



ELEKTRA



Emissionsfreier Wirtschaftsverkehr auf Binnengewässern am Beispiel des Kanalschubbootes ELEKTRA

Prof. Dr.-Ing. Gerd Holbach
#logistikmittwoch Green Deal
19. Mai 2021

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Verkehr und
digitale Infrastruktur

Koordiniert durch:



ELEKTRA = praktizierter Umweltschutz



Bereits um 1880 ein Thema in Berlin

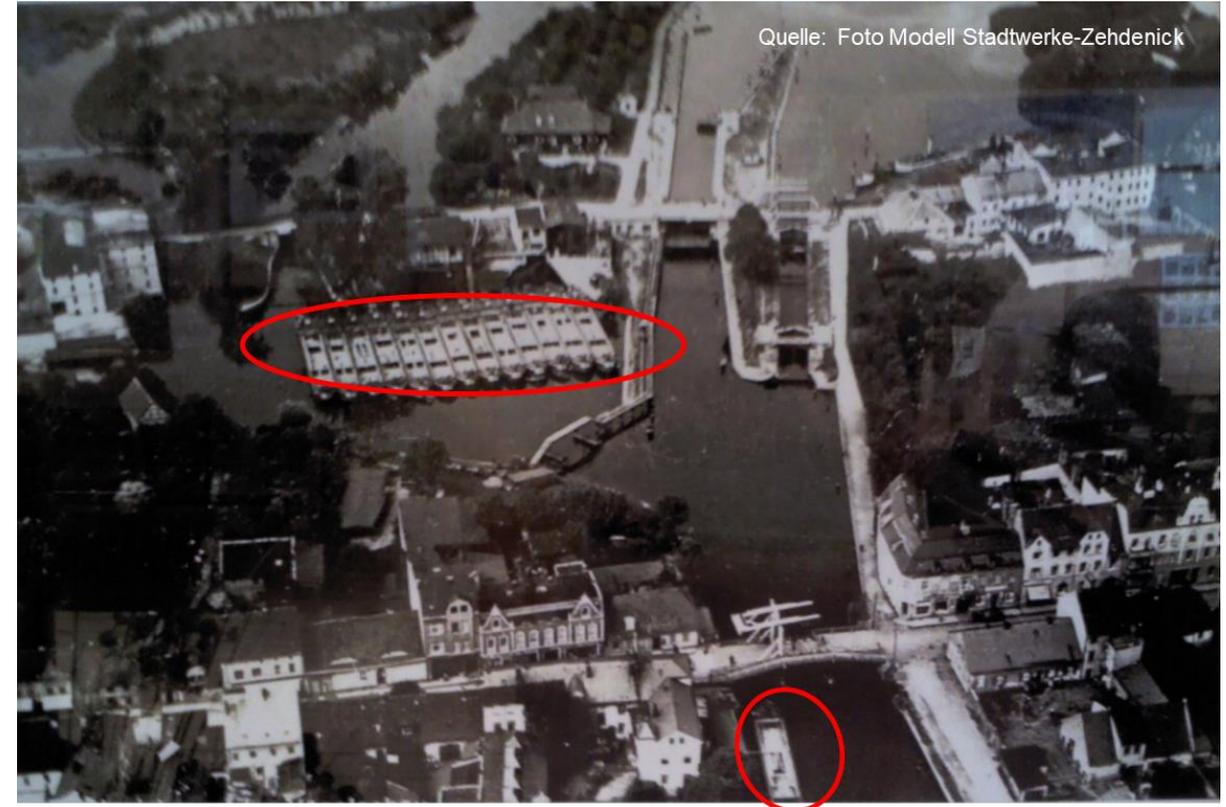
=> erstes Elektroboot 1886;

bis 1910 ca. 120 batterieelektrische Lastkähne zur städtischen Versorgung

ELEKTRA = praktizierter Umweltschutz



Auf der Spree in Berlin erprobte Siemens im Jahr 1886 sein erstes Elektroboot. Die „ELEKTRA“ konnte 25 Passagiere aufnehmen und war 14 km/h schnell.



*elektrische Ladestationen für Binnenschiffe in Zehdenick ca. 1910
Ladung mit regenerativer Energie aus den Staustufen*

Aufgaben - lokal und global emissionsfrei



Hauptaufgabe der „ELEKTRA“ in Verbindung mit dem Schwergutschubleichter „URSUS“:

- RoRo – Projektladungen
- Regionale und überregionale Schwerguttransporte z.B. Gasturbinen der Siemens AG / Berlin

