



Klimaneutral.
Lokal. Digital.

Einsatz von grünem Wasserstoff in lokalen Nahverkehrsprojekten am Beispiel Smart Quart Kaisersesch

SmartQuart / H2BZ Rheinland-Pfalz e.V.
1. Wasserstofftagung Rheinland-Pfalz
EWR-Turbinenhalle Worms

17. November 2022



Wasserstoff- und Brennstoffzellen Netzwerk Rheinland-Pfalz e.V. (H2BZ)

- seit 2006 in Kaisersesch angesiedelt
- finanziert durch die VG Kaisersesch und Mitgliedsbeiträge
- zurzeit ca. 54 Mitgliedsunternehmen
- wissenschaftliche, wirtschaftliche und politische Vernetzung



Themen der Wasserstofftagungen des H2BZ 2011-2022



Prof. Dr. Ralf Simon, TSB	Kostenreduktion bei der Wasserstoffherzeugung im virtuellen Kraftwerk
Florian Knab, Linde	Wasserstoff als Energieträger – Distribution und Speicherung
Prof. Dr. G. Hoogers, Birkenfeld	Portable Brennstoffzellentechnik – Made in RLP
Dr. Gunther Kolb, Fraunhofer	Dezentrale, mobile und regenerative Energieerzeugung durch Mikrotechnik
Professor Dr. Oliver Türk, TSB	Transferstelle für rationelle und regenerative Energie Alternative Antriebe
Dr.-Ing. Helmut Wiedemann, H2BZ	Power to Gas
Dipl.-Ing. Thomas Gaksch, Linde	Aufbau der Wasserstofftankstellen-Infrastruktur in Deutschland
Dipl.-Ing. (FH) Jochen Schied	Autofähre auf dem Rhein mit Wasserstoff-Brennstoffzellen-Antrieb - Erste Ergebnisse der Machbarkeitsuntersuchung
Jonas Aichinger, SW Mainz	Das Power-to-Gas Projekt Energiepark Mainz
Dipl.-Ing. Hans Joachim Thon	Wasserstoff- und BZtechnologie in der Anwendung
Dipl.-Ing. Jörg Wirtz, ABO Wind	Kläranlage Kaisersesch - Leuchtturm der Energiewendung?
Dipl.-Ing. Wolfgang Klar	Energie-Unabhängigkeit ist möglich! - Best Practice -
Dipl.-Biol. Renate Michel, EA	Fördermöglichkeiten zur Nutzung erneuerbarer Energien
Dipl.-Ing. Kurt Schmitt, IFH	Die Brennstoffzelle in der Haustechnik
Josef Darscheid, H2BZ	Grundsätzliche Bedeutung von Wasserstoff
Dipl.-Ing. Georg Valder	25.000 km Elektromobilität - wie funktioniert das?
Dipl.-Ing. Hans Joachim Thon	„Sektorkopplung im Rahmen der Nutzung erneuerbarer Energien“
Herr Benjamin Herrmann, EA	„Aktueller Stand der Energiewende in Rheinland-Pfalz“
Jürgen Fuhrländer	Wasserstoff aus Wind und Sonne
Dr.-Ing. Dietrich Rodermund	Vorstellung der Fahrzeug-Initiative Rheinland-Pfalz
Oliver Rechenbach, MUEEF	Initiativen der Ministerien zum Thema H2
Dr. Stefan Stollenwerk, SQ	Das H2-Netz im Reallabor SQ
Ralf Ott, Hydrogenious	LOHC Technologies
Alexander Dauensteiner, Viessmann	Wasserstoff in der Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden – Herausforderungen der nächsten Dekade
Uwe Diederichs-Seidel, SQ	Klimawandel – die Rolle des grünen Wasserstoffs
Dr. Jörg Heinen, E.ON	SmartQuart – als Antwort auf die Herausforderung der Energiewende
Dr. Stefan Stollenwerk, E.ON	Die Wasserstofftechnik in Kaisersesch
Bernd Kappenstein, Metropolregion	„Entwicklung der Metropolregion Rhein-Neckar zur Modellregion des Wasserstoffs“
Bjarne Heidelberg, EMCEL	„Busse mit Wasserstoffantrieb in Cochem-Zell“ – Vorstellung einer Machbarkeitsstudie

Mitglieder (Auswahl)



Resolution des Landkreistages zu Wasserstoff

- Die Dekarbonisierung und Defossilisierung des Verkehrs- und längerfristig auch des Wärmesektors durch die Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff muss in den Kreisen beschleunigt angegangen werden.
- Die erforderlichen rechtlichen Rahmenbedingungen sowie wirksame finanzielle Anreize sind von Land und Bund zu schaffen.
- Den Kreisen sind als wichtige Player im Rahmen der Energiewende die Möglichkeiten der wirtschaftlichen Betätigung im Zusammenhang mit der Erzeugung und Nutzung von Wasserstoff sicherzustellen.



Landkreistag Rheinland-Pfalz

**Nachhaltige Wasserstoffherzeugung und -
Nutzung in den rheinland-pfälzischen
Landkreisen –
Energiewende vorantreiben und dabei
Chancen regionaler Wertschöpfung
ergreifen**

Die Quartiersregionen im Strukturwandelkontext



- › Gemischte Region mit hoher Einwohnerdichte
- › Fokus: Wohnen und Gewerbe



- › Kleine Stadt
- › Fokus: Wohnen und Gesellschaft



- › Industriegebiet mit H2-Infrastruktur
- › Fokus: Industrie und Gewerbe



Im Projekt SmartQuart vereinen sich drei

typische Quartiere

– von niedrig verdichteten ländlichen bis hin zu sehr hoch verdichteten städtischen Räumen.

