergewinnung der nicht öffentlichen Versorgung: 12,8 Mrd. m³; davon 2,2 Mrd. m³ Grund- und Quellwasser

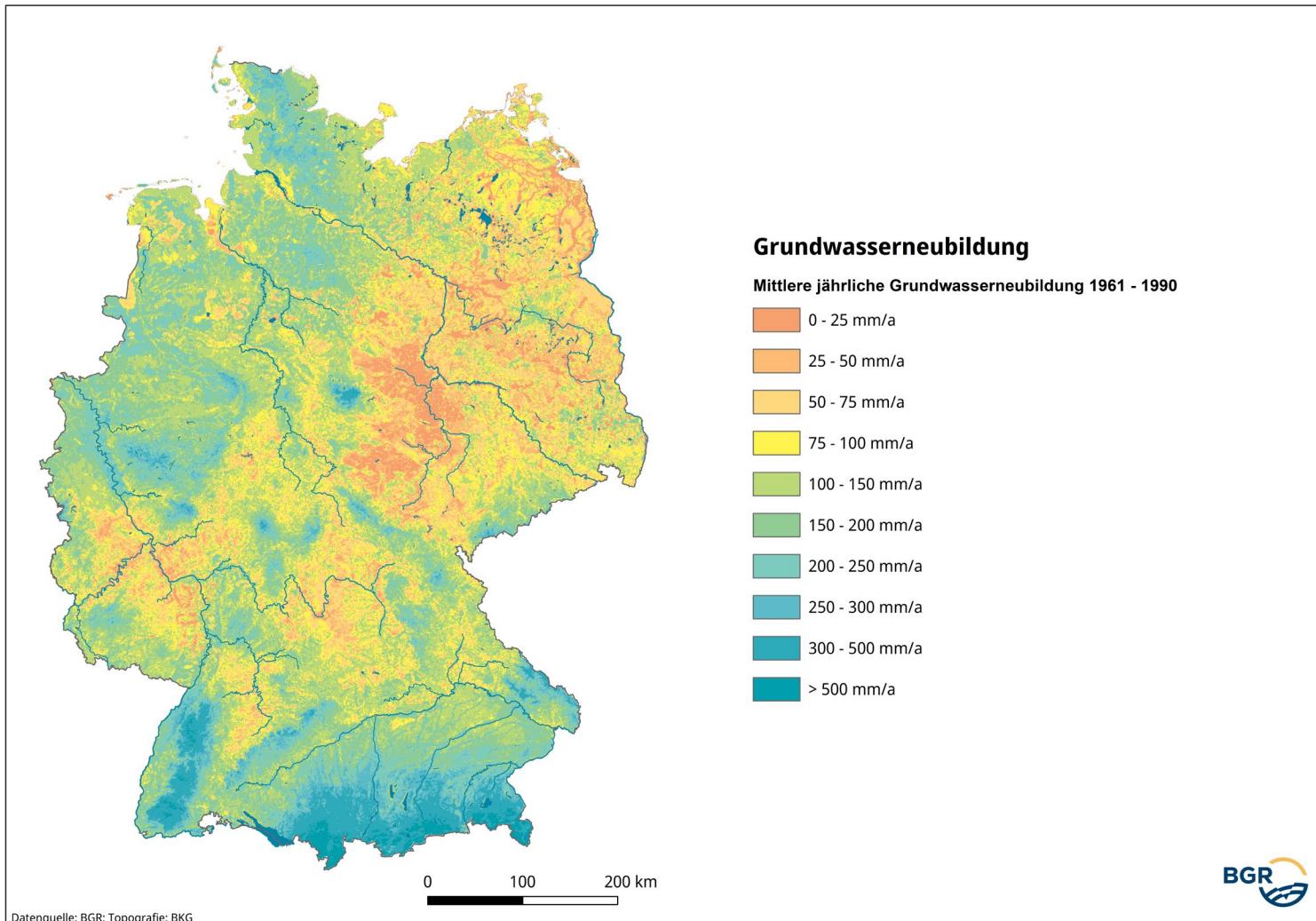
Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Ist das Schlimm?



Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Ist das Schlimm?



Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Ist das Schlimm?

— — —

- Grundwasser
 - Hohe Ergiebigkeit trifft wechselhafte Neubildung
- Bedarfe für die Wasserstoffproduktion
 - Im Bundesschnitt zwischen 1-5 % Der aktuellen Frischwassergewinnung (Ohne Schleswig-Holstein)
 - In Schleswig-Holstein sind es ca. 20 %
- Konsequenz:
 - Wasserstress ist ein realistisches Szenario
 - Wassernutzungsindex für D: 10,1%
 - Bundeslandabhängig
 - Standortspezifische Wasserverfügbarkeit schränkt die geplante H2-Produktion nicht ein, die Standortauswahl wird allerdings beeinflusst

$$\text{Wassernutzungsindex [%]} = \frac{\text{Wassernachfrage}}{\text{Wasserangebot}}$$

> 20 % = Wasserstress

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Und die Importe ?

