

**Machbarkeitsstudie Oberfranken-Achse**

# **Präsentation der Ergebnisse zum Tag der Schiene**

2024-09-20 | Kevin Gafner



# Agenda

- › Allgemeines zum Projekt
- › Ergebnis der Studie:
  - › Zeithorizont 2032
  - › Zeithorizont 2035
  - › Zeithorizont 2040
- › Fazit / Empfehlung Gutachter

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

Enotrac

Enotrac / hynes

Enotrac

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

# Allgemeines zum Projekt

## Zielsetzung der Machbarkeitsstudie:

- Umstellung der heutigen Dieserverkehre auf der „Oberfranken-Achse“ und dem umgebenden Netz (Ausschreibungsnetz Expressverkehr Nordostbayern (EVNO) sowie Ausschreibungsnetz Regionalverkehr Oberfranken (RVOF)) auf lokal emissionsfreie Antriebe.
- Das Ziel der Machbarkeitsstudie ist die Darstellung eines Konzeptes mit den notwendigen Infrastrukturmaßnahmen, welche einen robusten, pünktlichen und störungsfreien Betrieb mit alternativen Antriebstechnologien im SPNV rund um die Oberfranken-Achse zu den gesetzten Zielen hinsichtlich der definierten Betriebszeiträumen ermöglicht.
- Dabei sollen die betrieblichen, technischen und infrastrukturellen Voraussetzungen für die Umsetzung aufgezeigt und die damit einhergehenden Investitionskosten beziffert werden.

# Allgemeines zum Projekt

## Oberfranken-Achse und das umgebende Netz (EVNO+RVOF)

### ➤ Übersicht zum Untersuchungsgebiet:

- Rund 1000 Streckenkilometer
- 11 Linien aus dem Expressverkehr Nordostbayern (EVNO) und 10 Linien aus dem Regionalverkehr Oberfranken (RVOF)
- Je 1 Referenzfahrzeug für den konventionellen (Netz RVOF) und den Neigetechnikbetrieb (Netz EVNO)
- Betrachtung von drei Zeithorizonten: 2032, 2035, 2040



# Allgemeines zum Projekt

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

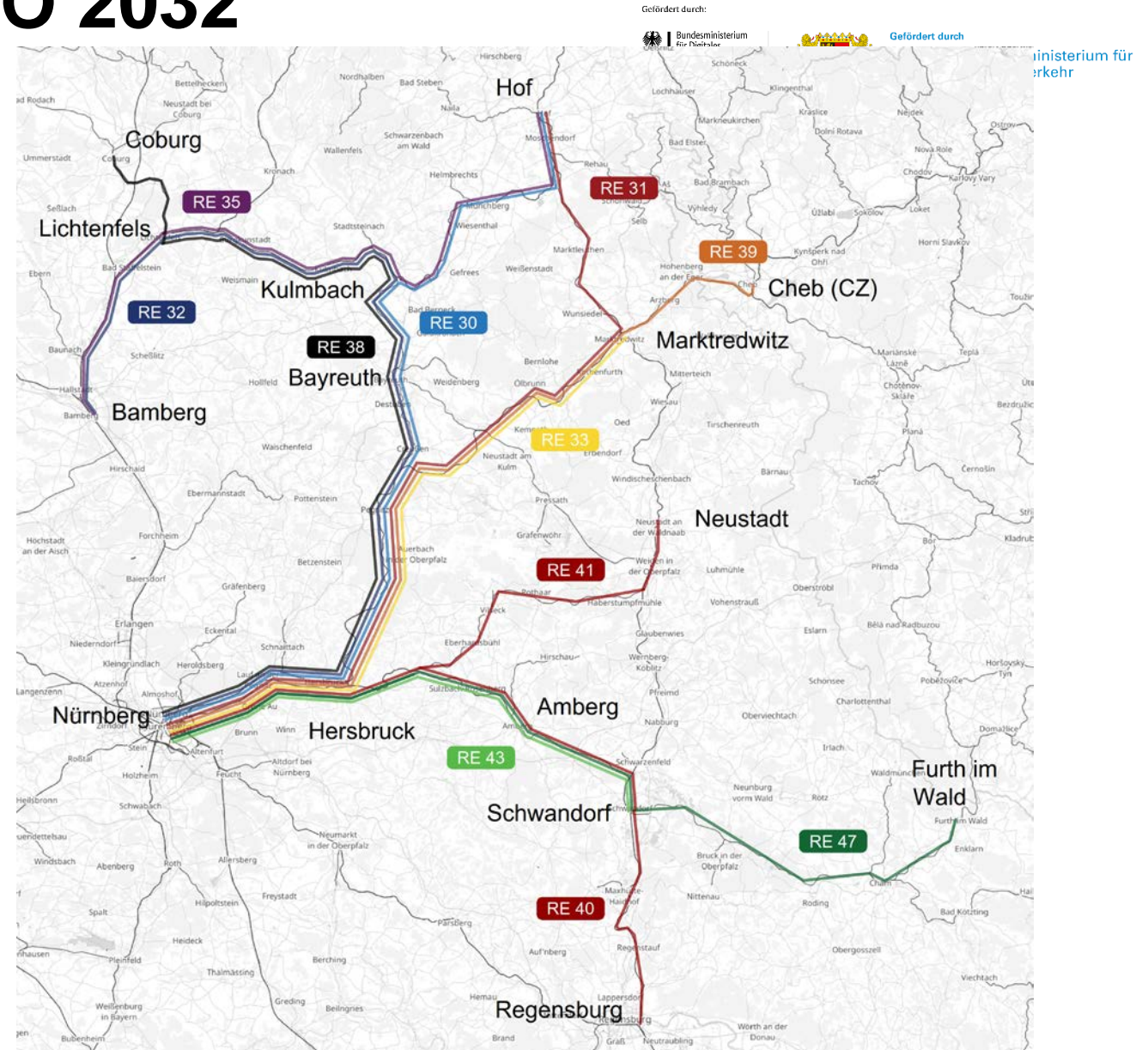
➤ Es wurde 3 Zeithorizonte differenziert betrachtet:

Zeithorizont	Zu betrachtende Verkehre	Ergebnis zum Zeithorizont
2032	Expressverkehr Nordostbayern (EVNO) mit Neigetechnikfahrzeugen im H <sub>2</sub> -Betrieb	Wasserstoffbedarf pro Linie (EVNO) und erforderliche Wasserstoff-Infrastruktur
2035	Regionalverkehr Oberfranken (RVOF) mit konventionellen Akkuhybridfahrzeugen (BEMU - "battery-electric multiple unit")	Erforderliche Elektrifizierungsmaßnahmen für das RVOF-Netz
2040	Expressverkehr Nordostbayern (EVNO) mit Neigetechnikfahrzeugen im Akkuhybridbetrieb sowie jegliche andere Verkehre im Untersuchungsgebiet (inkl. Güter- und Fernverkehre)	Zusätzlich erforderliche Elektrifizierungsmaßnahmen für das EVNO-Netz und Bewertung aller Bahnstromanlagen im Studiengebiet



# Ergebnis der Studie – EVNO 2032

- Wie groß ist der Bedarf an Wasserstoff im EVNO-Netz?
- Mit dem Simulationstool Fabel wurde der H<sub>2</sub>-Energiebedarf pro Fahrzeug und Umlauf berechnet und in Bezug zur vom Fahrzeug mitgeführten H<sub>2</sub>-Energie bewertet.
- Als Basis dienten 2 Umlaufpläne (jeweils ohne Reserve):
  - Variante 1: 48 Fahrzeuge
  - Variante 2: 51 Fahrzeuge mit zusätzlichen Betankungsfenstern tagsüber



# Ergebnis der Studie – EVNO 2032

Gefördert durch:

