

ELEKTRA

Akkumulator- und Brennstoffzellennutzung für ein Kanalschubboot in der Binnenschifffahrt



Übersicht

1. Aufgaben und Anforderungen
2. Die ELEKTRA und ihr elektrisches Energiekonzept
3. Route und Infrastruktur
4. Energiequellen
5. Ausblick

1. Aufgaben und Anforderungen

- Verbringen von **Siemens-Turbinen** und anderer **Schergüter** von den Rampenstandorten zum Westhafen / Küstenhäfen mit dem Schwergutleichter „URSUS“
- Verbringen von **Schrott, Kohle, Kies und Stückgütern** zwischen den Häfen der Stadt mit Schubleichtern
- Max. Schublast von 1.400 t



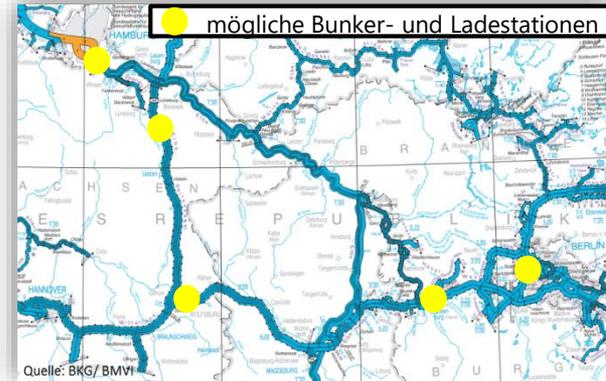
1. Aufgaben und Anforderungen

Regionaler Betrieb



- Min. Reichweite von 65 km pro Tag
- Fahrtgebiet: Zone 4
- Betriebsdauer von 8 h pro Tag
- Dienstgeschw. 8 km/h, max. 10 km/h
- Antrieb: vorrangig Akku-elektrisch

Überregionaler Betrieb



- Berlin <-> Hamburg, Berlin <-> Stettin
- Min. Reichweite von 130 km pro Tag
- 4- 6 Betriebstage je einfache Strecke
- Fahrtgebiet: Zone 3+4 (ohne Rhein)
- Betriebsdauer von 16 h pro Tag
- Dienstgeschw. 8,5 km/h, max. 10 km/h
- Antrieb: hybrid-elektrisch

Übersicht

1. Aufgaben und Anforderungen
2. **Die ELEKTRA und ihr elektrisches Energiekonzept**
3. Route und Infrastruktur
4. Energiequellen
5. Ausblick

2. Die ELEKTRA und ihr elektrisches Energiekonzept

➤ Hauptabmessungen

- Länge 20,00 m
- Breite 8,20 m
- Tiefgang 1,25 m
- Verdrängung ca. 160 t

➤ Betrieb

- Batterie-elektrisch 8 h und 65 km
- Hybrid-elektrisch 16 h und 130 km

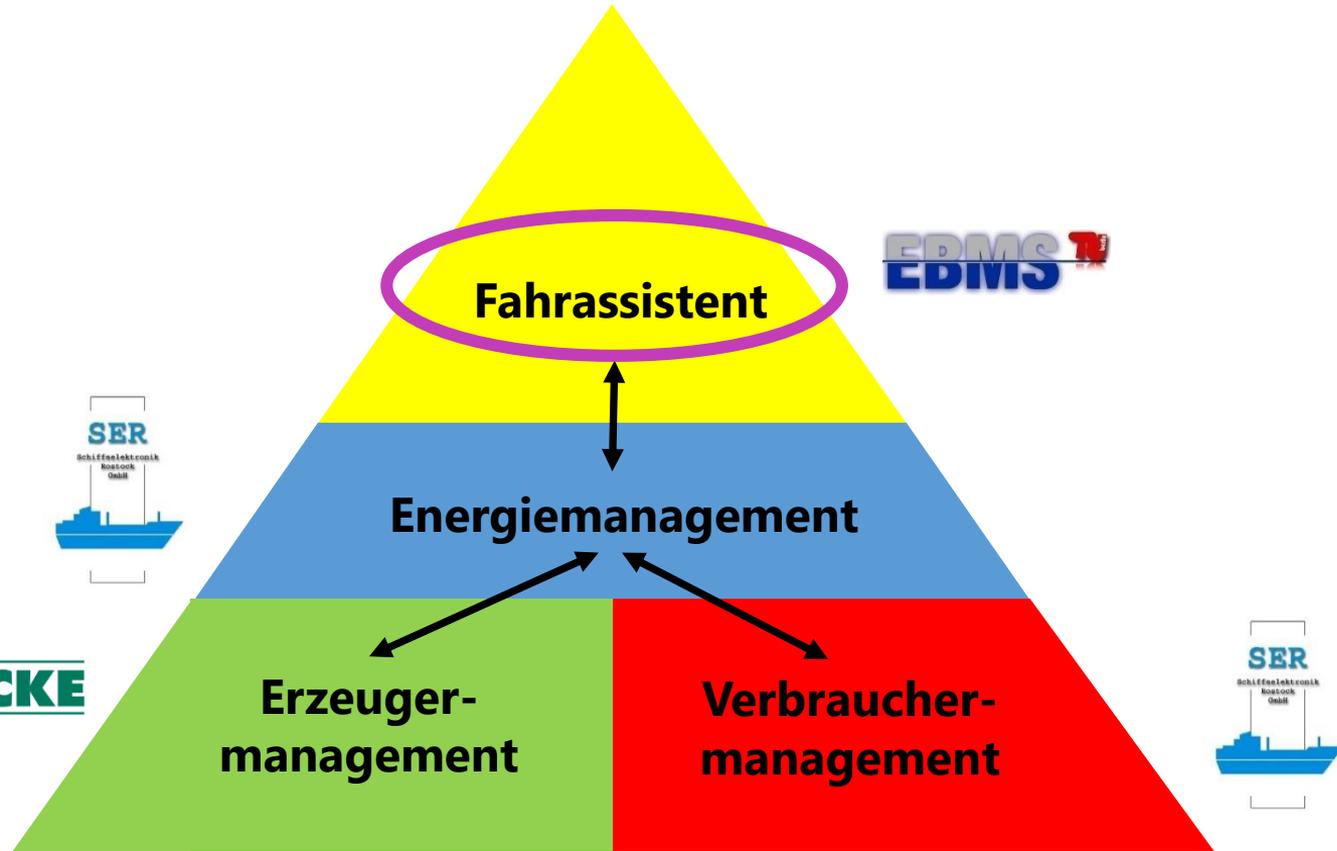
➤ Antriebsstrang

Leistung 2 x 200 kW

Schottel SRP 100, Voith VIP850-200, hydro-armor, Dutch Thruster



2. Die ELEKTRA und ihr elektr. Energiekonzept - Energiemanagement



2. Die ELEKTRA und ihr elektr. Energiekonzept - Fahrassistent

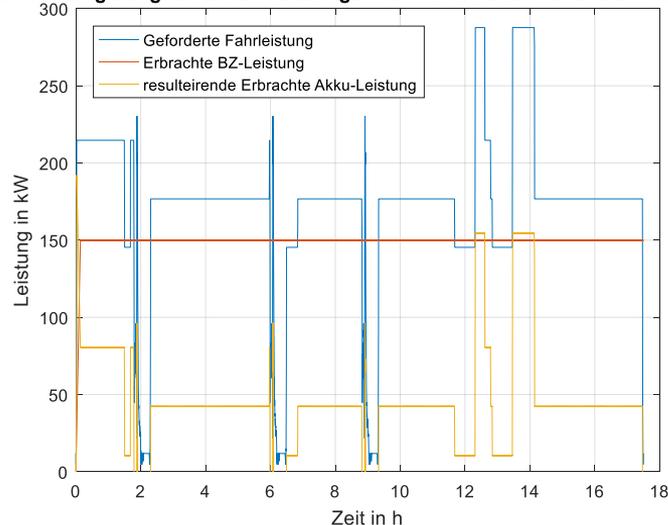
The screenshot shows a software interface with several sections:

- Schiff:** Schiffsgeschwindigkeit aktuell (6 [km/h]), maximal (10 [km/h]), Drehzahlauslastung aktuell (40 [%]), maximal (85 [%]).
- Akku:** Akkutemperatur (-20.0°C), Ladezustand Akku (95 [%]).
- Range Extender:** Range Extender hinzuschalten (checked), Start ab (70 [%]).
- Ladung / Leichter:** Art des (Schubboot & Leichter), Rumpfform (Eisbrechend), Beladung (keine Ladung).
- Wetter:** Klima (Außentemperatur: -30.0°C, Wassertemper: -30.0°C, Luftfeuchtigkeit: 75 [%]), Wind (Windgeschwin: 0.0 km/h, Windrichtung: N (0°)), Eis (Art der Eisdecke: erstmalig gebroc..., Dicke der: 5 cm).
- Navigation:** Starthafen (Siemens AG), Zielhafen (Westhafen), Position (5403, 0.2 km), Emissionsvergleich (Scania DI09 070M).
- Ausgabe:** Schiff zurückgelegte (2.01 [km]), Durchschnittsgeschwindigkeit (3.29 [km/h]), Zeitspanne (38 [min]).
- Akku:** Table with columns: leer, neu, vorh, voll. Rows: Spannung (312, 403, 404, 425), Kapazität (0, 5511, 5851, 6177), Elektrische Ladung (0, 2225, 2364, 2626), Ladezustan (0, 89.2, 94.7, 100).
- Range Extender:** Restinhalt (300.0 [kn]).
- Emissionseinsparung (lokal):** Table with rows: CO (426.9 [g]), HC (- [g]), HC + NOx (614.8 [g]), NOx (- [g]), PM (17.1 [g]), SO2 (- [g]).

Fahrassistent und Energiemanagement

- Routenplanung und aktuelle Routenüberwachung nach E-Bedarf optimiert
- Vorhersage für Reichweite und Geschwindigkeit
- Basis sind reale und simulierte Betriebsdaten
- Energie-Management-System steuert Brennstoffzellen und Akkus

Darstellung der geforderten Leistungen von Akkumulator und Brennstoffzelle



Übersicht

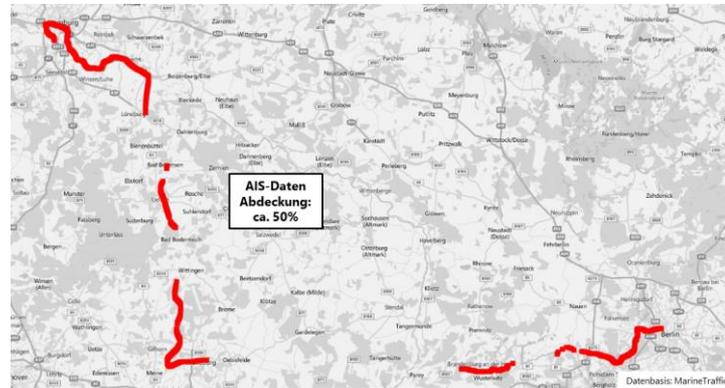
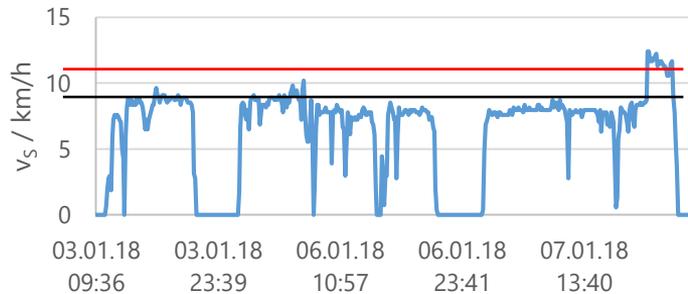
1. Aufgaben und Anforderungen
2. Die ELEKTRA und ihr elektrisches Energiekonzept
- 3. Route und Infrastruktur**
4. Energiequellen
5. Ausblick

3. Route und Infrastruktur - Betriebsdaten

Schwerguttransport – Birk.B / Ursus – 03.01.2018 bis 20.01.2018

| | | | |
|-----------------------|-------------------------|---------|------------|
| Abreise in Berlin | 03.01.2018 | 6 Tage | Fahren |
| Ankunft in Hamburg | 09.01.2018 | | |
| Liegezeit in Hamburg | 09.01.2018 – 15.01.2018 | 6 Tage | Liegen |
| Umschlag bei Wallmann | 15.01.2018 | 1 Tag | Umschlagen |
| Start Rückreise | 16.01.2018 | 4 Tage | Fahren |
| Ankunft in Berlin | 20.01.2018 | | |
| Gesamt: | | 17 Tage | |

Hinfahrt



3. Route und Infrastruktur - Akkumulator

- Kennzahlen Akkulatoren ELEKTRA

- Benötigte Energiemenge (BoL)

- Antriebs-Akku 1.950 kWh
 - Bordnetz-Akku 300 kWh
- } 2.250 kWh gesamt

- Laden in 7 h (entspricht Pause zwischen den Betriebstagen)

- Ladespannung 400 V AC
- Benötigte Ladeleistung 320 kW Durch Leistungselektronik (*Active Front End*) auf ELEKTRA ist $\cos \varphi = 1$ möglich. Somit entspricht 320 kW ~ 320 kVA.
- Benötigte Ladestromstärke 465 A

- Schiffsseitiger **Spannungswächter** zur Sicherstellung zulässiger Spannungsabfälle

Übersicht

1. Aufgaben und Anforderungen
2. Die ELEKTRA und ihr elektrisches Energiekonzept
3. Route und Infrastruktur
4. **Energiequellen**
5. Ausblick

4. Energiequellen – Akkumulator



beispielhaft

- Zellchemie: NMC (Nickel-Mangan-Cobald)
- Batteriekapazität: c.a 2,5 MWh (nutzbar)
 - 2,1 MWh @EOL
- Spannungsbereich: 633 – 822 DC (782 V norm.)
- Ladeleistung: > 357 kW (1/7C)
- Zustandsdatenübertragung mittels CAN-Bus
- incl. Thermomanagement
- integriertes Brandschutzsystem



4. Energiequellen – Brennstoffzelle

➤ Brennstoffzellen-System

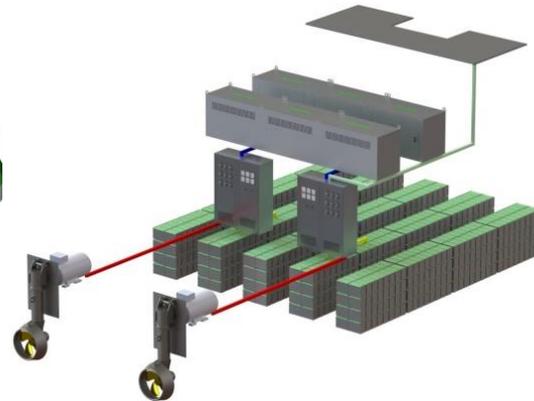
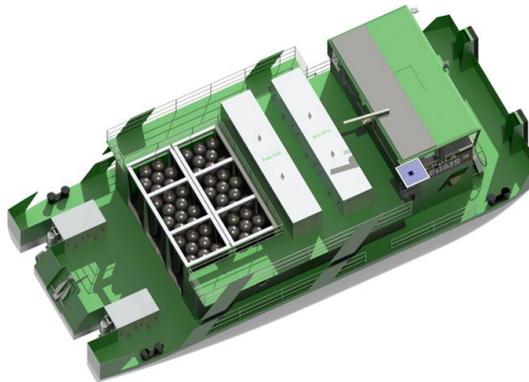
- ca. 200 kW für Grundlast
- ~ stationäres Verhalten
- kleines Betriebsfenster
- 16 h Dauerbetrieb



BALLARD®

FCveloCity®-HD

- NT-PEM incl. Kühl- und Kompressorsystem
- 400 – 580 V DC
- Installiert 3 x 100 kW
- einzeln betreibbar
- „einfrierbar“
- Ferndiagnose
- H₂-Sensor integriert

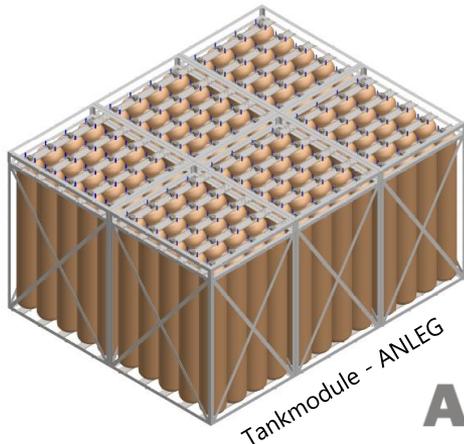


Anordnung Brennstoffzellen und Wasserstoff-Drucktankmodule an Deck

4. Energiequellen – Wasserstofflagerung an Bord

➤ Tank (Wechseltanks)

- H₂-Bedarf Berlin -> Hamburg 736 kg (= 6 „Elektra-Tanks“)
 - H₂-Bedarf für Berlin <-> Hamburg 1.472 kg (= 12 „Elektra-Tanks“)
- Drucktankmodule, GH₂ 500 bar Typ IV



ANLEG

- 6 Modul einzeln kranbar
- 750 kg nutzbar



Übersicht

1. Aufgaben und Anforderungen
2. Die ELEKTRA und ihr elektrisches Energiekonzept
3. Route und Infrastruktur
4. Energiequellen
5. **Ausblick**

5. Ausblick / Herausforderungen / Rahmenbedingungen

- **Ausbau Infrastruktur Landstromversorgung / Standardisierung > 250 A**
- **Strompreisentwicklung für Landstrom und Wasserstoffherzeugung**
- **Wasserstoff Verfügbarkeit und Kosten**
 - im späteren kommerziellen Betrieb max. 4,75 – 5,0 €/kg
- **Regelungen zu Emissionsgrenzwerten (CO₂ / NO_X / Partikel / ...)**
- **Vorschriftenentwicklung (CESNI / CCR / ZSUK / Klassifikationsgesellschaften)**
- **Übertragbarkeit auf andere Schiffstypen**
- **Winterbetrieb**



*Einfahrt der „Elektra“ mit Schwergutleichter „Ursus“
in den Berliner Westhafen 2021*

Berliner Hafen- und Lagerhausgesellschaft mbH

Dipl.-Ing. Klaus-G. Lichtfuß

Leiter Logistik

Westhafenstraße 1

13353 Berlin

Tel: +49 30 39095 230 / Fax +49 30 39095 176

Mobil: +49 163 575 66 14

E-Mail: k.lichtfuss@behala.de

www.behala.de

Technische Universität Berlin

Prof. Dr.-Ing. Gerd Holbach

Fachgebiet Entwurf und Betrieb Maritimer Systeme

Sekr. SG 6

Salzufer 17-19

10587 Berlin

Tel.: +49 30 314 214 17 / Fax: +49 30 314 789 69

E-Mail: gerd.holbach@tu-berlin.de

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