Durch diese Abbildung von für Deutschland typischen städtebaulichen Situationen sind die Konzepte in Zukunft auch **auf andere Quartiere übertragbar.**



Zusammenstellung des Konsortiums für das Reallabor der Energiewende „SmartQuart“

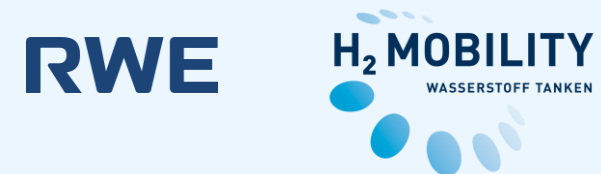
8 Konsortialpartner

- E.ON SE (Konsortialführer, Projektleitung)
- grid X (digitale Messtechnik)
- Hydrogenious Technologies (LOHC)
- Viessmann (Gebäudebeheizung)
- RWTH Aachen (wiss. Begleitforschung)
- Stadt Bedburg
- Stadt Essen
- Verbandsgemeinde Kaisersesch



2 assoziierte Partner

- RWE Power
- H2Mobility



Sektorenkopplung über Wasserstoffinfrastruktur bedient gesamte Energie-Wertschöpfungskette in Kaisersesch

- **Ziel:** Aufbau und Betrieb eines **wasserstoffbasierten Microgrids** in der Verbandsgemeinde Kaisersesch mit einem gewerblich-industriellen Fokus des Quartiers
- **Keine CO₂ Emissionen** bei dem Einsatz von grünem Wasserstoff
- Demonstration der **gesamten Wertschöpfungskette** von lokal produzierten Grünstrom zu Wasserstoff-Endanwendungen in allen Energiesektoren



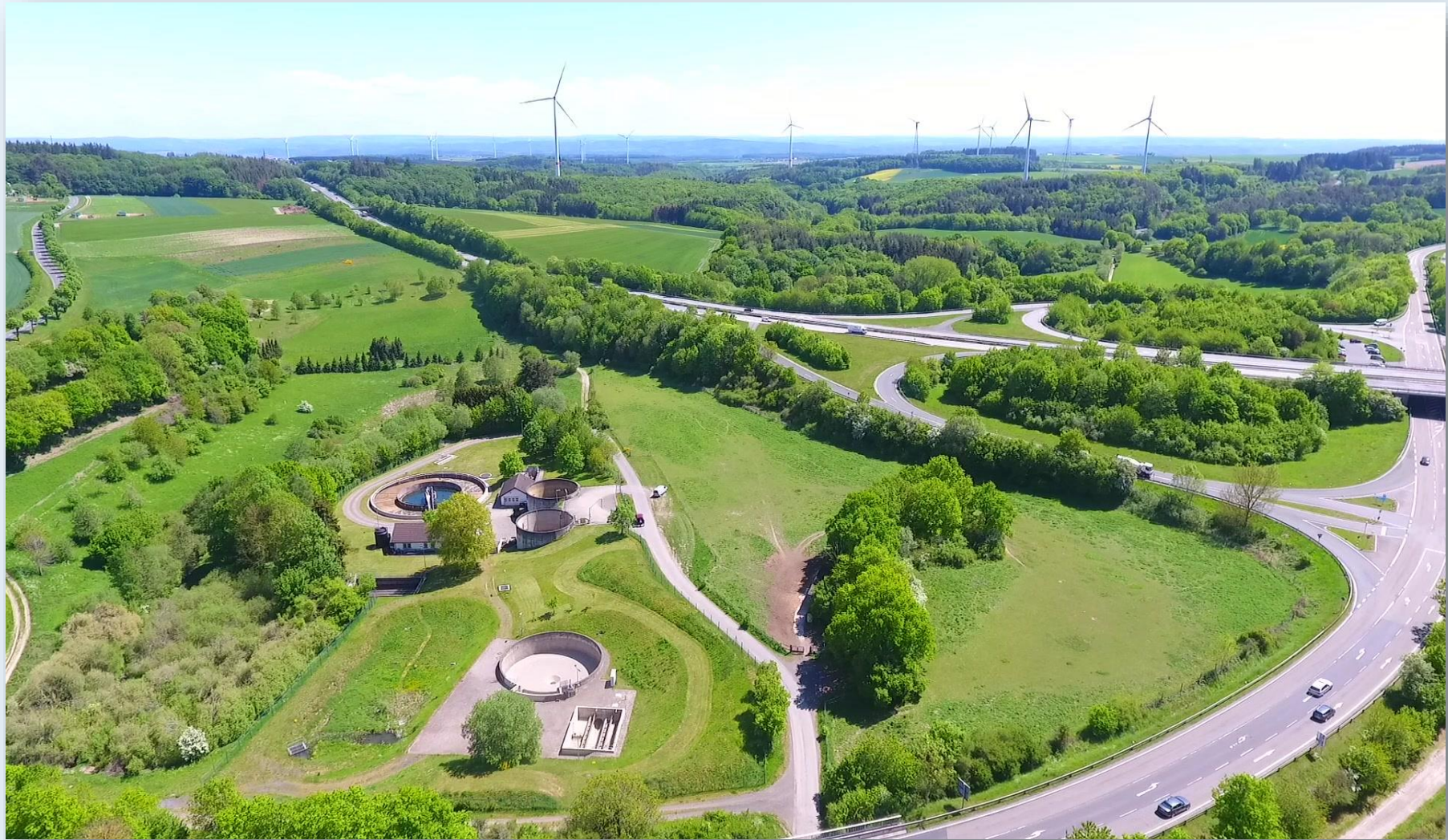
Layout des Geländes



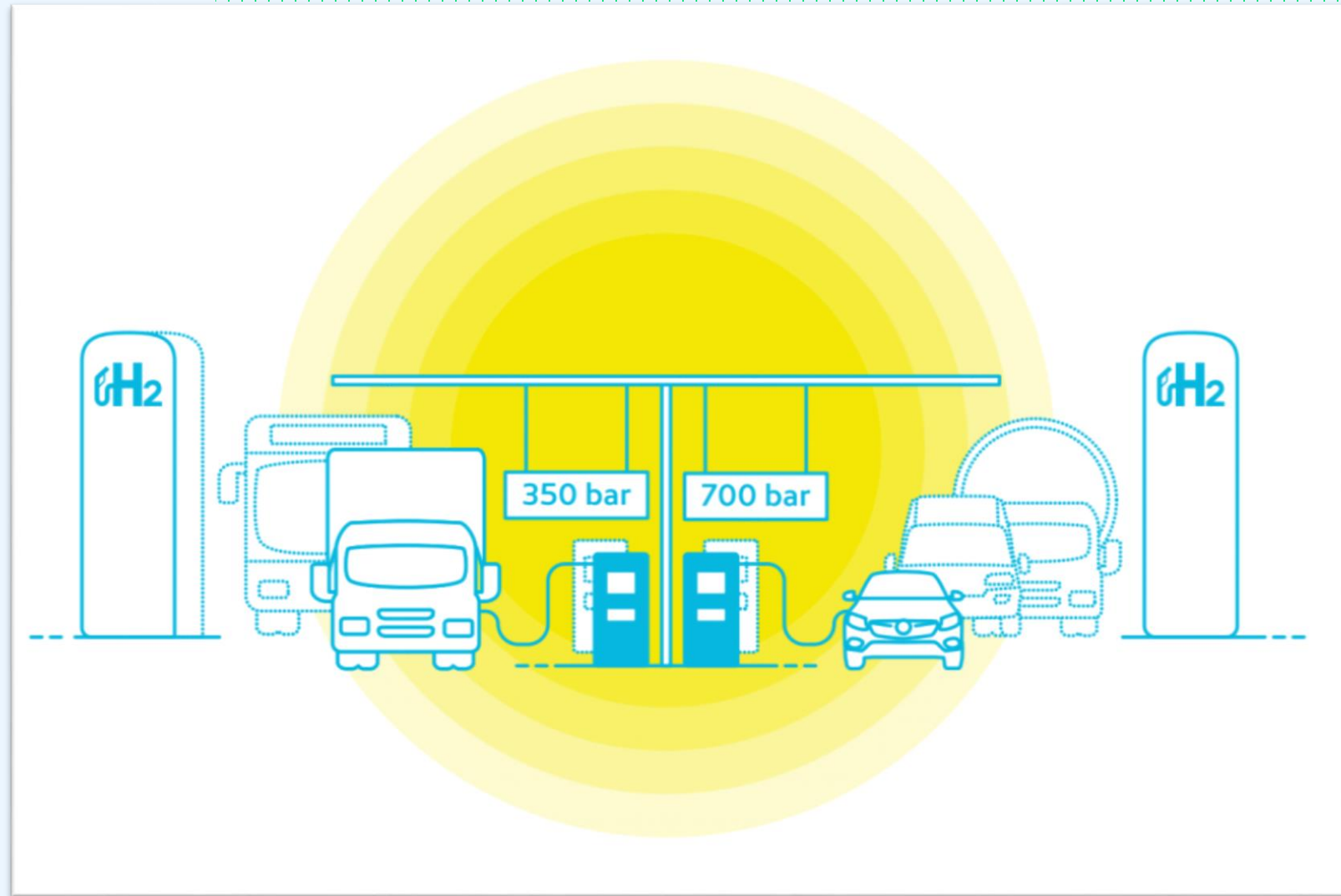




Tankstelle

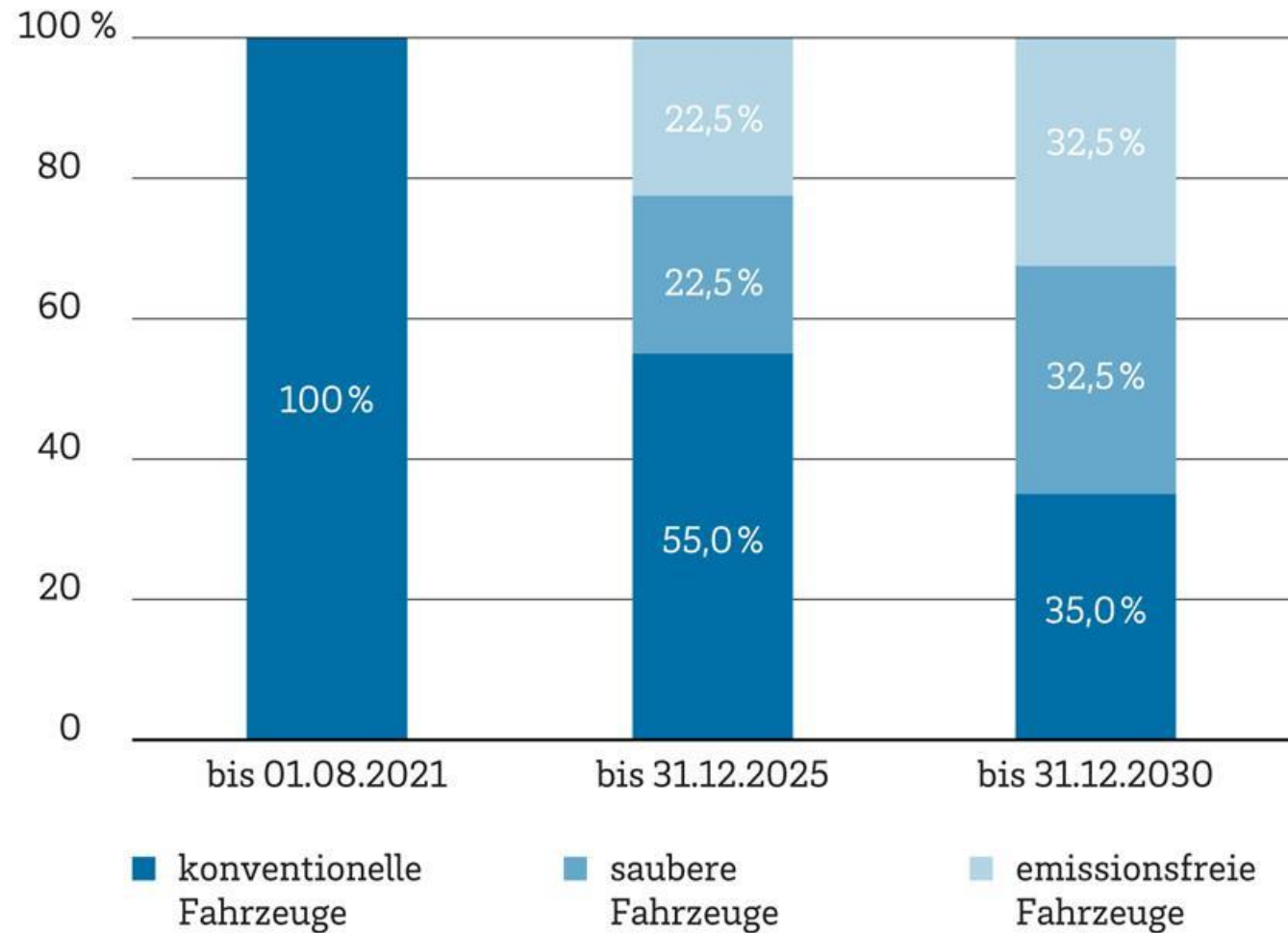


Tankstelle



Quelle: H2 Mobility

Clean Vehicles Directive (CVD)





Machbarkeitsstudie über den Einsatz von Brennstoffzellenbussen auf der Buslinie 713 zwischen Cochem und Kaisersesch

durchgeführt von
EMCEL , Köln, Ingenieurbüro für Brennstoffzelle, Wasserstofftechnologie und Elektromobilität

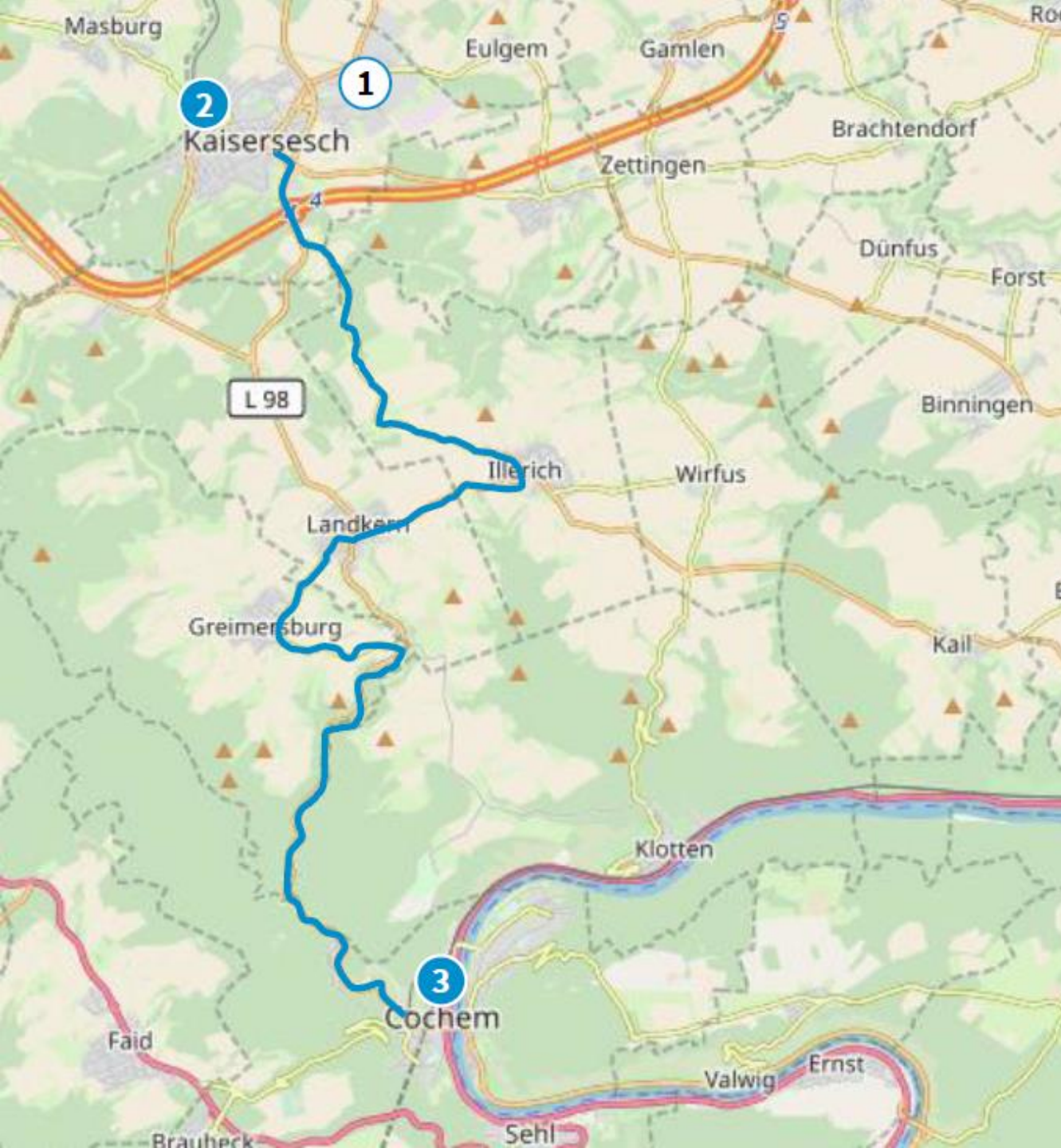
Finanziert durch:
SmartQuart/ E.ON und Landkreis Cochem-Zell

Quelle: www.emcel.com



Ziele

- Überprüfung und Bewertung der technischen Machbarkeit einer Einführung von BZ-Bussen auf der Linie 713 unter Integration des „SmartQuart“-Projektes
- Darstellung der Kosten und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes von BZ-Bussen
- Erarbeitung von Umsetzungsmöglichkeiten und -schritten für die Einführung der BZ-Busse



Infrastruktur

1. Bus-Parkplatz Kaisersesch, Ausgangspunkt Linie 713
2. Starthaltestelle Linie 713
3. Zielhaltestelle Linie 713

Liniencharakteristik

- ›ca. 18 km einfache Streckenlänge
- ›ca. 340 m Höhenunterschied



Kann man BZ-Busse im realen Tagesgeschäft ohne Einschränkungen einsetzen?

Tagesfahrleistung Busse Linie 713

	Mo. –Fr. Schulzeit	Samstag	Sonn/ Feiertag
Bus 1	Ca. 350 km	Ca. 300 km	Ca. 260 km
Bus 2	Ca. 320 km	-	-
Bus 3	Ca. 75 km	-	-
Bus 4	Ca. 50 km	-	-
Bus 5	Ca. 25 km	-	-

5 Busse insgesamt im Einsatz

- 2 Busse (SL) unter der Woche im Linienbetrieb (Bus 1 und 2)
- 3 Busse (SL + GL) zu Schulzeiten als Ergänzung zu Stoßzeiten (Bus 3, 4 und 5)
- 1 Bus (SL) jeweils samstags und sonn-/feiertags im Linienbetrieb

Quelle: www.emcel.com



Alternative Antriebstechnologien – Brennstoffzelle

Vorteile

- Reichweite bis ca. 400 km
- Streckenplanung wie bei Dieselnbussen
- Flexibel einsetzbar
- Tankzeit: ca. 15 Minuten für 400 km Reichweite

Nachteile

- Anschaffungskosten (Förderung von 80% der Mehrkosten gegenüber Dieselnbussen)
- Aufbau eigener Wasserstoffinfrastruktur (Tankstellen, H2 Transport)

Quelle: www.emcel.com



- **Der Einsatz von BZ-Bussen auf der Linie 713 ist technisch 1:1 umsetzbar ohne Mehraufwand in den Betriebsabläufen**
- **Die BZ-Technologie bietet die Möglichkeit, den Busverkehr zwischen Kaisersesch und Cochem zu 100 % emissionsfrei, flexibel und ohne Mehrfahrzeuge zu bedienen.**





Reicht die Wasserstoffproduktion vor Ort?

- SmartQuart Elektrolyseur: 1 MW ~ 430 kg H₂/Tag
- Unter Berücksichtigung der anderen Abnehmer von Wasserstoff im SmartQuart Projekt (Industrie / Gebäudeheizung / LOHC) stehen noch etwa 180 kg / Tag für die Betankung von Bussen/ LKW und PKW in Kaisersesch zur Verfügung.



Die Betankung der BZ-Busse für die Linie 713 ist durch die H₂-Produktion im „Smart-Quart“-Projekt realisierbar.



Wirtschaftlichkeit

Wesentliche Faktoren sind:

- Fahrzeugpreis
- Infrastruktur
- Betriebskosten
- Wartungskosten
- Werkstattertüchtigung
- Schulung

Kosten werden bestimmt durch die Summe dieser Faktoren basierend auf dem

- **Routennetz und**
- **der örtlichen Geografie**

Berechnungsgrundlage



Parameter	Wert
Preis BZ-Bus (12 m / 18 m)	550.000 € / 825.000 €
Preis Diesel-Bus (12 m / 18 m)	250.000 € / 375.000 €
Wasserstoff-Preis	8,00 €/kg
Kilometerleistung	100.000 km pro Jahr
Betrachtungszeitraum	10 Jahre

- + **Werkstattertüchtigung**
- + **Schulungen**
- + **Instandhaltung**

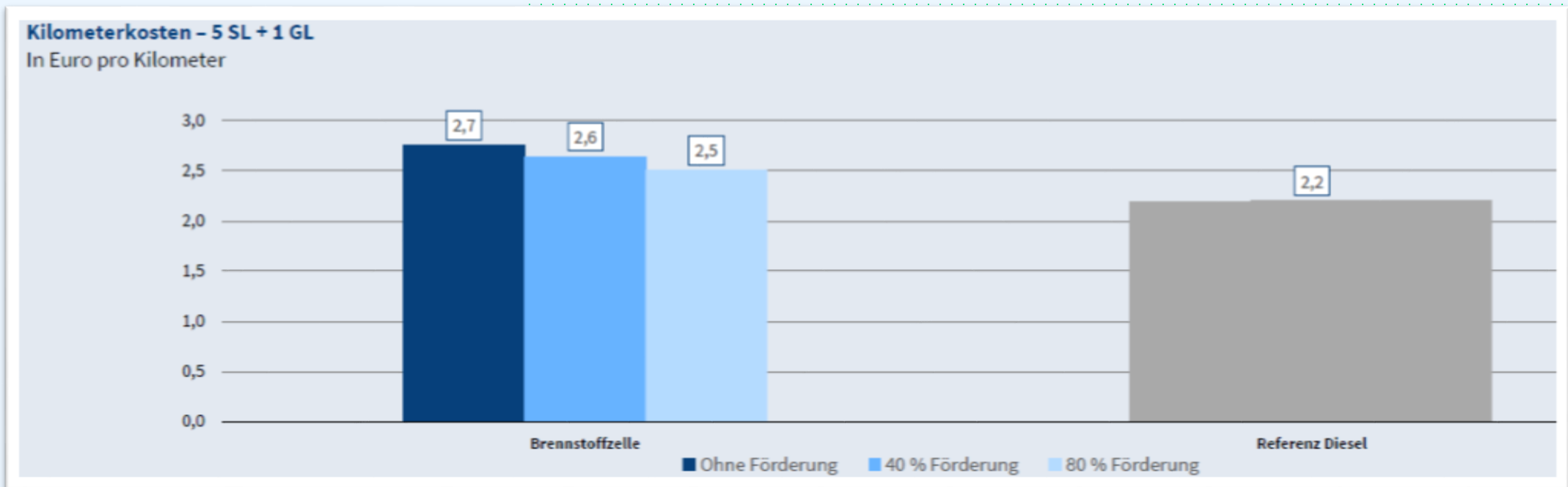
Quelle: www.emcel.com



Kilometerkosten über den Betrachtungszeitraum mit und ohne Förderung

Ergebnis:

- 2,5 €/km - 2,7 €/km (Diesel Referenz: 2,2 €/km)
- oder im Bestfall (80% Förderung) 14 % Mehrkosten



Quelle: www.emcel.com



Umweltaspekte

Einsparung globaler und lokaler Emissionen pro Jahr

- **CO₂-Äquivalent [t]** ca. 510 t
- **Stickstoffoxide NOX [t]** ca. 2 t
- **Feinstaubpartikel [kg]** ca. 20 t

Emissionseinsparungspotenzial der Linie 713

- Linienkilometer pro Bus1: 100.000 km/a
- Referenzbus: Diesel EURO VI
- Durchschnittlicher Dieserverbrauch: 41 – 57 Liter/100km

Quelle: www.emcel.com



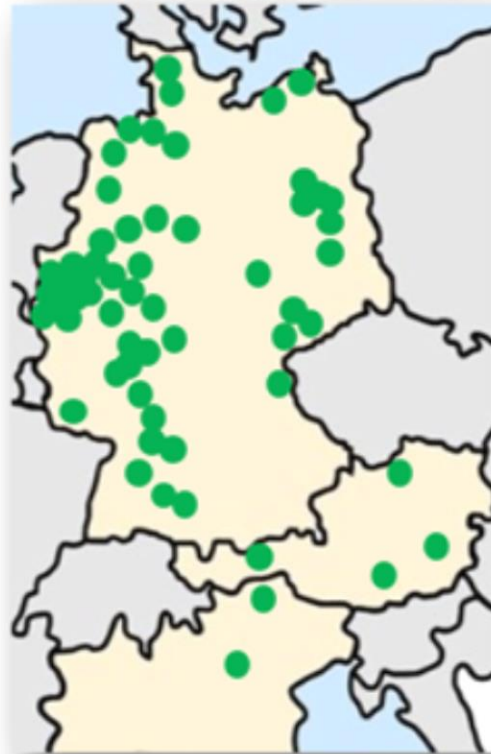
Lokale Wertschöpfung

- **Treibstoffkosten fließen z.Zt. zu 100% aus der Region ab.**
- **Das ändert sich deutlich, wenn der grüne Wasserstoff für den ÖPNV vor Ort produziert, gespeichert und genutzt wird.**
- **Es profitieren viele lokale Akteure und das zahlt ein auf die Akzeptanz der Energiewende.**

- **Und dieses regionale Wasserstoff-Ökosystem bekommt noch ein festeres Back-up durch *lokale Finanzierungsstrukturen* für den Bau der Infrastruktur und das Leasing der Fahrzeuge**



Der deutsche Brennstoffzellenbus-Cluster



In Betrieb oder bestellt (336)
Beschaffung in Gremien beschlossen (342)
Neuzugänge seit März 2022

1. GP Joule, Reußenköge (10)
2. DB Regio Autokraft GmbH (2)
3. Hochbahn Hamburg (2)
4. Flughafen Hamburg
5. Verkehrsbetriebe Kreis Plön
6. KVG Stade
7. Kieler Verkehrsgesellschaft
8. Emsländische Eisenbahn GmbH
9. Weser-Ems-Bus
10. Kreisbahn Aurich
11. VWG Oldenburg (4)
12. BremerhavenBus (7)
13. Meyering Reisen, Lingen
14. Stadtwerke Lingen
15. Stadtwerke Münster (1+3)
16. Regionalverkehr Münsterland
17. Westfälische Verkehrsgesellschaft
18. moBiel Bielefeld (4)
19. Verkehrsverbund Rhein-Ruhr
20. Ruhrbahn GmbH, Essen (20+25)
21. Duisburger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft (10)
22. Stadtwerke Krefeld (10)
23. Vestische Straßenbahnen, Herten (5+5)
24. Rheinbahn Düsseldorf (10)
25. NIAG Kamp-Lintfort
26. WestVerkehr Geilenkirchen (12)
27. Bahnen der Stadt Monheim
28. Wuppertaler Stadtwerke (10+10+ 40)
29. Stadtwerke Hamm (30)
30. KVG Lippe
31. Padersprinter
32. Märkische Verkehrsgesellschaft
33. Oberbergische Verkehrsgesellschaft (15)
34. Regionalverkehr Köln (35+15+ 108)
35. ASEAG, Aachen (21)
36. Rurtalbus, Düren (5+20)
37. Rhein-Erft-Verkehrsgesellschaft (10+16)
38. VVR Stralsund
39. Rebus Rostock
40. Nahverkehr Schwerin
41. Stadt- und Überlandwerke Lübben
42. Berliner Verkehrsgesellschaft
43. Verkehr in Potsdam
44. Barnimer Busgesellschaft (6)
45. Verb. Mitteldeutscher Busunternehmer
46. Cottbusverkehr (11)
47. Oberhavel Verkehrsgesellschaft
48. Stadtwerke Weimar
49. PVG mbh Weimarer Land
50. VWG Sömmerda
51. OVG mbh Sonneberg
52. Kombus GmbH
53. THÜSAC Personennahverkehrsgesellschaft
54. BKW Bad Wildungen
55. Verbandsgemeinde Kaisersesch
56. Mainzer Verkehrsgesellschaft (1+10)
57. Stadtwerke Bingen am Rhein
58. ESWE Wiesbaden (10)
59. Main-Taunus-Verkehrsgesellschaft
60. Stadtwerke Rodgau
61. traffiQ Frankfurt (13+10)
62. Stadtwerke Aschaffenburg (12)
63. Lokale Nahverkehrsgesellschaft mbH Kreis Groß-Gerau (24)
64. Fahma Fahrzeugmanagement GmbH
65. LandesEnergieAgentur Hessen
66. Rhein-Neckar-Verkehr, Heidelberg (40 +35)
67. Reutlinger Stadtverkehr
68. Stuttgarter Straßenbahnen AG (4)
69. Landkreis Wunsiedel
70. Bottenschein Reisen GmbH
71. TB Offenburg
72. DB Zug und Bus, Ulm
73. Saarbahn (4+28)
74. IVB Innsbruck
75. ÖBB Postbus GmbH
76. Holding Graz (1)+(7)
77. Bacher Reisen Radenthein
78. SASA / IIT Bozen (5+12)
79. Silbernagl Reisen
80. TTE SERCIZIO, Rovereto



Deutscher BrennstoffzellenbusCluster



Herzlichen Dank.



Kontakt:

Uwe Diederichs-Seidel

Verbandsgemeindeverwaltung Kaisersesch

Am Römerturm 2, 56759 Kaisersesch

Telefon: 02653 9996-510

Mobil: 0151 16505354

E-Mail: smartquart@vg.kaisersesch.de

www.Kaieresch.de/smartquart

www.smartquart.energy



Quelle: www.emcel.com

Tankstelle







Worüber haben wir heute noch nicht geredet?

- **Geschwindigkeit des notwendigen Up Scaling europäischer Hersteller Brennstoffzelle wie auch kompletter Fahrzeuge**
- **Konkurrenz chinesischer Hersteller**
-

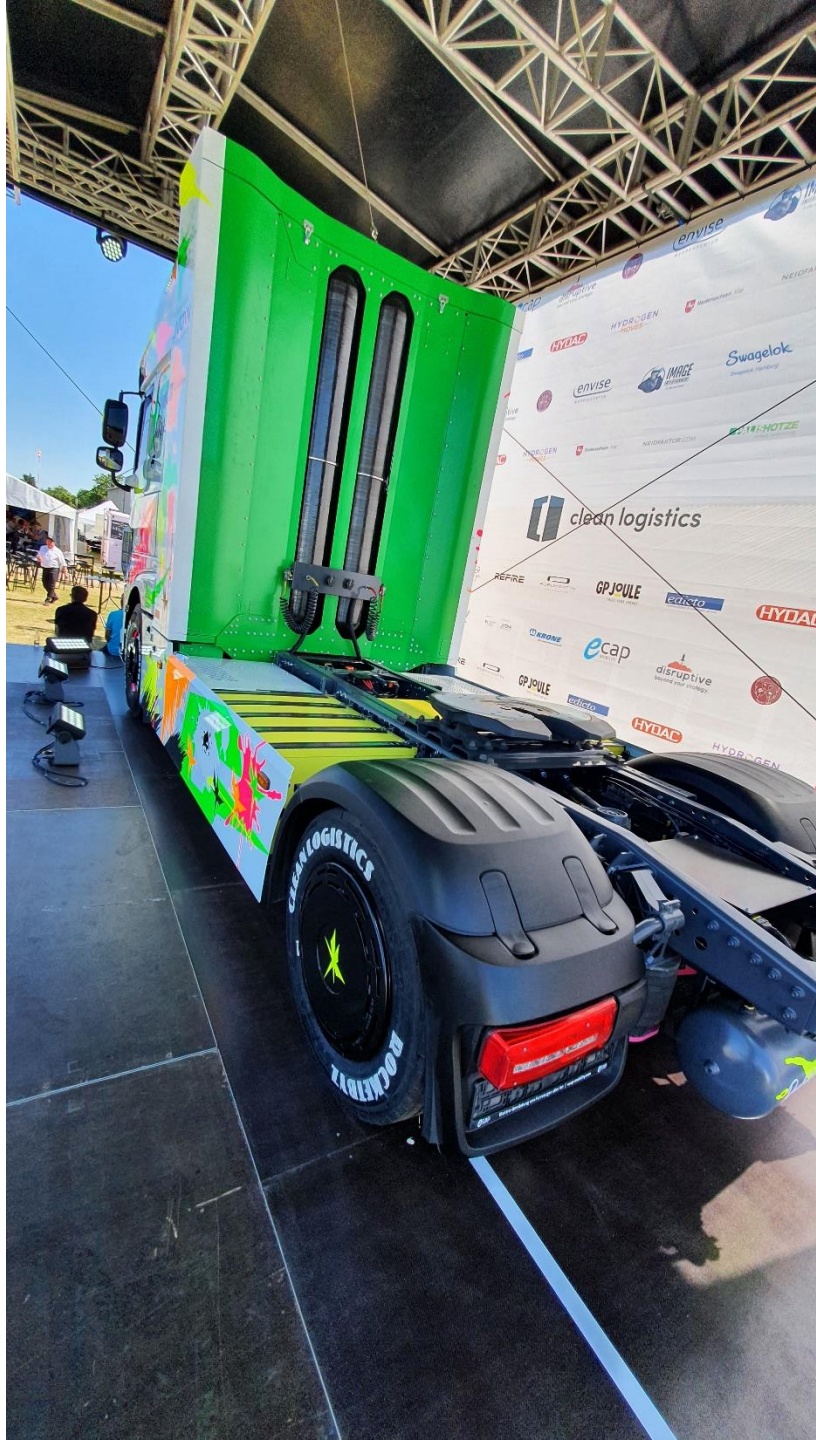


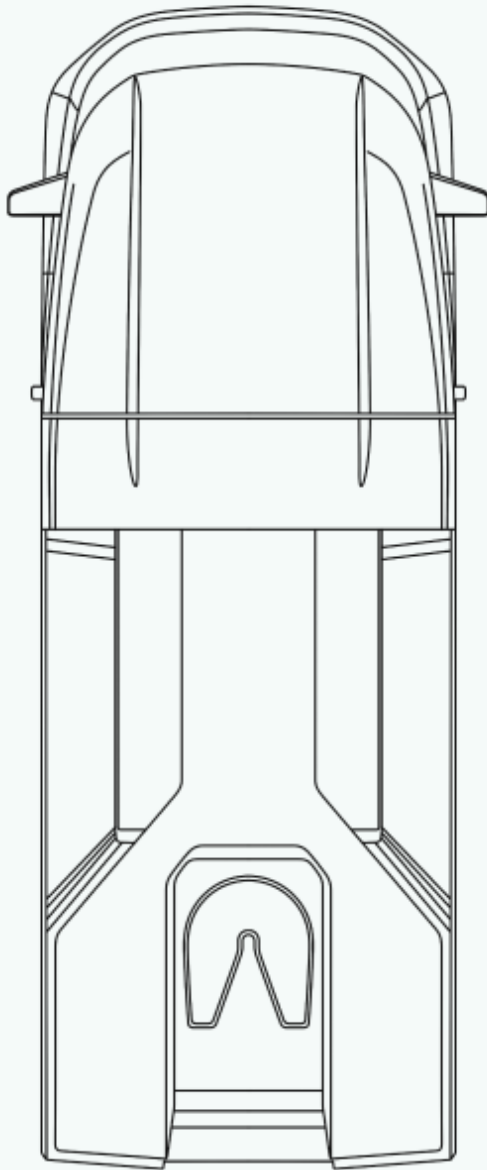




Dirk Graszt
Dirk Lehmann







Reichweite

> 500 km

H2 Tank

350 bar, Type 3/4, > 40 kg*

Batterie

Li-Ion*

Brennstoffzelle

PEM, 120 - 240 kW*

E-Antrieb

Elektrische Achse mit
Radnabenantrieb

Elektronik / Steuerung

Made by Clean Logistics

40 kg H2 –
reicht von Hamburg bis
Frankfurt

Refire

Selber entwickelte Achse,
patentiert!

*abhängig von Anwendungsfall & Lastprofil