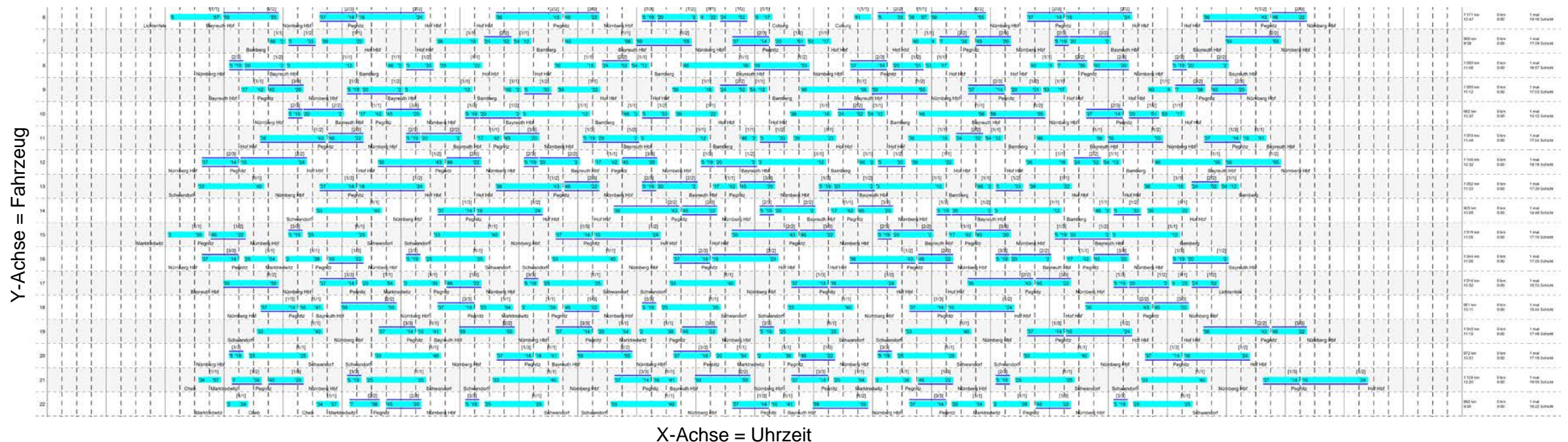


aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

➤ Nachfolgende Grafik zeigt einen Ausschnitt aus einem der unterstellten Umlaufpläne. Jede Zeile stellt ein Fahrzeug dar, welches über den Tag verteilt die entsprechende Verkehrsleistung erbringt (türkisfarbene Balken zeigen die einzelnen Fahrten).





# Ergebnis der Studie – EVNO 2032

Gefördert durch:

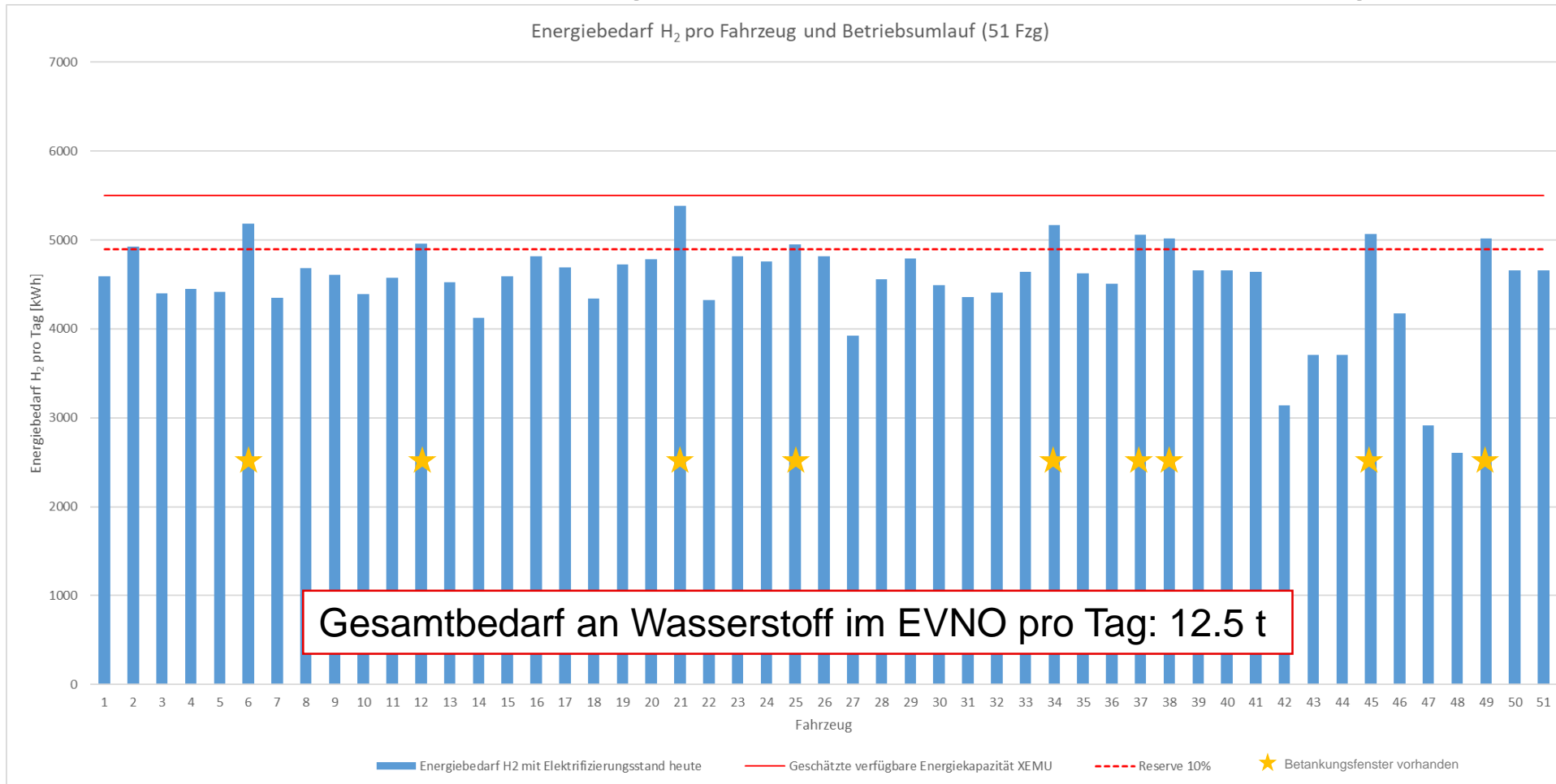


aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

## Energiebedarf H<sub>2</sub> pro Tag und Fahrzeug für den EVNO im Zeithorizont 2032 Umlaufplan mit 51 Fahrzeugen und zusätzlichen Betankungsfenstern tagsüber



Die Reserve entspricht einer Fahrleistung von 100 km



# Ergebnis der Studie – EVNO 2032

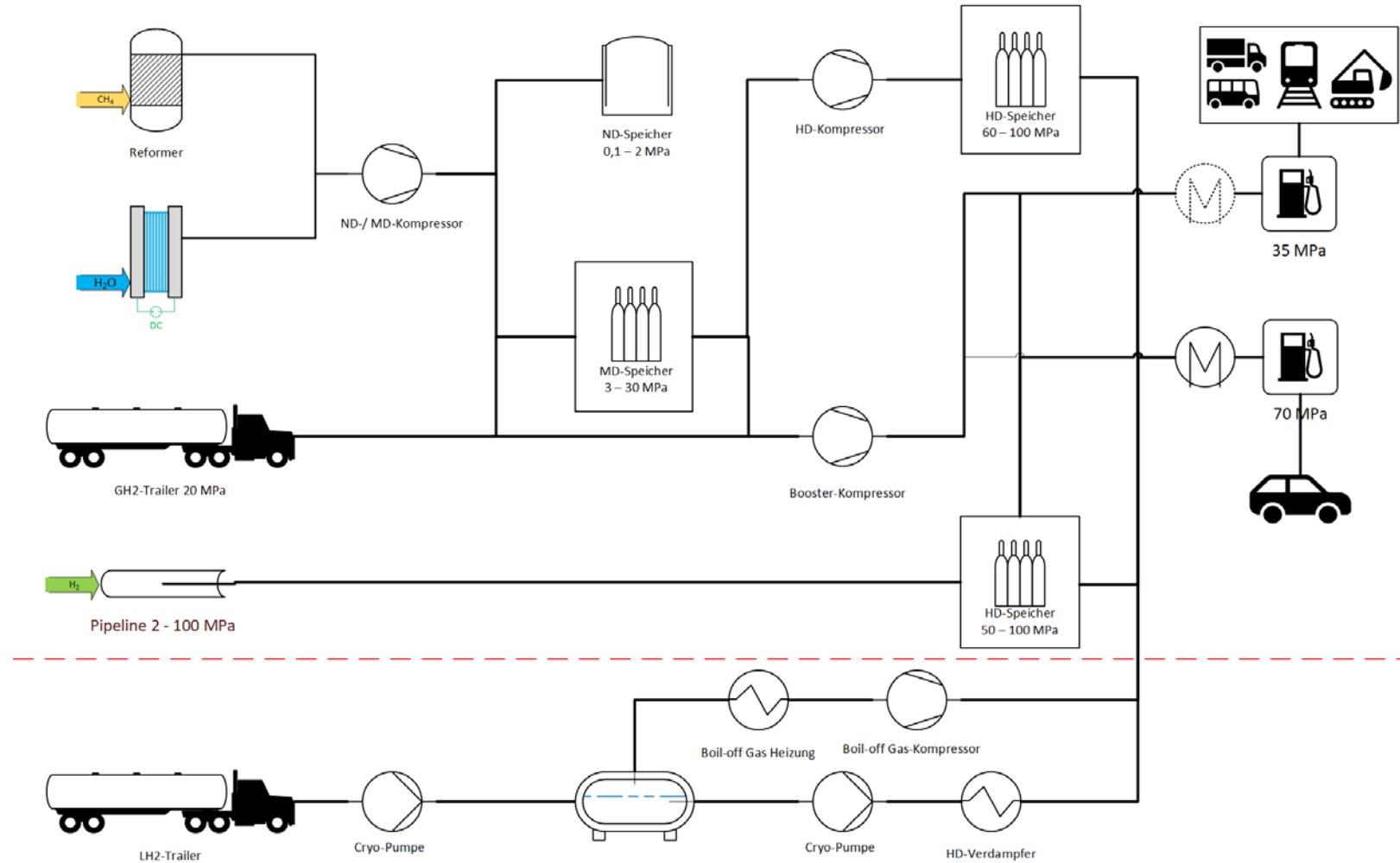
## Tankstellenkonzepte

Gefördert durch:



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

H2-Versorgung    Verdichterstufe 1    Speicher 1    Verdichterstufe 2    Speicher 2    Dispenser



# Ergebnis der Studie – EVNO 2032

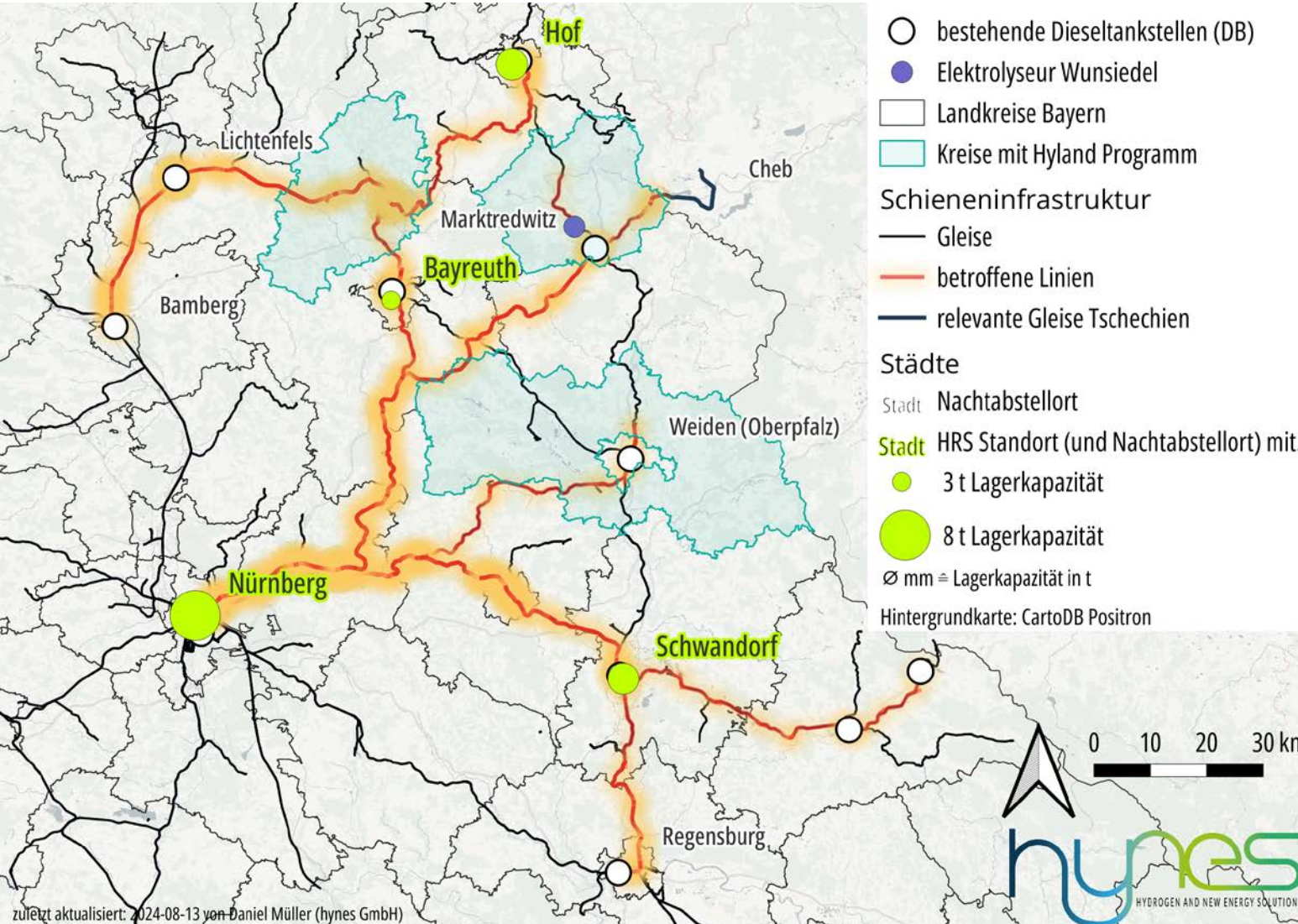
## Standortanalyse

Gefördert durch:



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Standort	H2-Tankstelle	Anzahl Fzg in der Nacht	Anzahl Fzg pro Tag zu betanken
Nürnberg	Ja	16	23
Bayreuth	Ja	4	8
Bamberg	Nein	2	-
Lichtenfels	Nein	2	-
Hof	Ja	6	14
Marktredwitz	Nein	3	-
Schwandorf	Ja	13	19
Cheb	Nein	1	-
Weiden	Nein	3	-
Regensburg	Nein	1	-
<b>Summe</b>	-	<b>51</b>	<b>64</b>

zuletzt aktualisiert: 2024-08-13 von Daniel Müller (hynes GmbH)

# Ergebnis der Studie – EVNO 2032

## Standortanalyse

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

Standort	Nürnberg	Bayreuth	Hof	Schwandorf	Summe
Anzahl Fahrzeuge in der Nacht	16	4	6	13	<b>51</b>
Anzahl Betankungen pro Tag	23	8	14	19	<b>64</b>
H2-Menge erforderlich [kg]	5498	1913	3347	4542	<b>15300</b>
H2-Menge inkl. 50% Reserve [kg]	8248	2869	5020	6813	<b>22950</b>
Geplante Tankkapazität [kg]	8000	3000	5000	5000	<b>21000</b>
Reservekapazität [%]	45%	55%	49%	10%	-
H2-Menge inkl. 100% Reserve [kg]	10997	3825	6694	9084	<b>30600</b>
Geplante Tankkapazität [kg]	10000	4000	7000	10000	<b>31000</b>
Reservekapazität [%]	91%	105%	105%	110%	-



Karte 1



Karte 2



Karte 3



# Nürnberg V1

## Zeichenerklärung

-  Betankungsgleis
-  Dispenser
-  Straßenanbindung
-  Traileranlieferung
-  Niederdruckspeicher
-  Verdichterhalle
-  1t MEGC
-  Eingezäunter Bereich
-  relevante Gleise

Hintergrundkarte: Google Satellite



Karte 1



Karte 2



Karte 3





# Investitionskosten Teil H2

## Investitionskosten H2-Tankstelle mit MEGC-Container

Gefördert durch:

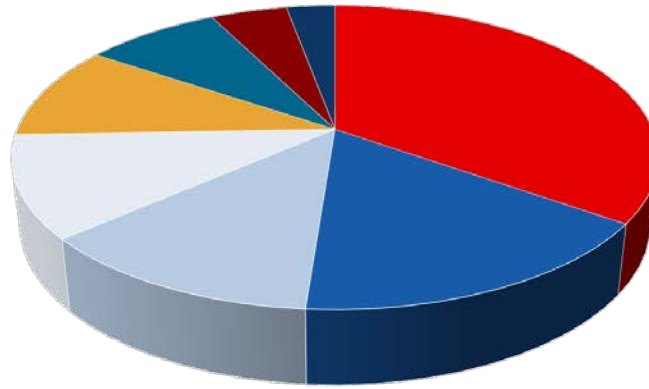


aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



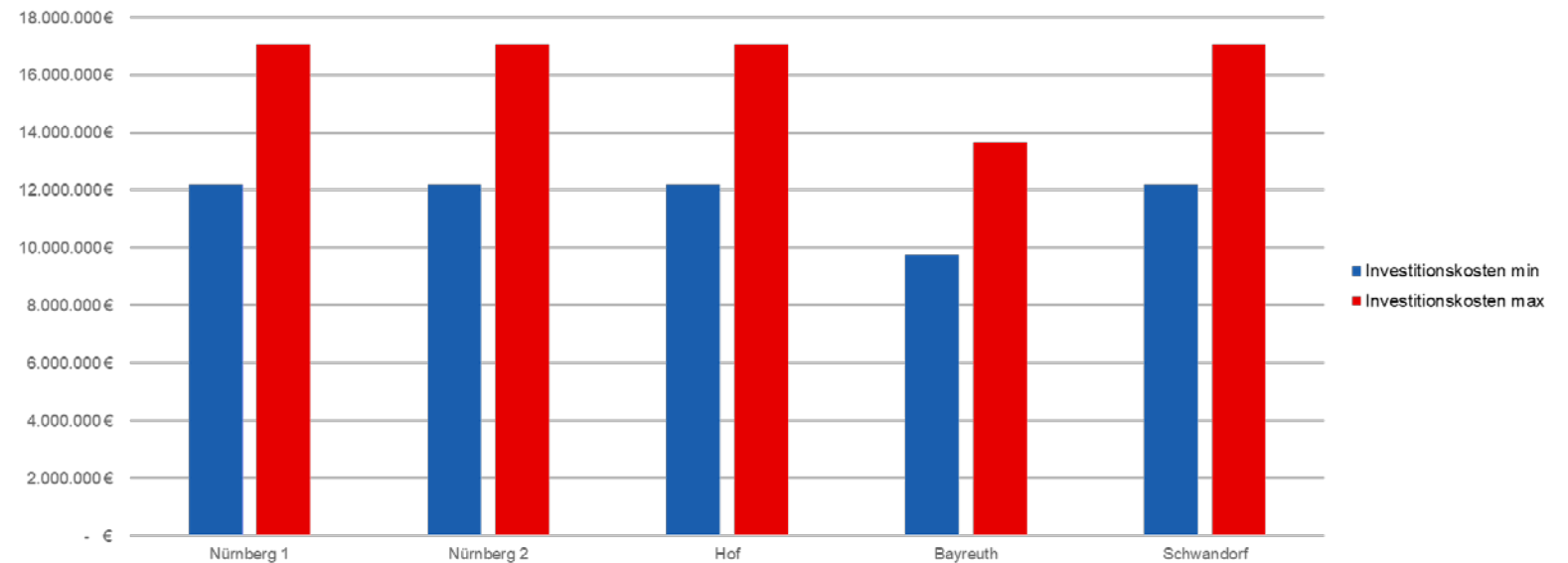
Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

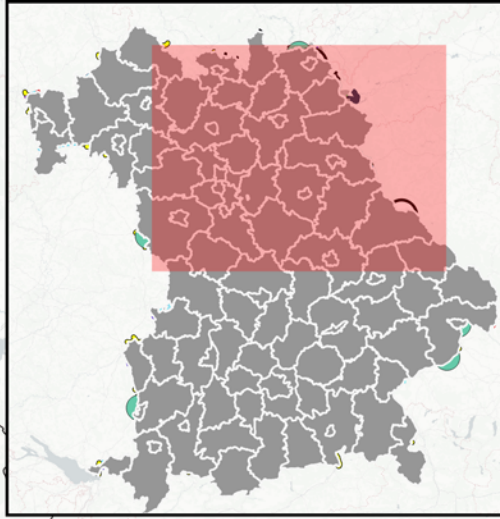
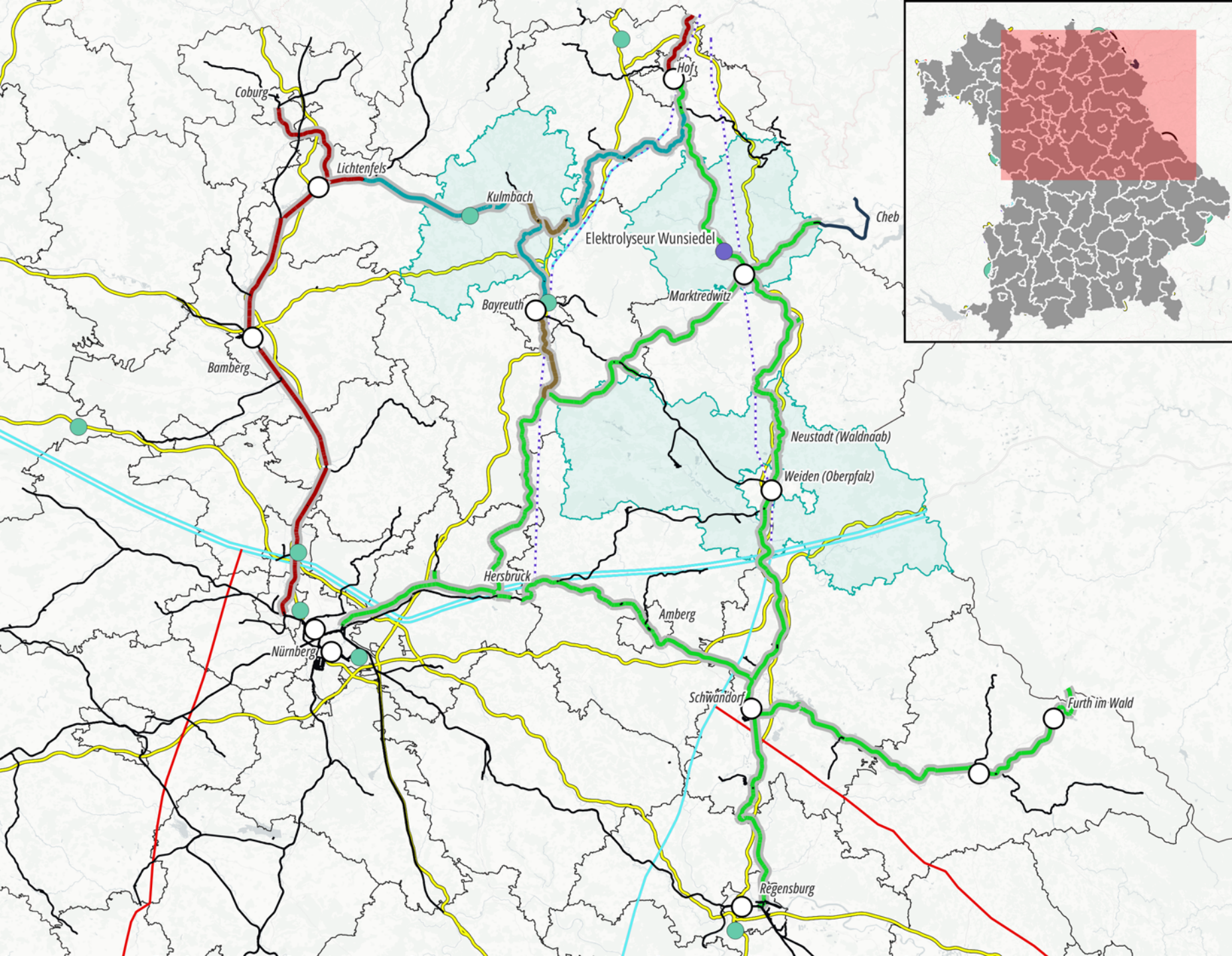
Kostenaufteilung HRS



HD-Speicher   Verdichter   Bautechnik   Montage   ND-Speicher   Kühlaggregat   Zapfsäule mit Füllgarnitur   EMS-Technik

Investitionskosten H2-Tankstellen inkl. Redundanz





# Legende

- Landkreise Bayern\*
- Autobahnen
- Zugstrecken\*
  - elektrifiziert
  - geplante Elektrifizierung 2035/2040
  - Prüfung: Teilelektrifizierung
  - nicht elektrifiziert
  - Gleise nicht im Untersuchungsgebiet
  - Gleise Tschechien

## Infrastruktur

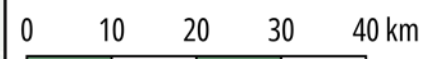
- Bestand Zugtankstellen Diesel

## Wasserstoff

- Wasserstofftankstellen
- Hyland Landkreise
- Elektrolyseprojekte

## European Hydrogen Backbone

- Neubau 2030
- Umwidmung Gasleitung
- Neubau 2040



Hintergrundkarte: CartoDB  
\* OSM-Daten bearbeitet





# Fazit / Empfehlung

Gefördert durch:

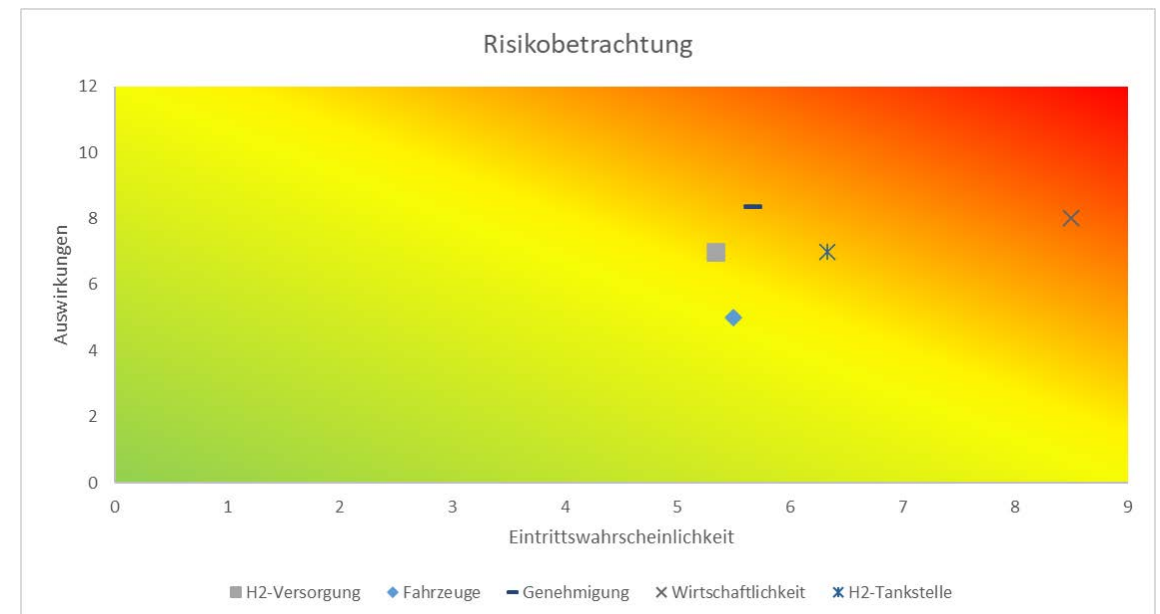


aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

- Aus technischen und betrieblichen Kriterien ist die Versorgung von 51 XEMUS mit Wasserstoff grundsätzlich möglich.
  - Hierfür bedarf es 5 H<sub>2</sub>-Tankstellen mit einem Gesamt-Investitionsvolumen zwischen 60 – 80 M€.
- In Anbetracht der Investitionen in eine innovative Infrastruktur ist die Einführung von 51 XEMUS aber als Pfadentscheidung mit dazugehörigen Nutzungsdauern zu verstehen.
- Es bestehen Projektrisiken hinsichtlich:
  - der Wirtschaftlichkeit,
  - des soliden Tankstellenbetriebs,
  - der Genehmigung,
  - der sicheren H<sub>2</sub>-Versorgung &
  - der Fahrzeugparameter.



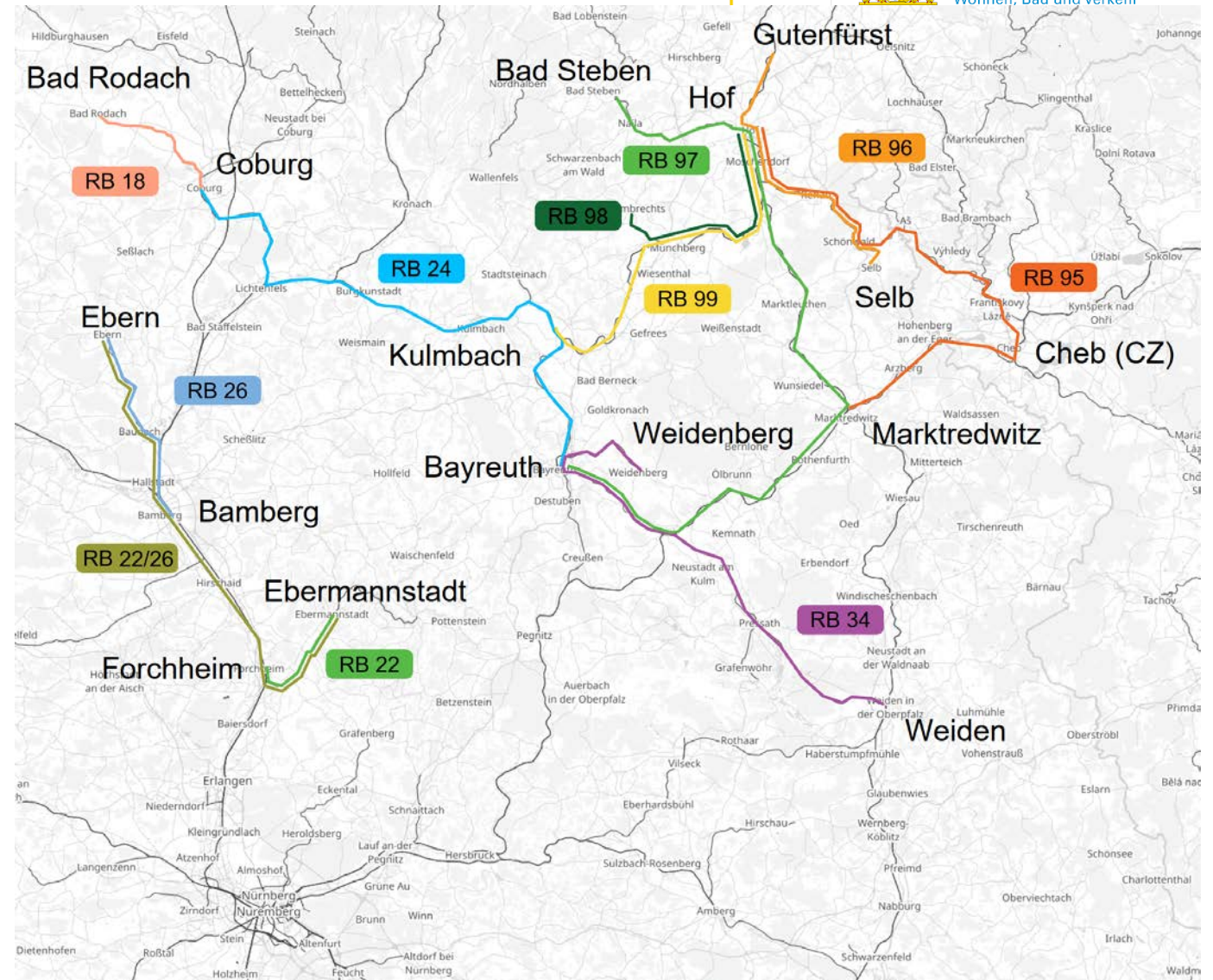
# Ergebnis der Studie – RVOF 2035

- Wie groß ist der Energiebedarf pro Linie im RVOF-Netz? (linienweise Betrachtung)
- Mit dem Simulationstool Fabel wurde der Energiebedarf pro Umlauf berechnet.
- Aus den Ergebnissen wurden Oberleitungsvarianten erarbeitet, welche wiederum mittels Simulationen überprüft wurden.

Gefördert durch:



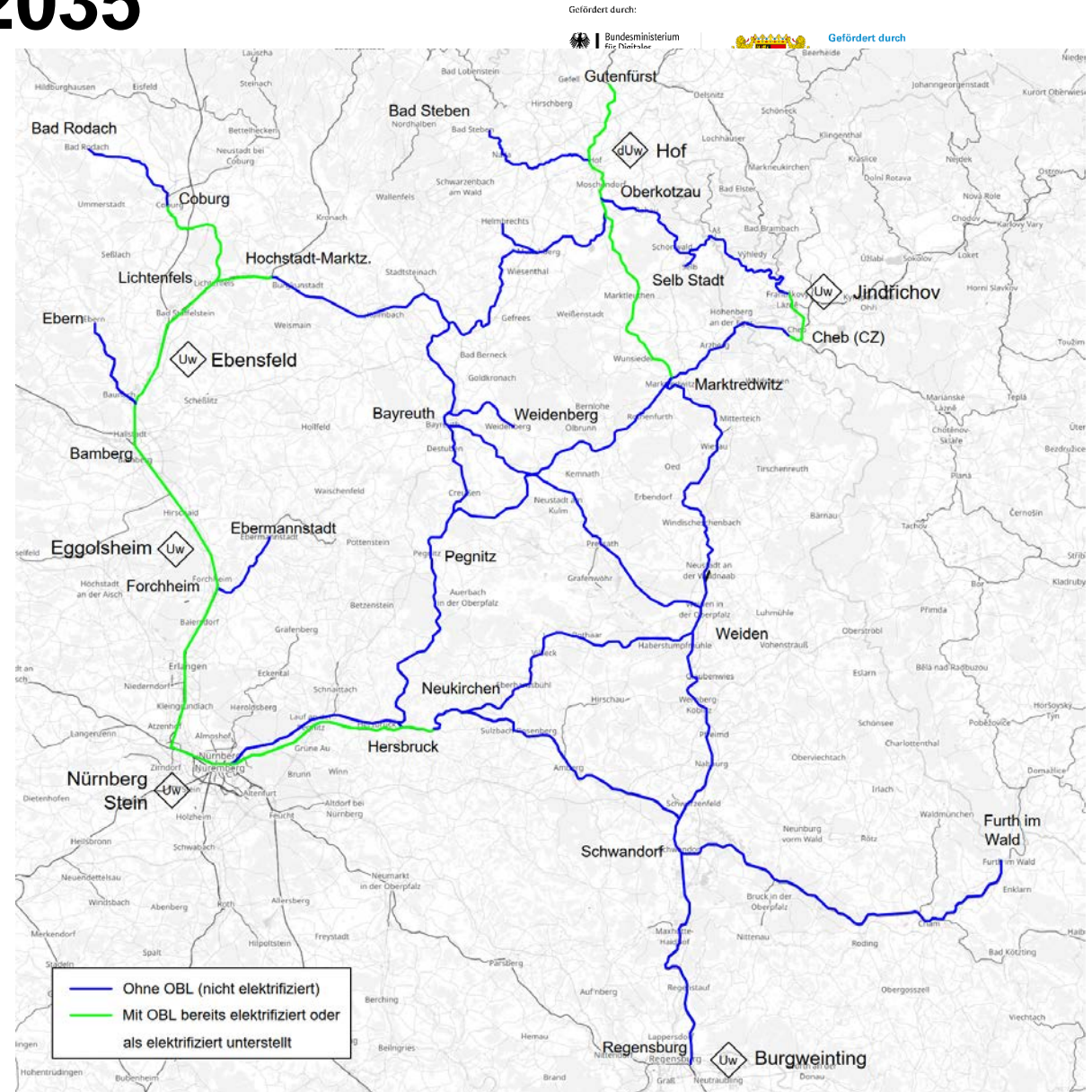
Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr





# Ergebnis der Studie – RVOF 2035

- Zu unterstellender Elektrifizierungsstand für den Zeithorizont 2035
- Zus. Elektrifizierung gegenüber Zeithorizont 2032: Hof – Marktredwitz
- Akkuhybridfahrzeuge (BEMU) sind zweisystemfähig und können auch in Tschechien (CZ) Energie aus der Oberleitung beziehen.





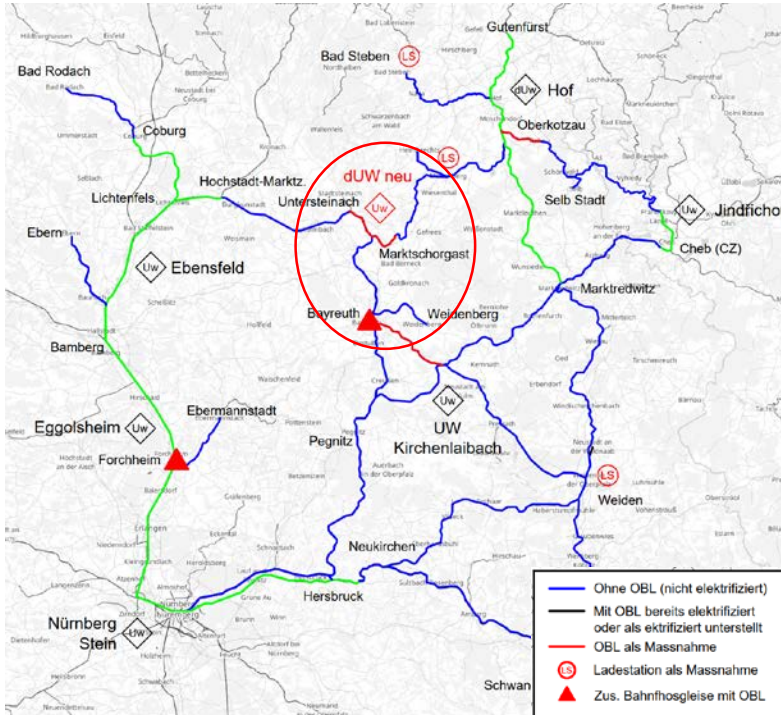
# Ergebnis der Studie – RVOF 2035

Gefördert durch:

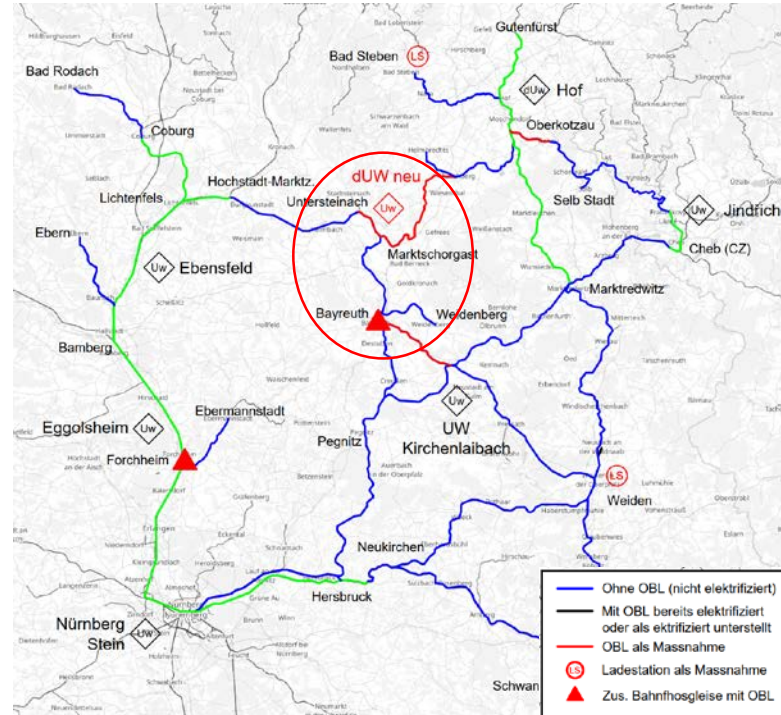


Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

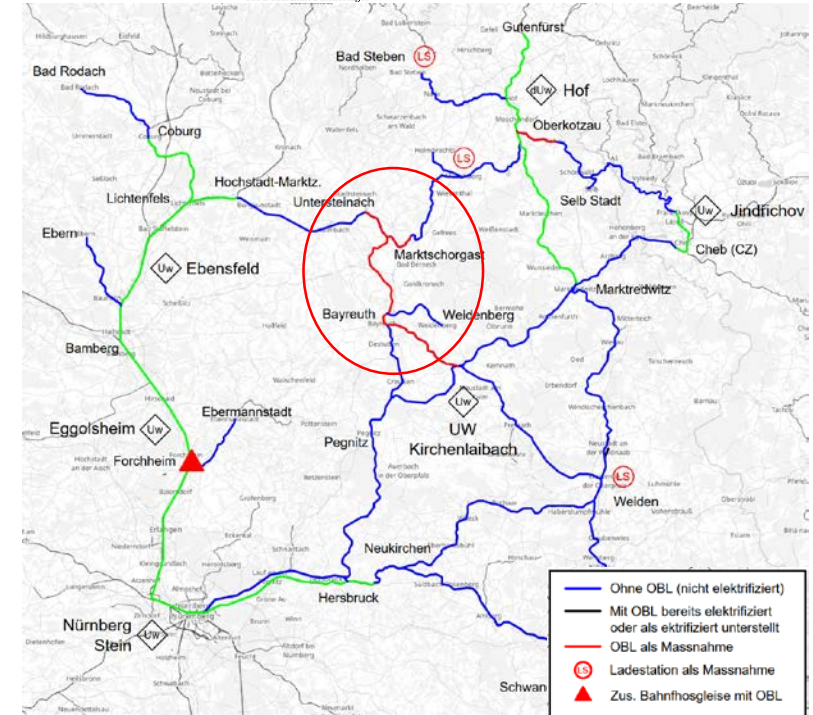
## Variante 1



## Variante 2



## Variante 3



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

41 Strecken-km zu elektrifizieren  
54 Oberleitungs-km erforderlich  
7 Bahnhof- / Abstellgleise mit OBL elektrifizieren  
1 Umrichterwerk in Untersteinach  
3 Ladestationen (Münchberg, Bad Steben und Weiden)  
Uw Kirchenlaibach

Investitionskosten: 119 Mio. €

62 Strecken-km zu elektrifizieren  
85 Oberleitungs-km erforderlich  
7 Bahnhof- / Abstellgleise mit OBL elektrifizieren  
1 Umrichterwerk in Untersteinach  
2 Ladestationen (Bad Steben und Weiden)  
Uw Kirchenlaibach

Investitionskosten: 132 Mio. €

62 Strecken-km zu elektrifizieren  
75 Oberleitungs-km erforderlich  
3 Bahnhof- / Abstellgleise mit OBL elektrifizieren  
3 Ladestationen (Münchberg, Bad Steben und Weiden)  
Uw Kirchenlaibach

Investitionskosten: 107 Mio. €

# Ergebnis der Studie – RVOF 2035

Gefördert durch:



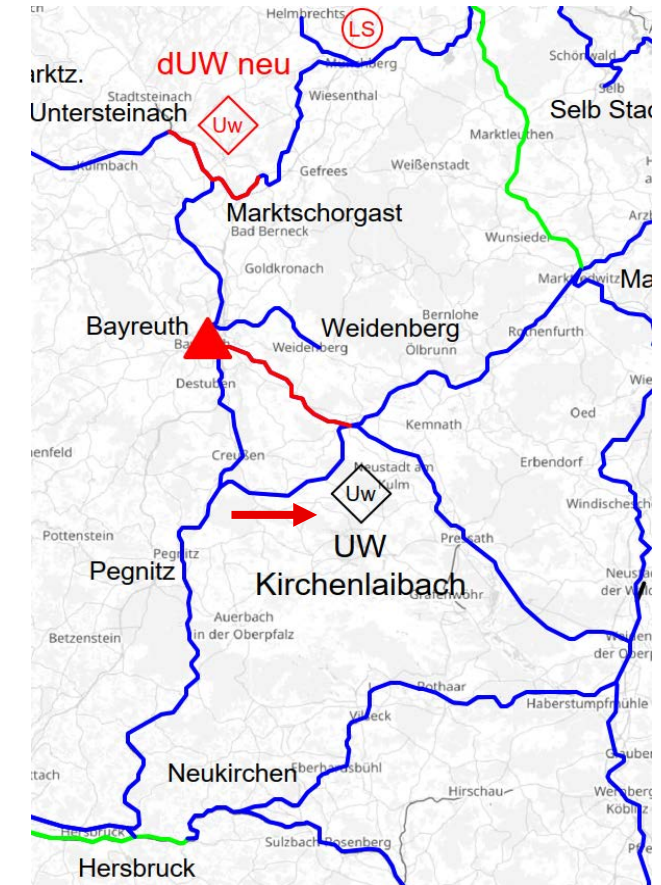
aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

## Anmerkung zum Uw Kirchenlaibach:

- Die Gutachter empfehlen, das durch DB Energie am Standort Schnabelwaid angedachte Unterwerk nach Kirchenlaibach zu verschieben und zeitlich vorzuziehen. Ansonsten ist für die rund fünf Jahre bis zur Elektrifizierung der Franken-Sachsen-Magistrale ein zusätzliches Umrichter- oder Unterwerk inkl. Bahnstromleitung erforderlich.
- Erste Abklärungen mit DB Energie haben gezeigt, dass dies technisch grundsätzlich machbar ist.
- Insbesondere der zeitliche Aspekt bringt jedoch auch Herausforderungen mit sich. Denn es muss nicht nur das Unterwerk, sondern auch die, für die Speisung erforderliche Bahnstromleitung von Nürnberg her, früher gebaut werden.



# Machbarkeit / Umsetzbarkeit

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

- Mittels Lastflussberechnungen wurden die folgenden beiden Kriterien untersucht und bewertet:
  - Belastung der bestehenden und der geplanten Bahnstromanlagen im Untersuchungsgebiet (Transformator-Belastung, Strombelastung der Kabelleitungen und der Oberleitung)
  - Spannungsqualität
- Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Bahnstromanlagen in allen drei Varianten ausreichend dimensioniert sind und auch die Spannungsqualität gut ist.
- Alle drei Varianten sind in einem Rahmen von 10 Jahren umsetzbar.



# Ergebnis der Studie – RVOF 2035

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

➤ Auf Basis der Ergebnisse dieser Studie resultiert aufgrund des Kriteriums Investitionskosten die Variante 3 als Bestvariante.

## Massnahmen:

62 Strecken-km zu elektrifizieren

75 Oberleitungs-km erforderlich

3 Bahnhof- / Abstellgleise mit OBL  
elektrifizieren: Forchheim

3 Ladestationen: Münchberg, Bad  
Steben und Weiden

## Kenndaten:

Investitionskosten: 107 Mio. €  
(inkl. 20% Planungskosten)

# Ergebnis der Studie – EVNO 2040

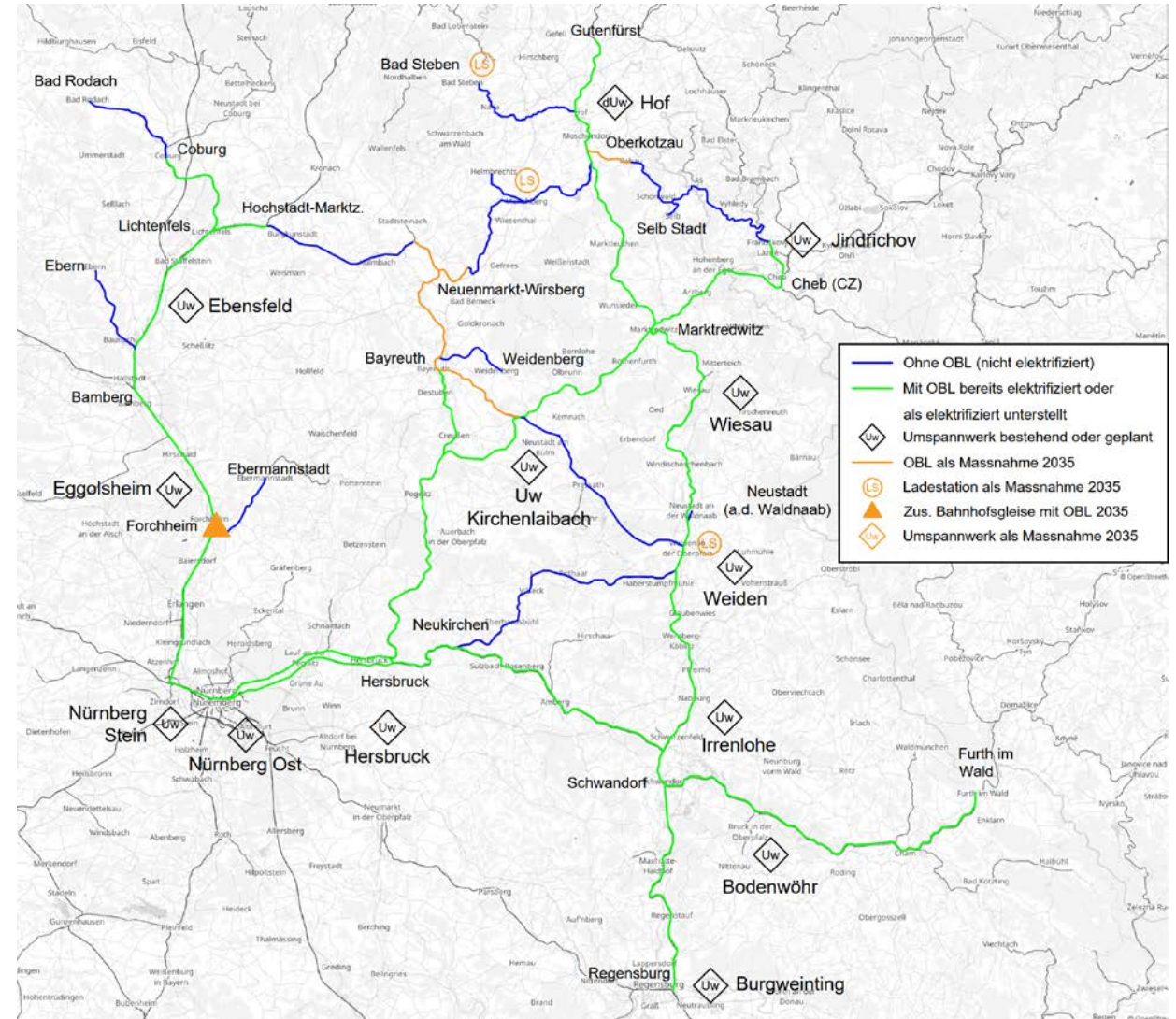
Gefördert durch:



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

- Umstellung der Neigetechnik-Fahrzeuge (XEMU) in Batteriemodus (kein Wasserstoffbetrieb mehr)
- Zu unterstellender Elektrifizierungsstand für den Zeithorizont 2040
- Zus. Elektrifizierung gegenüber Zeithorizont 2035
  - Franken-Sachsen-Magistrale
  - Ostkorridor Süd
  - Metropolenbahn





# Ergebnis der Studie – EVNO 2040

## Zusammenfassung EVNO 2040 Variante 3

Zusätzlich zum Zeithorizont 2035 (RVOF):

### Massnahmen:

47 Strecken-km zu elektrifizieren

53 Oberleitungs-km neu erforderlich

1 Ladestationen verschieben (von Weiden nach Neustadt a. d. Waldnaab)

### Kenndaten:

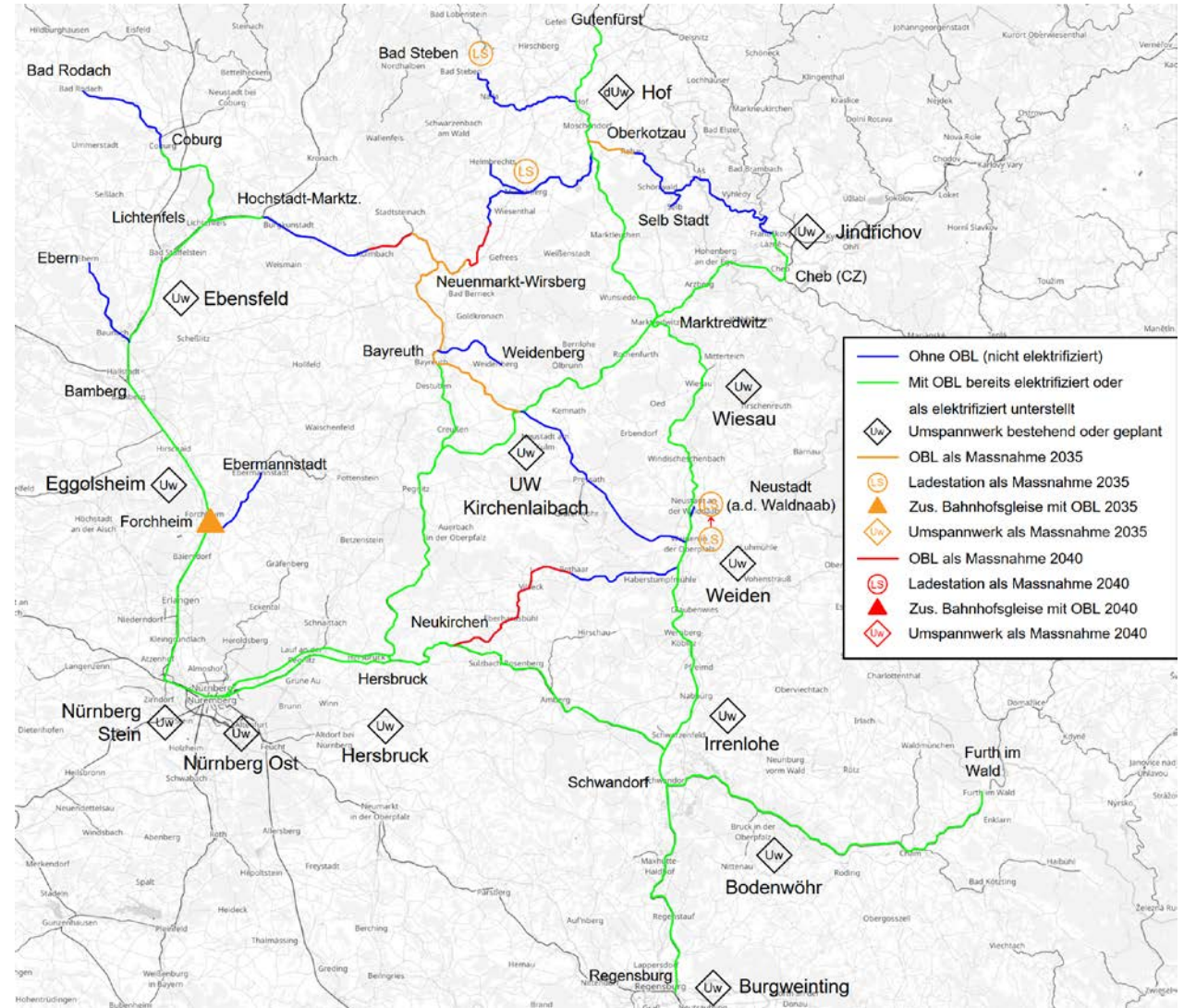
Investitionskosten: 45 Mio. €

Gefördert durch:



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



# Fazit / Empfehlung

- Die Umstellung auf einen CO<sub>2</sub>-neutralen Zugverkehr im Ausschreibungsnetz Regionalverkehr Oberfranken auf das Jahr 2035 ist möglich.
- Die Gutachter empfehlen die Umsetzung der Variante 3 und einen zeitnahen Start der Planungsarbeiten.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr



# Fazit / Empfehlung

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

- Damit die Umstellung von Diesel zu Akkuhybrid im SPNV Oberfranken gelingt, bedarf es einer zeitgerechten Umsetzung aller unterstellten Elektrifizierungsmaßnahmen, welche durch den Bund finanziert werden sollen:
  - Hof - Marktredwitz (2035)
  - Franken-Sachsen-Magistrale (2040)
  - Ostkorridor Süd (2040)
  - Metropolenbahn (2040)
- Falls dies nicht rechtzeitig umgesetzt wird, resultieren aktuell schwer abschätzbare Mehraufwände, damit das Ziel des Freistaats Bayern „Umstellung auf lokal emissionsfreie Antriebe bis 2040“ erreicht werden kann.

# Fazit / Empfehlung

- Der Aufbau und die temporäre Nutzung einer Betankungsinfrastruktur in der oben dargestellten Größenordnung ist jedoch wirtschaftlich in Frage zu stellen. Insbesondere auch mit Blick auf die Projektrisiken.
- Da die H2-Infrastruktur für die Anforderungen der Bahn ausgelegt werden muss, kann diese nach der Umstellung nicht ohne weiteres durch andere Anwender bspw. aus dem Straßengüterverkehr genutzt werden.
- Damit verbunden wird eine weitergehende Analyse empfohlen, welche die Betriebskosten der NT-XEMU vollständig ermittelt und Fahrzeughersteller, H2-Tankstellenerrichter und mögliche Versorgungsunternehmen miteinbezieht.
- Alternativ zum H2 wäre eine Prüfung sinnvoll, ob das Neigetechneitz mit BEMU-Fahrzeugen mit grösserer Batterie betrieben werden könnte und welche Infrastruktur dafür erforderlich ist.



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Gefördert durch  
Bayerisches Staatsministerium für  
Wohnen, Bau und Verkehr

➤ Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit!