

HYLUNCH

KRISTIAN JUNKER | 03.03.2022

AUS MÜLL
WIRD MOBILITÄT



Vorstellung Referent



Kristian Junker

Experte für Energiewirtschaftliche Analysen
bei der Mainova AG

Tätigkeitsauszug:

- Seit 2022: Experte für energiewirtschaftliche Analyse
Weiterentwicklung Energieentwicklungsplan,
Transformationsstrategien und Wärmeentwicklung FFM
- 2019 - 2021: Projektleiter „MH2Regio“
Konzeptionierung eines Wasserstoffversorgungssystem
für Frankfurt und die Region
- 2015 - 2017: Projektleiter „Strom-zu-Gas“
Demonstrationsbetrieb eines PEM-Elektrolyseurs mit
Einspeisung ins Erdgasverteilnetz

MH2Regio

Ziele des Projektes

- **Konzeptionierung einer gemeinschaftlich nutzbaren regionalen Wasserstoffinfrastruktur entlang der Wertschöpfungskette von Erzeugung bis zur Betankung**
 - Quantifizierung des Wasserstoffbedarfs anhand von spezifischen Nutzerprofilen für Personen-, Güter-, und Schiffsverkehrsverkehr
 - Systemintegration in bestehende Infrastrukturen der Kreislaufwirtschaft
- **Bedarfsermittlung und Auslegung aller Systemkomponenten mit unterschiedlichen Bedarfs- und Erzeugungsszenarien**
 - Ermittlung der Systemgrenzen und Leistungsfähigkeit
 - Technoökonomische Optimierung des Gesamtsystems
- **Kooperative Vernetzung von regionalen Wasserstoffherzeugern und –verbrauchern**
 - Aktivierung des Markthochlaufs durch Standardisierung, Beratung und bedarfsgerechter Marktanreizprogramme
 - Reduktion der Markteintrittshürden



Projektverlauf

Projektstruktur

Los 1 – Gesamtsystemmodellierung

- Grundlagenermittlung
- Auslegung der einzelnen Systemelemente
- Softwaremodellierung und technoökonomische Optimierung
- Sauerstoffnutzung
- Wasserstoffbedarfsrechner

Los 2 – Rechtliche Analyse

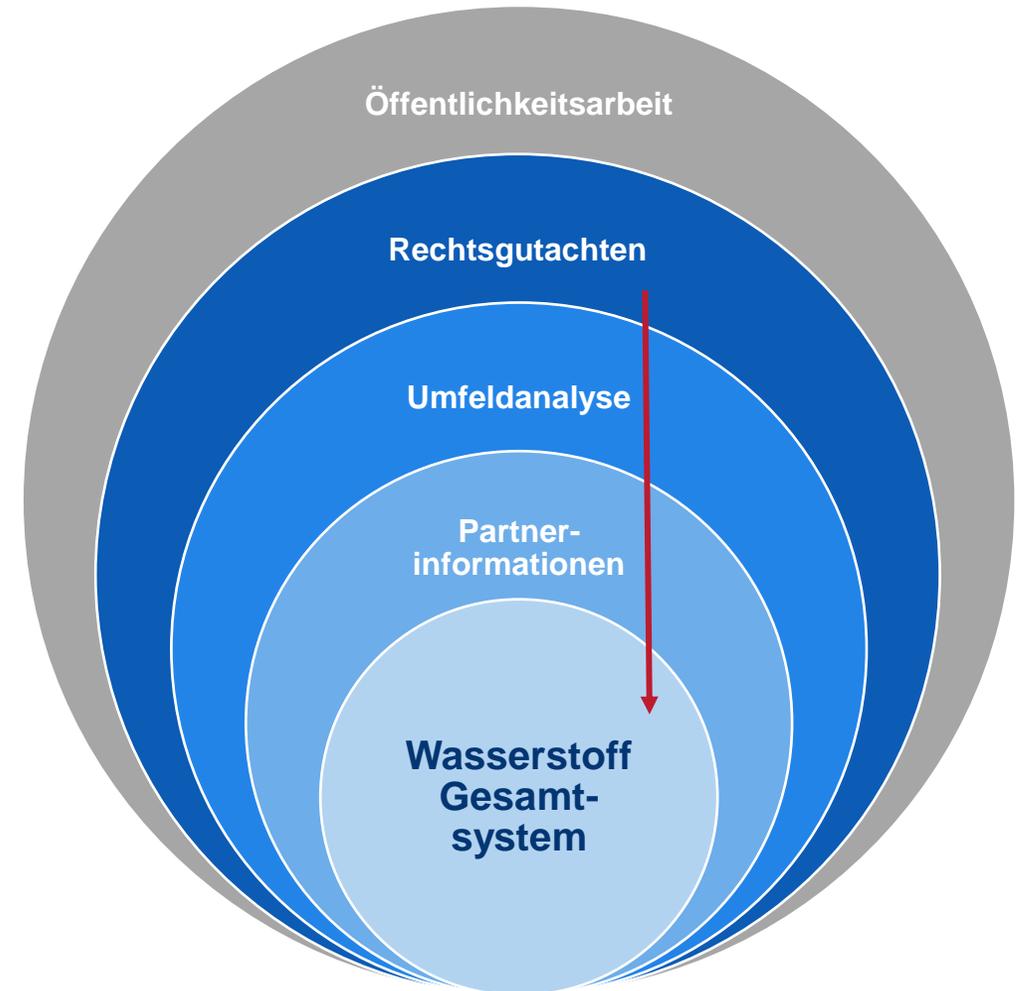
- Rechtsgutachten
- Rechtlicher Rahmen
- Unsicherheiten abbauen

Los 3 – Umfeldanalyse

- Projektaktivitäten
- Quelle-Senken-Analyse
- Verkehrliche Analyse

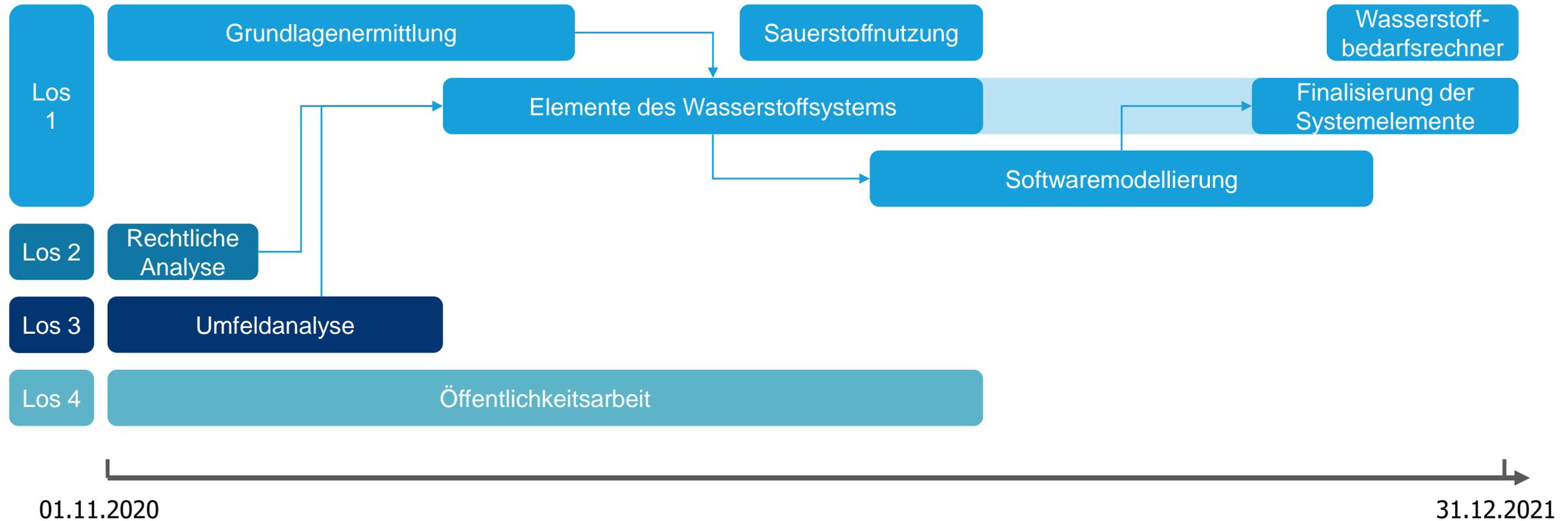
Los 4 – Öffentlichkeitsarbeit

- Projekt CD
- Infografiken
- Erklärfilm
- Fachartikel / Veröffentlichung



Projektverlauf

Zeitlicher Ablauf



Rechtliche Analyse

Untersuchungsergebnisse

Ziel der rechtlichen Analyse war die Prüfung auf Realisierungsfähigkeit des Gesamtsystems und die Entwicklung von Leitplanken, welche bei der Systemerstellung und Infrastrukturauslegung berücksichtigt werden müssen.

Erzeugung des Wasserstoffs

- Selbstständiges förmliches Genehmigungsverfahren nach §10 BImSchG mit Öffentlichkeitsbeteiligung
- BImSchG – Genehmigung umfassenden Charakter und hat sog. Konzentrationswirkung
- Verwirklichung rechtlich erreichbar
- **Empfehlung:**
umfangreiche Abstimmung projektintern und später mit Behörden

Verteilung des Wasserstoffs

- Berücksichtigung der europäischen und nationalen Anforderungen für die Beförderung gefährlicher Güter (ADR-Abkommen, Gefahrgutverordnung – GGBefG, GGVSEB) inkl. zertifizierter Behälter (TPED, ODV)
- Leitungsgebundene Transport unterscheidet nach Direktleitung oder Leitungsnetz (Anwendungsbereich §43 EnWG – Planfeststellung; §3 Nr. 39a EnWG), ggf. UVPG §65 berücksichtigen

Speicherung des Wasserstoffs

- Einordnung als Störfallbetrieb - maßgeblich ist hier eine Schwelle der Vorhaltung von > 5 Tonnen Wasserstoff
- **Empfehlung:**
An allen Speicher-Standorten unterhalb der Schwelle bleiben, das schließt Erzeugung, Zentrallager und Tankstellen ein

Umfeldanalyse

Von der Marktanalyse zu bedarfsgerechten Standorten für die Tankstelleninfrastruktur

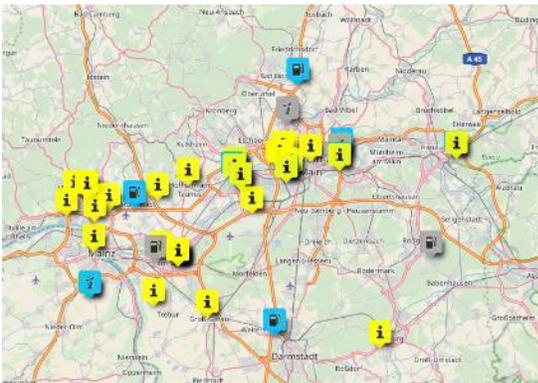
Marktaktivitäten und -potentiale

Vorgehen

- Projekt- und Marktrecherche zu Wasserstoffaktivitäten im Rhein-Main-Gebiet

Ergebnisdarstellung

- Projektsteckbriefe und Relevanz
- Projektlandkarte für die Rhein-Main-Region



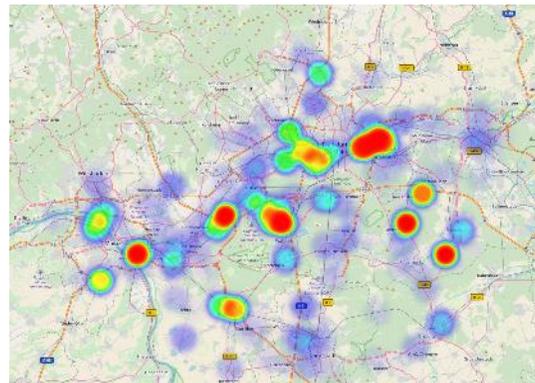
Quellen-Senken-Analyse

Vorgehen

- 10+ Partnerinterviews
- Analyse mit Fokus auf Güterverkehr und ÖPNV
- Abschätzung des standortgenauen Wasserstoffbedarfs auf Basis von Partnerinformationen und des Umfelds

Ergebnisdarstellung

- Bedarfsrechnung für verschiedene Stützjahre und Szenarien
- Visualisierung als Heatmap



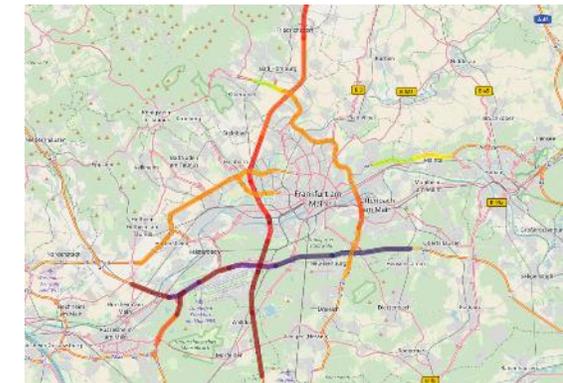
Verkehrliche Analyse

Vorgehen

- Verkehrsdatenrecherche und -aufbereitung
- Verkehrsdatenanalysen und Wasserstoffbedarfsrechnung
- Formulierung von Standortanforderungen

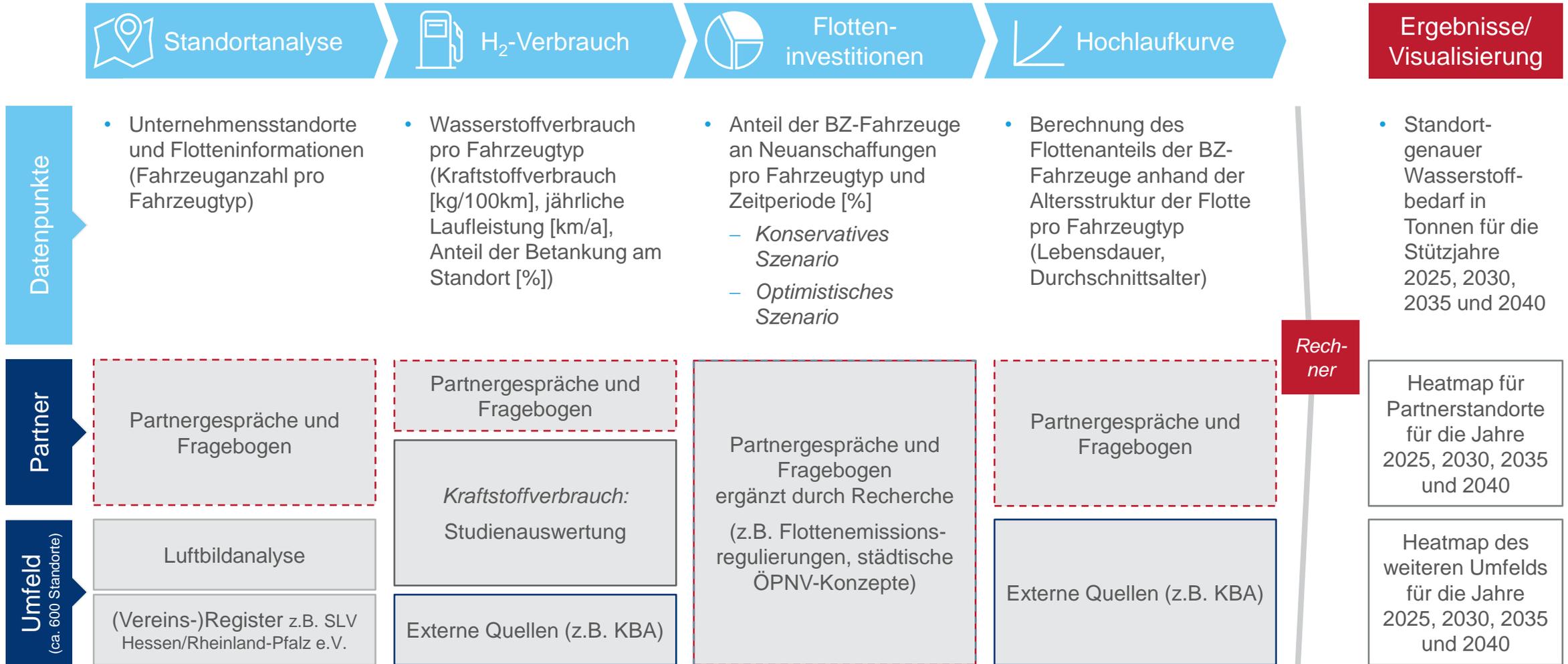
Ergebnisdarstellung

- Identifizierung relevanter Tankstellenstandorte
- Visualisierung als Heatmap



Umfeldanalyse

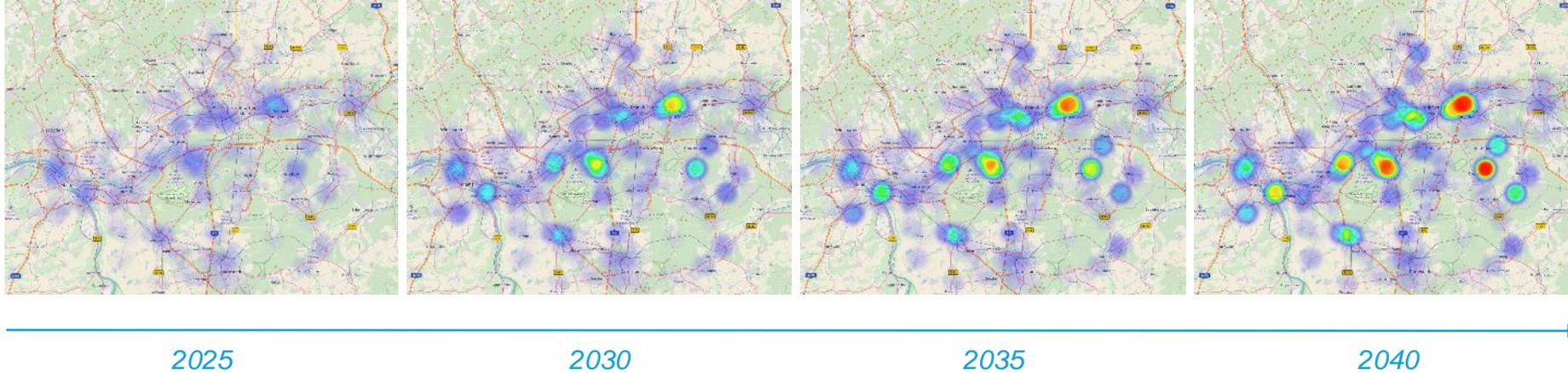
Methodik zur Prognose des Wasserstoffbedarfs des Logistiksektors sowie Busverkehrs im Rhein-Main-Gebiet



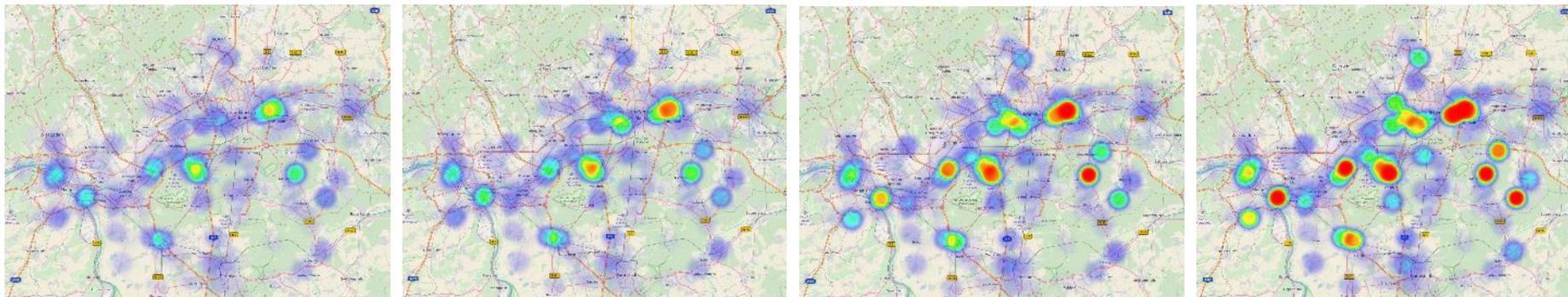
Umfeldanalyse

Eine Heatmap zur Darstellung des Wasserstoffbedarfs in Logistik, ÖPNV und Binnenschifffahrt

Konservatives Szenario



Optimistisches Szenario



- Detaillierte Betrachtung auf Basis einzelner Standorte möglich
- Szenarioabhängige Analyse des Wasserstoffbedarfs unter der Annahme verschiedener Hochlaufkurven

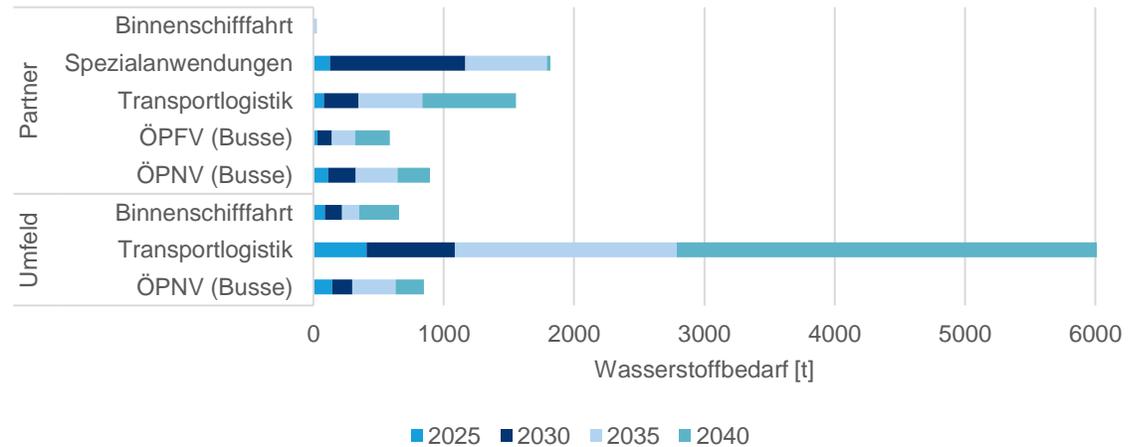
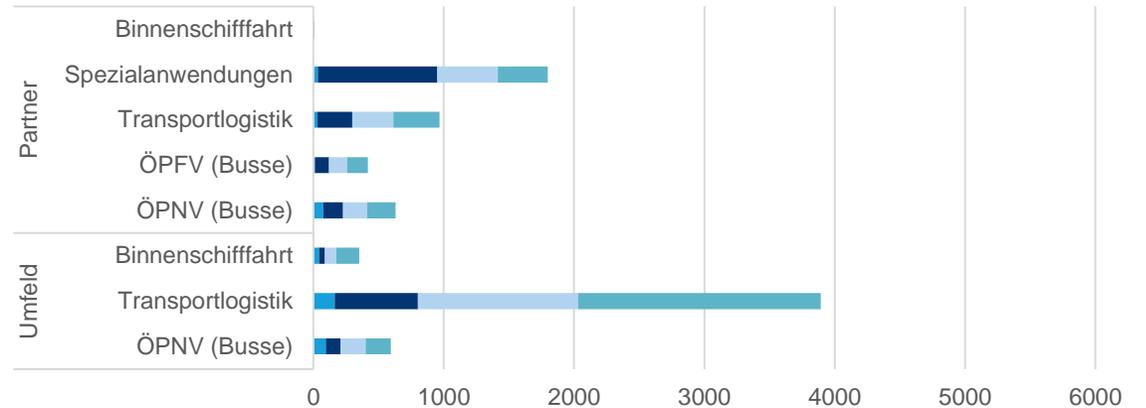
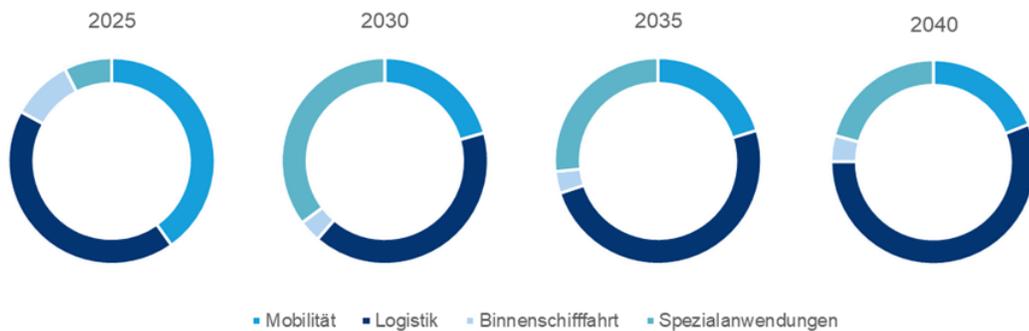
Umfeldanalyse

Kurz- bis mittelfristig wird ein ausgewogener Bedarf erwartet, langfristig könnte der Bereich Logistik dominieren

Potentieller Wasserstoffbedarf in absoluten Zahlen

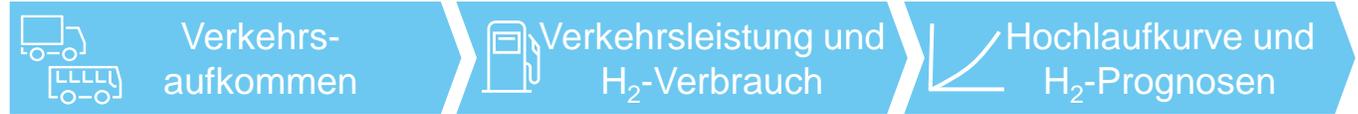
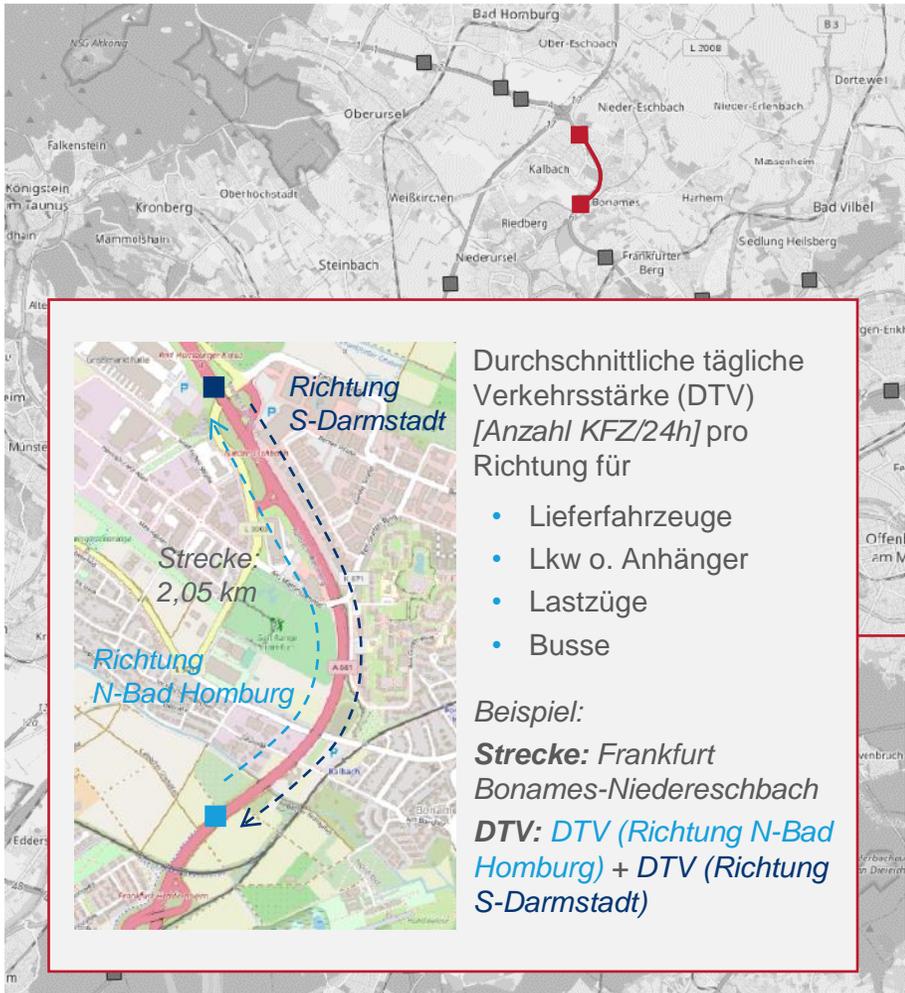
- **2025** erreicht der jährliche Wasserstoffbedarf eine Menge von ca. **450 – 1.000 t** (*konservatives vs. optimistisches Szenario*)
 - Der Anteil der Partnerunternehmen beträgt 34% bzw. 36%
- Bis **2040** steigt der jährliche Wasserstoffbedarf auf ca. **8.500 - 12.500 t** an (*konservatives vs. optimistisches Szenario*)
 - Der Anteil der Partnerunternehmen beträgt 44% bzw. 39%

Entwicklung des Wasserstoffbedarfs nach Verbrauchssektoren am Beispiel des konservativen Szenarios:



Umfeldanalyse

Methodik zur Berechnung des Wasserstoffbedarfs des Schwerlastverkehrs auf Hauptverkehrsachsen im Rhein-Main-Gebiet



- Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) pro Fahrzeugtyp (Quelle: BAST-Verkehrszählung 2018 und zusätzliche Zählstellen der Autobahn GmbH)
- Fahrleistung pro Streckenabschnitt (Distanz zwischen Zählstellen)
- Wasserstoffverbrauch pro Fahrzeugtyp [kg/100km] (siehe AP 3.2)
- Flottenanteil der BZ-Fahrzeuge pro Fahrzeugtyp für die Stützjahre 2025, 2030, 2035 und 2040 und die Szenarien „Konservativ“ und „Optimistisch“ (siehe AP 3.2)

Beispielrechnung für die Berechnung des Wasserstoffbedarfs in Kilogramm für einen Streckenabschnitt (Fahrzeugtyp, Jahr und Szenario festgelegt):

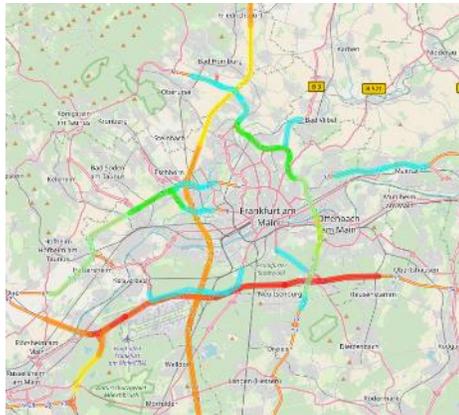
$$DTV * (365 * Strecke) * (Wasserstoffverbrauch/100) * Flottenanteil$$

Integration der verkehrlichen Analyse in die Heatmap

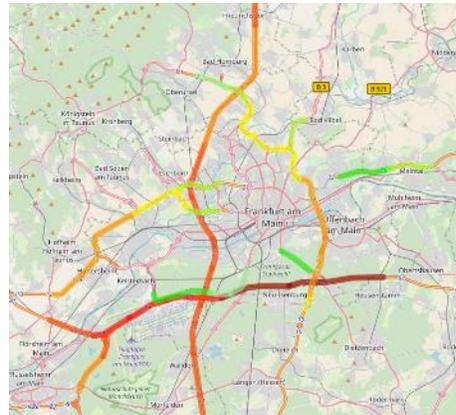
Umfeldanalyse

Die verkehrliche Analyse des Schwerlastverkehrsaufkommens zeigt Hauptverkehrsknoten auf

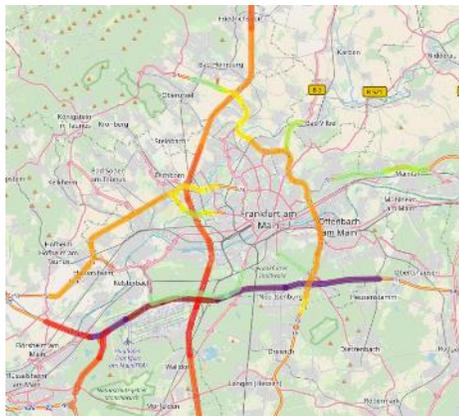
Konservatives Szenario



2025



2030



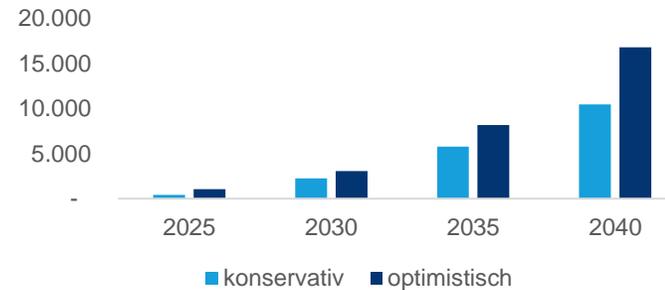
2035



2040

Wasserstoffbedarf – absolute Werte

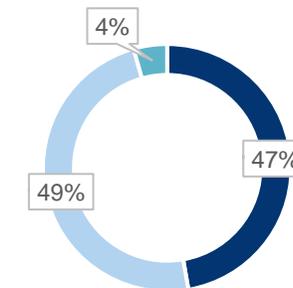
Jahreswasserstoffbedarf für den Liefer- und Schwerlastverkehr im Raum Frankfurt [t/a]



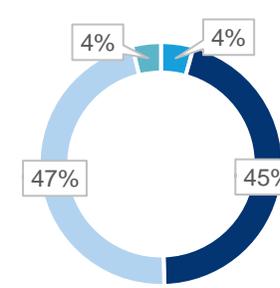
- 01 A3 – Weilbach - Heusenstamm
- 02 A5 – Mörfelden-Walldorf-Frankfurter Kreuz (S)
- 03 A67 – AD Mönchhof (S)-AD Mönchhof (O)

Wasserstoffbedarf – nach Fahrzeugtypen

Konservatives Szenario



Optimistisches Szenario

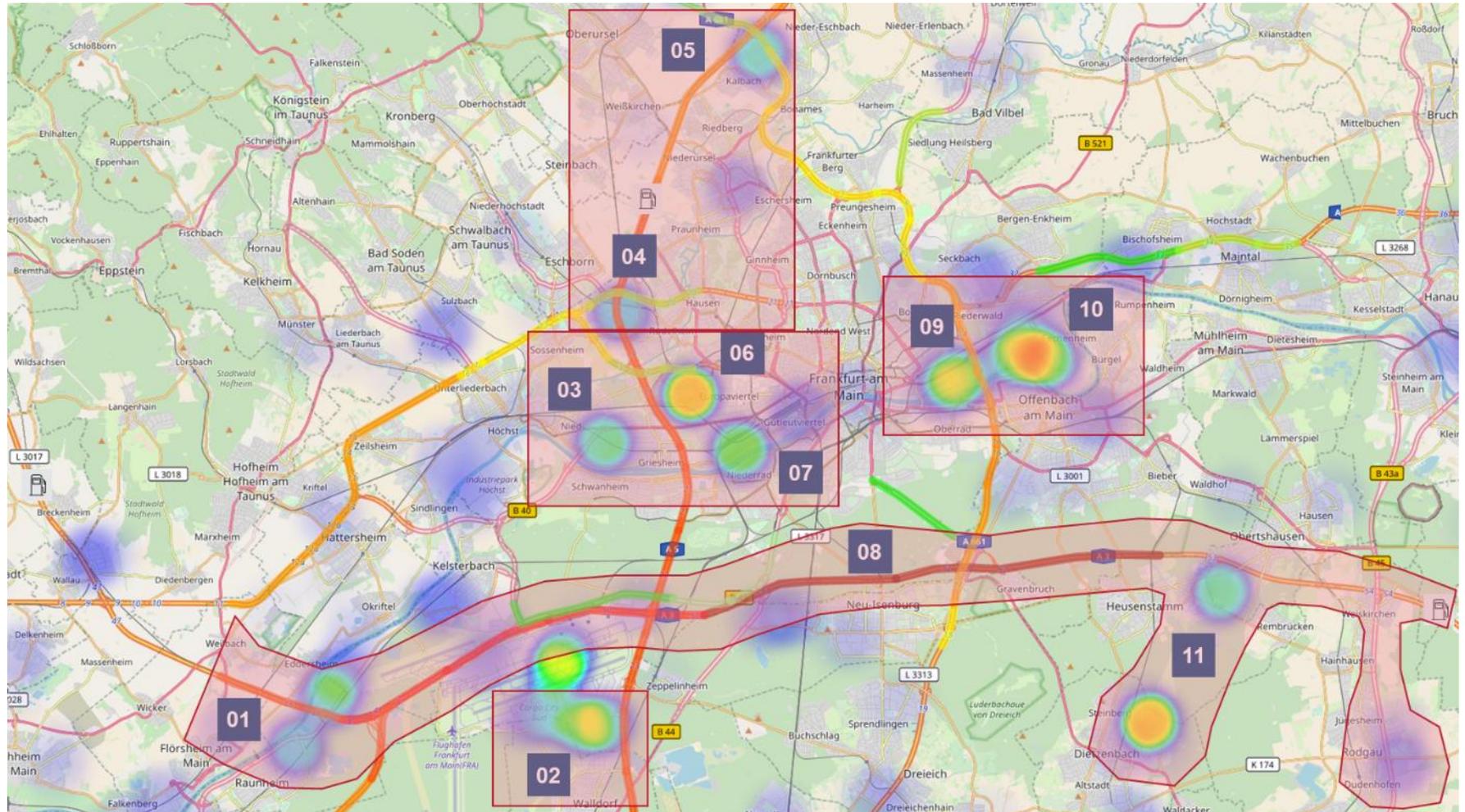


■ Lieferwagen ■ LKW ■ Sattelzug ■ Bus

Umfeldanalyse

Die gemeinsame Betrachtung von Bedarfs- und Verkehrsanalyse unterstützt den Bau einer nachhaltigen Tankinfrastruktur

ID	Standort
01	Raunheim/Eddersheim
02	Cargo City Süd (Flughafen Frankfurt)
03	Industriepark Griesheim
04	Eschborn
05	Bad Homburger Kreuz
06	Am Römerhof
07	Gutleutstraße
08	A3 (Abschnitt Neu-Isenburg - Heusenstamm)
09	Osthafen (West)
10	Osthafen (Ost)
11	Heusenstamm/Dietzenbach/Rodgau



Bewertungskriterien

- Abdeckung des Bedarfs der Partnerstandorte
- Räumliche Nähe zu Partnerstandorten
- Förderung des Hochlaufs im Umfeld

Umfeldanalyse

Detaillierte Analyse des Wasserstoffbedarfs sowie der verkehrlichen Anbindung der einzelnen Standorte

Osthafen Frankfurt



- 2025: 30-75 t/a
- 2040: 750-1200 t/a
- 1 Partnerstandort
- 5 Binnenhäfen
- 30+ Logistikstandorte

Potentielle Standorte: Hanauer Landstraße, Carl-Benz-Straße, Hafenbecken

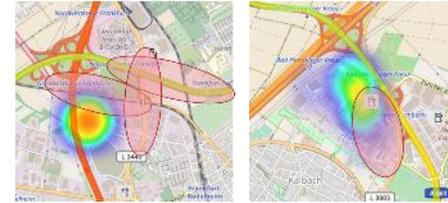
A5 Nordwestkreuz – Bad Homburger Kreuz



- Hohes Schwerlastverkehrsaufkommen und anliegende Gewerbegebiete

Option 1: Nordwestkreuz

Option 2: Bad Homburger Kreuz



A3 – Abschnitt Medenbach bis Weiskirchen



- Hohes Schwerlastverkehrsaufkommen und anliegende Gewerbegebiete

Option 1: Integration Raststätte Medenbach Ost/West und/oder Rasthof Weiskirchen Ost/West



Option 2: Ausfahrt Obertshausen (L3117)

Logistikunternehmen in Heusenstamm + Gewerbegebiete Dietzenbach/Rodgau



Option 3: Ausfahrt Raunheim/Mönchhof Dreieck (B43) Gewerbegebiet Mönchshof



Option 4: Ausfahrt Frankfurt Süd (B44, L3117) Anliegende Logistikunternehmen

Cargo City Süd (Flughafen Frankfurt)



- 2025: 25-50 t/a
- 2040: 411-630 t/a
- 50+ Logistikstandorte

Potentielle Standorte: Nähe zur Ausfahrt der A5

Frankfurt West



- Nähe zu Partnern
- Nähe zu ZOB
- Verkehrliche Anbindung

Potentielle Standorte: Am Rebstock und Gutleutstraße

Gesamtsystemmodellierung

Methodisches Vorgehen

Grundlagenermittlung

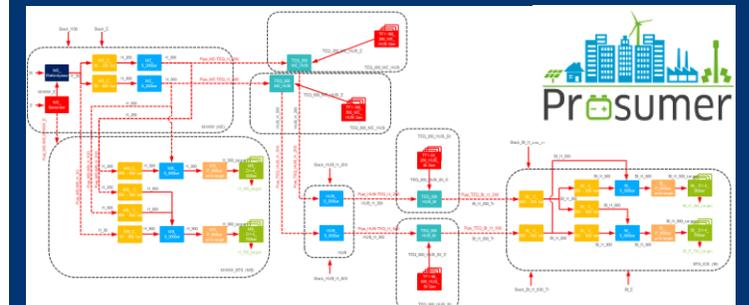
- **Standortanalyse:** Identifizierung und Bewertung geeigneter Standorte im Raum Frankfurt a.M. für Tankstellen und Speicherung
- **Simulationsparameter:** Erfassung und Dokumentation der technischen, wirtschaftlichen und betrieblichen Rahmenbedingungen
- **Nutzerprofile:** Erstellung von stündlichen Betankungsprofilen nach Nutzergruppen und Standort
- **Störereignisse:** Identifizierung von möglichen Störereignissen für den Betrieb und Risikobewertung

Modellierung der Systemkomponenten

- **Technische Auslegung:** prozesstechnische Auslegung der Elektrolyse- & Trailerabfüllanlage sowie Tankstellen. Vorgaben durch Anwenderanforderungen und räumliche Gegebenheiten.
- **Anlagenkonzepte:** Entwicklung von Konzepten und Aufstellungsplänen für verschiedene Konfigurationen (350 / 700 bar Tankstelle, Elektrolyse, Trailerstützpunkt)
- **Kostenermittlung:** standort-spezifische Ermittlung der Investitionskosten in H2-Infrastruktur

Softwaresimulation

- **Szenarioanalyse:** Optionen für H2-Bereitstellungsketten (Standorte, Transport, Technologie)
- **Mathematische Optimierung:** modell-gestützte Berechnung der optimalen Konfiguration der H2-Infrastruktur
- **Kosten:** detaillierte Wirtschaftlichkeitsrechnung und Betreiberkonzepte



Gesamtsystemmodellierung

Festlegungen für die Szenarienbetrachtung



Tankstellenstandorte Grundmodell

- MHKW
- Partnerstandort (räumliche Nähe zur Erzeugung)

Vision 2040:

- 3 erweiterte Szenarien
- bis zu 5 Tankstellen im Raum Frankfurt
- Zweiter Produktionsstandort Ostend

Rohrleitungslänge ~ 36 km

Gesamtsystemmodellierung

Empfohlenes Gesamtsystem - Übersicht Szenarien

		Grundmodell										Vision 2040		
		1a	1a+	1b	2a	2a+	2b	3a	3b	4a	4b	5a+	6a+	7a+
LCoH (Bereitstellung)	EUR/kg	6,04	5,98	5,94	5,91	5,81	5,72	8,49	9,32	6,61	6,90	5,71	15,63	5,62
Elektrolyseleistung (gesamt)	kW _{el}	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	8.000	7.000	32.400	32.300	23.600
Jährliche H2 Produktion	t/a	854	854	811	854	854	811	854	811	1.063	811	4.158	4.158	4.158
Auslastungsgrad Elektrolyse	%	100%	100%	95%	100%	100%	95%	100%	94%	76%	66%	72%	72%	98%
Jährliche Fehlmengen H2	t/a	208	208	0	208	208	0	208	0	0	0	0	0	0
Jährlicher Strombedarf (gesamt)	MWh _{el}	44.500	44.500	42.100	44.500	44.500	42.100	44.600	41.900	55.100	42.100	36.000	36.000	216.000
Anzahl Trailer (operativ)	-	6	6	5	5	5	4	0	0	0	0	30	0	0
Jährliche Trailerfahrten	-	3.655	3.655	2.792	2.151	2.151	1.643	0	0	0	0	10.640	0	0

Grundmodell:

- Trailertransport (200, 500 bar)
- Optimistisch und konservativ
- Pipelinetransport (30 bar)
- Vor-Ort-Elektrolyse (Onsite)
- 10 Szenarien

Vision 2040:

- 3 erweiterte Szenarien
- bis zu 5 Tankstellen im Raum Frankfurt
- Zweiter Produktionsstandort

1 – 200 bar Transportdruck

2 – 500 bar Transportdruck

3/6 – leitungsgebundene Versorgung

4/7 – dezentrale Erzeugung

a/b – optimistisch/konservativ

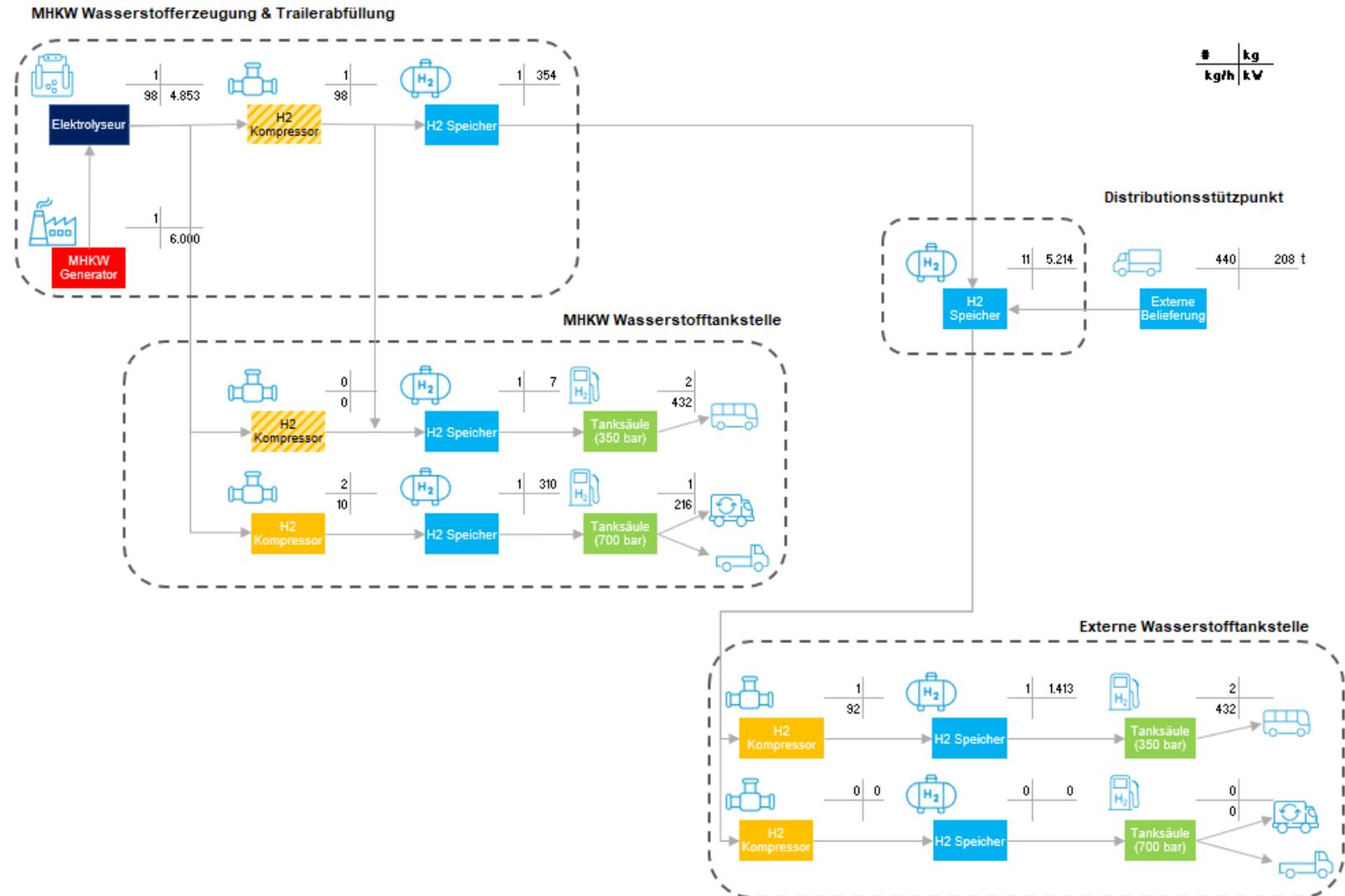
+ - geglättete Nachfrage

Gesamtsystemmodellierung

Empfohlenes Gesamtsystem

- **Gesamtsystem H2 Nachfrage:**
 - 25,4 t/Woche
- **Infrastruktur am MHKW**
 - 5 MW Elektrolyseleistung
 - 2 Hochdruckkompressoren (100 kg/h bzw. 21 kg/h)
 - 2 Hochdruckspeicher (361 kg @ 500 bar
310 kg @ 900 bar)
 - 2 Dispenser
- **Zusätzlicher Bedarf wird im Modell durch externe Belieferung abgedeckt**

Szenario 2a+
MH2Regio Grundmodell - 500 bar - 2045



Gesamtsystemmodellierung

Das Wasserstoffstartsystem

H2-Erzeugung:

- Elektrolyseleistung: 5 MW (DC)
- Produktionskapazität: 100 kg_{H2}/h

H2-Trailerabfüllung

- Transportkapazität: 474 kg/Trailer
- Transportdruck: 500 bar
- Anzahl Ladebuchten: 2

H2-Tankstelle

- Betankungsdruck: 350 & 700 bar
- Tanksäulen: 2 Dispenser
- Betankungsgeschwindigkeit: 3,6 kg/min

H2-Tankstelle

- Betankungsdruck: 350 bar
- Tanksäulen: 2 Dispenser
- Betankungsgeschwindigkeit: 3,6 kg/min

H2-Zentrallager

- 8 Trailerstellplätze



H2 - Erzeugung



H2 - Trailerabfüllung



H2 - Tankstelle



H2 - Zentrallager



MHKW

extern

Osthafen

Gesamtsystemmodellierung

Wirtschaftlichkeit des Zielszenario 2a+

Investitionskosten MHKW

		Anmerkungen
Standort: MHKW - Elektrolyse & Trailerabfüllanlage		
Anlagentechnik	8.647.000 €	Anlagenumfang: Elektrolyseur, RTA, Elektr. Anlagentechnik, Nebenanlagen
Anlagennebenkosten (Installation und Planung)	7.315.000 €	
Baumaßnahmen	1.745.000 €	Umfang: KG 200, 300, 500, 700 gemäß DIN 276. Inkl. Rohrleitungen und unterirdische Wasserrückhaltetanks.
Gesamt	17.706.000 €	
Standort: MHKW - Betriebs-Wasserstofftankstelle		
Anlagentechnik	1.692.000 €	Anlagenumfang: Verdichter (500, 900 bar), Speicher (500, 900 bar), Vorkühler, Dispenser (350, 750 bar)
Anlagennebenkosten (Installation und Planung)	1.432.000 €	
Baumaßnahmen	100.000 €	Erweiterung bestehende Diesel-Tankstelle
Gesamt	3.224.000 €	

Summe: 21,0 Mio. €



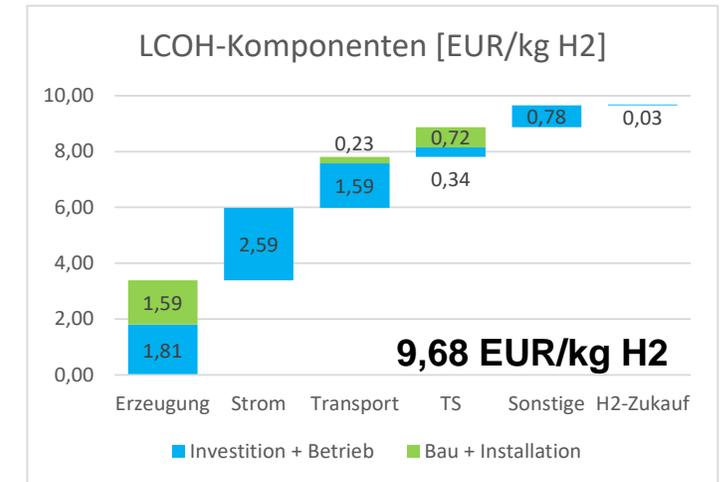
Investitionskosten Sonstige Anlagen

Standort: externe Wasserstofftankstelle		
Anlagentechnik	1.802.000 €	Anlagenumfang: Traileranlieferung, Verdichter (500 bar), Speicher (500 bar), Vorkühler, Dispenser (350 bar)
Anlagennebenkosten (Installation und Planung)	1.525.000 €	
Baumaßnahmen	1.059.000 €	Umfang: KG 200, 300, 500, 700 gemäß DIN 276
Gesamt	4.386.000 €	
Standort: Distributionsstützpunkt		
Anlagentechnik	2.425.000 €	Umfang: 8 x MEGC Trailer, 2 LKW-Sattelzugmaschinen
Anlagennebenkosten (Installation und Planung)	- €	
Baumaßnahmen	1.340.000 €	Umfang: KG 200, 300, 500, 700 gemäß DIN 276
Distributionssteuerung (Hardware, Software)	700.000 €	
Gesamt	4.465.000 €	

Summe: 8,8 Mio. €

Gesamtinvestition: 29,8 Mio. €

Wasserstoffverkaufspreis



LCOH:

Levelized Cost of Hydrogen

Zeitraum:

20 Jahre

Re-Invest,
Strompreisanstieg,
Inflation:

berücksichtigt

Gesamtsystemmodellierung

Reduzierung des H₂-Verkaufspreis (2a+)

Grundsätzlich:

LCOH von 9,68 €/kg ist ein marküblicher Preis!

H₂-Preis H2-Mobility (grau) 9,50 €/kg + 0,18 €

H₂-Preis H2-Mobility (grün) 9,99 €/kg - 0,31 €

ABER: Anwender wünschen sich ein Zielpreis um 6,00 €/kg

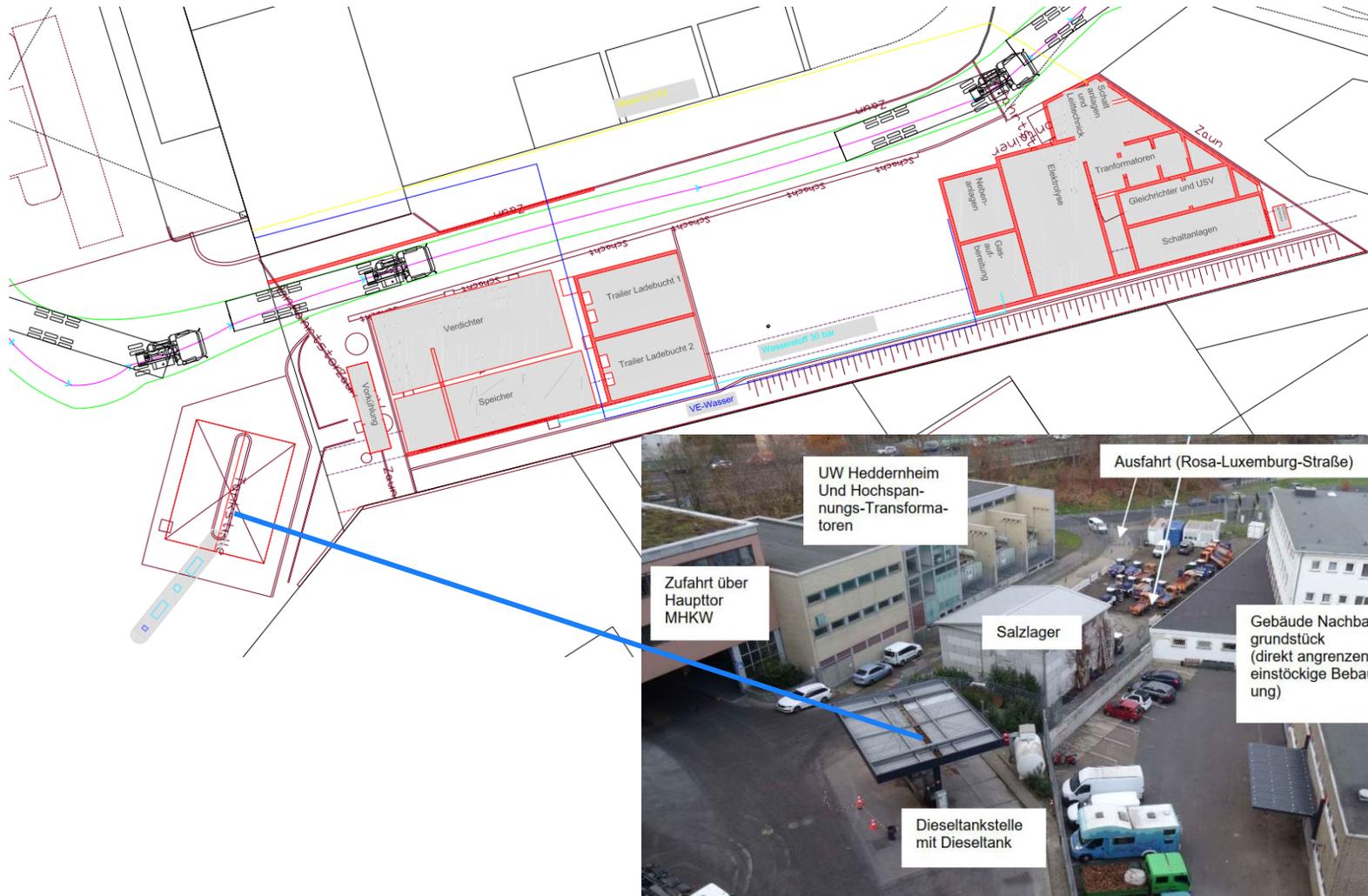
Reduzierungsansätze:

1. Förderung
2. Finanzierung durch höheren FK-Anteil
3. Reduzierung der EK-Rendite
4. Quersubventionen / Marktanreize / THG-Quotenhandel

Zielwert externer H ₂ -Verkaufspreis	5,00 EUR/kg	5,50 EUR/kg	6,00 EUR/kg	6,50 EUR/kg	7,00 EUR/kg
Szenario 2a+ [TEUR]					
Gesamtkosten	29.779	29.779	29.779	29.779	29.779
Förderquote	80 %	70 %	59 %	49 %	39 %
Subventionen	23.823	20.845	17.570	14.592	11.614
Verbleibende Investitionen	2.680	8.934	12.209	15.187	18.165

Gesamtsystemmodellierung

Wasserstoffherzeugung und Abfüllung



Technische Daten:

• **Elektrolyseanlage:**

- Elektrolyseleistung: 5 MW (DC)
- Produktionskapazität: 100 kg_{H₂}/h
- Ausgangsdruck: 30 bar

• **Trailerabfüllanlage**

- Trailertyp: MEGC-Trailer
- Transportkapazität: 474 kg/Trailer
- Transportdruck: 500 bar
- Anzahl Ladebuchten: 2

• **Wasserstoff-Tankstelle**

- Betankungsdruck: 350 & 700 bar
- Tanksäulen: 2 Dispenser
- Betankungsgeschwindigkeit: 3,6 kg/min

Gesamtsystemmodellierung

Standardisierte Tankstelle - Aufstellungsplan Tankstelle ÖPNV / Busse

- **Auslegungsbedingungen:**

- 500 bar Wasserstoffanlieferung per LKW-Trailer
- Betankung von Solo- und Gelenkbussen mit 350 bar Fahrzeugtank
- Betankungszeitraum: gemäß Fahrplan (max. 6 Std)
- Reservekapazität: ~ 1 Tagesbedarf

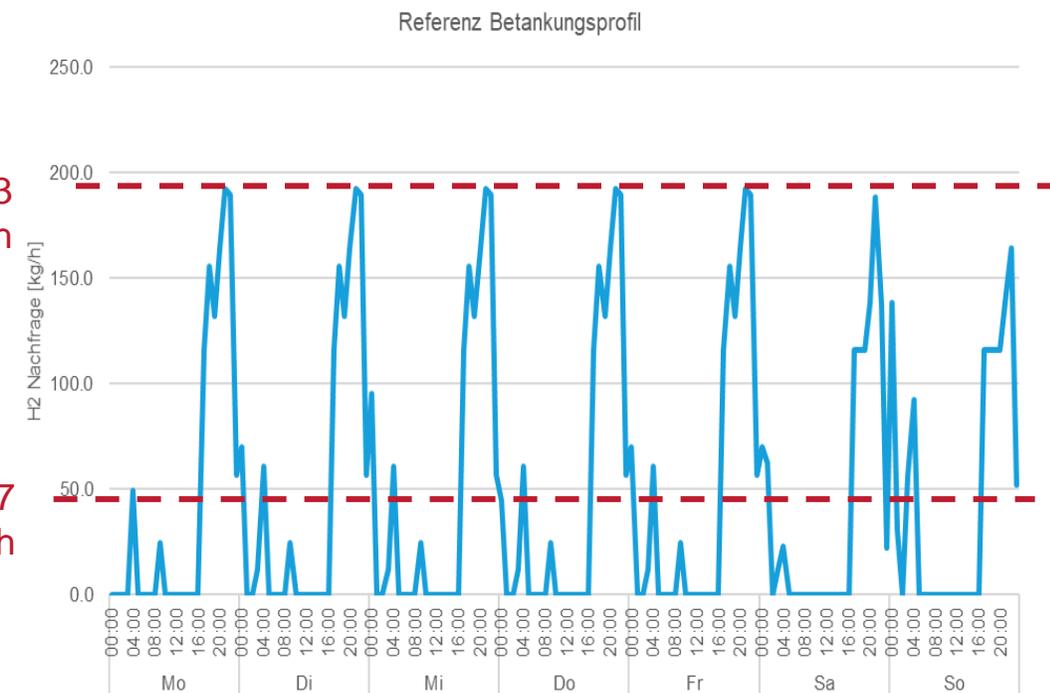
- **Kennzahlen:**

- 2 x Tanksäulen für 350 bar
- 1200 kg/Tag Absatzmenge
- 34 Fahrzeugbetankungen pro Tag
- 7 Back-to-Back Tankvorgänge
- Betankungsgeschwindigkeit: 3,6 kg/min
- Wasserstoffvorkühlung auf -20 °C

- Leistungsbedarf: ~ 550 kW
- Grundstücksfläche (inkl. Fahrt/Rangierwege, Sicherheitsabstände): 84 x 52 m ~ 4400 m²

Stündlicher Spitzenbedarf ~ 193 kg/h

Stündlicher Mittelwert ~ 47 kg/h



Gesamtsystemmodellierung

Standardisierte Tankstelle

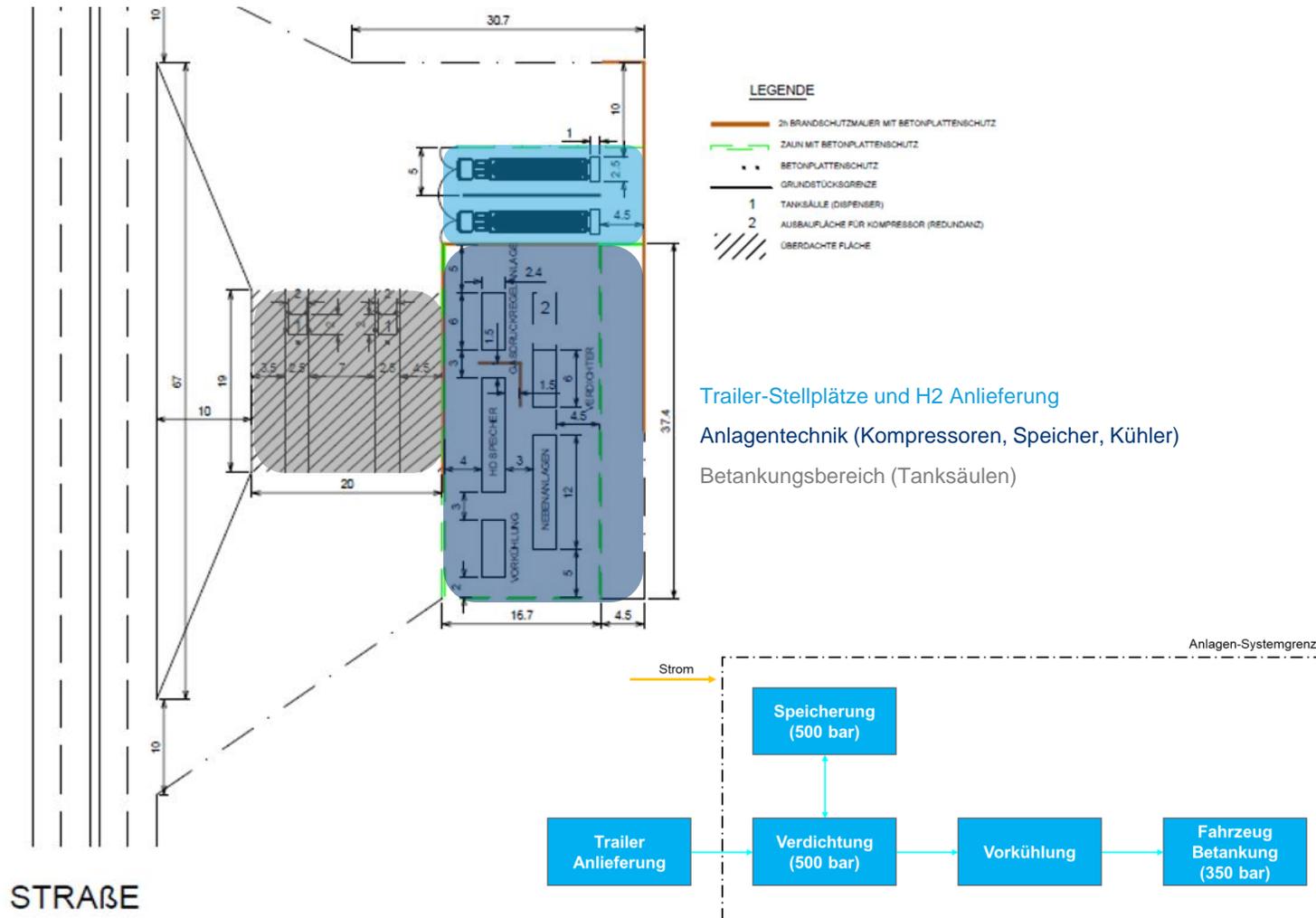


Abbildung 53: Prozessfließdiagramm der anwenderspezifischen Tankstelle

Technische Daten

Wasserstoff-Tankstelle

- Betankungsdruck: 350 bar
- Tanksäulen: 2 Dispenser
- Betankungsgeschwindigkeit: 3,6 kg/min bei -20 °C
- Verdichter: 30-200 bar
- HD-Speicher: 1.057 kg @ 500 bar

Traileranlieferung:

- Trailertyp: Tube-Trailer
- Transportkapazität: 279 kg/Trailer
- Transportdruck: 200 bar
- Anzahl Ladebuchten: 2

Gesamtsystemmodellierung

Tankstelle Binnenschifffahrt

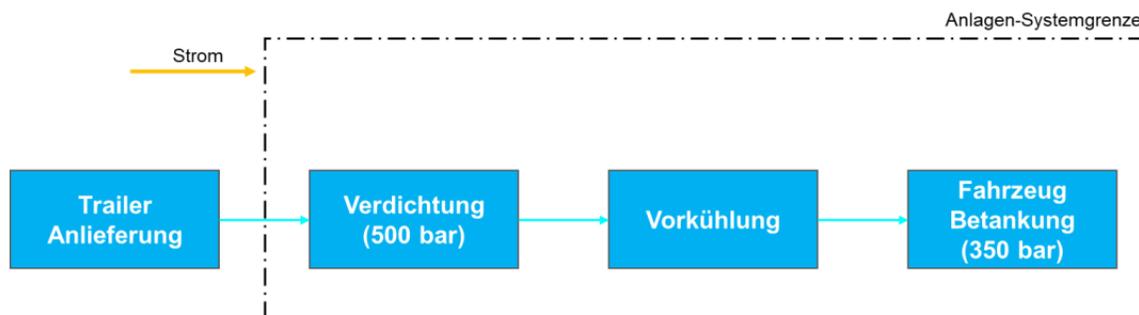
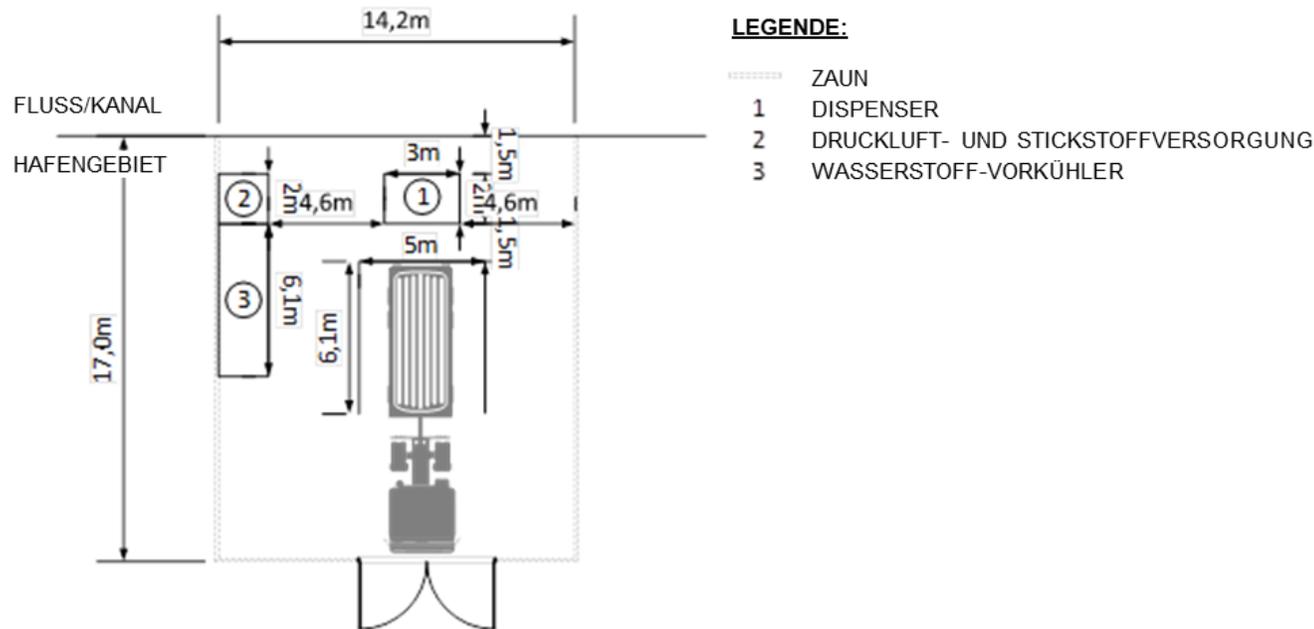


Abbildung 55: Prozessfließdiagramm der Binnenschifffahrts-Wasserstofftankstelle

Technische Daten

Wasserstoff-Tankstelle

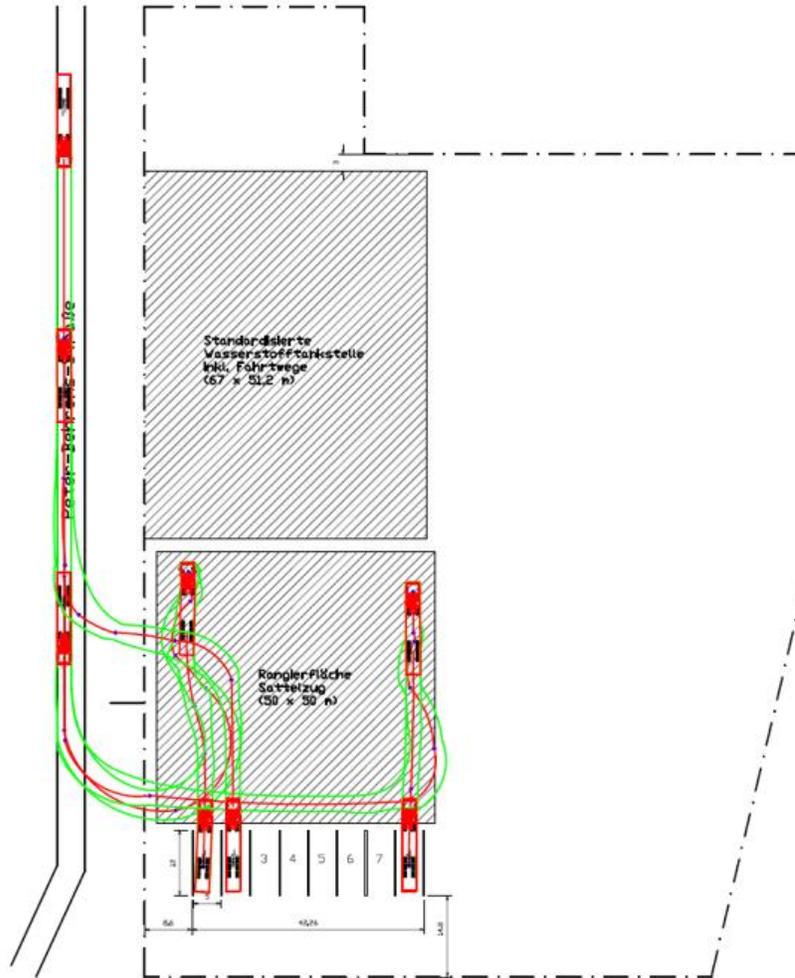
- Teil-stationäre Tankstelle auf LKW-Trailer mit Direktbefüllung
- Betankungsdruck: 350 bar
- Tanksäulen: 1 Dispenser
- Betankungsgeschwindigkeit: 3,6 kg/min bei -20 °C
- Verdichter: entfällt
- HD-Speicher: 502 kg @ 500 bar

Wasserstoffabnehmer:

- Fahrzeug: Binnenfahrgastschiff
- Tankkapazität: 502 kg
- Tankdruck: 350 bar
- Tankreichweite: 5 Tage

Gesamtsystemmodellierung

H₂ Hub (Zentrales Wasserstofflager/Distributionsstützpunkt)



Technische Daten

• **Distributionsstützpunkt**

- Standort: Osthafen
- Trailerstellplätze: min. 8
- Trailertyp: MEGC-Trailer
- Transportkapazität: 474 kg/Trailer
- Transportdruck: 500 bar
- Fläche: 3.927 m² (inkl. Rangierfläche)

• **Wasserstofftankstelle**

- Optionale Betankung von Straßenfahrzeugen
- Fläche: 3.430 m² (inkl. Rangierfläche)

Sauerstoffnutzung

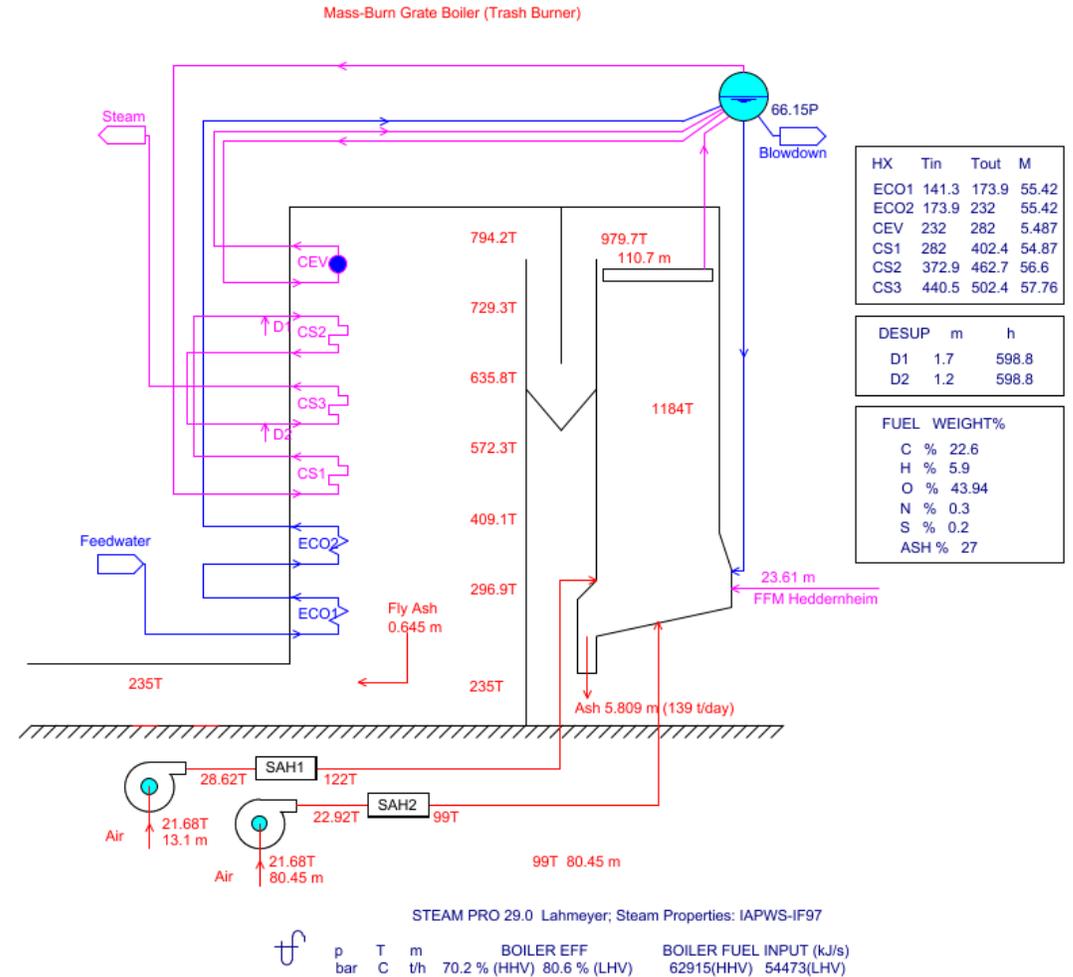
Sauerstoffnutzung

Elektrolyse mit 5 MW Leistung

- Zusätzlich produzierte Sauerstoff mit 3,5% am Gesamtsauerstoffverbrauch recht gering
- Die zu erwartenden Effekte auf den Verbrennungsprozess bzw. die Rauchgasreinigung relativ gering
- Daher keine Rechtfertigung für Installations- und Steuerungsaufwand

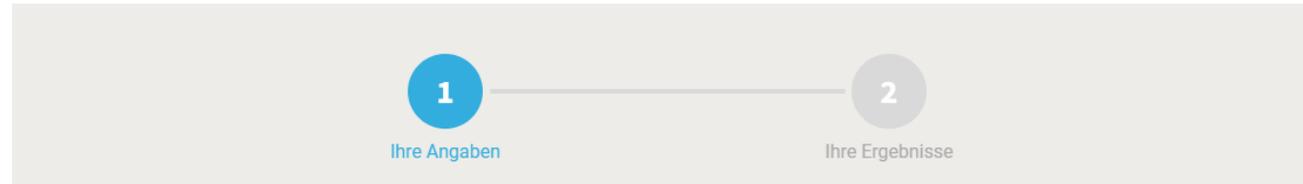
Mindestelektrolyseleistung bei 15% Reduzierung der Frischlüfterstromaufnahme (eine Linie)

- Gesamtluftanteil sinkt um 12,6%, Feuerraumtemperatur steigt um 6,6%, Abgastemperatur beim Verlassen des Kessels sinkt um 4,2% (bei gleichbleibender Wärmeabfuhr im Kessel), Dampfmassenstrom steigt um 1,7%
- Zielvorgabe benötigt 3,3 t/h O₂ oder **rd. 20 MW Elektrolyseleistung für eine Linie**



Wasserstoffbedarfsrechner

www.mainova.de/mh2regio



Woraus besteht Ihre Flotte?

Fahrzeugkategorie:

- LKW (< 20 t zGG) LKW Sattelzugmaschine Lieferfahrzeug (< 7.5 t zGG)
 Gelenkbus Solobus Reisebus Abfallsammelfahrzeug

Anzahl Fahrzeuge

Dieses Feld ist obligatorisch

Optionale Einstellungen

Häufigkeit der Nutzung	▼
Kraftstoffinformationen	▼
Wasserstoffinformationen	▼

Ausführen >

AUS MÜLL
WIRD MOBILITÄT



MH2Regio

www.mainova.de/mh2regio