

*WAS**h*₂*Emden*

*Innovative und umweltfreundliche
Wasserstoffanwendungen im Seehafen Emden*

- Ergebnisse der Potentialstudie -

Online Abschlusskonferenz, 26. Mai 2020



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

WASh₂ Emden

Wasserstoffanwendungen im Seehafen Emden

- Ziel:
 - Emissionsreduktion beim landseitigen Hafenbetrieb und in der Logistik sowie bei den im Hafen liegenden Schiffen
- Kernfragestellung:
 - Welche Rolle kann Wasserstoff im Emdener Hafen spielen, um einen Beitrag zur Energiewende zu leisten?
 - Wie sieht eine technisch realisierbare und ökonomisch sinnvolle grüne H₂-Versorgungskette für den Hafenstandort Emden aus?
- Partner:

Leadpartner:

Niedersachsen
Ports

Projektpartner:

abh
MARIKO

DBI GTI
Gastechнологisches Institut

Tyczka
UNTERNEHMENSGRUPPE

In Zusammenarbeit mit:

epas
University of Applied Sciences
HOCHSCHULE
EMDEN-LEER

Gefördert durch:

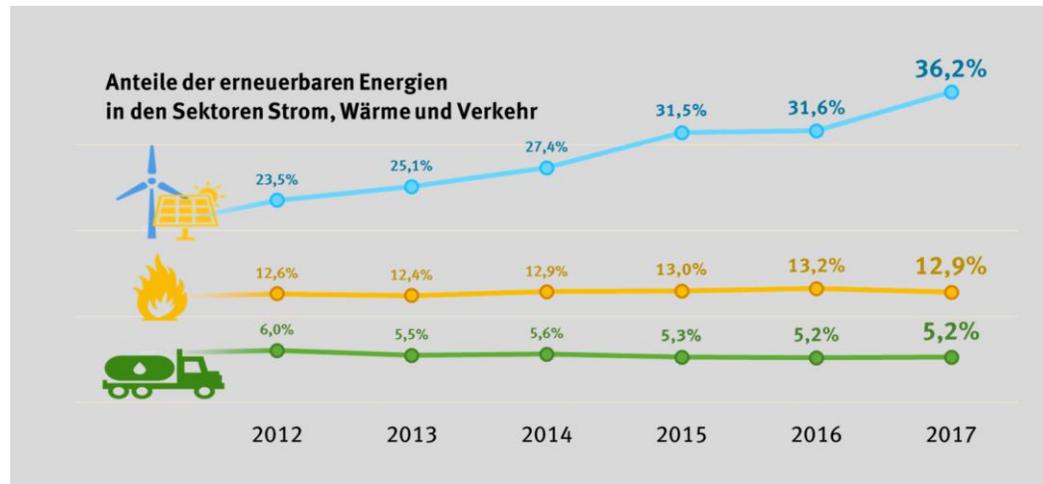
Projektträgerschaft
Innovative
Hafentechnologien



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

WASh₂Emden

Hintergrund des Projekts



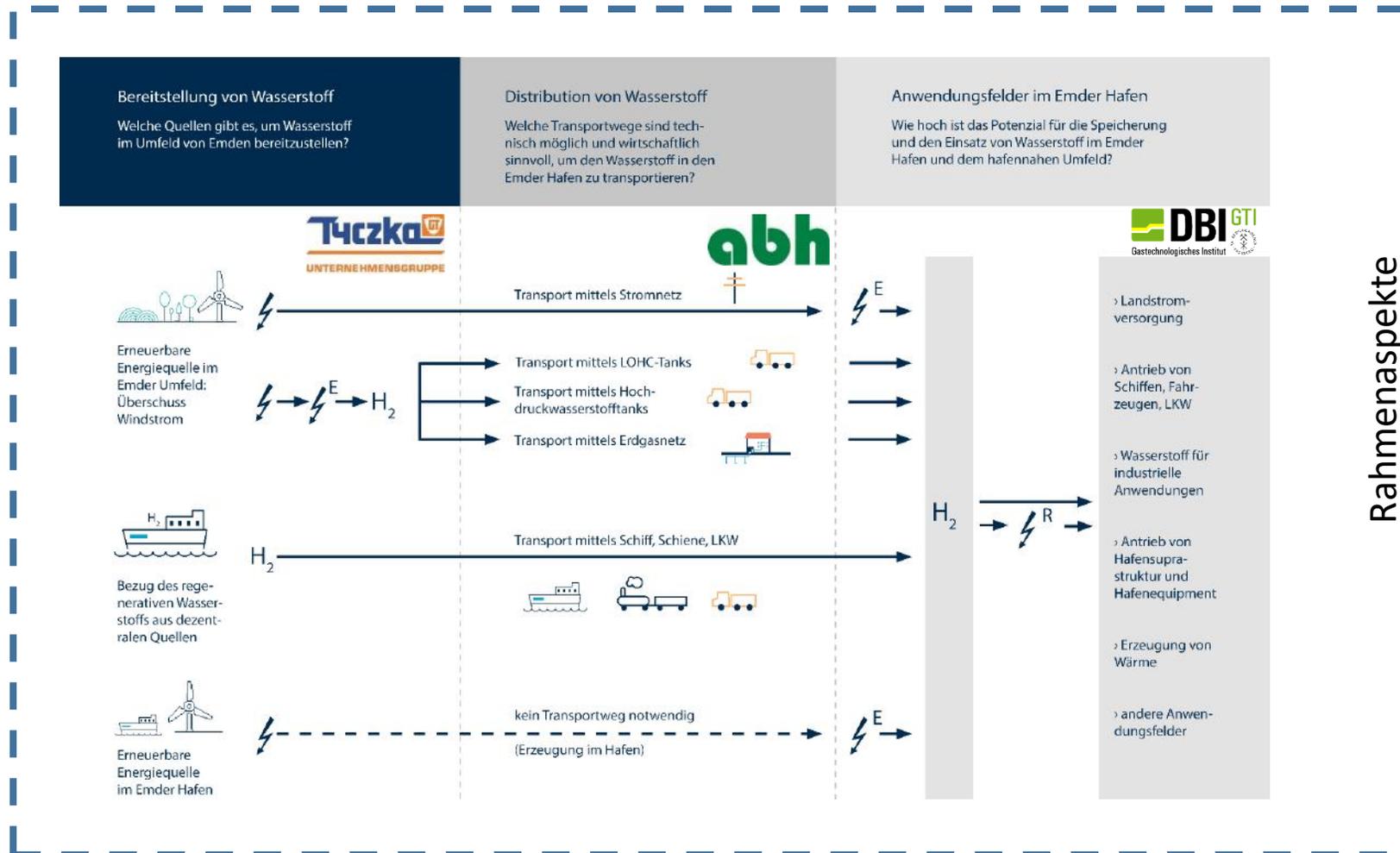
Source:Umweltbundesamt



Atome von ganz normalem Wasser (H₂O) werden durch Strom aufgespalten zu Wasserstoff (H₂) und Sauerstoff (O)



Untersuchungsfelder des Projektes



Rahmenaspekte

Niedersachsen
Ports

- Koordination
- Bereitstellung von Daten
- Kundenbefragung
- Rules & Regulations
- Anreizmöglichkeiten

MARIKO

- Kommunikation
- Energiemarkt
- Nachhaltigkeitsbewertung
- Schulungsanforderungen

Bereitstellung grüner Wasserstoff

Tyczka GmbH

Manuel Gigli

Unternehmensentwicklung / Strategie



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Tyczka Unternehmensgruppe

Produkte

Energie

Flüssiggas

LNG

Industriegase

Technische Gase

Medizinische Gase

Kältemittel

Spezialgase

Services

Logistik und
Vermietung von
Kesselwagen

Anlagenbau

Kunden

**>200.000
Vertragskunden**

&

**4 Mio. Flaschengas
Kunden**



>400.000
Tonnen Flüssiggas



>300
Millionen Euro Umsatz



>100.000
Tonnen flüssiger Luftgase



>1.000
Mitarbeiter inklusive
Beteiligungen

Bereitstellung grüner Wasserstoff

Betrachtungsszenarien

- Analyse möglicher Erzeugungs- und Bereitstellungsoptionen
 - Wasserstoffherzeugung durch Netzstrom
 - Diese Stromquelle enthält die vollen Umlagekosten (z.B. EEG-Umlage) des Strombezugs aus dem öffentlichen Netz und soll darstellen, welche regulatorischen Parameter für einen wirtschaftlichen Betrieb einer Elektrolyse angepasst werden müssen.
 - Wasserstoffherzeugung durch Windstrom
 - Direkte Anbindung einer Elektrolyse an die in unmittelbarer Nähe zum Seehafen Emden bereits vorhandenen Windkraftanlagen ohne Nutzung der öffentlichen Netze.

