

Szenario-basierte Bedarfsanalyse der Wasserstoffwertschöpfungskette im Nutzverkehr in der Metropolregion Nürnberg

Alexander Pilz-Lansley
 Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
 Forschungsgruppe Dezentrale Energiewandlung und Speicherung
 Fürther Straße 246b (Auf AEG)
 90429 Nürnberg

E-Mail: pilzlansley.alex@gmail.com
 Telefonnummer: 0173/2404835

Betreuer:in der Abschlussarbeit: Prof. Dr.-Ing. Frank Opferkuch (TH Nürnberg)



Abstract

Um den Güterverkehr für die Zukunft klimafreundlicher zu gestalten, wird die Dekarbonisierung des Straßengüterverkehrs eine wesentliche Rolle spielen. Hier sollen neue Technologien die Nutzung herkömmlicher Verbrennungsmotoren ersetzen. Gerade in diesem Sektor kann der Einsatz von erneuerbarem Wasserstoff einen wesentlichen Beitrag leisten. Allerdings wird eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz solcher neuen Technologien die Verfügbarkeit des Wasserstoffs und die Betankungsinfrastruktur sein. Gerade in der Logistikbranche, in der Zeit oft das wichtigste Kriterium darstellt, spielen Betankungszeiten und Reichweite eine immens wichtige Rolle.

In dieser Arbeit wurde beispielhaft in der Europäischen Metropolregion Nürnberg (EMN) eine Bedarfsanalyse des Straßengüterverkehrs durchgeführt, um Empfehlungen für eine Wasserstoffbetankungsinfrastruktur für LKWs geben zu können. Die Bedarfsanalyse wurde auf Grundlage von ausgewählten Szenarien zur Entwicklung des Fahrzeugbestands und des Gesamtwasserstoffbedarfs durchgeführt und ein Modell zur Abbildung des Verkehrsaufkommens auf Basis von Dauerzählstellendaten erstellt. Diese Daten wurden kombiniert, um den potenziellen Wasserstoffbedarf für LKWs im Jahr 2030 nach Landkreisen/kreisfreien Städten räumlich aufzulösen. Mithilfe dieser Methodik war es möglich, drei Hauptgebiete mit hohem Wasserstoffbedarf zu identifizieren, die sich besonders gut für den Aufbau einer Betankungsinfrastruktur eignen, sowie die Auswirkungen der verschiedenen Szenarien auf den Wasserstoffbedarf zu analysieren.

Die vorliegende Arbeit beschäftigte sich mit der EMN, das zugrundeliegende Modell lässt sich allerdings auf andere Geografien übertragen. Das Dauerzählerstellennetz der Bundesanstalt für Straßenwesen, auf dessen Daten das Verkehrsaufkommen modelliert wurde, umfasst zurzeit 2.108 Zählstellen auf Bundesfernstraßen [5]. Unter Zuhilfenahme dieser Daten ließe sich die Verkehrsintensität und somit eine solche Bedarfsanalyse auch für andere Regionen Deutschlands abbilden.

Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung war eine Szenario-basierte Analyse der Wasserstoffwertschöpfungskette durchzuführen, um Wasserstoffbedarfsszenarien für 2030 zu ermitteln. Damit sollte Einblick in das Potenzial für die Marktentwicklung von erneuerbarem Wasserstoff in der Metropolregion Nürnberg geben werden.

Für die Analyse des potenziellen Wasserstoffbedarfs im Jahr 2030 sollten verschiedene Szenarien herangezogen werden, um die Nachfrage des Logistik- und Mobilitätssektors je nach Marktentwicklung zu prognostizieren.

Im Vordergrund der Analyse stand die regionale Aufschlüsselung des Verkehrsaufkommens nach Landkreisen und kreisfreien Städten, um praxisnahe Erkenntnisse zu erzielen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf die einzurichtende Betankungsinfrastruktur von Wasserstoff. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, möglichst die realen Verkehrsflüsse darzustellen. Dazu sind echt Verkehrsdaten der Logistikflotten benötigt. Dabei sind in der Literatur verschiedene Ansätze bekannt, wobei jeder Ansatz den Spagat zwischen hohem Detailgrad und Handhabbarkeit und Umsetzbarkeit halten muss. Während der Fokus für die Abschlussarbeit auf die Metropolregion Nürnberg lag, gab es dennoch die Bestrebung, ein Modell zu entwickeln, das nicht auf den vorliegenden Fall beschränkt ist, sondern möglichst auf andere Regionen übertragen werden kann.

Lösungsansatz und Methode

Für die Analyse des potenziellen Wasserstoffbedarfs im Jahr 2030 wurden drei Szenarien herangezogen, einem Basis-, einem optimistischen und einem alternativen Szenario. Diese Szenario-basierte Analyse zielte darauf ab, eine genaue Modellierung der Nutzung von Brennstoffzellenantrieben vorzunehmen und die Nachfrage des Logistik- und Mobilitätssektors je nach Marktentwicklung abzuleiten. Die Basis- und optimistischen Szenarien verfolgten einen Top-Down-Ansatz, der sich auf eine vertiefte Studie der „Energieagentur Nordbayern“ [1] für einen Energienutzungsplan der Metropolregion Nürnberg stützt und damit einen regional fokussierten Ansatz auf transparente und detaillierte Datenbasis verfolgt. Der zweite Ansatz ist eine Bottom-up-Analyse, ausgehend von den aktuellen Zulassungsstatistiken des Kraftfahrtbundesamts für die Region [2], und liegt eine von der EU in Auftrag gegebenen Studie [3] zur Entwicklung von Szenarien für den europäischen Logistik- und Mobilitätssektor zugrunde. Ein Vergleich dieser beiden Ansätze kann hilfreich sein, um dessen Ergebnisse überprüfen und validieren zu können.

Das übergeordnete Ziel dieser Analyse war die Modellierung der regionalen Verteilung der Wasserstoffnachfrage. Dazu wurden Daten benötigt, die reale Verkehrsflüsse von Logistikflotten darstellen. Dies stellt die größte Herausforderung für das Modell dar. Insgesamt sind für den Wasserstoffbedarf je Region folgende Daten benötigt: gesamte Verkehrsintensität der Nutzfahrzeuge im Jahr 2030, der voraussichtliche Anteil BZ-LKWs, den Wasserstoffverbrauch des LKWs. Hinsichtlich der Verkehrsintensität verfügt das Bayerische Ministerium für Wohnen, Bau und Verkehr über eine Fülle von Informationen zu Verkehrsdaten im Bundesland, die im so genannten „Bayerischen Straßeninformationssystem“ (BAYSIS) [4] gespeichert sind. Es umfasst permanente Verkehrszählssysteme (im Folgenden kurz „PVZS“ genannt und unten links dargestellt), die vor allem an Autobahnen und Bundesstraßen (A- und B-Straßen), aber auch an Kreis- und Staatsstraßen angebracht sind. Mit Hilfe dieser PVZS werden jährliche Statistiken über die durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) erstellt und damit die durchschnittliche Anzahl der Fahrzeuge ermittelt, die diese PZCS pro Tag passieren. Es werden wird also die Straßenauslastung für einen repräsentativen Querschnitt ermittelt, auch aufgeschlüsselt für Nutzfahrzeuge.

Um im nächsten Schritt auf einen Gesamt-Energiebedarf nach Region zu kommen, bedurfte es insgesamt folgende Faktoren:

- Anteil am gesamten Lkw-Bestand (je nach Szenario)
- Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch eines Brennstoffzellen-Fahrzeugs
- einem Entfernungsfaktor, der die theoretische Entfernung angibt, die die Fahrzeuge innerhalb eines Querschnitts zurücklegen müssen, und
- Ein Betankungsfaktor, ein Prozentsatz der Fahrzeuge an einem bestimmten Querschnitt, die betankt werden müssen, oder die Energie, die ein bestimmter Infrastrukturabschnitt wieder einspeisen muss.

Mittels dieser Faktoren war es möglich, den gesamten Wasserstoffbedarf auf die Regionen zu verteilen.

Quellen:
 [1] ENERGIEAGENTUR nordbayern GmbH. Energienutzungsplan Europäische Metropolregion Nürnberg. [online]. August 2019 [zuletzt aufgerufen: 17.11.2022]. URL: https://www.nuernberg.de/imperia/md/klimaschutz/dokumente/enp_emn_studie_final_2020-01-07.pdf
 [2] Kraftfahrt-Bundesamt. Statistik. [online]. [zuletzt aufgerufen: 17.11.2022]. URL: https://www.kba.de/DE/Statistik_en/statistik_node.html
 [3] Y. Ruf et. al., Fuel Cells Hydrogen Trucks – Heavy-Duty’s High Performance Green Solution. [online]. Dezember 2020 [zuletzt aufgerufen: 17.11.2022]. URL: <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Fuel-Cells-Hydrogen-Trucks.html>
 [4] Bayerisches Staatsministerium für Wohnen, Bau und Verkehr. BAYSIS – Bayerisches Straßeninformationssystem. [online]. [zuletzt aufgerufen: 17.11.2022]. URL: <https://www.baysis.bayern.de/web/>

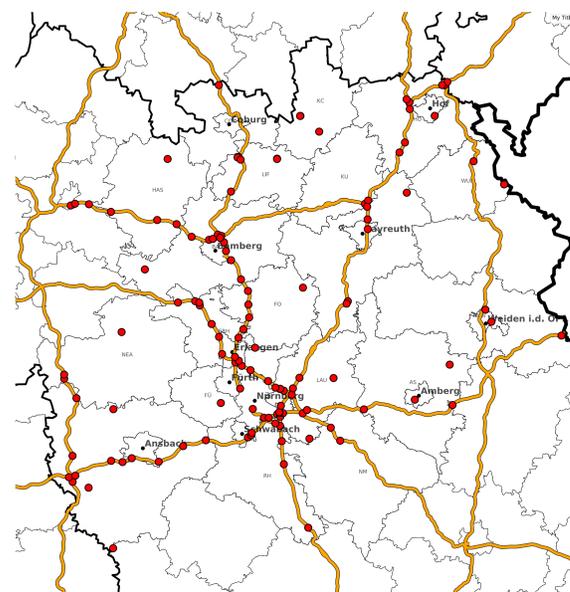


Abbildung 1 Übersicht der permanente Verkehrszählssysteme auf A- und B-Straßen in der Metropolregion Nürnberg

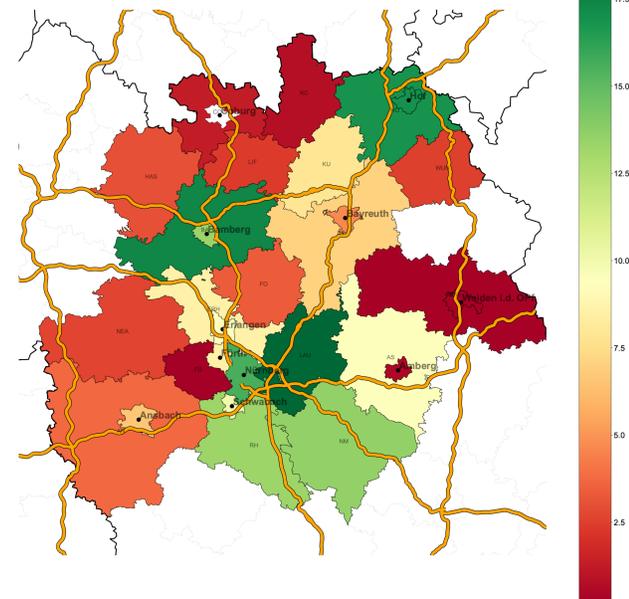


Abbildung 2 Prognostizierter Wasserstoffbedarf im Nutzverkehr in der Metropolregion Nürnberg im Jahr 2030 nach Landkreis und kreisfreier Stadt (optimistisches Szenario)

Ergebnisse

Der höchste Wasserstoffbedarf für den Logistik- und Mobilitätssektor wurde im Kreis Nürnberger Land, Landkreis Bamberg und in der kreisfreien Stadt Hof festgestellt. Es konnten vor allem drei Trends festgestellt werden: (1) die Wasserstoffnachfrage war dort am höchsten, wo sich zwei oder mehr Autobahnen kreuzten; (2) Städte wurden weniger frequentiert genutzt, der Verkehr konzentrierte sich hauptsächlich auf die Landkreise, selbst die Metropole Nürnberg als innerstädtischer Kreis landete nur auf Platz 5; (3) es konnten drei Zentren der Wasserstoffnachfrage ausgemacht werden - um Nürnberg, Bamberg und Hof. Diese drei Regionen bieten sich als potenzielle Standorte für eine Wasserstofftankstelle für schwere Nutzfahrzeuge an. Insbesondere die umliegenden Landkreise bieten den Vorteil, dass sie über mehr Fläche als die Ballungsräume verfügen und sich damit für die notwendigen räumlichen Anforderungen einer Wasserstofftankstelle, die erhebliche Mengen an Wasserstoff speichern muss, besser eignen.

In dieser Analyse wird insgesamt von einem täglichen Wasserstoffbedarf von 244 Tonnen im optimistischen Szenario ausgegangen (dabei ca. 20 Tonnen Wasserstoff pro Tag allein für das Nürnberger Land), während 168 Tonnen/Tag für das Basisszenario und 86 Tonnen/Tag für das Alternativszenario vorhergesagt werden.

Zusammenfassung / Ausblick

Diese Arbeit beschäftigte sich mit einem der wesentlichen Flaschenhälse in der Logistik und damit der Dekarbonisierung des Nutzverkehrs – die fehlende Betankungsinfrastruktur für nachhaltige Antriebe. In einer Branche, in der Effizienz und Pragmatismus prägende Säulen sind, muss der Aufbau eines Versorgungsnetzes gut durchdacht sein, sowohl die Lage als auch die Skalierung.

Durch die Szenario-basierte Bedarfsanalyse für erneuerbaren Wasserstoff für den Nutzverkehr in der Metropolregion Nürnberg konnte ein Modell, basierend auf realen Verkehrsintensitätsdaten, genau diese beiden Kriterien näher beleuchten.

Im Ergebnis konnten einige zentrale Thesen für den geeignetsten Standort von Tankstellen ermittelt werden: (1) Wasserstoffbedarf ist dort am höchsten, wo zwei oder mehr Autobahnen sich schneiden; (2) Städte werden tendenziell umgangen, der Verkehr ist stattdessen eher auf Landkreisen fokussiert; (3) Nürnberger Land, Bamberg und Hof weisen insgesamt den höchsten Bedarf auf.

Für das Jahr 2030 konnten im optimistischen Szenario ein Wasserstoffnachfrage von 244 Tonnen/Tag ermittelt werden. Es muss jedoch auch festgestellt werden, dass sich die Ergebnisse je nach Szenario stark unterscheiden, und die künftige Entwicklung des Marktes stark von verschiedenen Faktoren abhängen wird. Nicht zuletzt von den Marktanreizen, nicht nur aus politischer oder regulatorischer Sicht, sondern, gerade im pragmatisch geprägten Logistiksektor, auch von einer rechtzeitig und effizient ausgebauten Betankungsinfrastruktur.

Als nächster Schritt könnten konkretere Analysen potenzieller Standorte für Betankungsinfrastruktur folgen. Gleichzeitig könnte dank der Universalität dieses Modells und das bundesweite Netz an Zählstellen diese Analyse auch für andere Regionen angewandt werden, um die Betankungsinfrastruktur effizient zu planen.