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



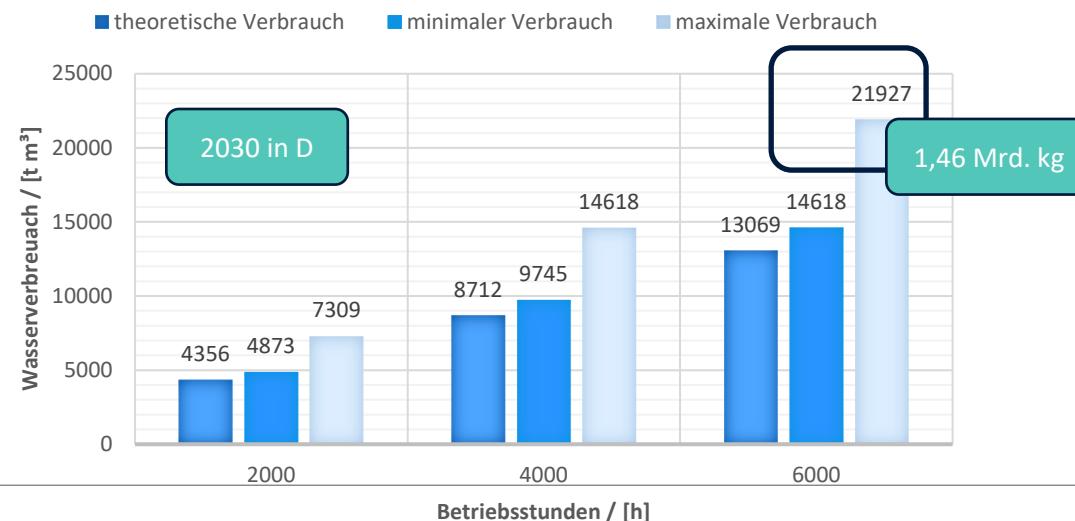
www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Wasserverbrauch für die Produktion von Grüner Wasserstoff: Und die Importe ?

- Aktueller Wasserstoffbedarf in D: 55 TWh (1,65 Mrd. kg)
- es wird davon aufgegangen, dass bis zu 70% davon importiert werden müssen

2030 in D: bis zu 110 TWh (3,30 Mrd. kg)



- Chile 2030: 25 GW^[8] Elektrolyse -> 2,72 Mrd. kg H_2
- 1.800 GW^[9] Erneuerbares Potential aus PV
- Wasserstress in Chile: Bereitstellung durch Meerwasserentsalzung (40.909 t m^3 Wasser)
- konservatives Import-Asset von 24,382 Mio. m^3 Wasser

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz
Wegbereiter für die Energiewende
Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert



www.cc4e.de

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Quellen

- [1] Jentsch, S., Scheffler, M., & Birth-Reichert, T. (2023). Wasserstoff in der angewandten Energieforschung. #schuleforschtmit, Magdeburg.
- [2] Jentsch, S., Scheffler, M., & Birth-Reichert, T. (2021). Wasser als kritische Ressource für die Wasserstofferzeugung. Vulkan-Verlag.
<https://doi.org/10.17560/gwfa.v162i09.2574>
- [3] Umweltbundesamt (2025). Wasserressourcen und ihre Nutzung.
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/wasser/wasserressourcen-ihre-nutzung>
(Abgerufen am 21.10.2025)
- [4] Kirchem, D., Bösch, L., Cullmann, A., & Holz, F. (2025). Elektrolyse: Wasserbedarf kein beschränkender Faktor, Wasserstoffnetz entscheidend. DIW Wochenbericht, 32/33, 495–505. https://doi.org/10.18723/diw_wb:2025-32-1
- [5] Artz, J. (2025). Elektrolyse-Monitor.
<https://www.wasserstoff-kompass.de/elektrolyse-monitor>
(Abgerufen am 21.10.2025)
- [6] Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (2025). Grundwasserversorgung in Deutschland.
https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Grundwasser/Deutschland/grundwasser_deutschland.html
(Abgerufen am 21.10.2025)
- [7] Umweltbundesamt (UBA) (2025). Indikator: Nutzung der Wasserressourcen.
<https://www.umweltbundesamt.de/daten/umweltindikatoren/indikator-nutzung-der-wasserressourcen>
(Abgerufen am 21.10.2025)
- [8] Ministry of Energy, Government of Chile (2020). National Green Hydrogen Strategy: Chile, a clean energy provider for a carbon neutral planet. Santiago de Chile.
- [9] Bertram, R. (2021). Good news from Chile.
<https://energytransition.org/2021/05/good-news-from-chile/>
(Abgerufen am 22.10.2025)

Grüner Wasserstoff – Zukunftstechnologie oder Dürre-Verursacher?

Kontakt

Competence Center für Erneuerbare Energien und EnergieEffizienz
Prof. Dr.-Ing. Torsten Birth-Reichert
torsten.birth-reichert@haw-hamburg.de

Steindamm 96
20099 Hamburg



www.cc4e.de