

Wasserstoff-Brennstoffzellenfähre

für die Fährverbindung Bingen – Rüdesheim

Ergebnisse der Machbarkeitsstudie

RHyntal
H₂ Fähre



Prof. Dr. O. Türk , Dipl.-Ing. (FH) J. Walter, Dipl.-Ing. (FH) J. Schied
Transferstelle Bingen, 24.02.2016





Fachhochschule Bingen
University of Applied Sciences
Nachwachsende Rohstoffe
Renewable Resources

Berlinstraße 109
D-55411 Bingen
+49 173 304 5997
+49 6721 409 453
tuerk@fh-bingen.de
www.fh-bingen.de

- Gegründet 1897 durch Hermann Hoepke
- 2600 Studenten, 61 Professoren
- Anwendungsorientierte Lehre und Forschung

Lehre:

- Nachwachsende Rohstoffe, stoffliche Nutzung
- Nachwachsende Rohstoffe, energetische Nutzung
- Stoffstrommanagement
- Umweltbiotechnologie
- Industrielle Biotechnologie
- Nachhaltige Mobilität
- Thermodynamik

Wissenschaftlicher Leiter



Transferstelle für Rationelle und
Regenerative Energienutzung Bingen im
ITB gGmbH

Berlinstraße 107a
D-55411 Bingen
+49 6721 98 4 24 - 0
+49 6721 98 4 24 - 29
tuerk@tsb-energie.de
www.tsb-energie.de

- Forschungsinstitut (Aninstitut) der FH Bingen
- 5 Professoren, 20 Ingenieure, 10 freie Mitarbeiter
- 120 Projekte und 10 Tagungen pro Jahr

Aktivitäten:

- Energie
- Energieeffizienz
- Erneuerbare Energien
- Nachhaltige Mobilität
- Nachwachsende Rohstoffe
- Ökobilanz

Gründer und Gesellschafter

AIM

Applied Innovative Materials
Angewandte Innovative Materialien

AIM - Angewandte Innovative Materialien GmbH
Applied Innovative Materials
Consulting for Research, Development, and
Marketing

Frankenstraße 12
D-55437 Ockenheim
+49 173 304 5997 mobil
+49 6725 999 764 Fax
tuerk@aimgmbh.com
www.aimgmbh.com

- Gegründet 2011
- Beratung für Forschung, Entwicklung, Marketing

Marktforschung: Materialien, Produkte, Lieferanten, Produktionsmengen, Preise, Produktionsstandorte, Lieferbedingungen, Wettbewerber, Wettbewerbsprodukte

Produktentwicklung

Prozessentwicklung: Prozessanalyse, Verbesserung von Analyse und Steuerung der Prozesse

Schutzrechte: Unterstützung bei der Recherche und der Ausgestaltung eigener Schutzrechte

Marketing: Marketing-Aktivitäten und Materialien

Die Biogene Werkstatt®



**BIO
GENE
WERK
STATT**

Stellvertretender Vorstandsvorsitzender



Ecoliance e.V.
c/o AIM GmbH
Frankenstraße 12
D-55437 Ockenheim

+49 173 304 5997
tuerk@ecoliance-rlp.de
www.ecoliance-rlp.de

- Unternehmensnetzwerk, ca. 75 Mitglieder
- Vorstand: Prof. Hellmann (KSB), Prof. Türk (AIM), Hr. Zimmermann (Rhenocoll), Hr. Müller (Vecoplan)

Aktivitäten im Bereich Umwelttechnologie:

- Wasser / Abwasser
- Kreislaufwirtschaft
- Gebäudetechnologie
- Energie, Energieeffizienz, Erneuerbare Energien, Biomasse

Projekthintergrund

- Weltkulturerbe Mittelrheintal
- Keine Brücke zwischen Koblenz und Mainz
- In absehbarer Zeit kein Brückenneubau in diesem Bereich geplant
- Notwendigkeit von Autofähren gegeben
- Zurzeit Abhängigkeit von fossilen Kraftstoffen (Diesel)
- Durch alternative Antriebe können Lärm- und Emissionsbelastung reduziert werden
- Effizientere Antriebstechnik mit höheren Wirkungsgraden im Antriebsstrang

Projektpartner



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH



Hochschule **RheinMain**
University of Applied Sciences
Wiesbaden Rüsselsheim



Projekttablauf

- **Vorstudie**

Laufzeit 2011 bis 2012

Partner: TSB, Linde AG, H2-BZ-Initiative Hessen, H2BZ-Kooperationsnetzwerk Rheinland-Pfalz, Bingen-Rüdesheimer Fähr- und Schifffahrtsgesellschaft eG, Stadt Bingen

- **Machbarkeitsstudie**

Laufzeit 2013 bis 2014

Partner: TSB, Hochschule RheinMain, HA Hessen Agentur GmbH, Linde AG, H2-BZ-Initiative Hessen, H2BZ-Kooperationsnetzwerk Rheinland-Pfalz, Bingen-Rüdesheimer Fähr- und Schifffahrtsgesellschaft

- **Fördermittel der Länder Hessen und Rheinland-Pfalz (MWKEL)**

Projektgrundlagen und -ziele

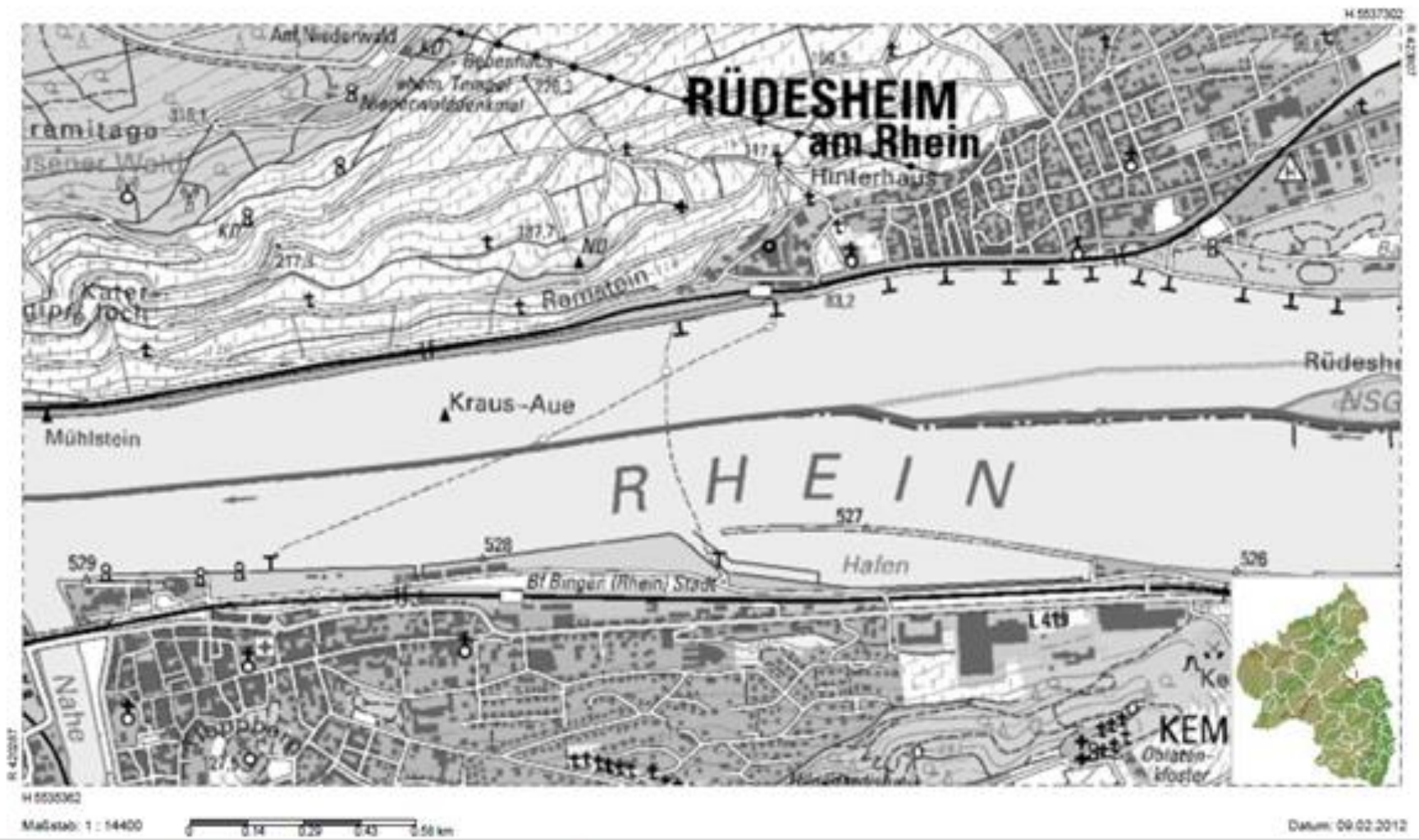
- Ermittlung des realen Wirkungsgrads und der benötigten Leistung des konventionellen Antriebssystems
- Ermittlung des Energiebedarfs an Bord
- Perspektive: Elektromotoren statt Dieselmotoren
- Stromerzeugung an Bord durch Wasserstoff-Brennstoffzellen
- Auslegung der Antriebskomponenten durch Messung der benötigten Leistung
- Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen
- Ermittlung ökonomischer Randbedingungen
- Basis für alle Überlegungen ist die Autofähre „Rheintal“
- Bewertung der Machbarkeit zum Bau eines Fährschiffes mit Brennstoffzelle auf Basis der Ergebnisse der Studie, „Indikation für technische Machbarkeit“

