

Potenzialanalyse über die Implementierung von Wasserstoff als Energieträger in der maritimen Wirtschaft

Jade Hochschule, Elsfleth

Foto: Brauner

- **Das Projekt soll Nutzungsmöglichkeiten von Wasserstoff in der maritimen Wirtschaft (Hafen- und Schiffsbetrieb) identifizieren, sowie die technische Realisierbarkeit und zu erwartende Kosten beurteilen.**
- **Es soll gezeigt werden:**
 - **Wie Wasserstoff am Beispiel bremenports eingesetzt werden kann**
 - **Welche technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen entstehen und**
 - **Wo Entwicklungsbedarf in der F&E besteht**

- **Wasserstoffnutzung im Hafen- und Schiffsbetrieb**
- **Die entwickelten Szenarien**
- **Wirtschaftliche Betrachtung**
- **Umweltbetrachtung**
- **Bewertung und Ausblick**
- **Entwicklungspotential H₂Technologie**
- **Fragen**

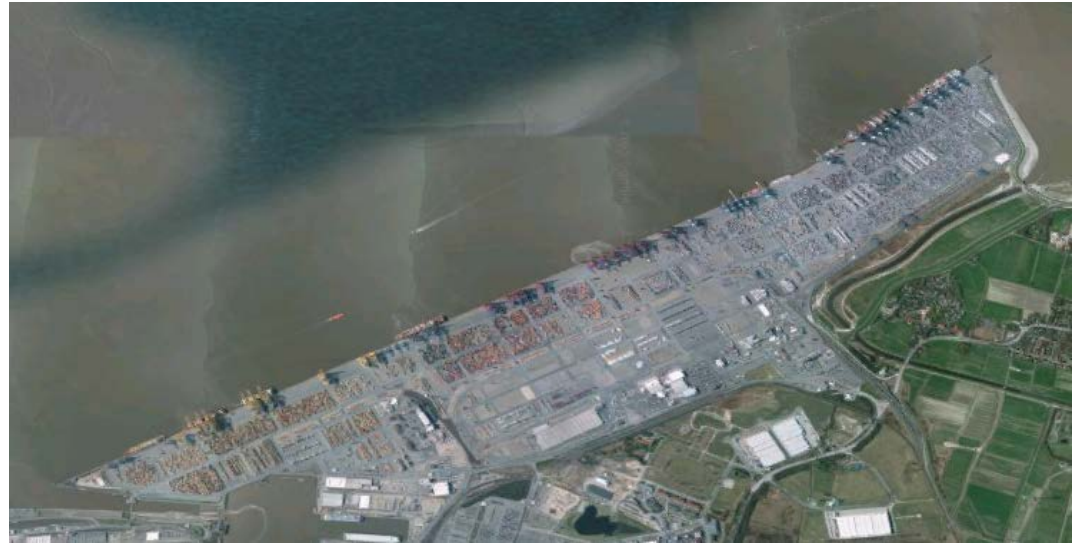


Wasserstoffnutzung im Hafen- und Schiffsbetrieb

Foto: Brauner

Hafen

- Am Beispiel bremenports
- Stationäre Nutzer
- Mobile Nutzer



Google Inc, Bremerhaven bremenports,



www.konecranes.co.uk/sites/default/files/straddle_carrier_kotka_finland_low.jpg



en.academic.ru/pictures/enwiki/67/Container_crane_Bremerhaven.jpg

Variante 1

- Versorgung der Straddlecarrier
- PEM Brennstoffzelle (Akkubetrieb, Steckdose)
- 75 Tonnen H_2 pro Tag ($\eta=0,45$)
- noch kein serienreifes Produkt am Markt

Fließt in Szenario 1 ein

Variante 2

- Versorgung des gesamten Hafens mit H_2
- Vollelektrisches Terminal mit Brennstoffzellenkraftwerk
- 112 Tonnen H_2 pro Tag ($\eta=0,6$)

Fließt in Szenario 2 ein

Schiffe / Autotransporter

**Wallenius Wilhelmsen
Undine**

Pure Car Truck Carrier

**LxBxT: 227,9m x 32,26m x
9,5m**

BRZ: 67.264

Baujahr: 2003, Korea

Flagge: Schweden

Klasse: LR

**Kapazität: rund 7.100
PKWs (RT43)**



WALLENIUS LINES AB, M/V Undine,
www.walleniuslines.com

- **Energieversorgung im Hafen auf kompletter Route (18 Häfen)**
- **SOFC Brennstoffzellen**
- **1.400 kW,**
- **12 Stunden Hafenliegezeit**
- **18 Tonnen H₂ für eine Rundreise (18 Häfen)**
- **Bunkern in Bremerhaven**
- **Alle 115 Tage**

Fließt in Szenario 1 und 2 ein

Schiffe / Kreuzfahrtschiff

TUI Cruises Mein Schiff 3

LxBxT: 293m x 36m x 8m

BRZ: 99.526

Baujahr: 2014

Flagge: Malta

Klasse: DNV GL

2.506 Passagiere

$v_{\max}$: 21,7 kn



Vesseltracker, TUI Cruises Mein Schiff 3,
www.vesseltracker.com

Variante 1

- Übernahme vollständiger Hotelbetrieb
- Mobiler Landstrom
- 15 h Hafenzeit
- 12 MW Bedarf Hotelbetrieb
- 180.000 kWh
- 12 Tonnen H₂, HT-PEMFC ($\eta = 0,45$)
- täglich
- Brennstoffzellenbarge „H₂-PowerBarge“

Fließt in Szenario 1 ein

Variante 2

- Übernahme vollständiger Hotelbetrieb
- Stationärer Landstrom
- 15 h Hafenzeit
- 12 MW Bedarf Hotelbetrieb
- 180.000 kWh
- 9 Tonnen H₂, SOFC ($\eta = 0,6$)
- täglich
- Brennstoffzellen in Kraftwerk
- Kapazitäten Landstromnetz

Fließt in Szenario 2 ein

Schiff / Katamaran

Damen Fast Ferry 4010 Jet Projektschiff

LxBxT: 39,95m x 10,07m x
1,65m

450 Passagiere

$v_{\max}$: 38 kn

2x 2.240 kW

Aluminium Hülle

Klasse: Bureau Veritas



Damen Shipyards Gorinchem, DAMEN FAST FERRY 4010 JET
www.products.damen.com

- PEM-Brennstoffzellen ($\eta = 0,45$)
 - Keine Aufwärmphase (Betriebstemperatur 60-120 °C)
 - Gutes Lastwechselverhalten
- 8-12 h tägliche Einsatzzeit
- Jet-Antrieb
- Rund 3 t H₂ (10 Std.)

Fließt in Szenario 1 und 2 ein

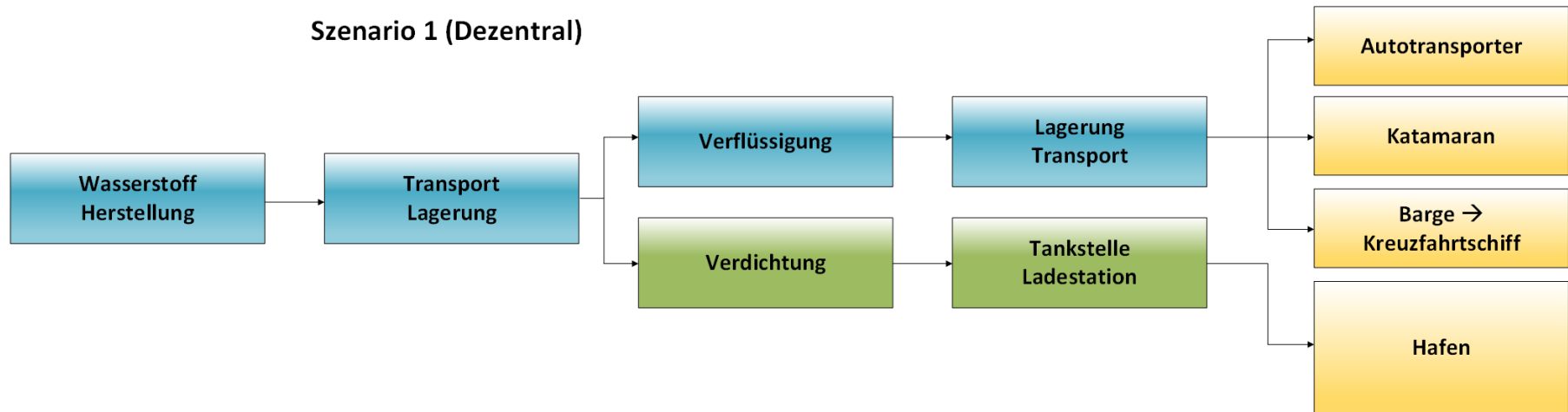


Die entwickelten Szenarien

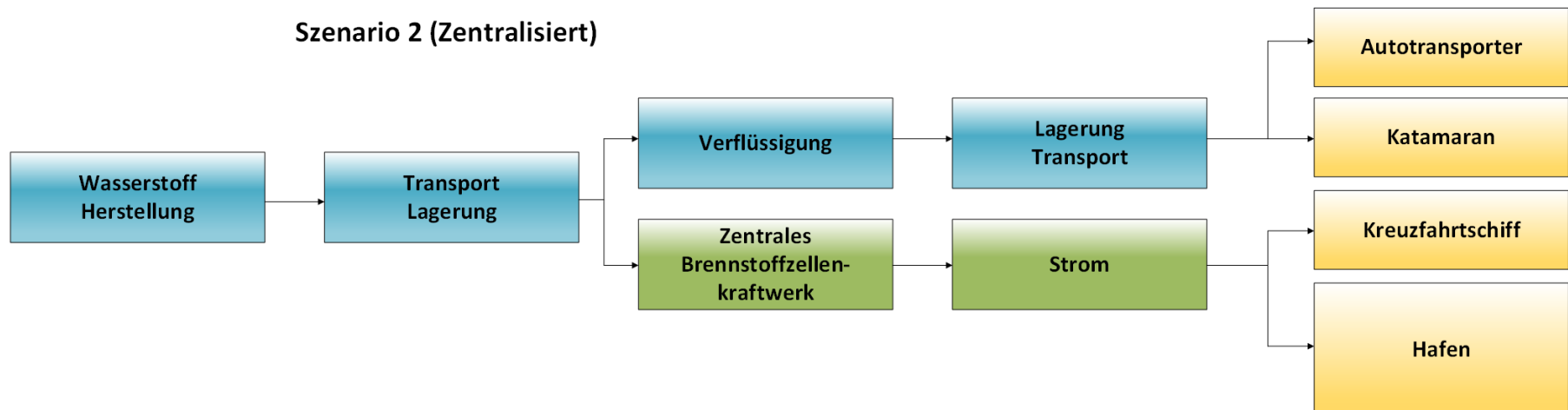
Foto: Brauner

Die entwickelten Szenarien

Szenario 1 (Dezentral)



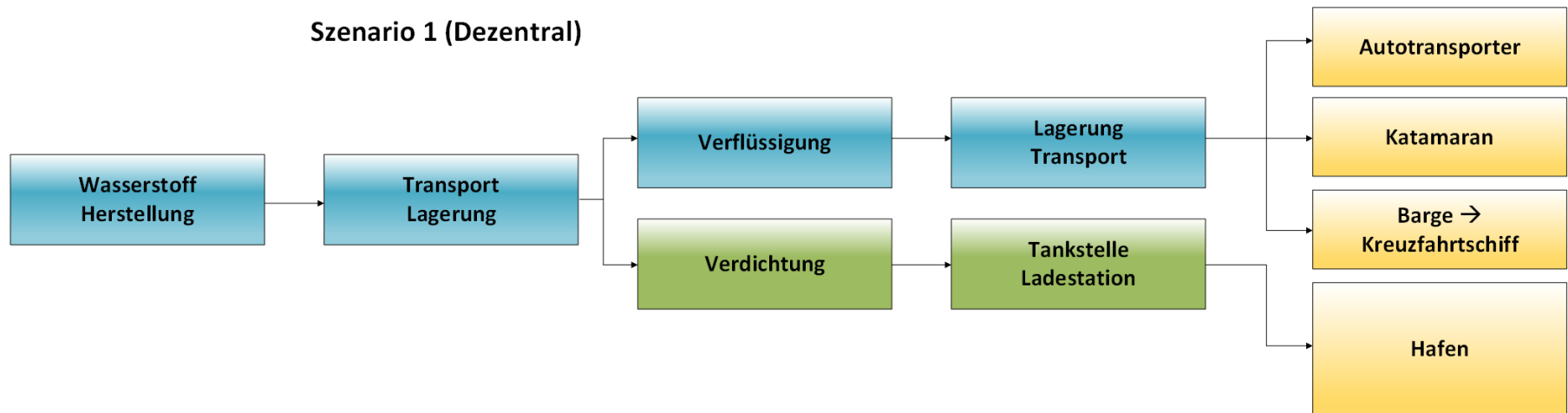
Szenario 2 (Zentralisiert)



Szenario 1 (dezentral)

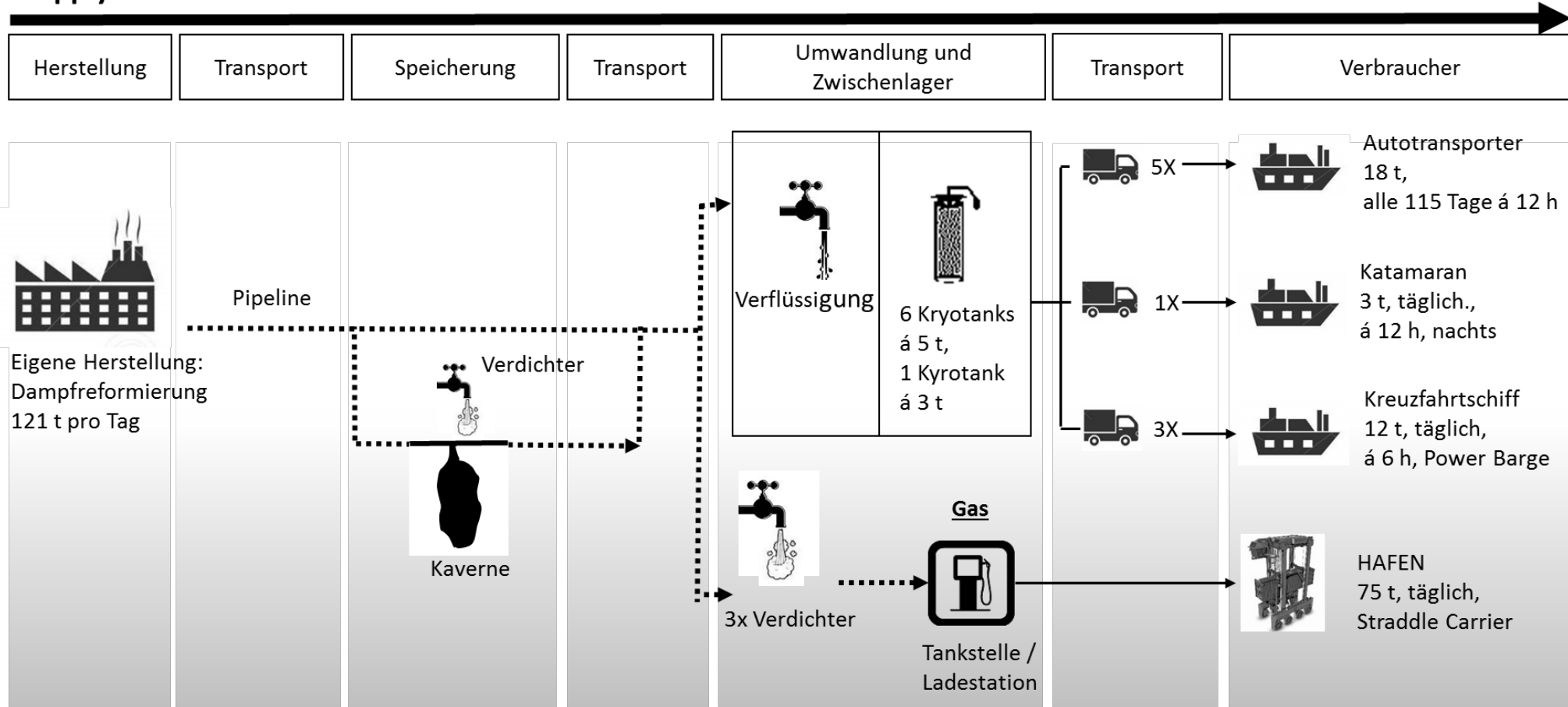
Verbraucher	Autotransporter	Kreuzfahrtschiff	Katamaran	Hafen
Bedarf H ₂	18 Tonnen	12 Tonnen	3 Tonnen	75 Tonnen
Versorgungsintervall	Alle 115 Tage	Täglich	Täglich	Täglich
Technologie	SOFC an Bord	Barge, HT-PEMFC	PEMFC an Bord	PEMFC auf Straddlecarrier

Szenario 1 (Dezentral)



Szenario 1 (dezentral)

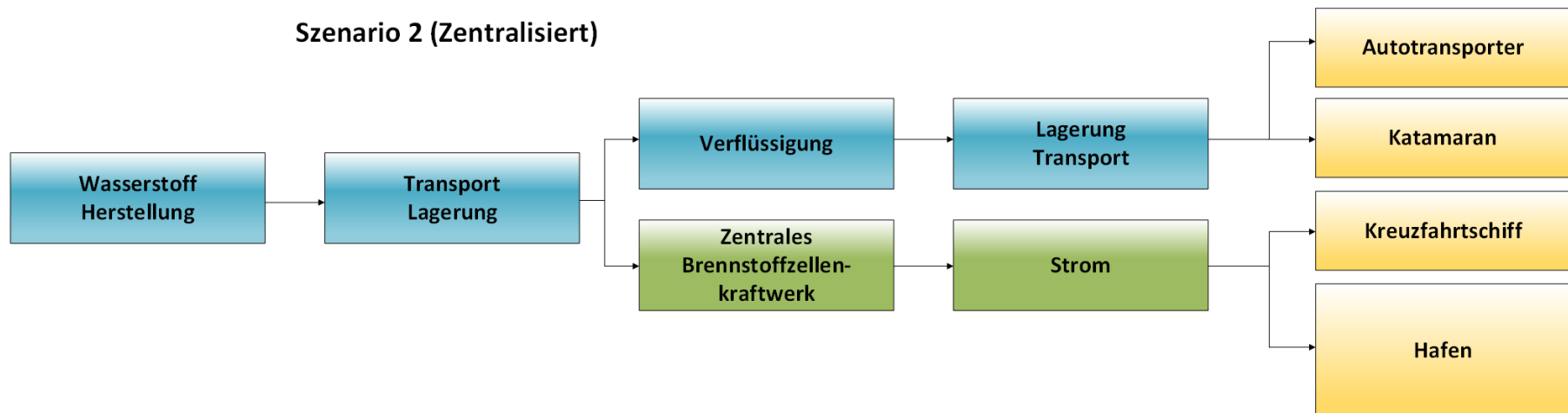
Supply Chain: Szenario Gesamt 1



Szenario 2 (zentralisiert)

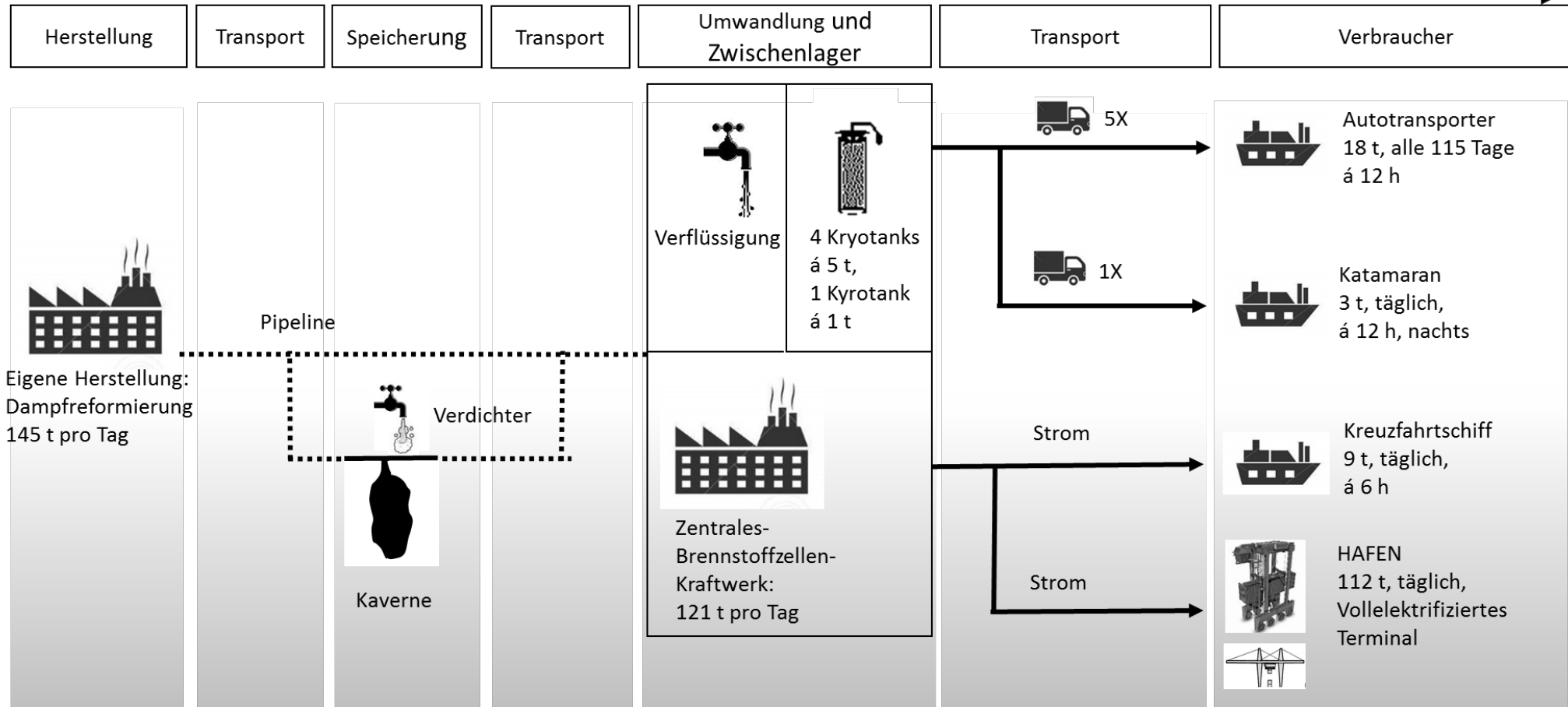
Verbraucher	Autotransporter	Kreuzfahrtschiff	Katamaran	Hafen
Bedarf H ₂	18 Tonnen	9 Tonnen	3 Tonnen	112 Tonnen
Versorgungsintervall	Alle 115 Tage	Täglich	Täglich	Täglich
Technologie	SOFC an Bord	Landstromnetz / SOFC	PEMFC an Bord	Voll-elektrifiziertes Terminal

Szenario 2 (Zentralisiert)



Szenario 2 (zentralisiert)

Supply Chain: Szenario Gesamt 2





Umweltbetrachtung

Foto: Brauner

Umweltbetrachtung

		CO ₂ e-Emissionen in tCO ₂ e/Jahr	Energiebedarf in kWh/Tag	Quotient in kgCO ₂ e/kWh
Szenario 1	Wasserstoff <i>Dampfreformation</i>	527.374,04	1.353.053	0,390
	Dieselmkraftstoff	446.681,63		0,331
	LNG	343.580,24		0,255
	Wasserstoff <i>Elektrolyse</i>	232.083,28		0,172
Szenario 2	Wasserstoff <i>Dampfreformation</i>	529.228,10	2.468.449	0,214
	Dieselmkraftstoff	817.266,90		0,330
	LNG	628.628,40		0,254
	Wasserstoff <i>Elektrolyse</i>	145.851,51		0,059

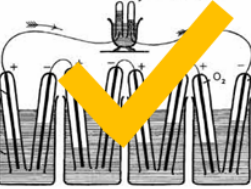


Bewertung & Ausblick

Foto: Brauner

- **Wasserstoff als Energieträger in der maritimen Wirtschaft hat Potential**
- **Regenerative Energien könnten zur Wasserstoffherstellung genutzt werden (Elektrolyse)**
- **Aktuell wenig bis keine serienreife Technik**
- **Hafen und Schiffe benötigen viel Energie**
- **Wandlung in flüssigen Wasserstoff benötigt viel Energie**
- **Deshalb extrem hohe Kosten (auch schwer kalkulierbar)**
- **Ökologischer Fußabdruck (CO₂e) bei H₂-Herstellung zu beachten**

Entwicklungspotential H₂-Technologie

Lagerung und Speicherung	Transport	Hafenbetrieb	Schiffe
Kryotank  Kaverne  Druckgastank  Chemische Speichermedien (Metall-Hydrid-Speicher usw.) 	Pipeline  LKW  Tankschiff  Bahn  Tankcontainer 	Straddle Carrier  AGV  H₂-Tankstelle  Power Barge  Landstrom 	Brennstoffzelle  Wasserstoff- verbrennungsmotor  Gasturbine 



**Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit**

Foto: Brauner