Bereitstellung grüner Wasserstoff

- Wie groß ist das Potenzial Wasserstoff in Emden durch den Bezug von Überschusswindstrom zu erzeugen?
 - Anhand der zur Verfügung gestellten Daten aus zwei Windstromversorger lassen sich Überschusskapazitäten die für eine Wasserstoffproduktion interessant sind ableiten:
 - Ausfallzeiten: 1.320 Stunden/Jahr
 - Ausfallarbeit: 53.081 MWh/Jahr bei 58,59 MW installierter Leistung
 - Insgesamt wurden Daten aus 4 Windparks in unmittelbarer Nähe zum Emdener Seehafen herangezogen

Bereitstellung grüner Wasserstoff

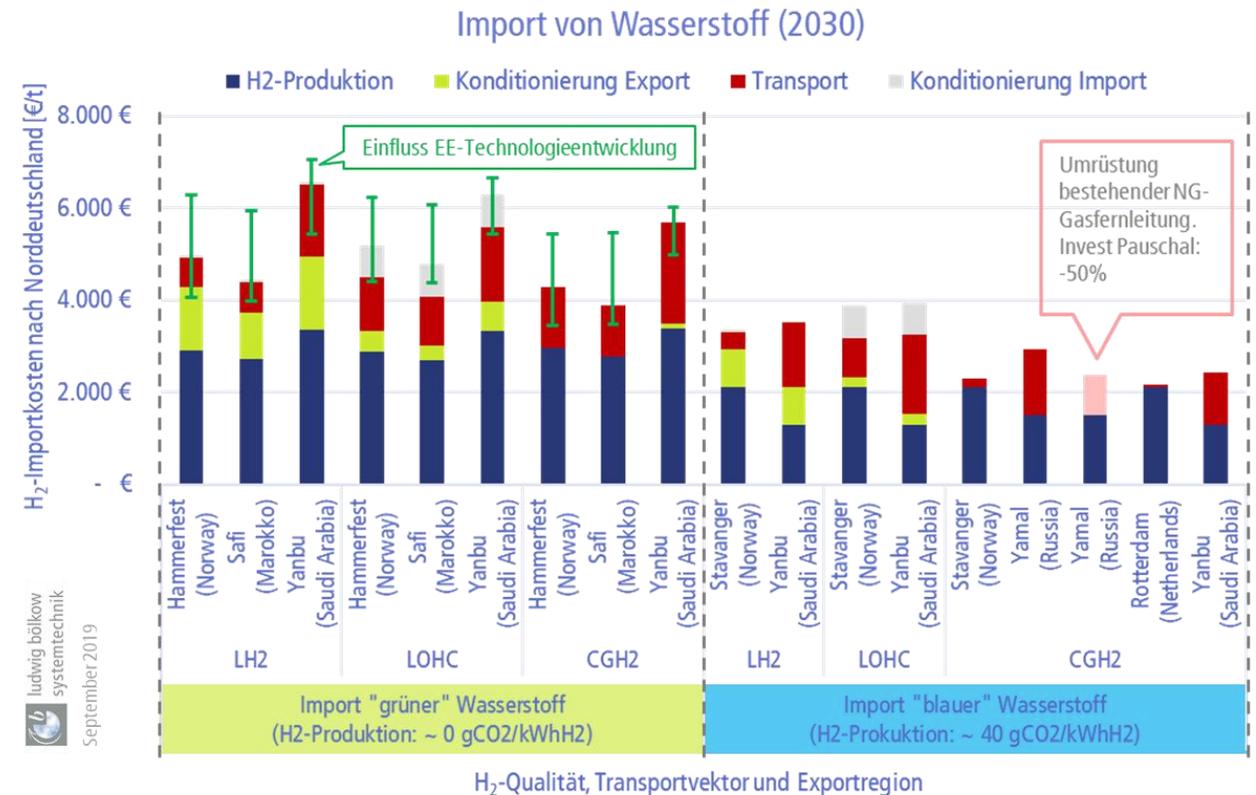
- Was kostet mich grüner Wasserstoff und was muss passieren, damit dieser möglichst günstig unter den heutigen Rahmenbedingungen erzeugt werden kann?

Betrachtung Windstromnutzung	H ₂ -Menge	WKA	Elektrolyseur	Speicher	Gestehungskosten Szenario normal	Gestehungskosten Szenario optimiert
	kt/a	MW	MW	kg	€/kg	€/kg
30 % Hafen fossil (PKW & Flurförderfahrzeuge)	0,05	10	3,6	750	23,85	14,22
30 % elektrische Flurförderfahrzeuge	0,3	10	3,6	750	13,36	6,97
30 % Hafen fossil + elektrische Flurförderfahrzeuge	0,35	10	3,6	750	13,21	6,88
100 % Hafen fossil (alle Landfahrzeuge)	1,6	52	10	4.500	9,75	3,72
100 % elektrische Flurförderfahrzeuge	0,9	52	7,2	1.500	10,08	3,93
100 % Hafen fossil + elektrische Flurförderfahrzeuge	2,5	52	20	6.000	9,73	3,66

- Um eine optimierte Produktion mit geringen H₂-Gestehungskosten zu ermöglichen, ist eine Inanspruchnahme diverser Umlagereduzierungen nötig

Bereitstellung grüner Wasserstoff

- Zu welchen technologischen und ökonomischen Bedingungen kann Wasserstoff nach Emden über See importiert werden?
 - Importkosten für **grünen** Wasserstoff: 4.000 bis 6.000 €/t-H₂
 - Die geringsten Importkosten sind für Wasserstoff aus Marokko zu erwarten (gute Solar- und Windverhältnisse)
 - Importkosten für **blauen** Wasserstoff: 2.000 und 4.000 €/t-H₂
 - Durch geringe Erdgaskosten auf der arabischen Halbinsel und in Russland möglich
 - Der Kostenvorteil bei der H₂-Produktion wird jedoch durch höhere Transportkosten nach Norddeutschland ausgeglichen



Zeit für Fragen!

Wasserstoffabnehmer und -nutzungsmöglichkeiten

DBI - Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg
An-Institut der TU Bergakademie Freiberg

Dr. Andreas Hänel



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

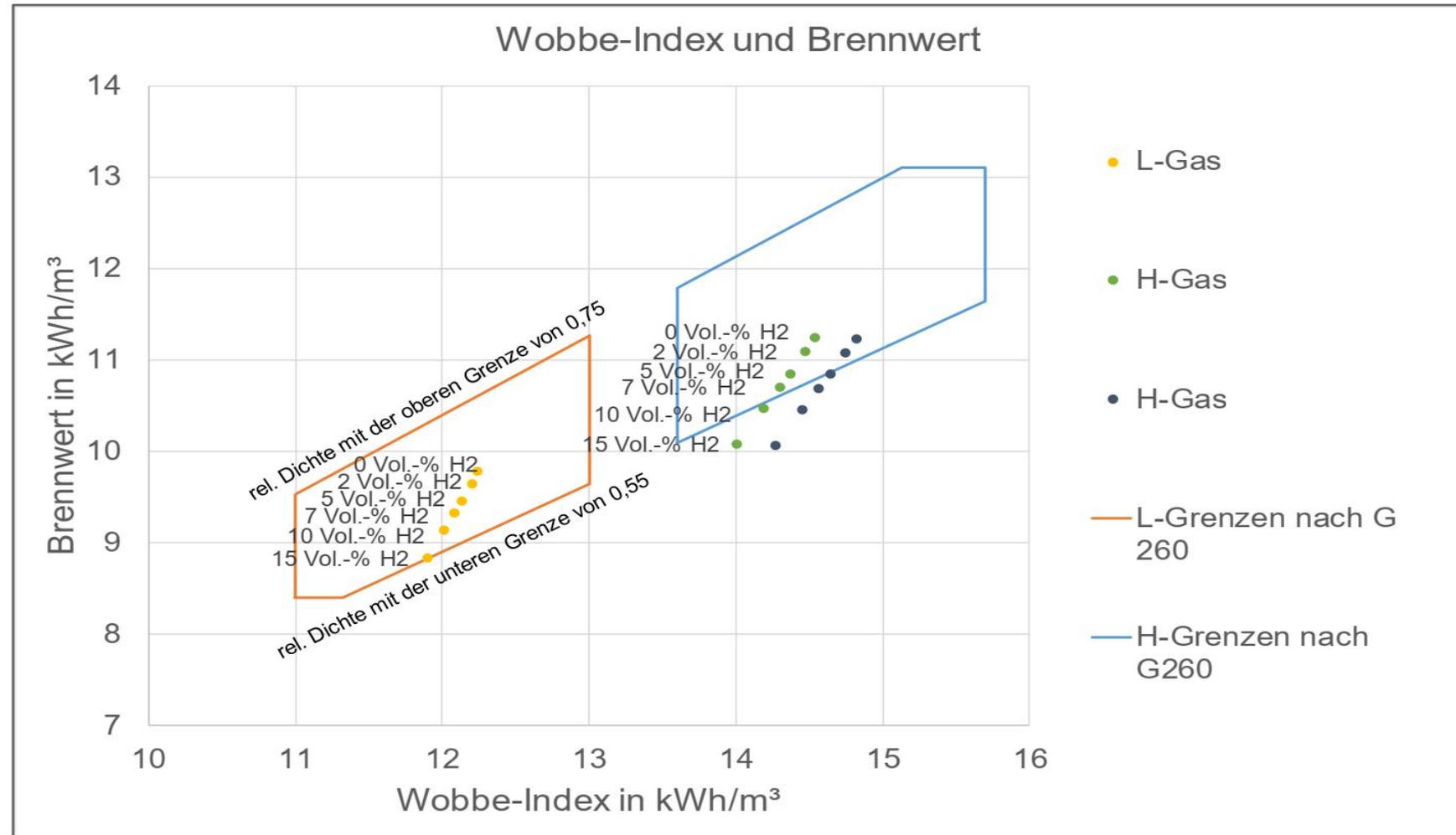
Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Einspeisung von H₂ ins Erdgasnetz

- DVGW G 260 & G 262
→ 10 Vol.-%
- Kritische H₂-Abnehmer
- Gaseigenschaften
- H₂-Verträglichkeit der Infrastruktur und Gasverbraucher
- H₂-Abtrennung
→ Membran; DWA



H₂-Anwendungen & Kosten

Anwendung	Ø-H ₂ Verbrauch	Anschaffungspreis
PKW	0,8 – 1 kg/100 km	Ab 65.000 €
Kastenwagen	1,5 kg/100 km	Ab 48.300 €
Gabelstapler	0,3 kg/h	(Flottenabhängig)
LKW	9 - 10 kg/100 km	Ab 332.000 €
Bus	10 - 14 kg/100 km	650.000 €
H ₂ -Verbrennungsmotor	3,6 kWh/km	Dieselmotorniveau
Zug	18 - 22,5 kg/100 km	30 % teurer als Diesellok
BZ-Heizung (0,25 – 5 kW _{el})	$\eta_{Ges} \leq 95 \%$ ($\eta_{el} = 40-60 \%$)	6.150 € / 100 W
H ₂ -BHKW (Motor)	$\eta_{Ges} \approx 80 \%$ ($\eta_{el} = 37,7-40,5 \%$)	2x BHKW

Geräte / Anlage /
Fahrzeuge

Flurförderfahrzeug (fossil)

Flurförderfahrzeug (el.)

PKW

Maximalszenario

Fossil: 52,2 GWh/a (1,6 kt/a)

Elektrisch: 29,7 GWh/a (0,9 kt/a)

Gesamt: 81,9 GWh/a (2,5 kt/a)

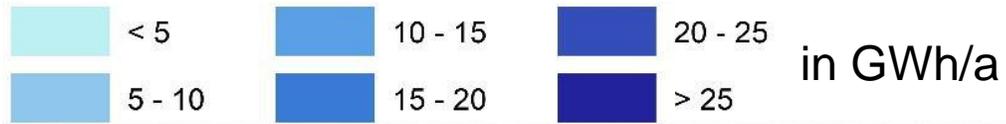
Min

Fossil: 1,5

Elektrisch: 8

Gesamt: 10,4

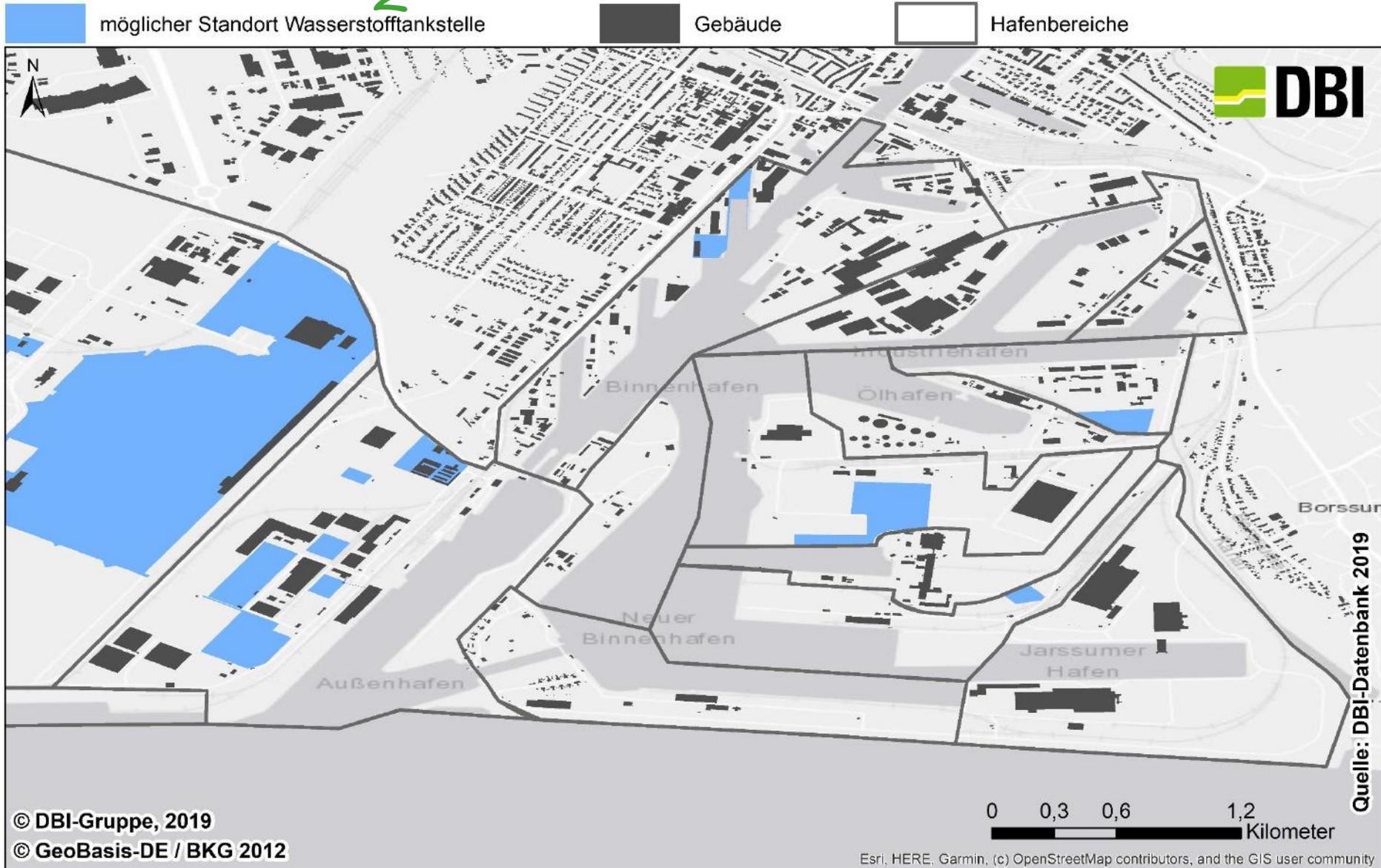
H₂-Bedarf Emden



100 % Umstellung
Brennstoffzelle + H₂-Verbrennungsmotor



H₂-Tankstellen



Zeit für Fragen!

Wasserstoffinfrastruktur und Speichersysteme



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Speichertechnologien

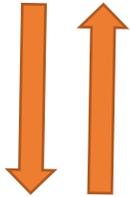
LOHC	Bei der Speicherung von Wasserstoff in LOHC wird der Wasserstoff chemisch an eine Flüssigkeit Gebunden.	Energiedichte Volumetrisch	1899,81 kWh/m³
		Energiedichte Gravimetrisch	1,8 kWh/kg
LH2	Wasserstoff wird auf - 253°C gekühlt und in flüssiger Form in Cryobehältern gelagert	Energiedichte Volumetrisch	2359,76 kWh/m³
		Energiedichte Gravimetrisch	33,33 kWh/kg
CH2	Der Wasserstoff wird verdichtet und in Druckbehältern gespeichert	Energiedichte Volumetrisch 200 bar	591,73 kWh/m³
		Energiedichte Volumetrisch 500 bar	1479,33 kWh/m ³
		Energiedichte Volumetrisch 700 bar	2071,06 kWh/m ³

Versorgung einer Staplerflotte mit LOHC



Nichtisolierter, druckloser Tank zur Speicherung von beladenem und unbeladenem LOHC in verschiedenen oder Membrantanks

6 Fahrzeuge
Verbrauch ca. 0,3 kg/h pro Fahrzeug
oder **14,4 kg/d**
Tankkapazität 2,5 kg
Tankdruck 350 bar



Dehydrierung

Wasserstoffaustritt 0,9 kg/h
oder **21,6 kg/d**
Größenordnung 30' Container
Ausgangsdruck 10- 100 bar

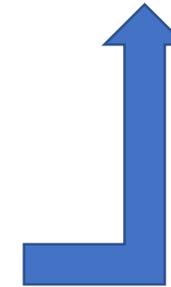
- Die Größe der Dehydriereinheit ist entscheidend.
- Verdichtung und Zwischenspeicherung ist nötig.



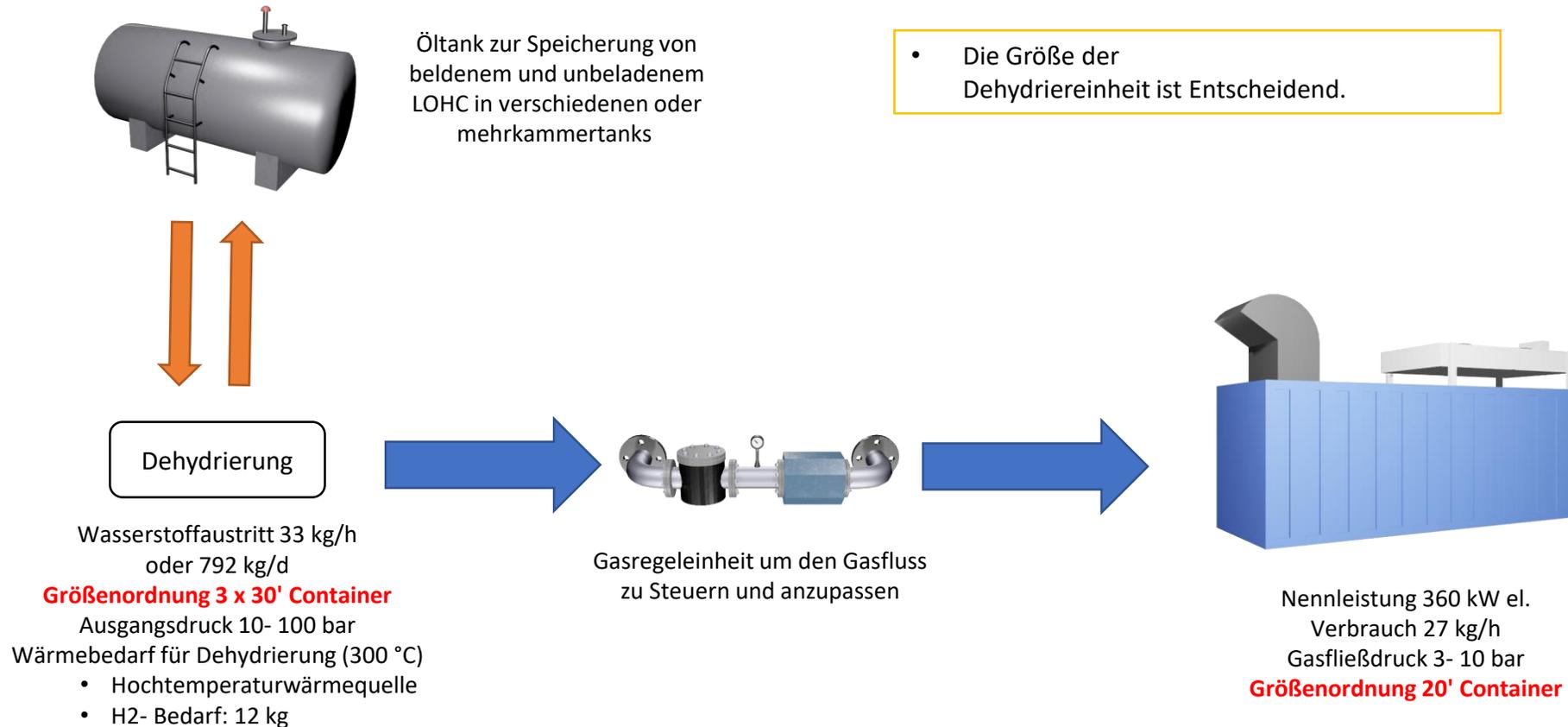
Wasserstoffverdichter mit Pufferspeicher
Verdichtung und Speicherung auf
350/700 bar



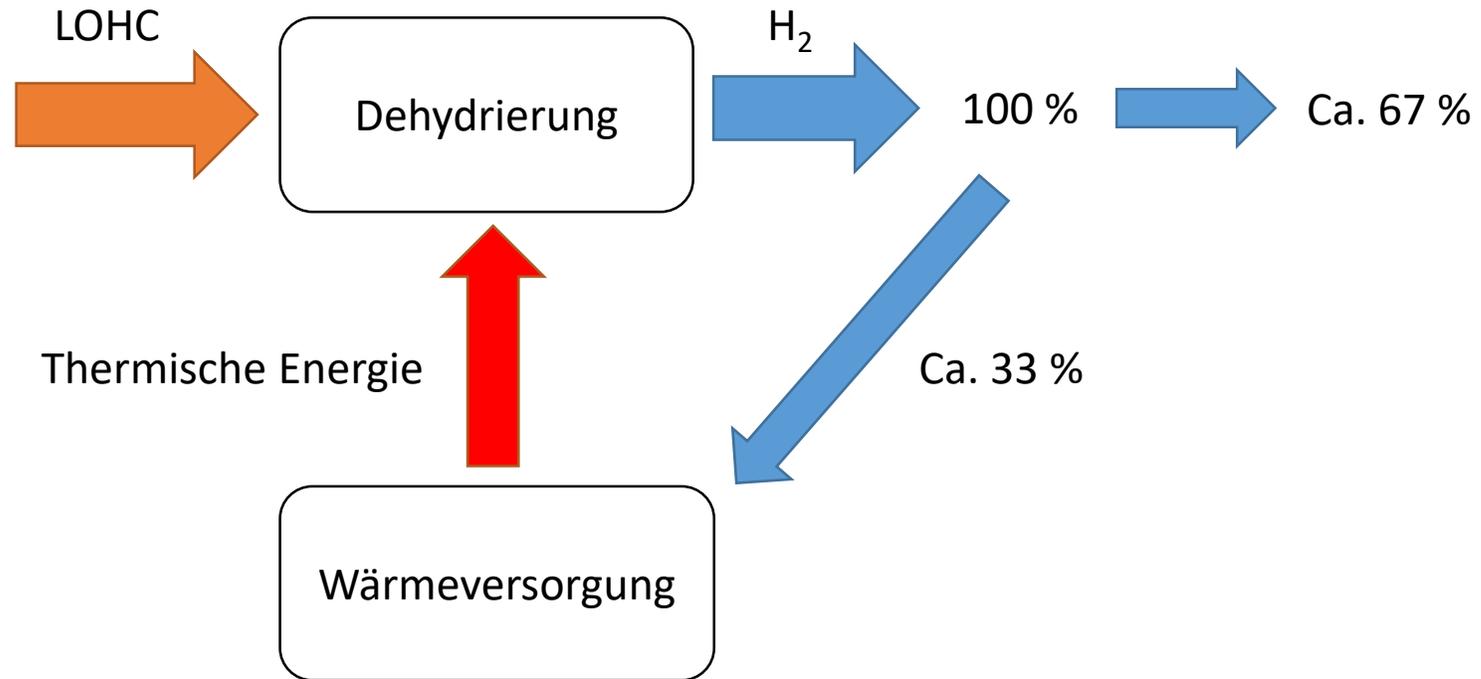
Durchfluss 20 kg/h
Betankung 7,5 min
Tankdruck 350 bar