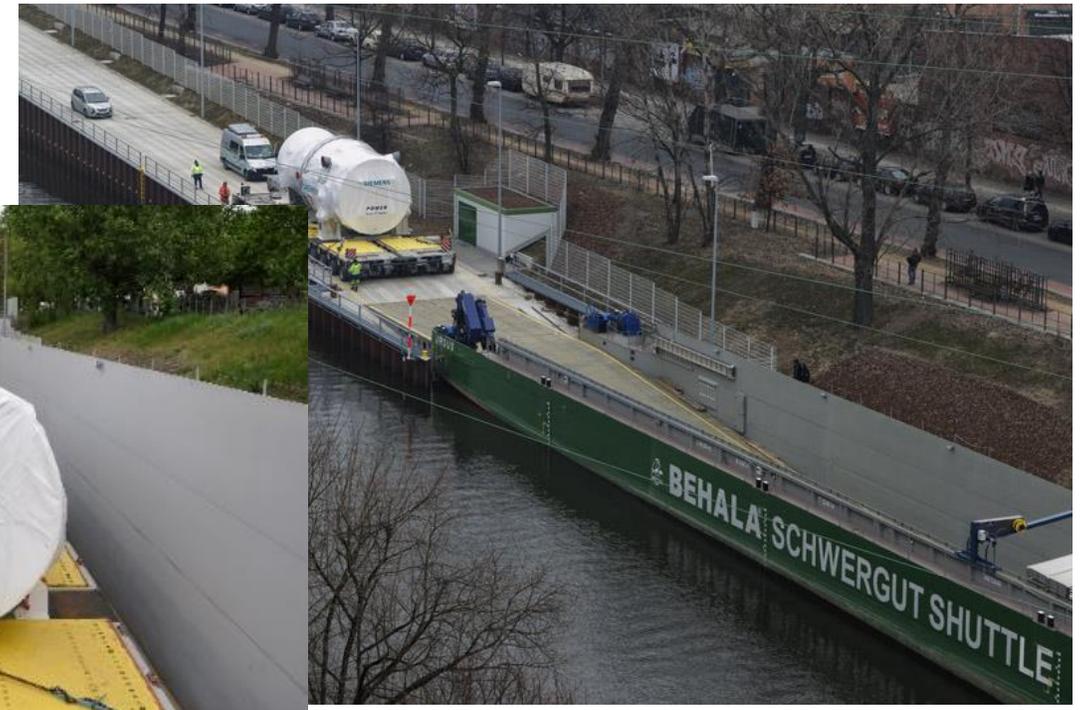
Schwergut RoRo-Leichter „URSUS“

Länge 64,50 m / Breite 9,50 m

Verdrängung 1.400 t / Tiefgang 1,30 m – 3,06 m

Rampe Huttenstraße

Länge 265 m



Anforderungen und Randbedingungen

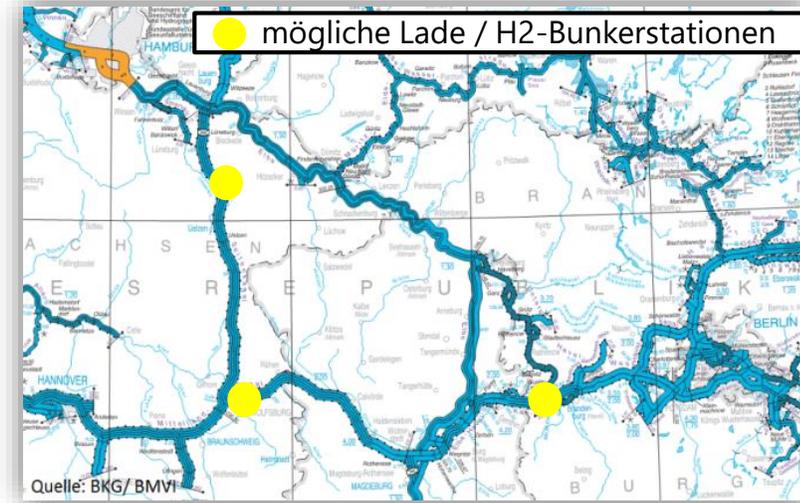


Regionaler Betrieb



- Max. Schublast 1.400 t
- Tagesreichweite ca. 65 km
- Fahrgebiet: Zone 4
- Betriebszeit 8 Stunden täglich
- Dienstgeschw. 8 km/h, min. 10 km/h
- Energie: vorrangig Akku-elektrisch

Überregionaler Betrieb



- Berlin ↔ Hamburg
- Max. Schublast 1.400 t
- Tagesreichweite ca. 100 – 130 km
- Fahrgebiet: Zone 3+4 (excl. Rhein)
- Betriebszeit bis 16 Std. täglich
- Dienstgeschw. 8,5 km/h, min. 10 km/h
- Energie: hybrid-elektrisch (Akku + BZ)

Entwurfsdaten – Kanalschubboot ELEKTRA



Hauptabmessungen

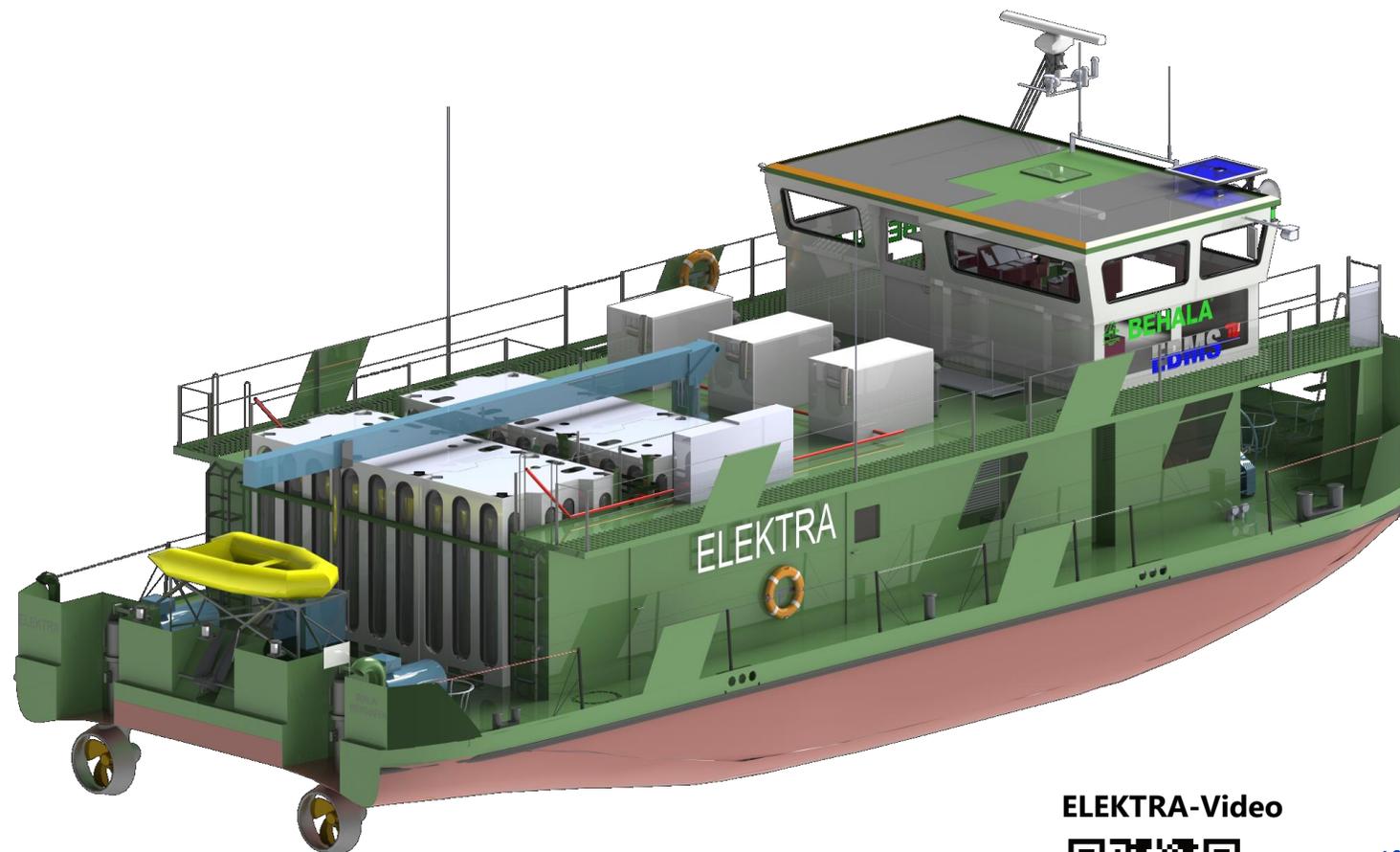
- Länge 20,00 m
- Breite 8,25 m
- Tiefgang 1,28 m
- Verdrängung ca. 140 t

Operation

- Gesamtreichweite bei 1.400 t Schublast ca. 400 km
- Batterie-elektrisch 8 h / 65 km/Tag
- Hybrid-elektrisch 16 h / 100 km/Tag

Vortrieb

- Leistung 2 x 210 kW



ELEKTRA-Video



Layout – Überblick Energiesystem



ELEKTRA-Video



• Schiffbau



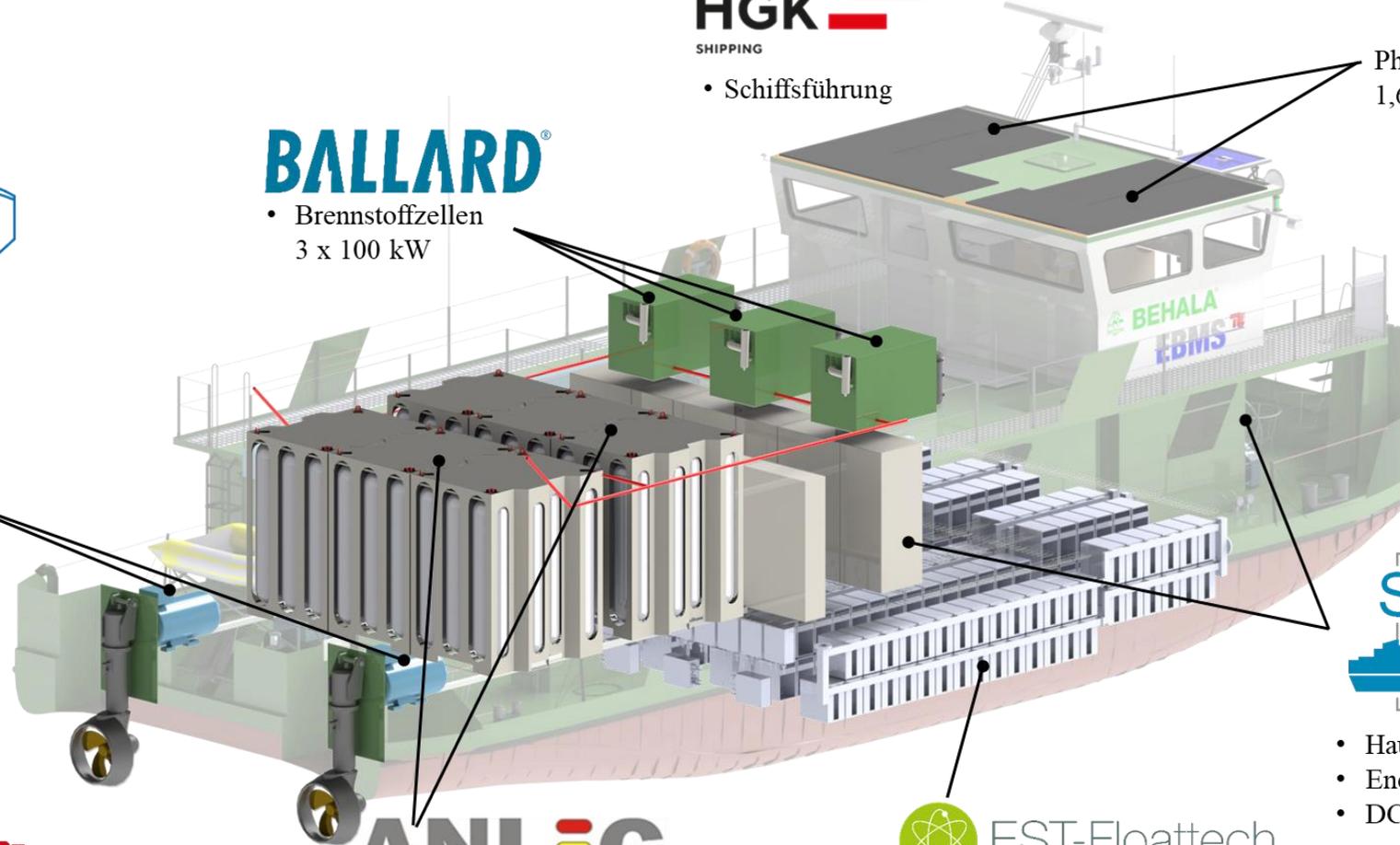
• Schiffsführung



• Brennstoffzellen
3 x 100 kW

Elektromotoren
2 x 210 kW

Photovoltaik
1,6 kWp



• Hauptschalttafeln
• Energieautomation
• DC-/AC-Landanschluß



• Gesamtwurf Schiff und Energiesystem
• Projektleitung



• Wasserstoffsystem
• 6 x H₂-MEGC-Tanks a 125 kg bei 500 bar
MEGC: Multiple-Element Gas Container



Akkumulatoren
• Fahrbetrieb 2 x 1.160 kWh
• Bordnetz 2 x 116 kWh



CESNI/PT (18) 80 rev. 1
14. Juni 2018
Or. de/en fr/de/nl/en, Anl. de/en

ARBEITSGRUPPE FÜR TECHNISCHE VORSCHRIFTEN

Empfehlung für die Verwendung von Wasserstoff als Brennstoff Schubschiff „Elektra“

EUROPÄISCHE KOMMISSION

EMPFEHLUNGEN AN DIE SCHIFFSUNTERSUCHUNGSKOMMISSIONEN
ZUR RICHTLINIE (EU) 2016/1629

EMPFEHLUNG Nr. 1/2019
vom 4. Juni 2019

ELEKTRA

Das Schubboot „Elektra“, einheitliche europäische Schiffsnummer (noch nicht vergeben - GDWS-Aktennummer 13230), darf abweichend von der Richtlinie (EU) 2016/1629 unter Einsatz von Wasserstoff als Brennstoff für ein Brennstoffzellensystem zur Versorgung des Schiffs mit elektrischer Energie zu dessen Betrieb und Antrieb zugelassen werden.



Elektra Project
HAZID Study
Marine Consultancy
1804-0013 Version 5, May 2019

A Lloyd's Register Technical report for Technische Universität Berlin



Primary contact
Alex Pedgrift
Lead Risk Specialist
Lloyd's Register EMEA
T: +44 (0) 330 41 90475
Email: alex.pedgrift@lr.org

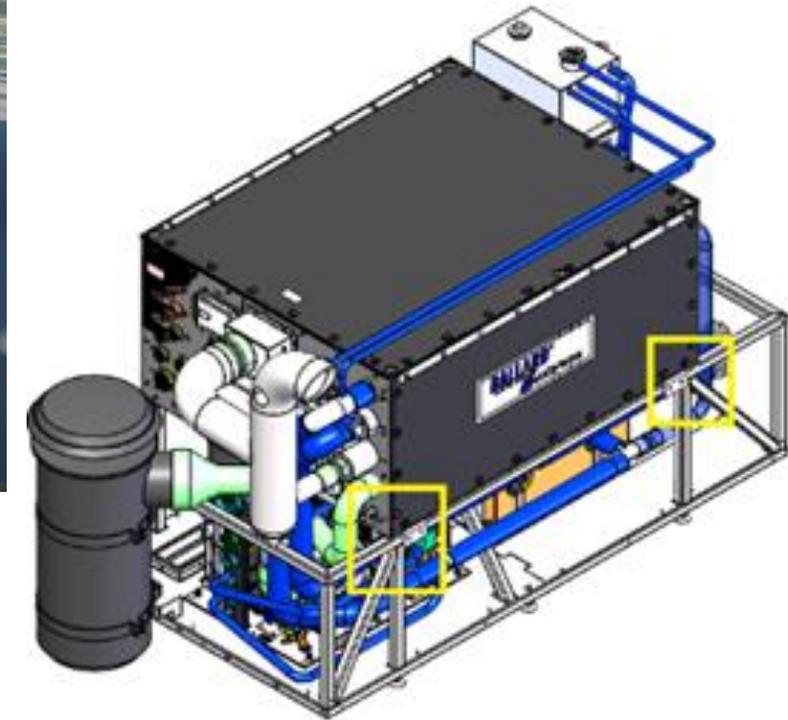
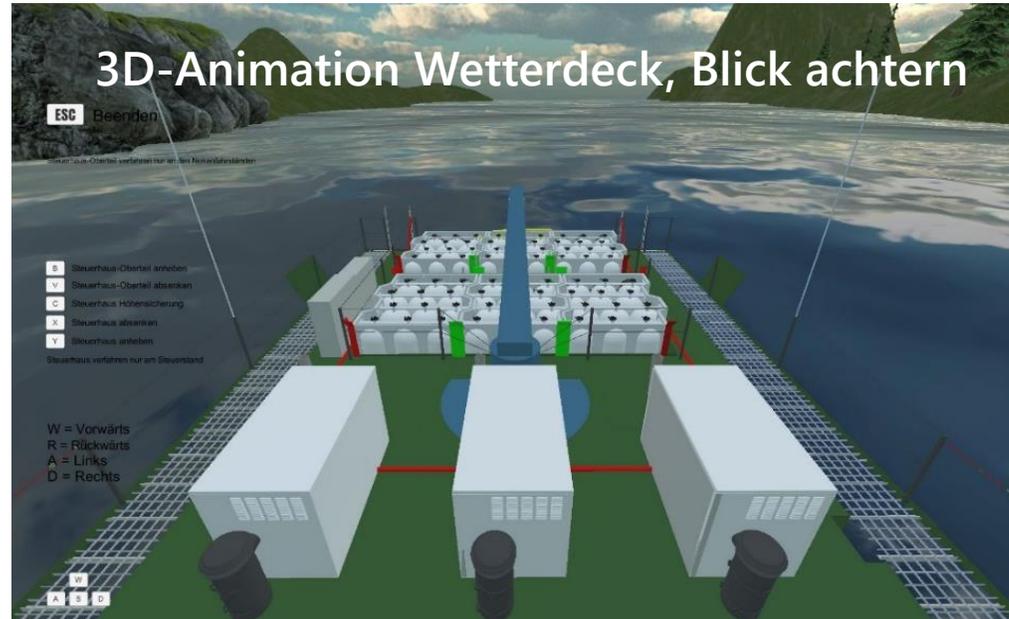
Schiffbau – Versetzen des Neubaus auf den Helgen März 2021



H₂-Technik – Wasserstoffspeicherung und Brennstoffzellen

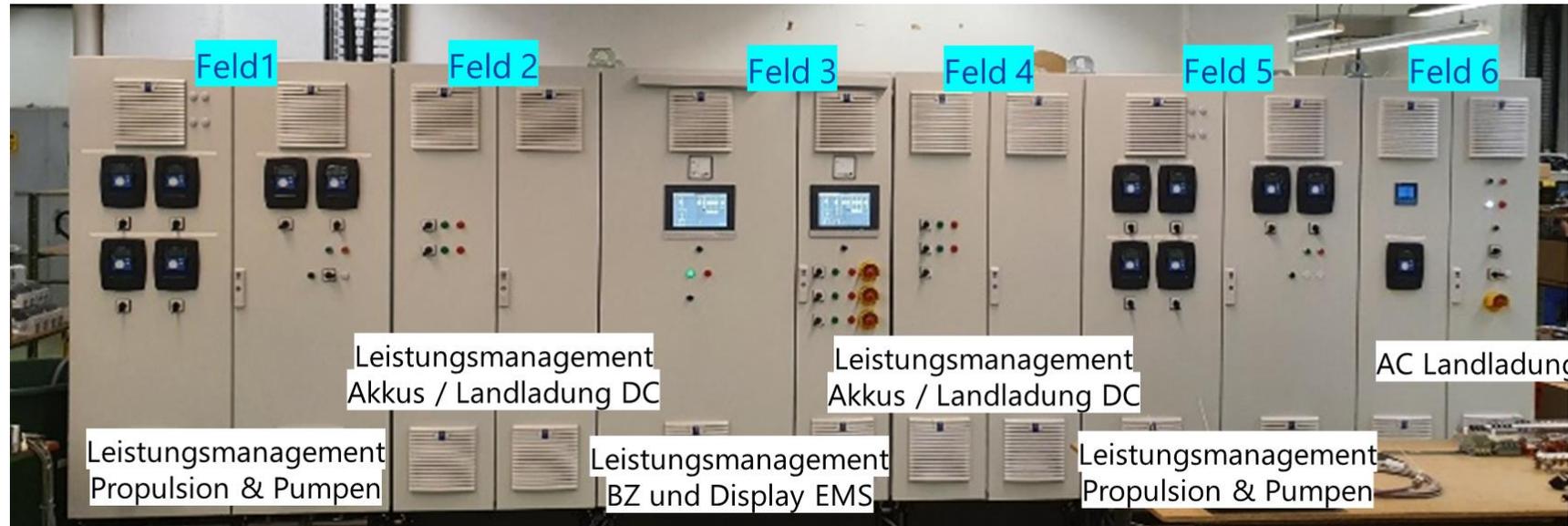
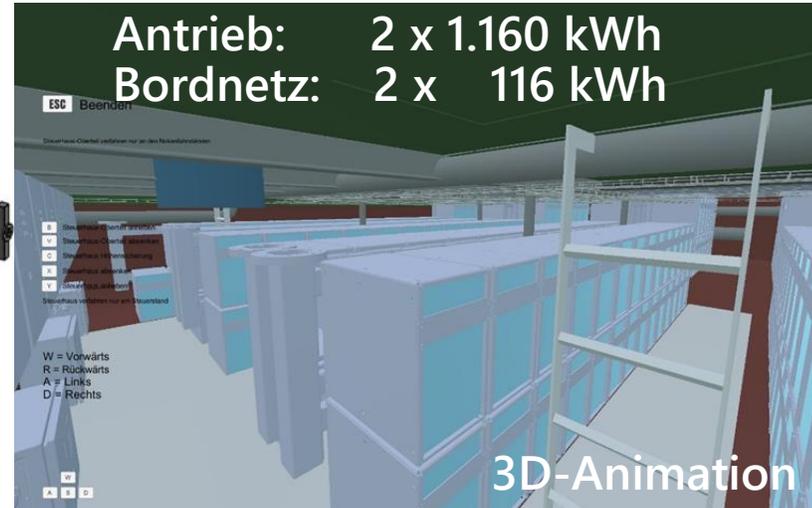
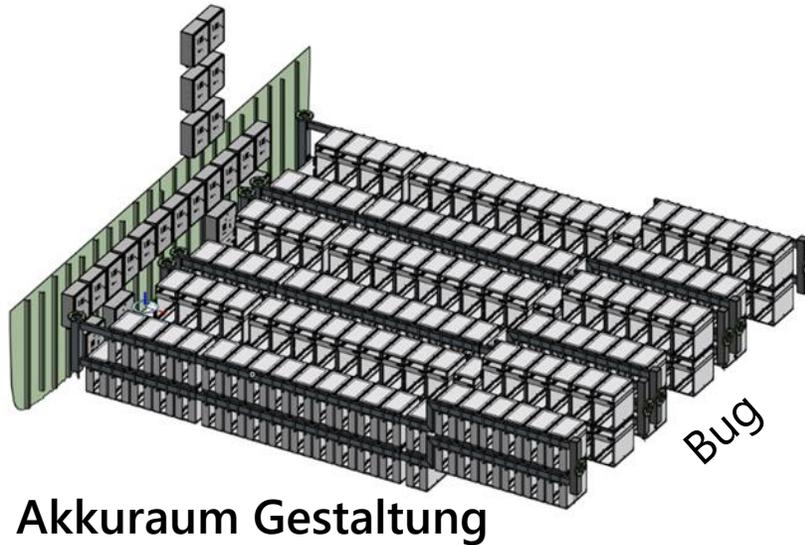


H₂ MECG (Multiple-Element Gas Container)
 12 Tanks verfügbar,
 davon 6 an Bord der ELEKTRA
 500 bar, 125 kg H₂ nutzbar je Tank



NT-PEM
 3 x 100 kW,
 wassergekühlt
 zur Abwärmenutzung

ELEKTRIK – Akkumulator - Leistungselektronik



Layout – Steuerstand



3D-Animation

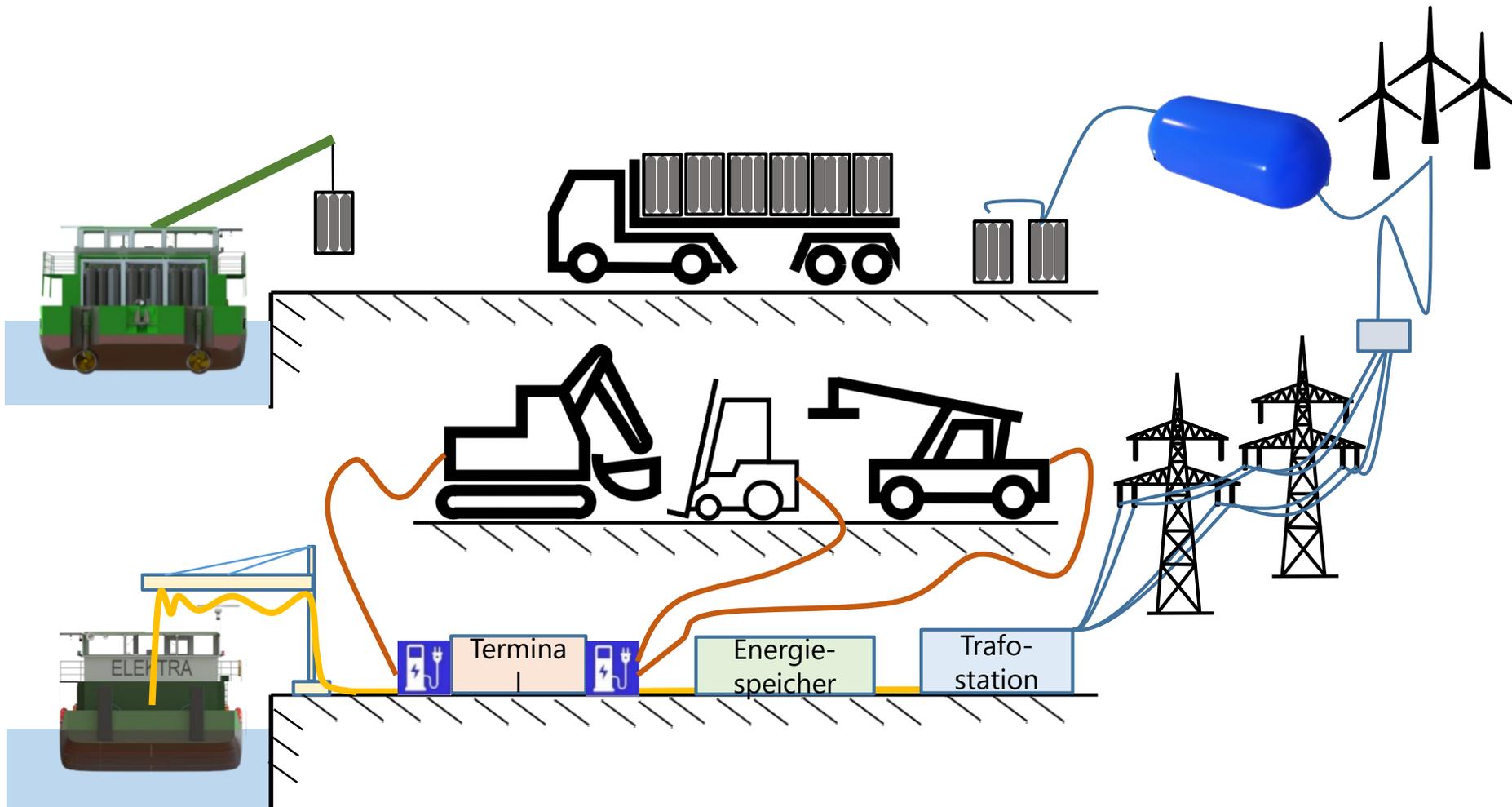


Mock Up STB

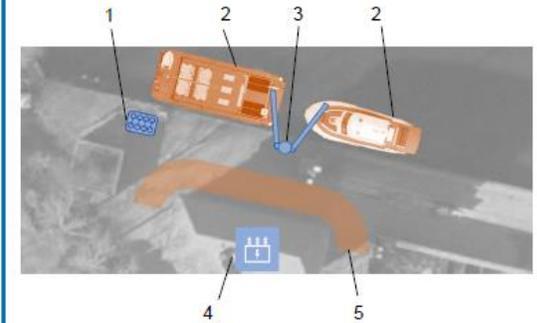


Mock Up BB

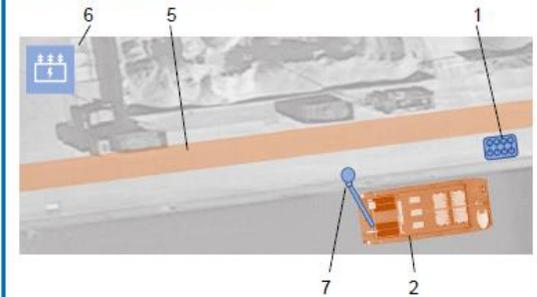
Versorgung mit Wasserstoff und Elektrischer Energie



Westhafen Berlin



Hafen Lüneburg



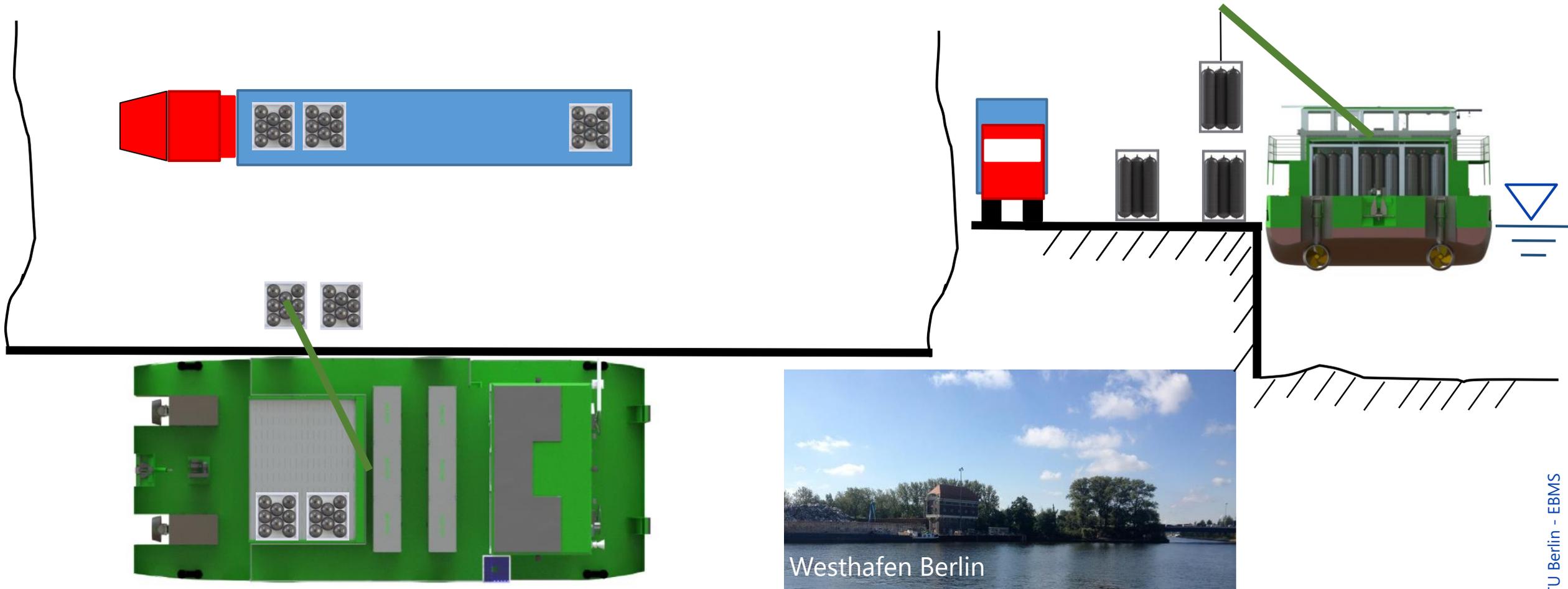
1. Wasserstofflager, ca. 750 kg bei 500 bar
2. Zu versorgende Schiffe
3. Übergabeeinrichtung für Stromkabel
 - Powerlock (400 V_{AC} bis zu 660 A)
 - 2 x Marechal DS2 (bis 640 V_{DC}, bis 360 A)
 - CEE (400 V_{AC} je 1 x 125/63 A)
4. Transformator, 400 V, 630 kVA
5. Verkehrswege für LKW
6. Transformator, 400 V, 1000 kVA
7. Wie 3. aber ohne Marechal Gleichstromanschlüsse

© TU Berlin - EBMS



Austauschbare H₂-Tankbündel

- H₂-Anlieferung mittels LKW-Trailer oder Bahn aus der Region





- 1. Lokal und global emissionsfreier Transport auf dem Wasser in Metropolregionen und überregional ist machbar**
- 2. Leistungsfähige Binnenschiffe mit H₂-Brennstoffzellen und Akkumulatoren als Energiespeicher sind realisierbar**
- 3. Vorschriften und Gesetze die den ökonomischen Einsatz der Technologie ermöglichen müssen geschaffen werden**
- 4. Das Energiesystem der ELEKTRA ist eine Blaupause für die Binnen- und Küstenschifffahrt**



Die ELEKTRA mit dem Schwergutleicher URSUS vor der Einfahrt in den Berliner Westhafen 2021

Technische Universität Berlin Entwurf und Betrieb Maritimer Systeme Prof. Dr.-Ing. Gerd Holbach

Sekretariat SG 6, Gebäude SG 1

Salzufer 17-19

10587 Berlin

Fachgebiet <http://www.marsys.tu-berlin.de>

ELEKTRA Video <https://youtu.be/gdBwdcOnRTo>

T: +49 (0) 30 314 214 17

E: gerd.holbach@tu-berlin.de

ELEKTRA-Video