Fährschiff

RHyntal
H₂ Fähre



Betrachtete Fährverbindung



(C) Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz, Geobasisdaten; (C) Kataster- und Vermessungsverwaltung Rheinland-Pfalz

Rahmenbedingungen

Sommerfahrplan (2011):

84 Fahrten an einem Tag

Tagesverbrauch Diesel: 413 l

Winterfahrplan (2011):

91 Fahrten an einem Tag

Tagesverbrauch Diesel: 555 l (Heizung mit 78 kW_{th}!)

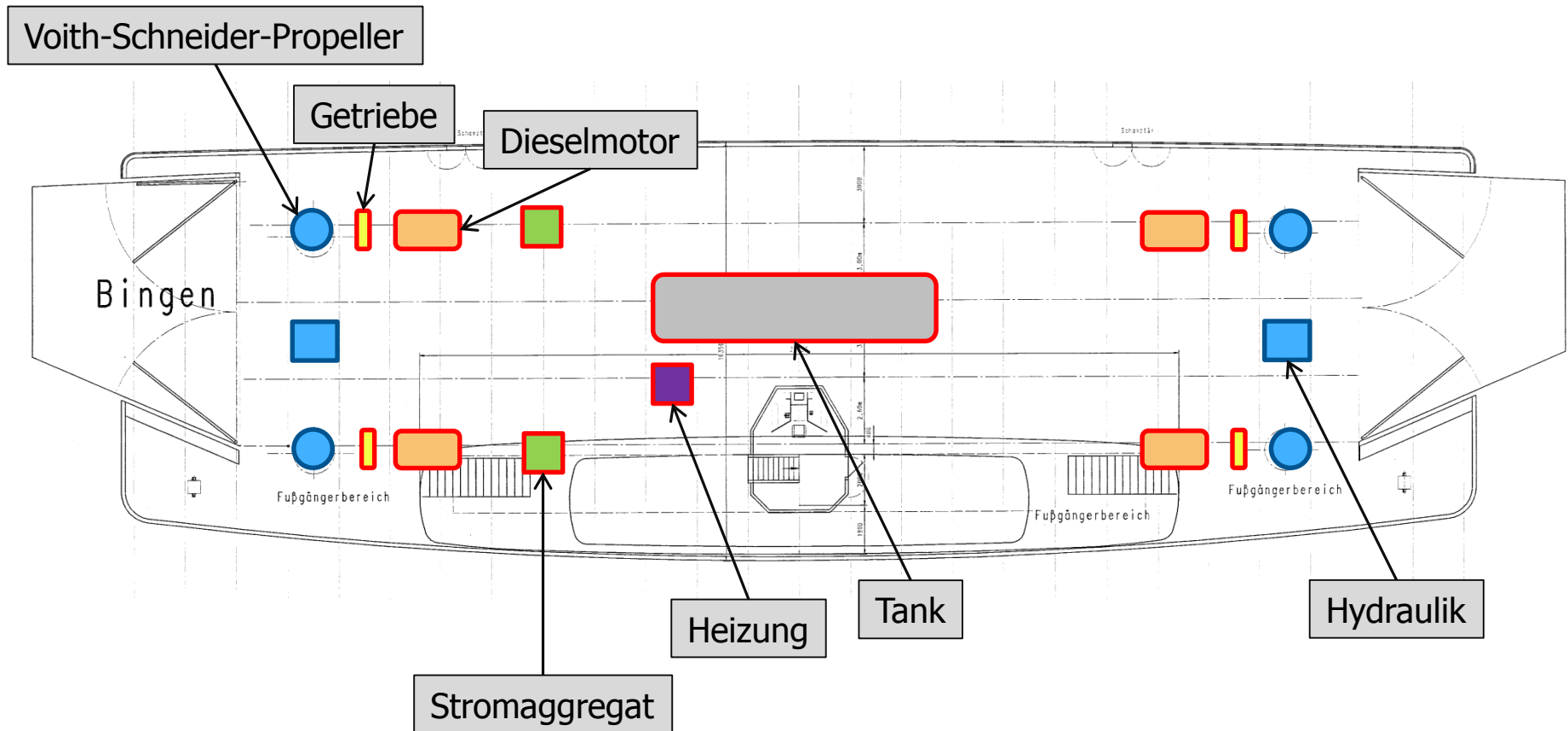
Gesamtfahrten „Rheintal“ aktueller Fahrplan (2014/2015):	23.100
Gesamtkraftstoffverbrauch (2011):	180.000 Liter

Überfahrt 6 min + 4 min Standzeit

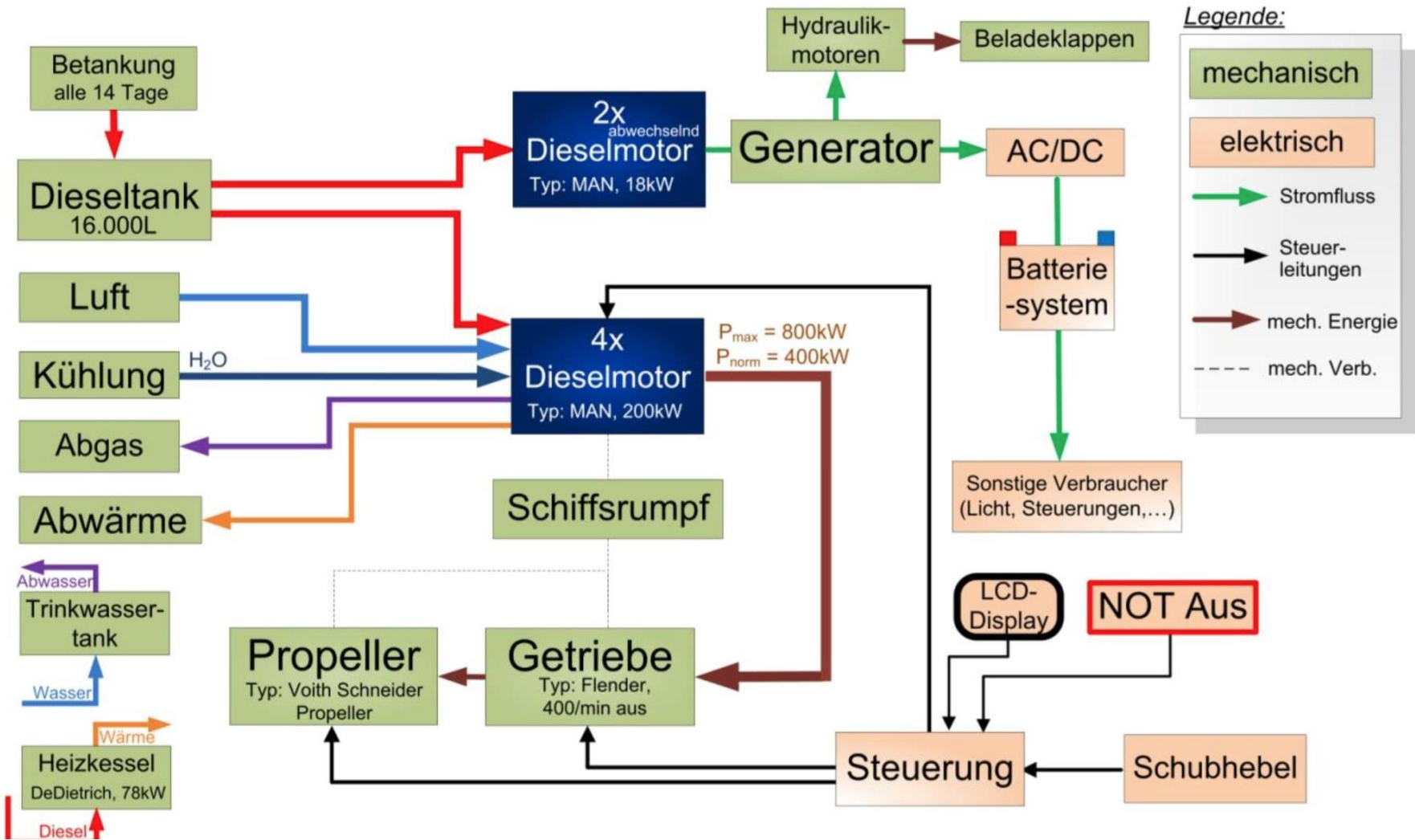
Tankrhythmus: 14-tägig, Tank nicht leer (ca. 50%), aber Korrosionsschutz

Arbeitshypothese (Wunsch Fährbetreiber): Tankrhythmus zweimal wöchentlich

Bestandsaufnahme Fähre Rheintal



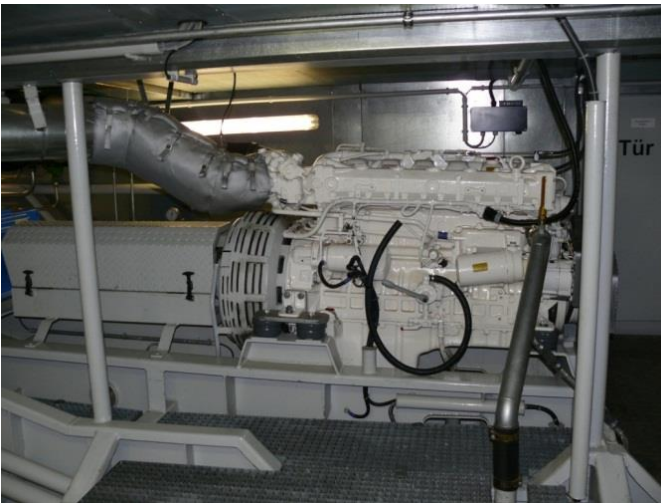
Funktionsdiagramm Fähre Rheintal



Bestandsaufnahme Fähre Rheintal



Länge: 60 m
Breite: 16,20 m
Leergewicht: 320 t
Tragfähigkeit: 200 t



Vier Dieselmotoren
Hersteller: MAN
Typ: D2876
direkteinspritzender Viertakt-Reihensechszylinder
mit Turbo und Ladeluftkühlung
 $280 \text{ kW}_{\text{mech}}$ bei 1.800 min^{-1}
Maximaldrehzahl: 1.500 min^{-1}
Dabei: $215 \text{ kW}_{\text{mech}}$
Drehzahl bei Überfahrt $1.000 - 1.200 \text{ min}^{-1}$
Drehzahl am Anleger: $600 - 800 \text{ min}^{-1}$

Bestandsaufnahme Fähre Rheintal



Getriebe:
Hersteller: Flender
reduziert Drehzahl auf 400 min^{-1}

Wirkungsgrad ca. 0,96



vier Voith-Schneider-Propeller:
jeweils für $180 \text{ kW}_{\text{mech}}$ ausgelegt

sehr schwer, Richtungswechsel sofort
(sonstige Systeme bis zu 10s)

Wirkungsgrad ca. 0,80

Bestandsaufnahme Fähre Rheintal

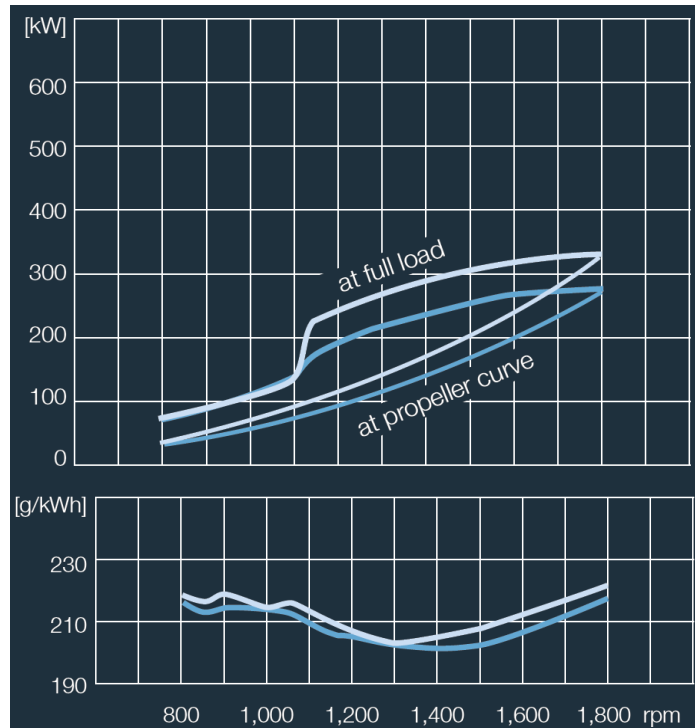


Heizung:
Brennwertkessel
Hersteller: DeDietrich
78 kW_{th}
(wird bei
Brennstoffzellenantrieb
entfallen)



Hydraulikaggregat:
elektrisch betrieben
elektrischer Leistungsbedarf
inklusive anderer Verbraucher:
5 kW_{el} (Anzeige auf der Brücke)

Fähre Rheintal: η Diesel / Bedarf H_2



Dieselmotoren	
Anzahl Dieselmotor	4Stk.
Leistung	200kW
Gewicht Diesel Motor	1160kg
Menge Diesel	413l/d
Gesamtmenge Diesel	16.000l
Wirkungsgrad Diesel Motor	40,0%
Kosten/Motor	35.000€
Gewicht Diesel incl. Tank	14.620kg
Drehzahl	1100min ⁻¹
Energiebedarf pro Tag	14.393MJ/d

Betriebspunkt bei 1.100 – 1.200 min⁻¹
(manuelle Aufnahme)

Energiebedarf für eine Überfahrt:
47,6 kWh / 171 MJ

$$\eta = \frac{1kWh}{b_e * H_U} = \frac{3,6MJ}{b_e * H_U}$$



führt zu Wirkungsgrad von 40 %
BZ: Annahme: 50 %

Wirkungsgrad große Stationärdiesel

- Aus der Literatur sind verschiedene mögliche Wirkungsgrade für Dieselmotoren bekannt
- Bandbreite liegt zwischen 38 und 52 %

Peter Andersen, Fa. E-MS:

- Schiffsdiesel (D.-elektrisch) 40%
- Wirkungsgrade von 45 % möglich, wenn alle technologischen Möglichkeiten ausgeschöpft werden
- Wirkungsgrade von 50 % im Schiffsdiesel schwer vorstellbar
- Optimierung Bordelektronik: Potential von 3 – 7 % (Wirkungsgrad)

-> Rechnung auf Basis Brennwert und drehzahlabhängiger Kraftstoffbedarf wahrscheinlich in richtiger Größenordnung

Trotzdem sehr bedeutsam ob Wirkungsgrad bspw. 38 % oder 52 %.

-> Daher Klärung notwendig!

Fähre Rheintal: η Diesel / Bedarf H_2

Ungenauigkeiten in dieser Betrachtung:

Elektromotor: Wirkungsgrad nicht berücksichtigt

Getriebe: Wirkungsgrad nicht berücksichtigt

Annahme: Voith-Schneider Antrieb in beiden Fällen (Wirkungsgrad ca. 0,80)

Berücksichtigt – aber nur qualitativ:

Heizung, nicht betrachtet da Verbrauchswerte Sommer angenommen

Heizung entfällt bei Brennstoffzellen-Antrieb

Vorstudie zeigt: Ermittlung des realen Wirkungsgrades der Dieselmotoren sowie der benötigten Antriebsleistung nicht ohne Messung möglich

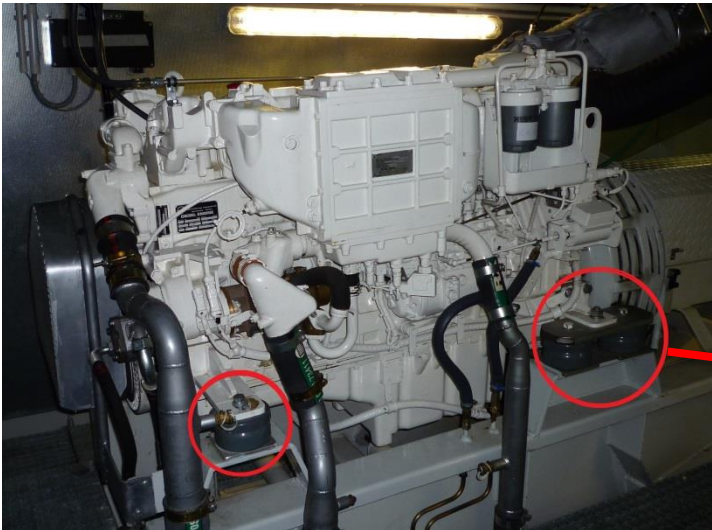
Messung an Bord

Die Messaufgabe besteht aus drei Teilen:

- Analyse des Drehmoments
- Aufnahme der Drehzahl zur Berechnung der Motorleistung
- Messung des Treibstoffverbrauchs im Normalbetrieb

Drehmomentermittlung

- Ermittlung des Drehmoments über Wägezellen an den Motorlagern
- Hier wird die Kraft, die der Motor durch sein Drehmoment (Verkipfung) auf die Motorlager ausübt gemessen und daraus das Drehmoment ermittelt



Dieses Bild zeigt die in rot markierten Motorlager, welche die auftretenden Kräfte aufnehmen.

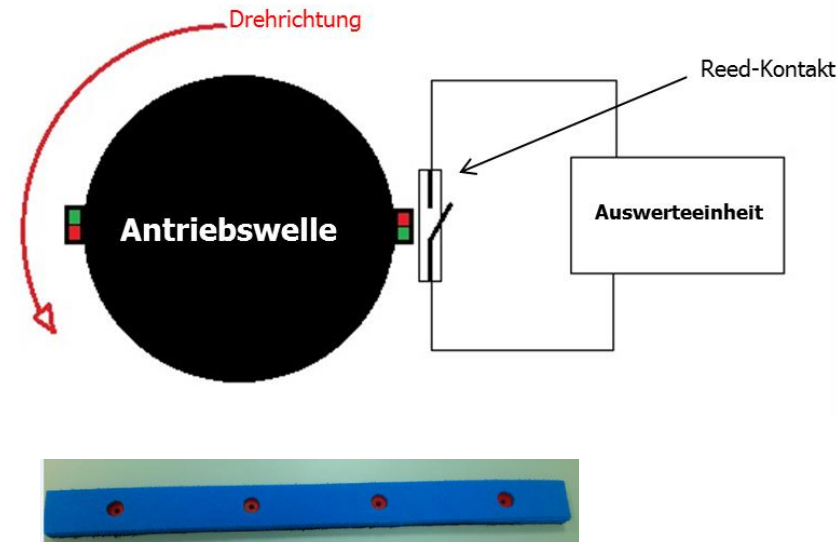


Drehmomentermittlung



- Eingebaute Druckmessdosen an den Motorlagern mit angefertigten Halterungen

Drehzahlaufnahme



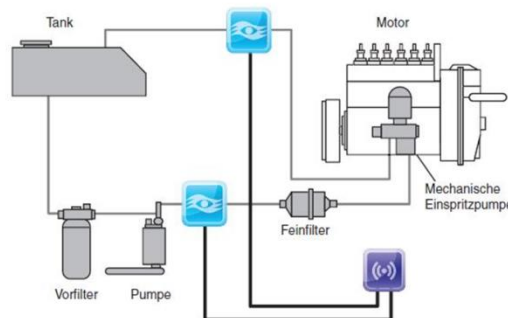
- Messung Drehzahl über Reed-Kontakt und Magnete
- Befestigung und Positionierung der Magnete über Lehre

Kraftstoffmessung



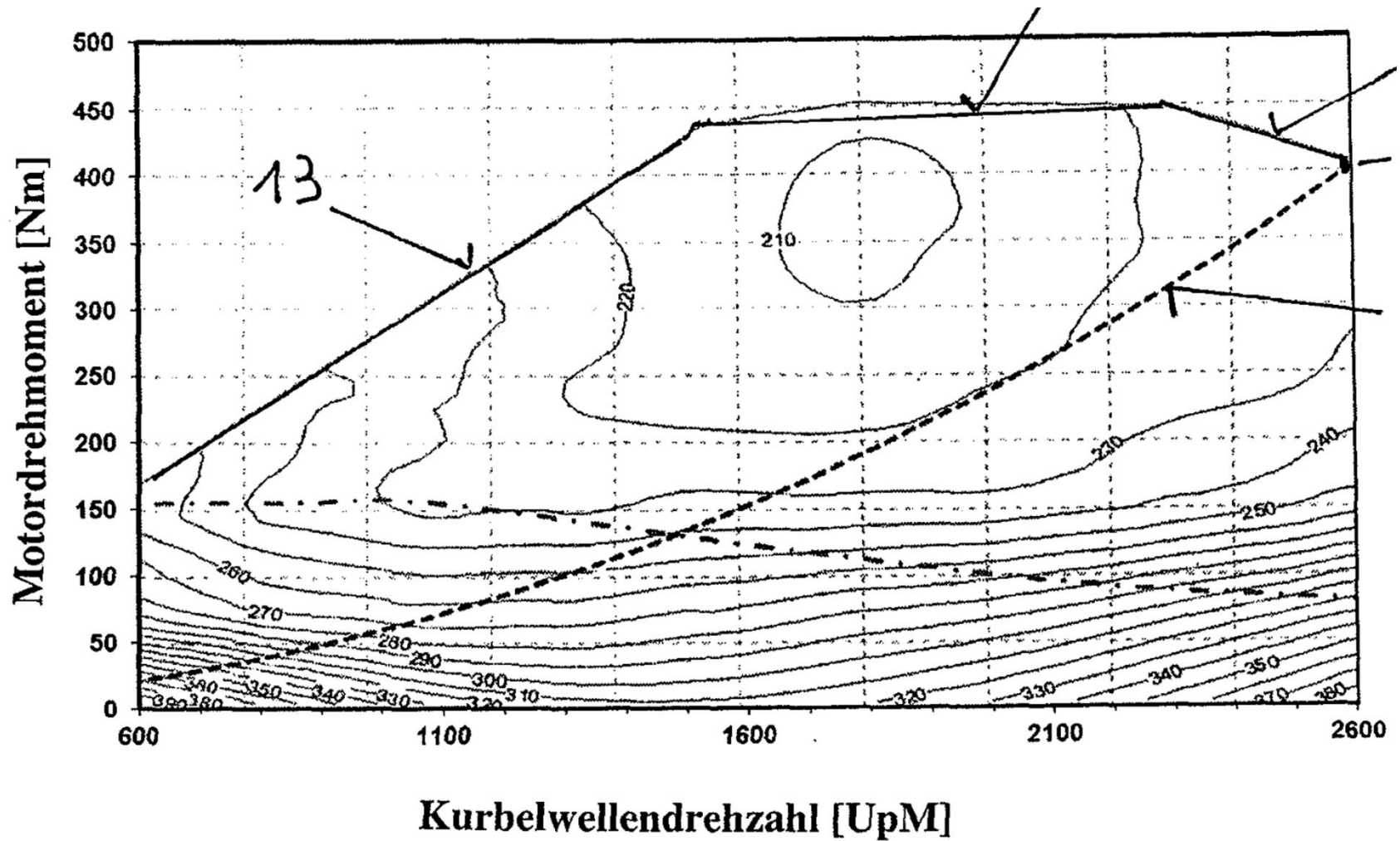
- Messung des Kraftstoffes über Differenzverbrauchsmessung des Vor- und Rücklaufes
- Notwendig da Common-Rail-Motoren eingesetzt sind
- Hierbei wird 4 bis 10-fache Menge Treibstoff umgepumpt (bspw. 50 l/h Verbrauch des Motors bedeutet 200 bis 500 l/h Treibstoff im Umlauf)

• Differenz-Verbrauch

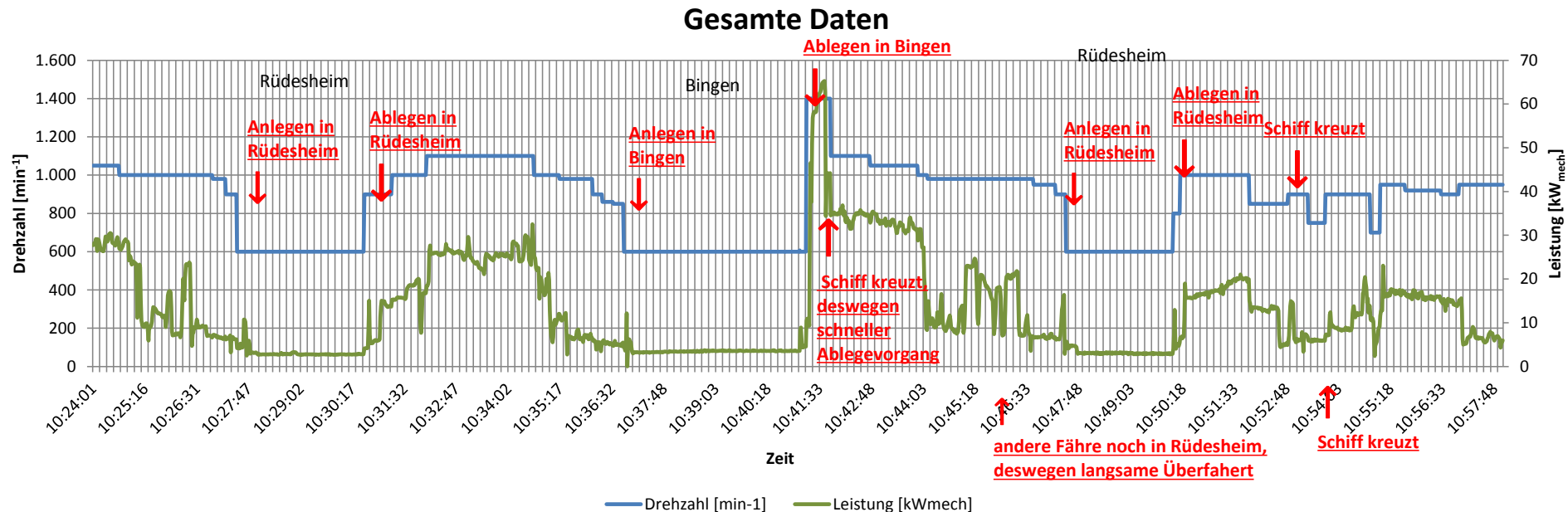


Bei dieser Variante wird der Kraftstoff von der Pumpe durch den Vorfilter aus dem Tank gesogen und anschließend über den Feinfilter zur mechanischen Einspritzpumpe geleitet. In Abhängigkeit von den Motorbedingungen dosiert die Einspritzpumpe die einzuspritzende Treibstoffmenge und leitet sie an die einzelnen Zylinder weiter. Dort wird der Kraftstoff von den Einspritzdüsen in die Verbrennungskammer eingespritzt. Die Aufgabe der Pumpe besteht darin, die 4- bis 10-fache Menge des möglichen Verbrauchs zur Verfügung zu stellen (z. B. sollte die Pumpe bei einem max. Verbrauch von 50 l/h ca. 200 l/h bis 500 l/h liefern können). Diese Menge ist vom Motor und Hersteller abhängig, die obigen Zahlen sind nur Richtwerte. Die nicht verbrauchte Treibstoffmenge wird über eine separate Leitung zum Tank zurückgeführt. Bei den heutigen Motoren (Common-Rail etc.) ist dies das Standard-Verfahren.

Kraftstoffmessung über Kennfeld



Ergebnisse Messung



- Darstellung für einen Motor mit Drehzahl und Leistung
- Mehrere Überfahrten dargestellt mit Position und Ereignissen
- Bei normaler Fahrweise mit 4-Motoren

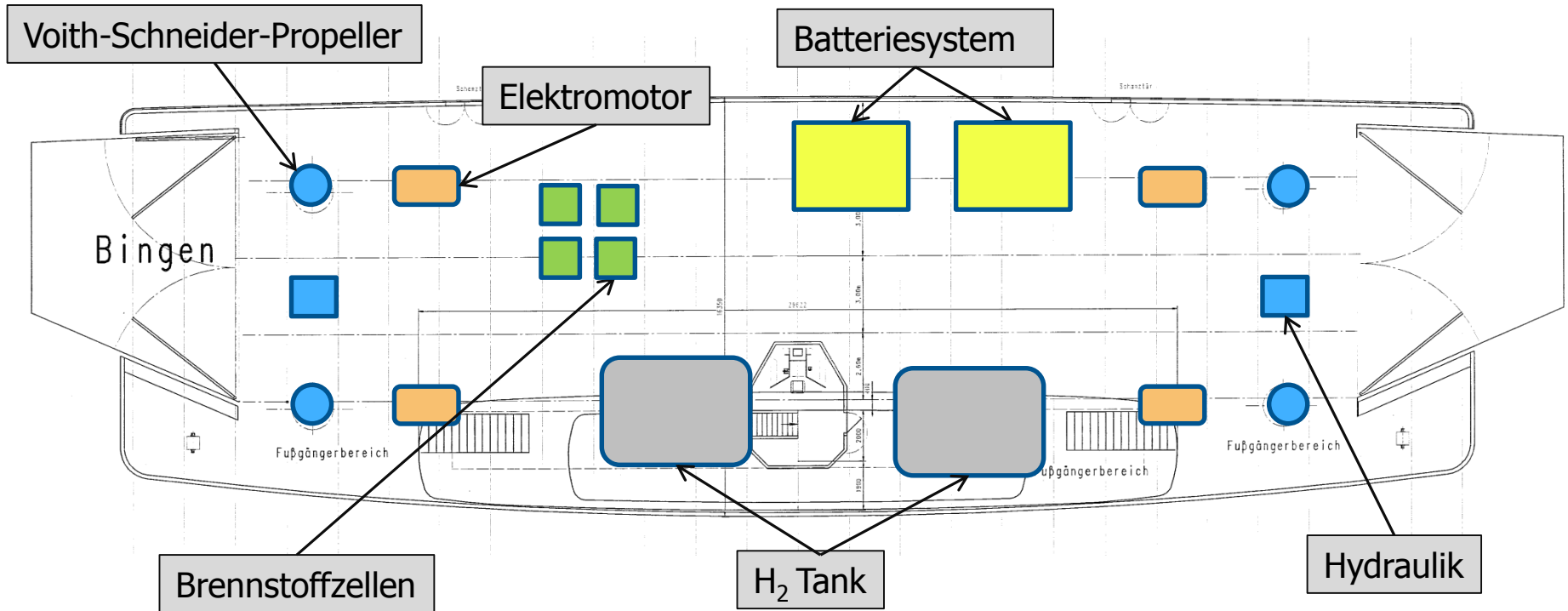
Ergebnisse Messung

- Benötigte Leistung für Überfahrt ca. 30 % der installierten Motorleistung
- Auch ohne Berücksichtigung der Redundanz überdimensioniert
- Motoren werden nicht bzw. können nicht im Betriebs- und Verbrauchsoptimum betrieben werden (erhöhter Verbrauch/erhöhte Rußemissionen)
- Hierdurch geringer Wirkungsgrad der Motoren von 30 % (hier nach Lehrbuch bzw. Literatur 38 - 52 % denkbar)

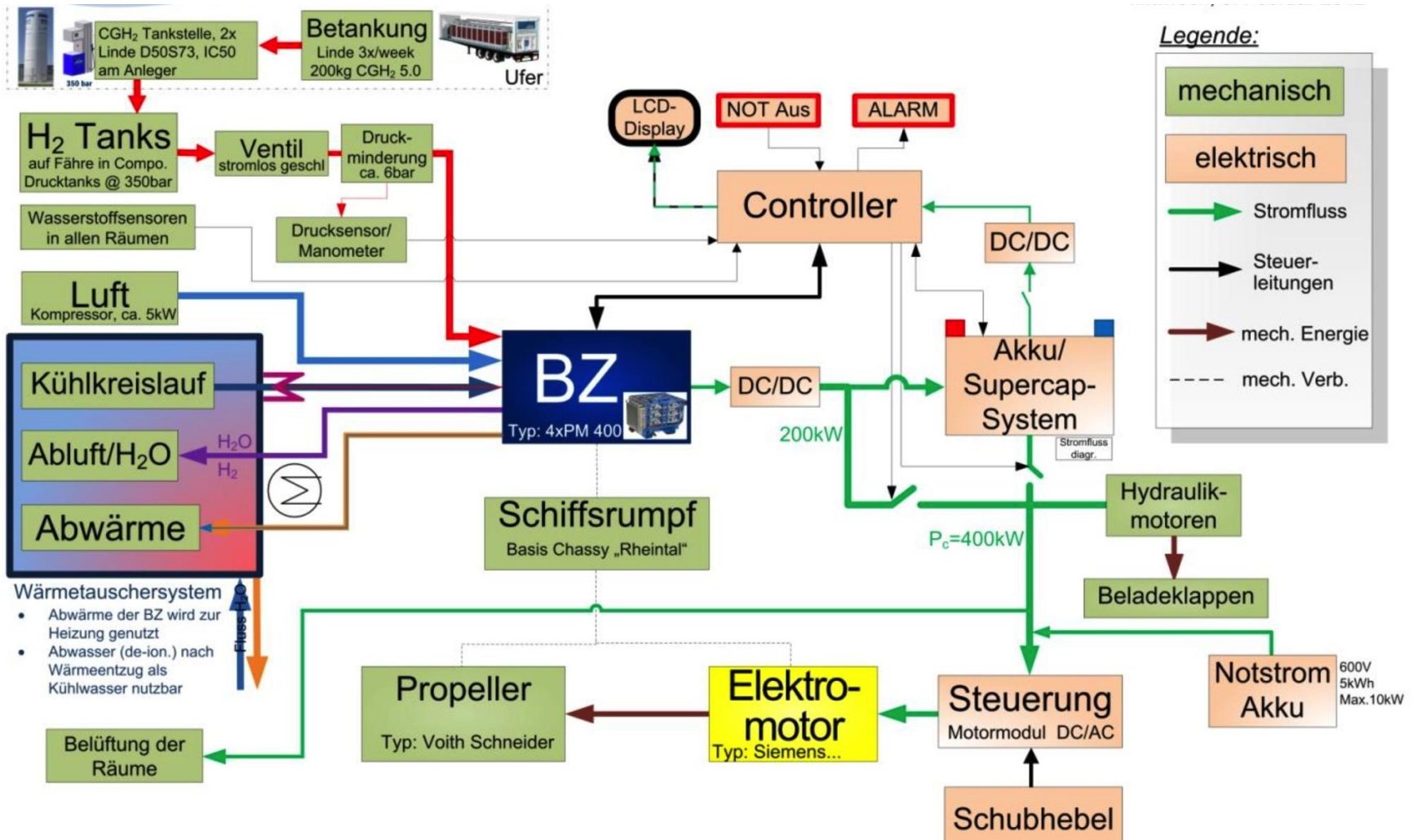
Ermittlung Energieverbrauch für Fahrplan 2014/2015

Dieserverbrauch Fahrbetrieb und Stromerzeugung	210 - 420 l/d
Dieserverbrauch Heizung (Winterfahrplan)	84 l/d
Gesamtenergieverbrauch Diesel	132.000 l/a
Gesamtenergieverbrauch Diesel	1.300.000 kWh _{Hi} /a
max. Wasserstoffverbrauch der Fähre pro Tag (inkl. Sicherheitsreserve und Stromerzeugung):	130 kg/d
Gesamtenergieverbrauch Wasserstoff	38.400 kg/a
Gesamtenergieverbrauch Wasserstoff	1.280.000 kWh _{Hi} /a
Anforderungen an die Lieferfrequenz:	3,5 d
Wasserstoffreinheit, -spezifikation:	5.0
Aggregatzustand des gelieferten Wasserstoffs (300 - 500 bar):	gasförmig
Betankungsdauer bei Überströmen	ca. 45 min.

Komponentenübersicht BZ-Fähre



Komponentenübersicht BZ-Fähre



Beispiel für mögliche Brennstoffzelle

PM Core 50 – Einsatz stationär, maritim, mobil



Technische Daten:

Wirkungsgrad (inkl. BOP)	> 50 %
Nennleistung	50 kW
Ausgangsspannung DC	300 ... 660 V *
Abmessungen (L x B x H)	1600 x 850 x 1000 mm
Gewicht ca.	600 kg

* vor DC/DC Wandler (eigene Einheit) anpassbar an alle gängigen Spannungsebenen

Derzeitiger Stand – Änderungen vorbehalten

Perspektive:
Heute PM200
(cm²/Zelle)
Zukünftig: PM400
doppelte Leistung zu
2/3 der Kosten

In H₂-BZ-Fähre würde
neuer Stack eingebaut

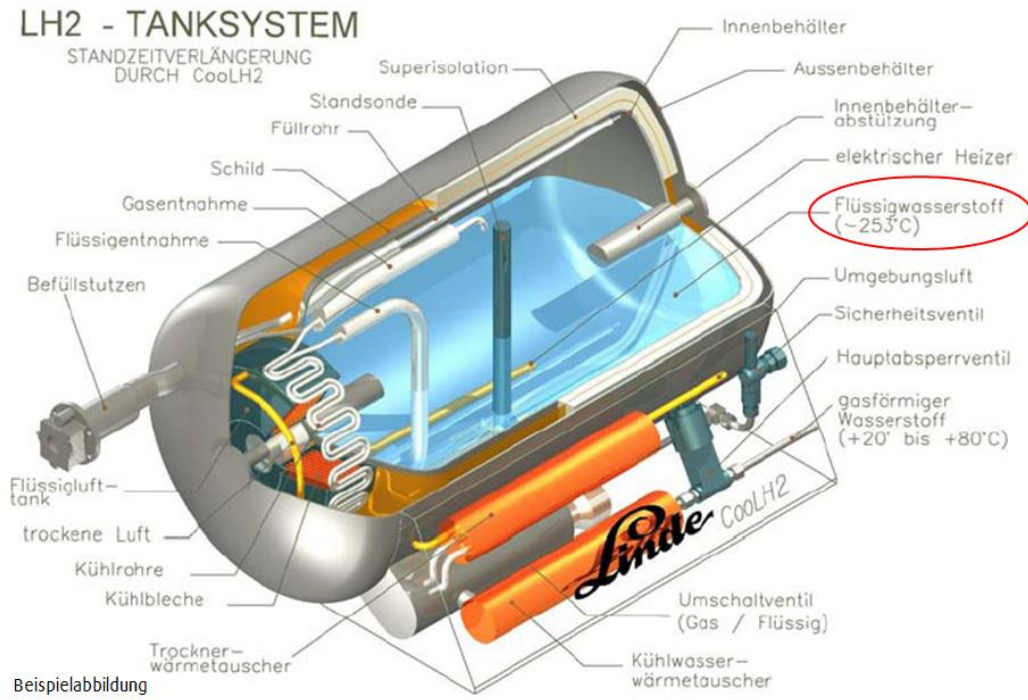
Zu verbauende Leistung in
Absprache mit den
Zulassungsbehörden

Zulassung für den maritimen
Bereich bereits vorhanden

Vergleich Batteriesysteme

Eigenschaft/ Typ	Blei-Gel Akku	Li-Ionen Akku (allgemein!)	LiFePO ₄ Akku (spez. Typ ausgew.)
	Robust, bewährte Technologie, „günstig“, schwer	neue Technologie, teuer, leicht, hohe Lebensdauer	Sehr hohe Energiedichten und Lebensdauer, Ladung unter 0°C möglich
Energiedichte	ca. 30 Wh/kg	ca. 100 – 200 Wh/kg	96,7 Wh/kg (errechnet)
Leistungsdichte	150 - 300 W/kg	500 - 2.000 W/kg	
Wirkungsgrad	60 %	90 %	~90 %
Lebensdauer	3-5 a	5-10 a	ca. 8 a (bei 1 Zyklus/d an 365 d/a)
Zyklen	ca. 1.000	ca. 2.000	ca. 3.000 (bei 80% DoD)
Gewicht	ca. 12 t (für 350 kWh)	ca. 2t	33 kg/Zelle (-> 6,2t für 600 kWh)

Vergleich H₂-Tanksysteme



Flüssiger Wasserstoff (LH₂) hat höchste Energiedichte

350 bar: 40 l pro kg
 700 bar: 25 l pro kg
 LH₂: 15 l pro kg

- Keine Tanks für Flüssigwasserstoff für den mobilen Einsatz zurzeit verfügbar
- Hier ist eine Neuentwicklung für Tank notwendig

Vergleich H₂-Tanksysteme

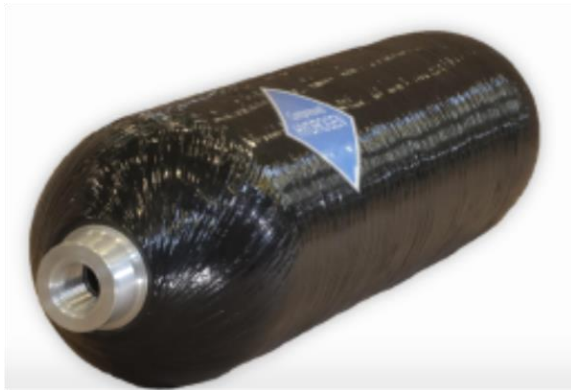


Tabelle 5-1 Dynetek 350 bar Type III Tanksystem

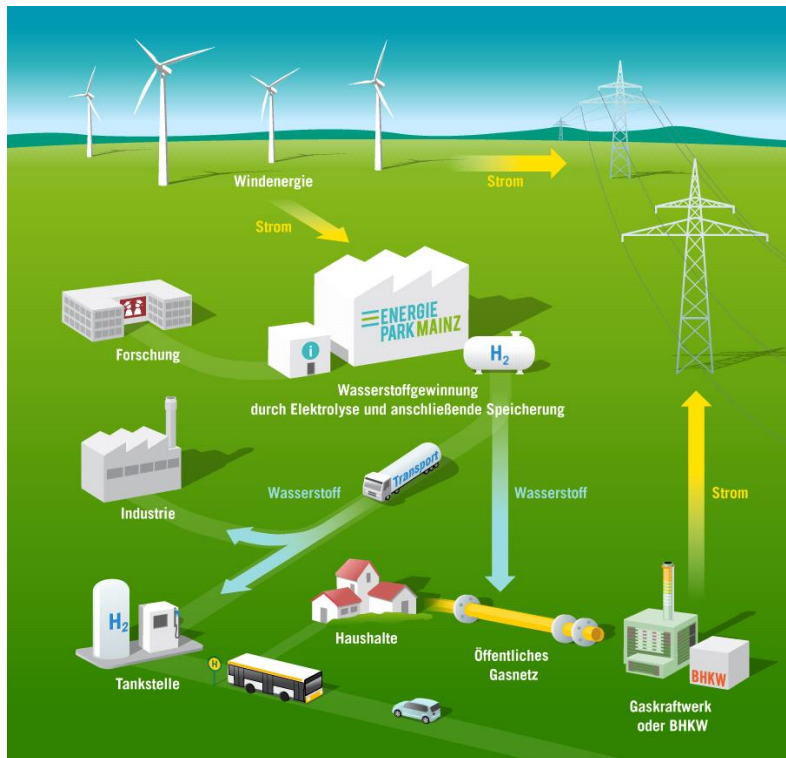
Druckniveau	350	[bar]
Leergewicht	97	[kg]
Nettovolumen	205	[l]
Abmessungen	2.110 x 416	b x d [mm]
Menge H ₂	ca. 5	[kg]
Für Tanksystem bestehend aus 7 Zylinder		
Leergewicht	780	[kg]
Bruttovolumen	1.435	[l]
Abmessungen	3.010 x 2.250 x 490	b x l x h [mm]
Menge H ₂	35	[kg]

Dynetek 350 bar System wird im Daimler Bus Citaro eingesetzt (Projekt Hamburg) 7 Zylinder in einem Rack verbunden

Dauer Tankvorgang für 100 kg (Tagesbedarf H₂): 30 Minuten

Wasserstoffbezug

Energiepark Mainz – Wasserstoffgewinnung durch Elektrolyse und anschließende Speicherung



- Verwendeter H₂ aus regenerativen Quellen
- Gewinnung aus Elektrolyse von Wind und PV Strom
- Kein H₂ aus Erdgas

Wasserstoffbezug

Wasserstoff-Produktion (theoretisch):

Drei Mal 245 Nm³/h
Demnach rund 6,4 Mio Nm³/a
Entsprechend rund 580 t/a

Ziel:

200 t/a

Ca. 15 t wurden im
zweiten Halbjahr 2015 produziert
(Testphase)

Grüner Wasserstoff

In Mainz wird Wind zu Gas

Im Energiepark Mainz ist ein Großprojekt gestartet. Mittels Elektrolyse wird reiner Wasserstoff hergestellt. Der Strom wird so zum Energieträger in Molekularform gewandelt.

08.07.2015, von LUKAS WEBER

f Teilen Twittern Teilen E-mailen



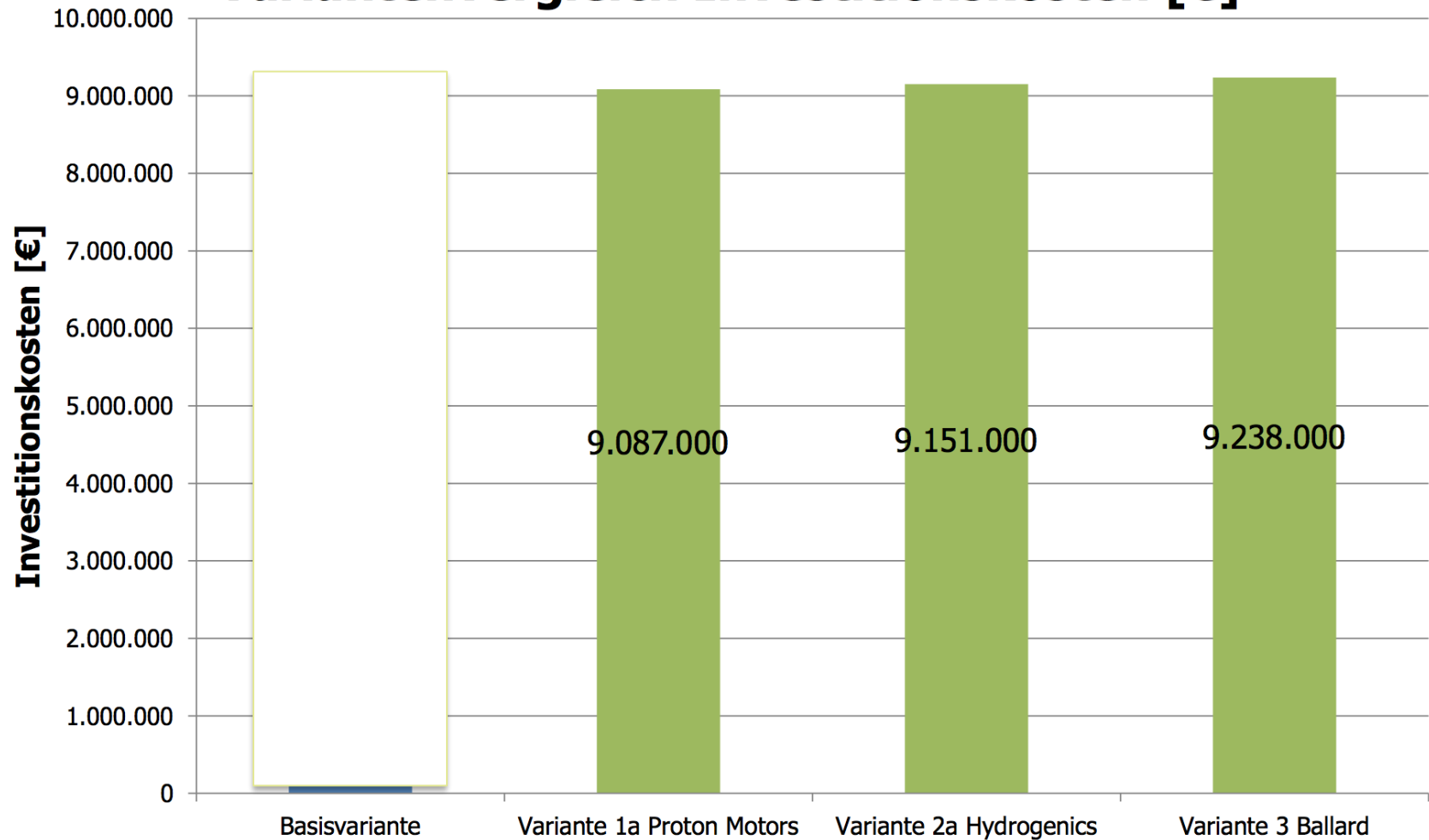
© SIEMENS

Der Energiepark Mainz

Das hätte sich Altkanzler Helmut Schmidt wohl nicht träumen lassen, als er einst orakelte, ohne Atomstrom gingen die Lichter aus. Zwei Generationen später gibt es trotz des Abschaltens nicht zu wenig, sondern eher zu viel Kapazitäten, und die Techniker denken über eine sinnvolle Verwendung jenes elektrischen Stroms nach, der aus großzügig geförderten erneuerbaren Energien hergestellt werden könnte, aber bisher keine Abnehmer findet. Heißer Kandidat als Kunde sind Anlagen, die mittels Elektrolyse reinen Wasserstoff herstellen. Der Strom wird so zum Energieträger in Molekularform gewandelt.

Wirtschaftlichkeit

Variantenvergleich Investitionskosten [€]



Wirtschaftlichkeit

Kapitalkosten

Kalkulationszinssatz	3	% ²
Nutzungsdauer / Betrachtungszeitraum Bootskörper Fähre	20	Jahre
Nutzungsdauer / Betrachtungszeitraum Antriebsstang	20	Jahre
Nutzungsdauer / Betrachtungszeitraum Brennstoffzelle	3	Jahre

Betriebskosten

Spez. Wartungs- und Instandhaltungskosten Dieselmotoren und Antriebsstrang	15.000	€/a ohne MwSt. ²
Spez. Wartungs- und Instandhaltungskosten BZ-Anlage	2	% von Invest./a ¹
Spez. Wartungs- und Instandhaltungskosten Sonstiges	1	% von Invest./a
Versicherung	30.000	€/a ohne MwSt. ²

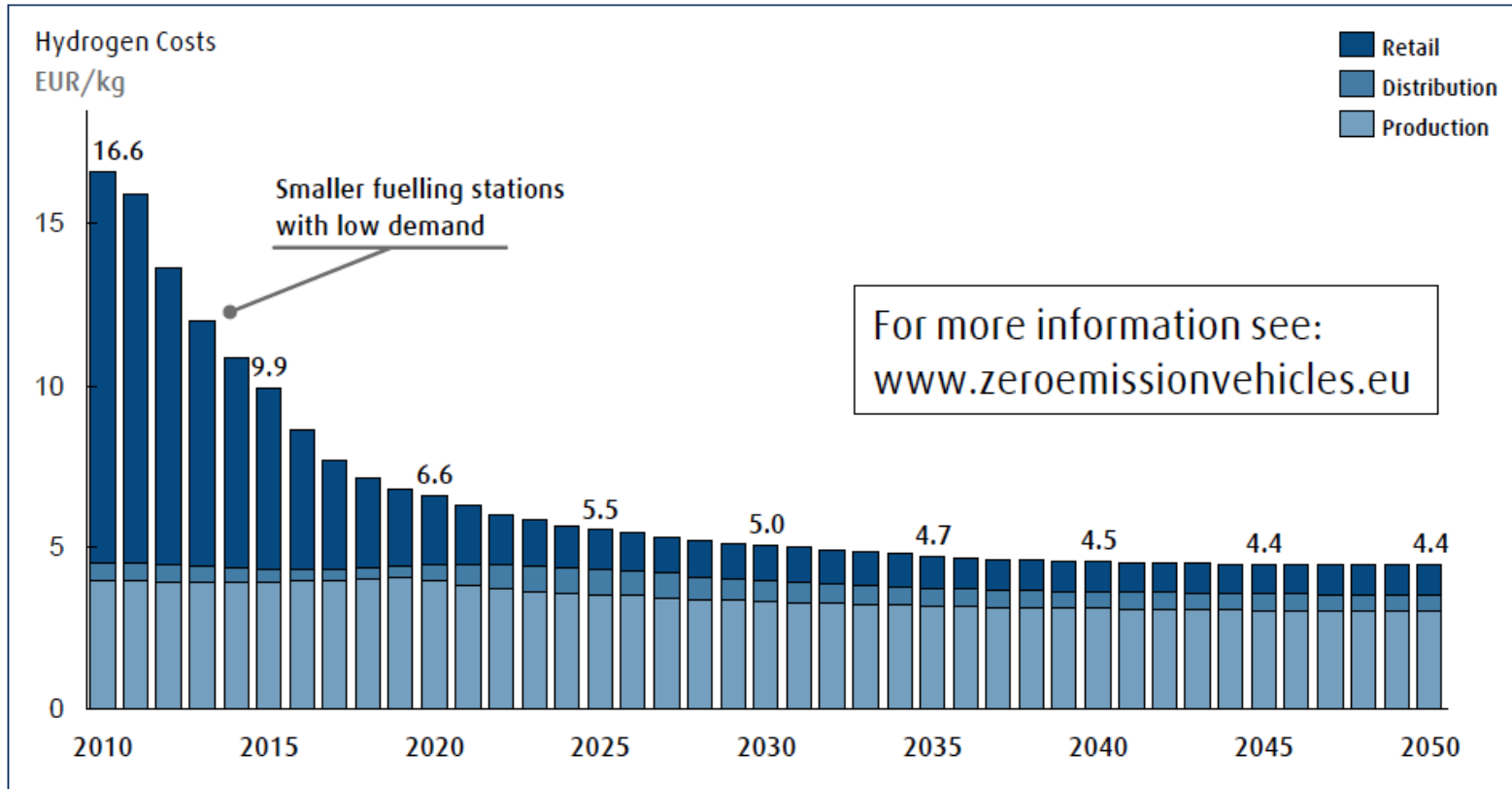
Verbrauchskosten

Dieselskosten	0,95	€/ (Netto)l ²
Wasserstoffkosten	8	€/kg ³

Preisentwicklung Wasserstoff

w/o taxes

25% FCEV WORLD



Quelle: EU Study analysis "A portfolio of powertrains for Europe: a fact-based analysis", 2010

- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)
 - Abteilung Wasserstraßen, Schifffahrt (WS)
- Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV)
 - Außenstelle Südwest WSD
- Zentralstelle Schiffsuntersuchungskommission (ZSUK)
- Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR)
- Det Norske Veritas und dem Germanischen Lloyd

Zulassung möglich

- Das Verfahren der Zulassung als frei fahrende Wagenfähre auf dem Rhein ist auch bei Elektroantrieb mit Energieversorgung durch Wasserstoff-Brennstoffzellen eindeutig geregelt und umsetzbar.
- Die technischen Vorschriften zur Zulassung der Fähre sind bis auf die den geänderten Antrieb betreffenden Bereiche identisch und anwendbar.
- Die technischen Vorschriften für den geänderten Antrieb und die Energieversorgung sind teilweise in den bestehenden Vorschriften der BinSchUO enthalten oder ableitbar. Durch die ergänzende Anwendung der Richtlinien des Germanischen Lloyd für den Einsatz von Brennstoffzellen an Bord von Wasserfahrzeugen ist insgesamt ausreichende Rechtssicherheit für die Zulassung der Fähre bei entsprechender technischer Gestaltung gegeben.

Ergebnis der Machbarkeitsstudie

- Zuständige Behörden halten eine Umsetzung für machbar, enge Einbindung notwendig.
- Technisch ist es machbar, eine Brennstoffzellen-Autofähre zu bauen.
- Die Energiebereitstellung in Form von regenerativen Wasserstoff ist regional (Energiepark Mainz) gegeben.
- Bedingt durch Mehrkosten und technisches Restrisiko ist eine Förderung notwendig.
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zeigt zum Zeitpunkt des Projektabschlusses Mehrkosten der Brennstoffzellen-Fähre von etwa 65 % gegenüber der konventionellen Fähre mit Dieselmotoren.

Realisierung? Ausdauer ist notwendig ...

DIE STADT BINGEN BEKOMMT EINEN ELEKTROBUS

Do 18.02.2016 | Pressemitteilungen

Thema



v.l.: Werkleiter Dieter Birkholz,
Beigeordneter Jens Voll, Leiter der TSB
Dr. Oliver Türk, Innenminister Roger
Lewentz, Bürgermeister Ulrich Mönch
Quelle: Stadt Bingen

Roger Lewentz (Minister im
Ministerium des Inneren, für Sport
und Infrastruktur) hat am
16.02.2016 feierlich den
Förderbescheid für einen Elektrobus
an die Binger Stadtspitze überreicht.
Über die Förderzusage freuten sich
Ulrich Mönch (Bürgermeister der
Stadt Bingen), Jens Voll (Dezernent
der Stadt Bingen für Mobilität),
Dieter Birkholz (Leiter der
Stadtwerke Bingen) und Prof. Dr.

Oliver Türk (wissenschaftlicher Leiter der Transferstelle Bingen - TSB).

Mit bis zu 255.000 € fördert das Land Rheinland-Pfalz das Modellprojekt
und setzt damit die Segel in Richtung eines umwelt- und
klimafreundlicheren ÖPNV. Der Bus wird dabei zu 50 % gefördert, die
notwendige Hochleistungsladestation am Busdepot der Stadtwerke zu 100
%.

Realisierung? Ausdauer ist notwendig ...



Beginn des Projekts Elektromobilität Stadt Bingen: Sommer 2011
Übergabe Förderbescheid Elektrobus: Februar 2016
Einsatz Bus: Ggf. 12/2016

RHyntal

H₂ Fähre



Wir danken für die Unterstützung durch:



Rheinland-Pfalz

MINISTERIUM FÜR
WIRTSCHAFT, KLIMASCHUTZ,
ENERGIE UND
LANDESPLANUNG



BINGEN
Perspektiven am Rhein



HessenAgentur

HA Hessen Agentur GmbH

RHyntal
H₂ Fähre



Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Transferstelle für Rationelle und Regenerative Energienutzung Bingen



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

TSB - Mit Energie für Effizienz und Umwelt



Prof. Dr. Oliver Türk
Transferstelle Bingen

Kontakt

Prof. Dr. Oliver Türk
06721 98 424-0
tuerk@tsb-energie.de

Jochen Schied
06721 98 424-252
schied@tsb-energie.de

Transferstelle Bingen
Berlinstraße 107a
55411 Bingen

www.tsb-energie.de