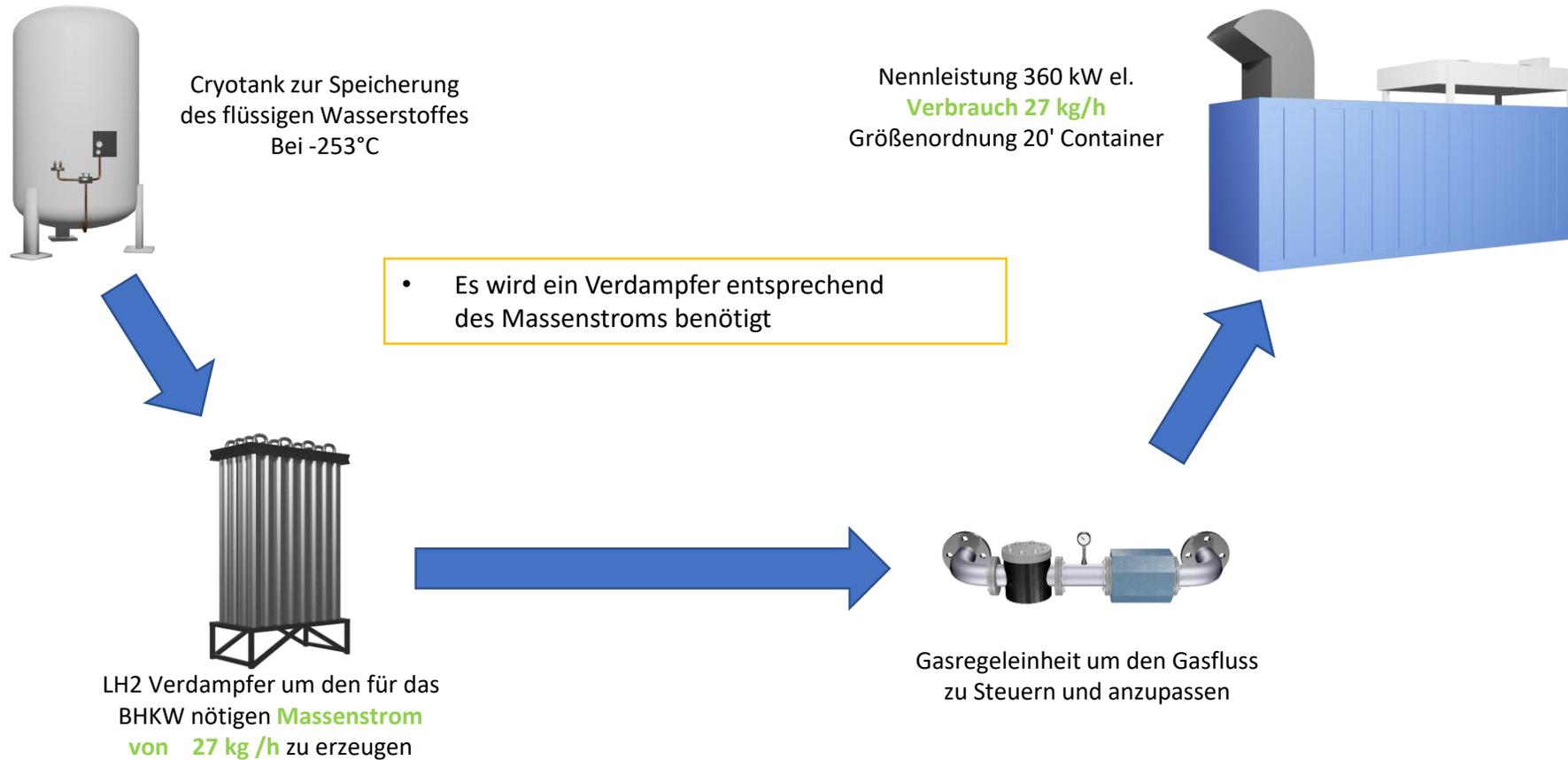
Versorgung BHKW mit LOHC



Wärmebedarf Dehydrierung



Versorgung BHKW mit LH2



Versorgung einer Staplerflotte mit LH2

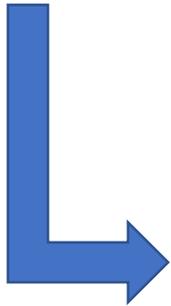


Cryotank zur Speicherung
des flüssigen Wasserstoffes
Bei -253°C
Boil off > 14,4 kg/d

6 Fahrzeuge
Verbrauch ca. 0,3 kg/h pro Fahrzeug
oder **14,4 kg/d**
Tankkapazität 2,5 kg
Tankdruck 350 bar



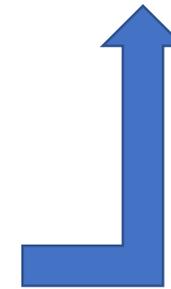
- Bei einer entsprechenden Tankauslegung kann eine Tankstelle mit dem Boiloff- Gas gespeist werden, so dass kein Verdapfer benötigt wird.



Wasserstoffverdichter mit Pufferspeicher
Verdichtung und Speicherung auf
350/700 bar



Durchfluss 20 kg/h
Betankung 7,5 min
Tankdruck 350 bar

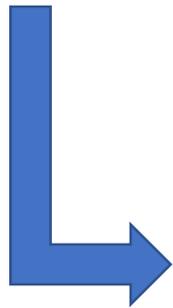


Versorgung Staplerflotte mit CH₂



Wasserstoffdrucktank

- Verschiedene Druckstufen
- Bauarten
 - Standard Drucktank
 - Containerisiert mit Kompositbehältern
 - Druckflaschen im Bündel

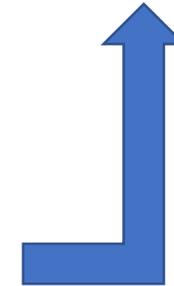


Wasserstoffverdichter mit Pufferspeicher
Verdichtung und Speicherung auf
350/700 bar

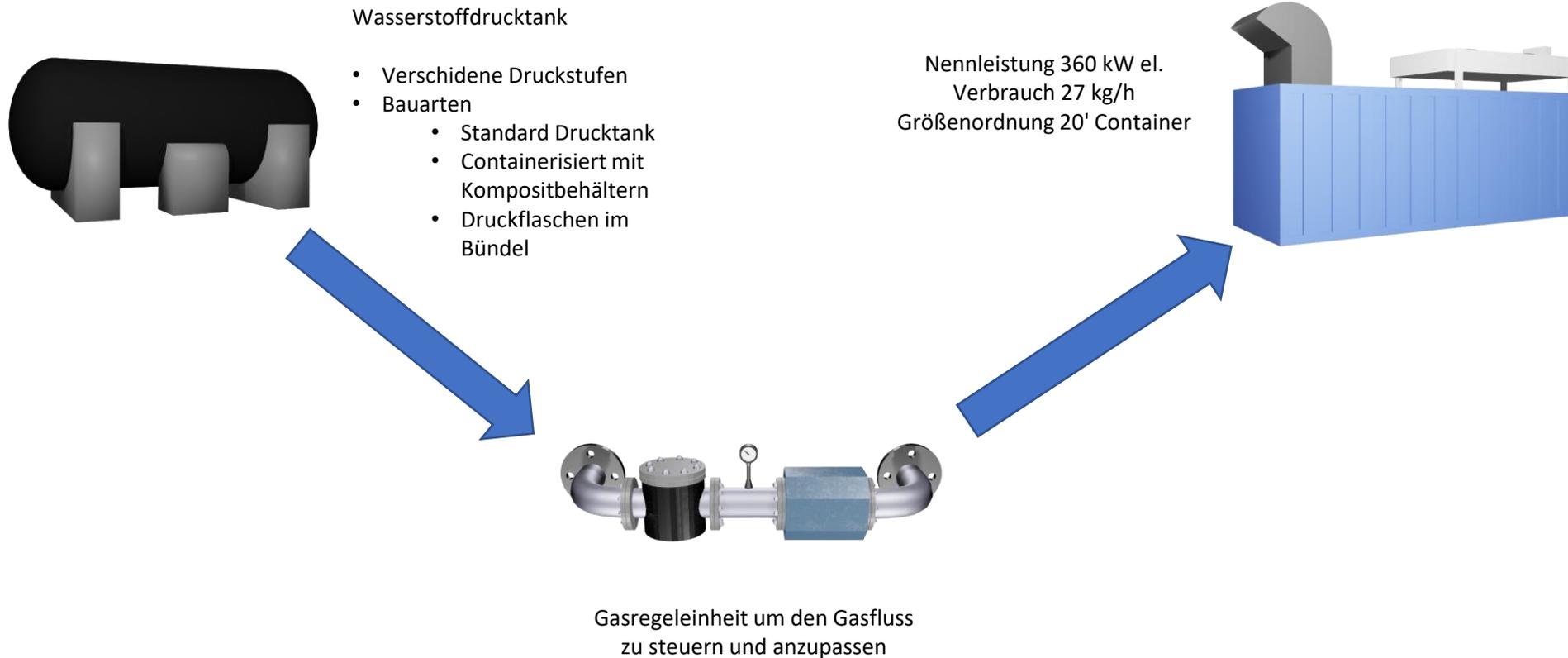


Durchfluss 20 kg/h
Betankung 7,5 min
Tankdruck 350 bar

6 Fahrzeuge
Verbrauch ca. 0,3 kg/h pro Fahrzeug
oder insgesamt **14,4 kg/d**
Tankkapazität 2,5 kg
Tankdruck 350 bar



Versorgung BHKW mit CH₂



Auswahlkriterien

Auf der Anwenderseite kann technisch jede Speichertechnologie angewendet werden		
Kriterien für die Auswahl der Speichertechnologie		
LH2	LOHC	CH2
<ul style="list-style-type: none"> • Tieftemperaturlagerung • $T_{LH_2} = -253 \text{ °C}$ • Cryotanks <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> • H₂- Verflüssigungsanlage <ul style="list-style-type: none"> • 5 t/d mit LN₂- Quelle • 15 t/d ohne LN₂- Quelle 	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerung bei Umgebungstemperatur • Dehydrierung bei ca. 300 °C <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dehydrierung Anwender: <ul style="list-style-type: none"> • Vorliegen einer Hochtemperaturquelle • Einsatz von 1/3 der im Wasserstoff enthaltenen Energie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerung bei Umgebungstemperatur • Variabler Speicherdruck <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kleinanwendungen einfach darstellbar • Behälterlogistik

Für eine Demonstrationsanlage im Emdener Hafen empfiehlt sich eine Druckwasserstoffspeicherung

Zeit für Fragen!

Rahmenaspekte für den Wasserstoffeinsatz

Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG

Dr. Matthäus Wuczkowski

MARIKO GmbH

Sören Berg



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

WASh₂Emden

Anreizmechanismen

I. Schaffung übergreifender politischer Rahmenbedingungen

- Förderung einer anwendungsorientierten Forschung zur Reduzierung von H₂-Herstellungskosten
- Schaffung eines integrierten Fördersystems für Wasserstoff (Förderung unbürokratisch und aus einer Hand)
- Einführung politisch festgelegter garantierter Abnahmemengen für Wasserstoff zu festgelegten Preisen
- Berücksichtigung sauberer Antriebstechnologien in öffentlichen Ausschreibungen
- Massiver Ausbau erneuerbarer Energien
- Schaffung von Planungssicherheit für Investitionen in den Ausbau erneuerbarer Energien durch Kontinuität und Verlässlichkeit in den Ausbauzielen

WASh₂ Emden

Anreizmechanismen

II. Finanzielle Entlastungen...

...für Bereitsteller von Wasserstoff

- Senkung bzw. Abschaffung der EEG-Umlage für grünen Wasserstoff
- Senkung bzw. Abschaffung von Netzentgelten für die Produktion von Wasserstoff aus Netzstrom

...für Nutzer von Wasserstofftechnologien

- Maßgebliche Ausrichtung der Kfz-Steuer an CO₂-Ausstoß
- Vorübergehende Kfz-Steuerbefreiung für H₂-betrieben Fahrzeuge
- Mautbefreiung von LKW mit H₂-Antrieb
- Reduktion von Hafengebühren für CO₂-freundliche Schiffe

III. Finanzielle Belohnung...

...für Bereitsteller von Wasserstoff

- Einführung einer Umlage, die H₂-Produzenten zugutekommt, sobald sie das Stromnetz damit entlasten
- Direktförderung für Investitionen und Betrieb in H₂-Erzeugungsanlagen sowie H₂-Tankstellen
- Einführung eines Preises für die Abscheidung von CO₂ aus der Atmosphäre bzw. fossiler Energieversorgungsanlagen, aus Industrieanlagen oder aus dem Einsatz von Biomasse zur Energieerzeugung sowie seine Speicherung

...für Nutzer von Wasserstofftechnologien

- Direktförderung für Investitionen und Betrieb von H₂-betriebenen Fahrzeugen, Betriebsgeräten und sonstiger Anlagen
- Verursachergerechte Monetisierung externer Effekte z.B. durch den Abbau von Subventionen für erdölbasierte Kraftstoffe oder die Einführung einer progressiven CO₂-Steuer

WASh₂ Emden

Rechtliche Rahmenaspekte



- Errichtung kleinerer WKA möglich (<30m)
- Fehlende Lärmkontingente im Hafen könnten Genehmigung im Weg stehen
- Größere Anlagen erfordern Genehmigungsverfahren nach BImSchG (>30m)



- Errichtung eines Elektrolyseurs immer genehmigungspflichtig nach BImSchG unabhängig von Größe

Tankstelle

- Kleine Tankstellen mit einer Lagerkapazität <3t benötigen lediglich Zulassung nach Betriebs-sicherheitsverordnung
- Größere Tankstellen benötigen Genehmigung nach BImSchG

Speicher

- Speicherkapazitäten bis 30t Wasserstoff benötigen vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach BImSchG
- Höhere Speicherkapazitäten benötigen ein Genehmigungsverfahren nach BImSchG mit Öffentlichkeitsbeteiligung

Energiemarktregulatorische Rahmenbedingungen

- Elektrolyseure gelten als Letztverbraucher und müssen sämtliche Netzentgelte zahlen
- Politik zum Handeln aufgefordert, Rahmenbedingungen anzupassen
 - Wettbewerbsneutralität zu konventionellen Kraftstoffen durch Überarbeitung der Steuern, Abgaben und Umlagen schaffen
 - „EEG-Umlage“ für fossile Kraftstoffe
 - Ausbauziele der erneuerbaren Energien im Blick behalten



Zeit für Fragen!

*Gesamtbewertung der
Potentialstudie
Technische und wirtschaftliche
Bewertung*

Hochschule Emden-Leer

Adenike Bettinger



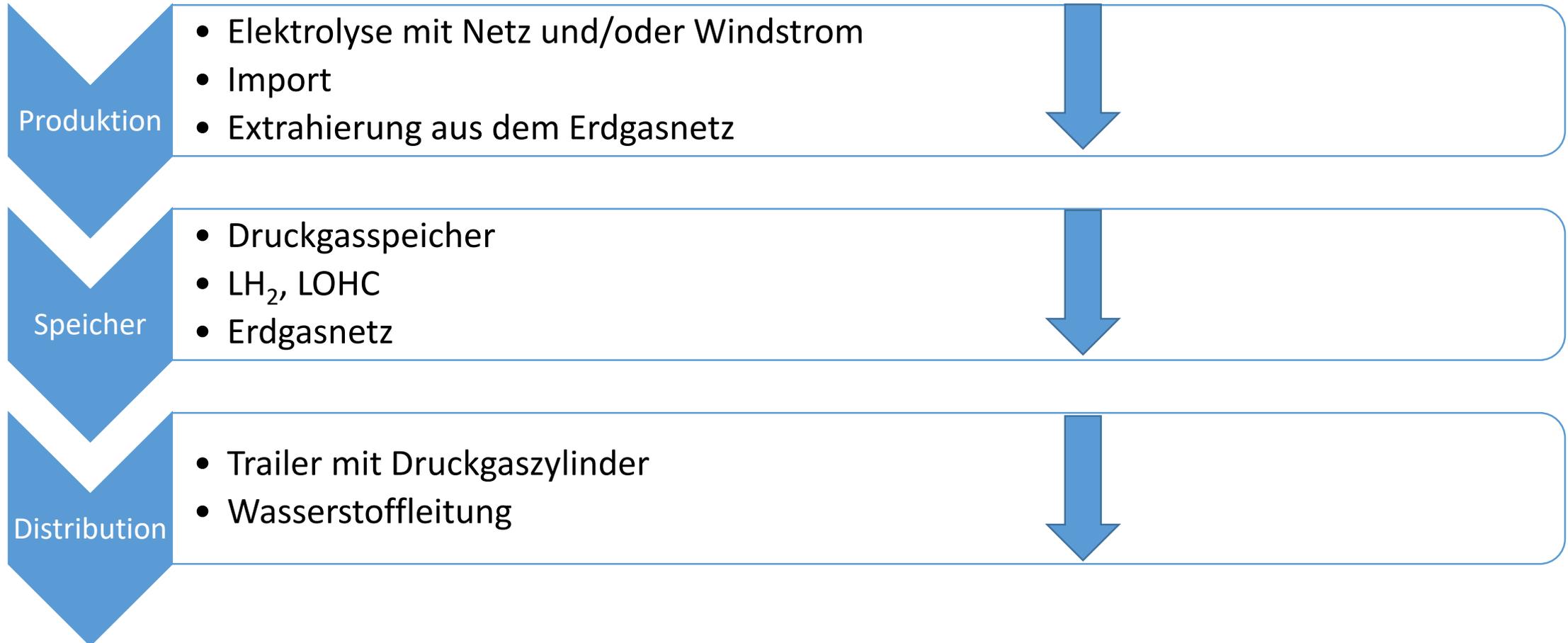
IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Gefördert durch:



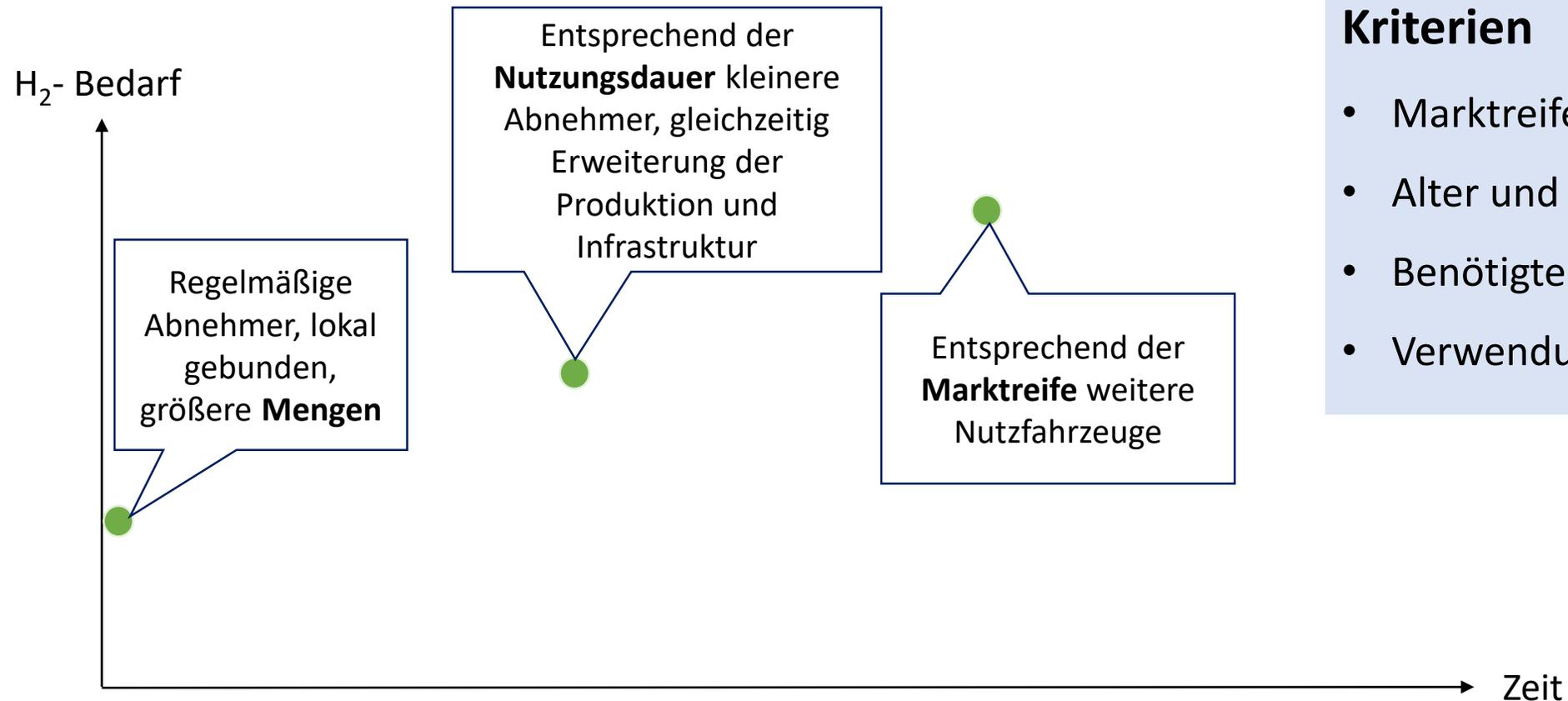
aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Technische Gesamtbewertung Wasserstoffkette



Technische Gesamtbewertung

Initiierung einer Wasserstoffwirtschaft in Emden

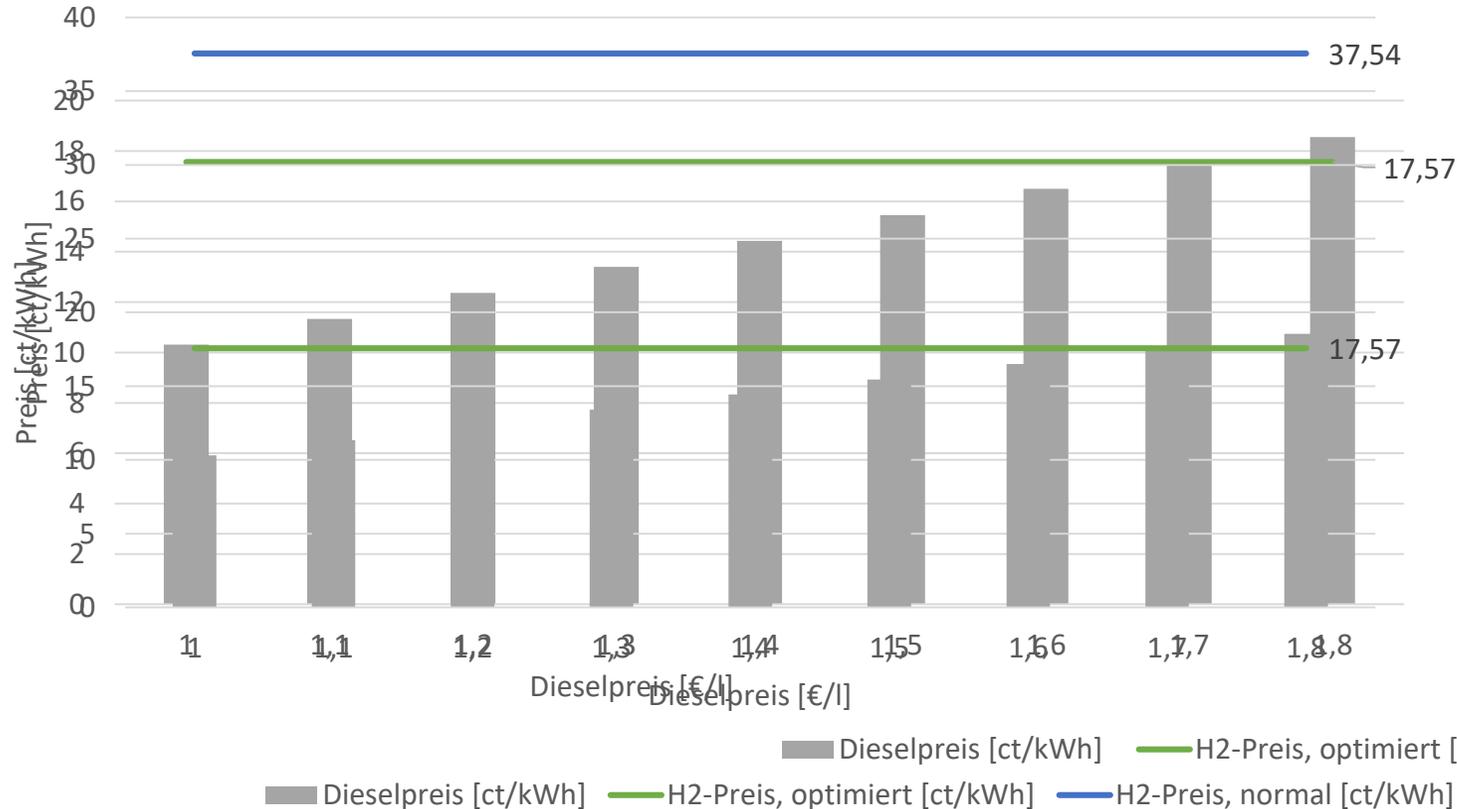


Kriterien

- Marktreife
- Alter und Standort der Geräte
- Benötigte Leistung
- Verwendung

Wirtschaftliche Gesamtbewertung

Kraftstoffkosten

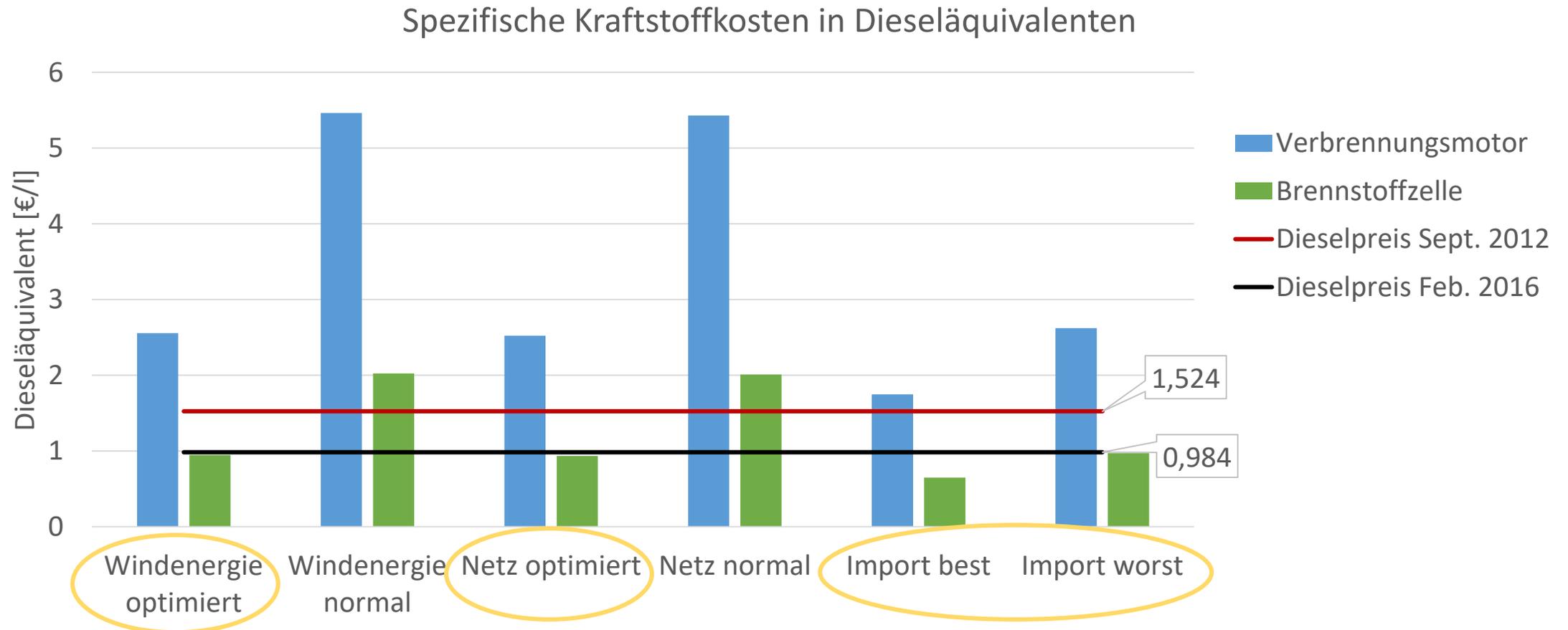


- Szenario „normal“:
Strompreis inkl.
Steuern, Umlagen und
Abgaben
- Szenario „optimiert“:
Strompreis fast ohne
Steuern, Umlagen und
Abgaben

➤ Spezifische Kosten

Wirtschaftliche Gesamtbewertung

Spezifische Kraftstoffkosten



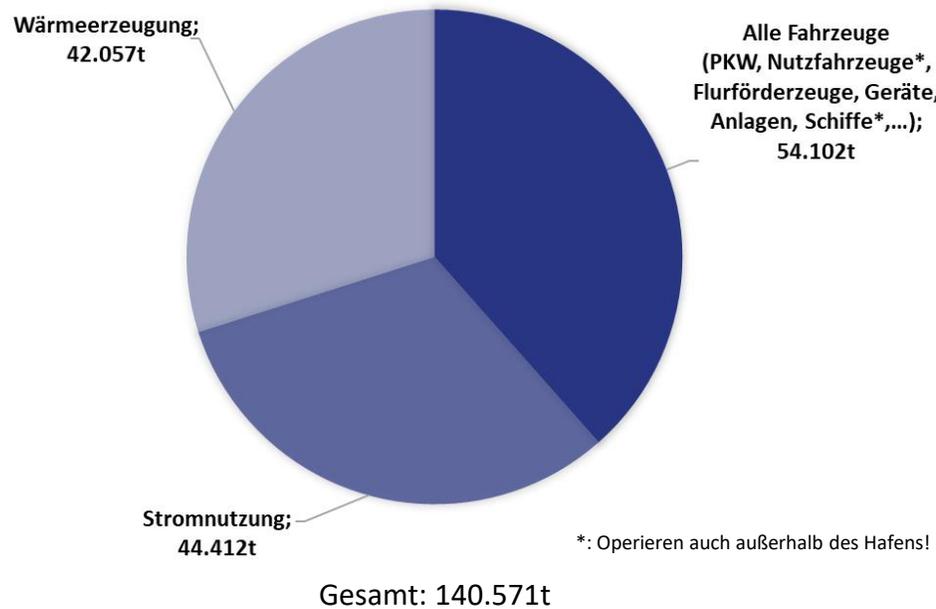
Ökologische Bewertung

MARIKO GmbH

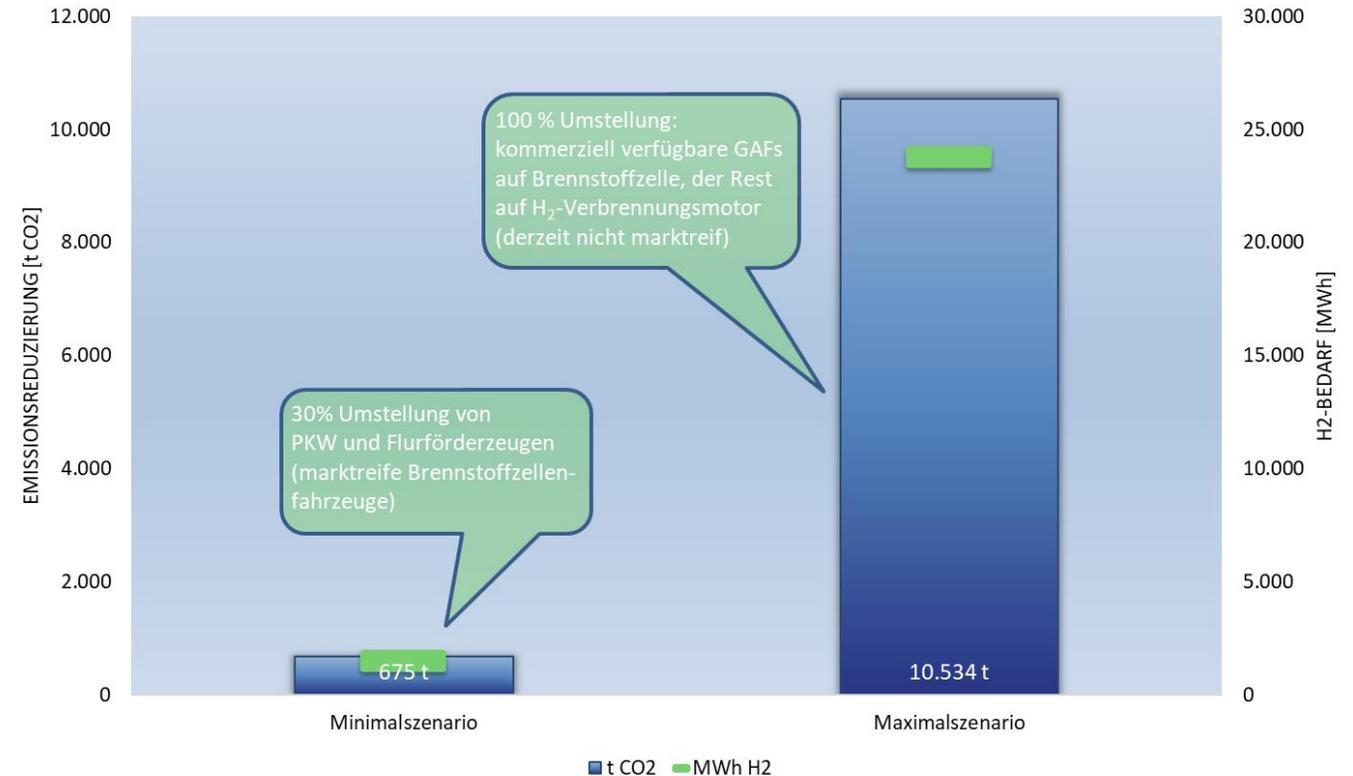
Sören Berg

Ökologische Bewertung CO₂-Emissionen und Reduktionspotential

CO₂-EMISSIONEN IM SEEHAFEN EMDEN

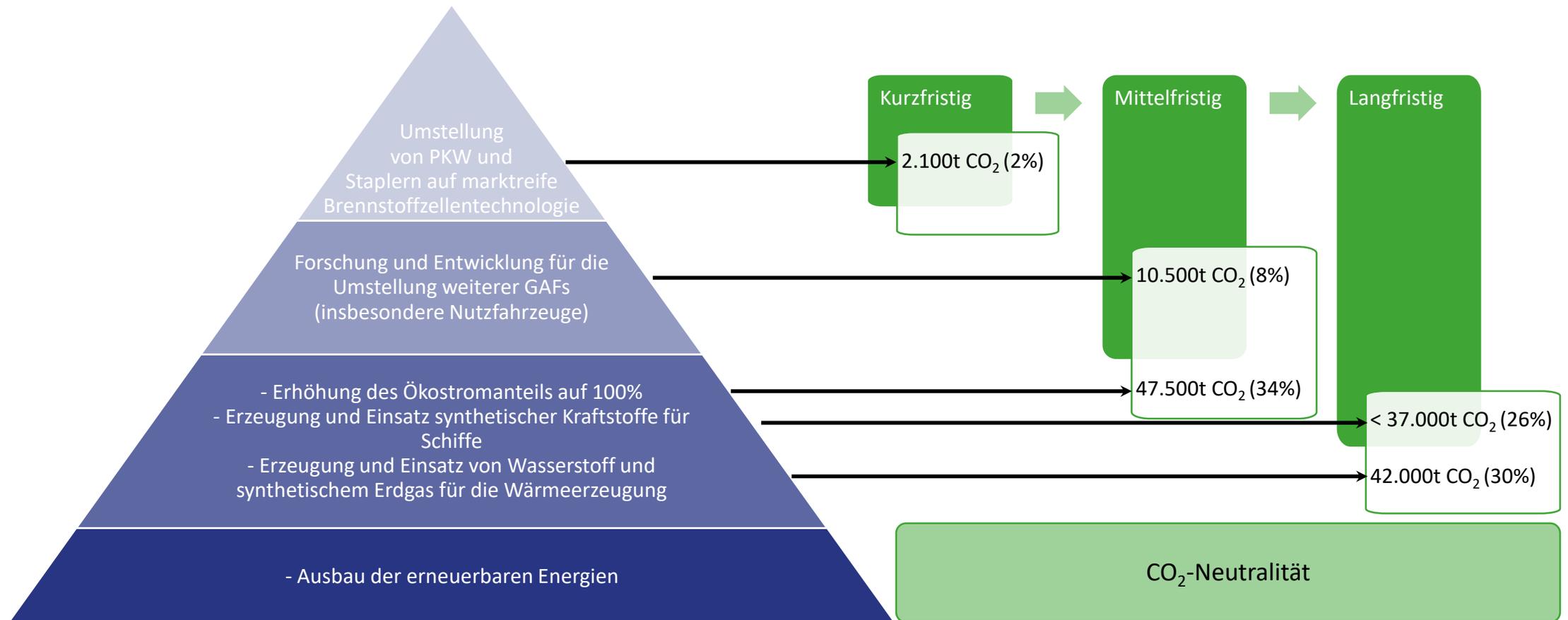


CO₂-REDUKTIONSPOTENTIAL IM SEEHAFEN EMDEN



Ökologische Bewertung

Weitere CO₂-Reduktionsmaßnahmen



Ökologische Bewertung

Auf den Mix kommt es an!

- Spannungsfeld Mobilität und Transport:
 - Batterie: leichte Fahrzeuge, kurze Strecken
 - Wasserstoff: mittelschwere Fahrzeuge, längere Strecken durch Brennstoffzelle
 - Synthetische Kraftstoffe: schwere Fahrzeuge, Langstreckeneinsatz (See, Luft)
- Rohstoff für industrielle Prozesse
- Wasserstoff verknüpft die verschiedenen Sektoren Strom, Verkehr und Wärme miteinander (Sektorenkopplung)
- Wasserstoff alleine ist kein Allheilmittel, er ist ein wesentlicher Baustein zur erfolgreichen Energiewende!

Zeit für Fragen!

Ausblick

Niedersachsen Ports GmbH & Co. KG

Dr. Matthäus Wuczkowski



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

*WAS**h*₂*Emden*

*Innovative und umweltfreundliche
Wasserstoffanwendungen im Seehafen Emden*

- Ergebnisse der Potentialstudie -

Online Abschlusskonferenz, 26. Mai 2020



IHATEC
Innovative
Hafentechnologien

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages