

# **MOVE2ZERO - DEKARBONISIERUNG EINES ÖFFENTLICHEN BUSSYSTEMS UND INTEGRATION INNOVATIVER ON-DEMAND SERVICES**

**Lisa GÖTTFRIED<sup>1\*</sup>, Andreas SOLYMOS<sup>2</sup>**

## **Kurzfassung**

Im Leuchtturmprojekt move2zero wird ein ganzheitliches Konzept für ein emissionsfreies und flexibles städtisches Verkehrssystem entwickelt. Das System umfasst ausschließlich emissionsfreie Technologien für die Stromerzeugung und -versorgung, basiert zu 100 % auf einem emissionsfreien Betrieb und unterstützt Komponenten mit niedrigen Emissionsfaktoren und hoher Wiederverwendungs- und Recyclingfähigkeit. In einem einjährigen Demonstrationsbetrieb mit sieben batterieelektrischen und sieben Brennstoffzellenbussen werden Daten aus dem Realbetrieb gesammelt, um dadurch die Planung der vollständigen Dekarbonisierung zu optimieren. In einem zusätzlichen Testbetrieb wird die Einführung innovativer On-Demand-Dienste mit automatischer Buchung und Ladung untersucht. move2zero zeichnet sich durch eine integrative Betrachtung der Systemkomponenten aus und zeigt eine hohe Übertragbarkeit auf weitere Städte und öffentliche Verkehrssysteme.

## **Einleitung**

Mit dem Pariser Klimaabkommen verpflichtet sich die Europäische Union mehr denn je für einen Übergang zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft. Basierend darauf hat das EU-Parlament im Februar 2019 die "Clean Vehicles Directive" (CVD) [1] verabschiedet - eine Richtlinie für die Beschaffung von emissionsfreien und emissionsarmen öffentlichen Straßenfahrzeugen. Mit dieser Richtlinie kommt den lokalen und regionalen Verkehrsbetrieben eine Schlüsselrolle in der Senkung der CO<sub>2</sub> Emissionen zu. Neben der Dekarbonisierung von Verkehrssystemen ist die Integration von bedarfsabhängigen und flexiblen Systemen ein wesentlicher Hebel, um die vielfältigen Anforderungen der Nutzer:innen zu erfüllen und die Nachfrage nach öffentlicher Mobilität zu erhöhen.

## **Forschung und Demonstration**

Im Projekt move2zero werden zwei Demonstrationsbetriebe durchgeführt und mit umfassenden Forschungstätigkeiten begleitet.

### ***Elektrische Busse (batterieelektrische und Brennstoffzellen Busse)***

In einem einjährigen Demonstrationsbetrieb werden sieben batterieelektrische und sieben Brennstoffzellenbusse im Echtbetrieb eingesetzt. Die Versorgung der insgesamt 14 Busse erfolgt ausschließlich mit grünem Strom bzw. Wasserstoff. Die dafür notwendige E-Ladeinfrastruktur wird im neuen Buscenter der Holding Graz errichtet und betrieben. Die Ladung der Busse erfolgt Großteiles in der Nacht und wird teilweise mit strategisch sinnvollen Ladungen untertags ergänzt, um die notwendigen Reichweiten zu erzielen. Auch die Betankung der Brennstoffzellenbusse erfolgt an einer Tankanlage, welche im neuen Buscenter modular errichtet wird. Der für die Demonstrationsphase benötigte Wasserstoff - das entspricht etwa 42 Tonnen pro Jahr - wird von einer regionalen, emissionsfreien Elektrolyseanlage bezogen und per Trailer zur Tankanlage nach Graz transportiert. Aufgrund der höheren Reichweite von Brennstoffzellenbussen ergeben sich hier keine wesentlichen Änderungen im laufenden Betrieb, da die Busse, gleich wie konventionell betriebene Busse, nur einmal pro Tag betankt werden müssen.

Ziel des Demonstrationsbetriebs ist es, durch umfassendes Monitoring und Evaluierung Realdaten und damit eine Entscheidungsgrundlage für die optimale Technologie bzw. den optimalen Technologiemix bei vollständiger Dekarbonisierung der Busflotte zu erhalten. Dafür wurde ein mathematisches

---

<sup>1</sup> Grazer Energieagentur Ges.m.b.H., Kaiserfeldgasse 13, A-8010 Graz, +43 316/811848-28., goettfried@grazer-ea.at, www.grazer-ea.at

<sup>2</sup> Holding Graz – Kommunale Dienstleistungen GmbH, Andreas Hofer Platz 15, A-8010 Graz, +43 316 887-4280, andreas.solymos@holding-graz.at, www.holding-graz.at

Optimierungsmodell formuliert und mit umfangreichen Inputdaten befüllt. Das Modell betrachtet verschiedenste emissionsfreie Technologien, wobei jede dieser Technologieoptionen eine Reihe von fahrzeug-, infrastruktur-, system- und umweltrelevanten Parametern berücksichtigt, welche letztendlich die optimale Technologieauswahl bestimmen. Die Ergebnisse des Optimierungsmodells mit Daten aus dem Realbetrieb werden anschließend in einer Simulation validiert.

Für die zukünftige Versorgung der gesamten Busflotte werden bereits im Projekt verschiedene Szenarien zur Skalierung in Betracht gezogen, welche abhängig von der Technologieentscheidung auf ihre Umsetzbarkeit geprüft werden.

Ein weiteres Ziel im Rahmen des Projekts ist die Erforschung von effizienteren Wegen der Wasserstoffkompression, die starken Einfluss auf die Kosten und Reinheit des Wasserstoffs hat. Um die am besten geeignete Kompressionstechnologie in Abhängigkeit von Anwendungsfällen und Restriktionen spezifischer Anwendungen zu ermitteln, wird ein Simulationsmodell für verschiedene Kompressionspfade und Verkettungsstrategien entwickelt. Darüber hinaus wird eine sogenannte Crosshead-Out-Lösung für die nächste Generation der mechanischen Kompressionstechnologie erarbeitet. Das Ziel besteht darin, die Festigkeits- und Ermüdungseigenschaften von Kohlenstofffasern in Verbundwerkstoffen zu nutzen.

### **Bedarfsabhängiges Shuttle-System**

Um die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs für die Anreise zum Flughafen Graz zu erhöhen, wurde ein innovativer On-Demand-Shuttleservice entwickelt, welcher in einer sechsmonatigen Demonstrationsphase getestet wird. Um das Potential sowie die Höhe und Art der Nachfrage nach On-Demand-Services zu ermitteln, wurden anonymisierte Mobilfunkdaten am Standort ausgewertet. Diese Bewegungsdaten dienen als optimale Grundlage in der Entwicklung eines nutzer:innenorientierten Betriebskonzeptes für das On-Demand-Service.

Für den Shuttle-Service werden zwei Mercedes eVito Tourer eingesetzt, welche mit dem innovativen Matrix Charging System ausgestattet werden. Matrix Charging ist ein automatisiertes Schnellladesystem (22 kW AC, 50 kW DC), das E-Autos automatisch und kabellos auflädt, wenn sie über dem Matrix Charging Pad geparkt werden. [2] Da innovative On-Demand-Konzepte eng mit dem autonomen Fahren verknüpft sind, wird ein Konzept für den autonomen Betrieb des On-Demand-Shuttles am Flughafen Graz entwickelt. Das System funktioniert als bedarfsabhängiges Rufsystem. Hierfür wurde eine eigene Plattform auf [www.grz-shuttle.at](http://www.grz-shuttle.at) eingerichtet, auf welcher Nutzer:innen entweder über einen Link oder über das Scannen eines QR-Codes das Shuttle rufen können.

Vorbereitend und begleitend zu den Demonstrationsphasen werden umfassende Maßnahmen zur Bürger:innenbeteiligung und -information entwickelt und durchgeführt. Einerseits soll damit möglichen Ängsten und Unsicherheiten in Bezug auf neue Technologien entgegengewirkt werden. Andererseits soll allgemein mehr Bewusstsein für das Thema Klima- und Umweltschutz geschaffen werden.

### **Schlussfolgerungen**

Aufbauend auf mehreren nationalen und internationalen Strategien ist move2zero die Basis für die gesamte Dekarbonisierung der städtischen Busflotte in Graz. Um eine möglichst große Reichweite des Leuchtturmprojektes zu erzielen, werden dabei Erfahrungen und Know-How am Ende des Projektes an andere Städte und Flottenbetreiber weitergegeben.

Basierend auf einer multi-disziplinären Forschung, die auch industrielle Forschung beinhaltet und einer umfassenden Demonstrationsphase, wird move2zero den Weg zu einer schrittweisen effizienten und effektiven Umstellung städtischer öffentlicher Verkehrssysteme in Richtung emissionsfreier Zukunft ebnen!

### **Referenzen**

- [1] Europäische Union (2019), Richtlinie (EU) 2019/1161 des Europäischen Parlaments und des Rates; <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L1161&from=DE> (Aufgerufen 6. Oktober 2021).
- [2] Easelink (2021). Matrix Charging Key Facts, [https://easelink.com/press/Matrix\\_Charging\\_Key\\_Facts.pdf](https://easelink.com/press/Matrix_Charging_Key_Facts.pdf) (Aufgerufen 9. November 2021).