

## ReHyB

Reuse of Hydrogen for Bus Applications

<b>Programm / Ausschreibung</b>	Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - 15. Ausschreibung (2020) FT, PM, AM	<b>Status</b>	laufend
<b>Projektstart</b>	01.06.2021	<b>Projektende</b>	31.05.2025
<b>Zeitraum</b>	2021 - 2025	<b>Projektlaufzeit</b>	48 Monate
<b>Keywords</b>	Wasserstoffwiederverwertung, Wasserstoffaufreinigung, Wasserstoffbusse		

### Projektbeschreibung

Ausgangssituation: Wasserstoff wird in der Halbleiterfertigung von Infineon in Villach als Trägergas für die Chipherstellung verwendet. Nach dem Fertigungsprozess wird der Wasserstoff derzeit unverbraucht und verdünnt an die Atmosphäre abgegeben. Eine Rezirkulation des Wasserstoffs kann aus Gründen von herstellungstechnischen Qualitätsanforderungen bei Infineon nicht durchgeführt werden. Mit ReHyB will das Bundesland Kärnten gemeinsam mit den österreichischen Projektpartnern den Startschuss, zu einer Modellregion für nachhaltigen, grünen Wasserstoff setzen. Kärnten kann damit die erste Region werden, in der die zweifache Nutzung von grünem Wasserstoff Realität wird.

Ziele und Innovationsgehalt: Die doppelte Nutzung von grünem Wasserstoff stellt ein europaweites Pionierprojekt dar. Einerseits dient der Wasserstoff als Prozess- und Trägergas für die Chipherstellung und andererseits wird der danach aufgereinigte Wasserstoff in der Mobilität weiterverwendet. Der mit Stickstoff verdünnte Wasserstoff wird nach dem Chipherstellungsprozess ausgekoppelt und anschließend gemäß den Qualitätserfordernissen der Mobilität aufgereinigt. Durch die Errichtung einer kombinierten 350 und 700 bar Tankstelleninfrastruktur können Busse, PKWs und LKWs vor Ort betankt werden. Mit der Lösung bekannter Problemstellungen bezüglich der Wasserstoffauskopplung und anschließenden Aufreinigung weist dieses Projekt hohes Innovationspotential auf. Der Wasserstoff muss aufgrund der Anforderungen des Chipherstellungsprozesses unter Umgebungsdruck ausgekoppelt werden. Zudem werden aufgrund der herstellungsbedingten Kontamination des Wasserstoffs mit Partikeln aus dem Herstellungsprozess besondere Anforderungen an die Aufreinigung gestellt. Weiters werden in Zukunft die erste öffentliche Schwerverkehrstankstelle als auch die bis dato größte Busflotte des öffentlichen Personennahverkehrs in Österreich betrieben.

Angestrebte Ergebnisse: Die Projektergebnisse stellen für die Kooperationspartner die Referenz und Basis einer erfolgreichen Marktakzeptanz, Wettbewerbsfähigkeit und hohen Standortwertschöpfung in der Technologie der Wasserstoffwiederverwertung dar. Weiters können durch Verwendung dieser Erkenntnisse Synergieeffekte für verwandte Anwendungen genutzt werden und somit wirtschaftliche Vorteile mit sich bringen. Durch die theoretischen und praktischen Untersuchungen vertiefen die Partner zudem ihr Know-How auf dem Gebiet der Wasserstoffwiederverwertung. Die durchgeführten Simulationen bilden die Basis für die Anlagenauslegung der Wasserstoffauskopplung, -aufreinigung, -verteilung und -anwendung. Speziell im Infrastrukturbereich können daraus Steuer- und Regelungsstrategien abgeleitet werden, die einen optimierten Betrieb der Gesamtanlage hinsichtlich Effizienz, Kosten und Nachhaltigkeit garantieren. Im

Anwendungsbereich können wertvolle Erkenntnisse hinsichtlich dem H<sub>2</sub>-Busflottenbetrieb generiert werden. Die experimentellen Messungen dienen einerseits der Validierung der entwickelten Simulationsmodelle und andererseits auch als Datenbasis der technischen, ökonomischen und ökologischen Analysen.

## **Abstract**

Initial situation: Hydrogen is used in the semiconductor production of Infineon in Villach as a carrier gas for chip manufacture. After the manufacturing process, the hydrogen is currently released into the atmosphere in an unused and diluted form. A recirculation of the hydrogen cannot be carried out at Infineon for reasons of manufacturing quality requirements. With ReHyB, the province of Carinthia, together with the Austrian project partners, wants to give the starting signal for a model region for sustainable, green hydrogen. Carinthia can thus become the first region in which the dual use of green hydrogen becomes reality.

Objectives and innovative content: The dual use of green hydrogen is a pioneer project in Europe. On the one hand, the hydrogen serves as a process and carrier gas for chip manufacture and on the other hand, the hydrogen which is then purified is further used in mobility. The hydrogen diluted with nitrogen is decoupled after the chip manufacturing process and then purified to meet the quality requirements of mobility. The construction of a combined 350 and 700 bar filling station infrastructure will allow buses, cars and trucks to refuel on site. With the solution of known problems regarding hydrogen decoupling and subsequent purification, this project shows high innovation potential. Due to the requirements of the chip manufacturing process, the hydrogen must be decoupled under ambient pressure. In addition, the contamination of the hydrogen with particles from the manufacturing process during production places special demands on the purification process. Furthermore, the first public filling station for heavy goods vehicles and the largest bus fleet of local public transport in Austria to date will be operated in the future.

Aimed results: For the cooperation partners, the project results represent the reference and basis for successful market acceptance, competitiveness and high site value creation in the technology of hydrogen recycling. Furthermore, the use of these findings can lead to synergy effects for related applications and thus to economic advantages. Through the theoretical and practical investigations, the partners also deepen their know-how in the field of hydrogen recycling. The simulations carried out form the basis for the plant design of hydrogen extraction, purification, distribution and application. Especially in the infrastructure sector, control and regulation strategies can be derived from these simulations, which guarantee an optimized operation of the entire plant with regard to efficiency, costs and sustainability. In the field of application, valuable findings can be generated with regard to H<sub>2</sub> bus fleet operation. The experimental measurements serve on the one hand to validate the developed simulation models and on the other hand as a database for technical, economic and ecological analyses.

## **Endberichtkurzfassung**

Das Forschungsprojekt Reuse of Hydrogen for Bus Applications , kurz ReHyB , beschäftigte sich mit der potenziellen Wiederverwertung von Wasserstoff, der in der Halbleiterproduktion eingesetzt wurde. Das Vorhaben hatte zum Ziel, diesen Wasserstoff für den Betrieb von Brennstoffzellenbussen (Fuel Cell Electric Busses, FCEBs) im öffentlichen Personennahverkehr einzusetzen, um den Villacher Regionalbusverkehr emissionsfrei zu gestalten. Ein breit aufgestelltes Konsortium aus der Infineon Austria AG , der OMV Downstream GmbH (im Nachfolgeprojekt DeCarB durch die Wolf tank Adisa GmbH ersetzt), der Österreichischen Postbus AG , den wissenschaftlichen Partnern HyCentA Research GmbH und dem Energieinstitut an der JKU Linz sowie dem assoziierten Partner Linde Electronics GmbH untersuchte deshalb folgende Fragestellungen :

Ob und wie kann man in der Halbleiterindustrie eingesetzten Wasserstoff nach der Produktion aus dem Prozess auskoppeln, um ihn einer Wiederverwertung zuzuführen?

Wie lässt sich der ausgekoppelte Wasserstoff in Folge so aufreinigen, um die für den Einsatz in Brennstoffzellen nötige Reinheit zu erhalten?

Wie muss eine Wasserstofftankstelle (hydrogen refuelling station, HRS) konzipiert werden, um 35 Busse pro Tag im Rahmen des regulären Betriebs betanken zu können?

Welche Busse eignen sich für den Betrieb im Regionalverkehr? Wie viel Wasserstoff benötigen diese, um ca. 2 Mio. km pro Jahr fahren zu können und welche Anpassungen braucht es im operativen Flottenbetrieb?

Wie kann man diese Teilsysteme mit Hilfe von Simulationen abbilden und helfen, deren Realisierung auf ihre Machbarkeit hin zu prüfen und zu optimieren?

Welche volkswirtschaftlichen Auswirkungen hat die Umsetzung eines solchen Projekts auf die Region?

Im Rahmen des Projekts wurde deshalb ein Prototyp für die Auskopplung des wasserstoffhaltigen Trägergases aus der Halbleiterproduktion konzipiert und erfolgreich umgesetzt, sowie ein Plan für den Roll-out für eine ganze Produktionslinie bei Infineon in Villach erstellt. Mit Hilfe dieses Prototyps konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Auskopplung ohne negative Auswirkungen auf den hochsensiblen Halbleiterprozess möglich ist und damit eine Weiterverwertung des Wasserstoffs möglich ist. Dieser Machbarkeitsnachweis stellt die Grundlage für eine Nachnutzung des Wasserstoffs nicht nur am Standort in Villach, sondern auch für weitere internationale Standorte von Infineon dar.

Weiters wurde ein Konzept und die grundlegende Planung für die Aufreinigung des Abgasstroms mit Hilfe einer Druckwechseladsorption (Pressure Swing Adsorption, PSA) vor Ort erstellt. Hierzu wurde die Zusammensetzung des Gasgemisches nach einem ersten Reinigungsschritt analysiert und basierend auf dieser Analyse und den zu erwartenden Mengen ein Lastenheft für eine mögliche PSA erstellt. Zusätzlich wurde die Vorplanung inkl. des Verlaufs für eine Pipeline zum Transport des Wasserstoffs zu einem Tankstellenstandort nahe des Infineonwerks in Villach durchgeführt.

Zur Betankung der Busse an diesem Standort wurde auf Basis von Simulationen mit Fokus auf Auslegung der lokalen Speichergrößen und Verdichterleistungen die Konzipierung und Planung einer öffentlichen Wasserstofftankstelle für Busse, LKWs und PKWs mit Drücken von 350 und 700 bar durchgeführt, die in der Lage ist, mindestens 35 Busse pro Tag zu betanken. Ein entscheidendes Kriterium für die Auslegung der Tankstelle war eine sehr hohe Verfügbarkeit, um den Betrieb des öffentlichen Regionalverkehrs jederzeit gewährleisten zu können.

Für die Anschaffung einer Busflotte wurden erfolgreich Fördermittel im Rahmen des EBIN-Förderprogramms (Emissionsfreie Busse und Infrastruktur) akquiriert. Außerdem wurden mit fünf bereits für den Raum Villach beschafften Wasserstoffbussen mehrjährige Praxistests im Linienbetrieb durchgeführt, um wertvolle Erkenntnisse über die Einsatzmöglichkeiten der Technologie zu erlangen. Zusätzlich zu den praktischen Erfahrungen wurden diese mit Längsdynamiksimulationen und Rollenprüfstandtests abgeglichen.

Nach eingehender Prüfung der technischen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ist das Konsortium zur Erkenntnis gelangt, dass das Projekt technisch möglich aber in der ursprünglich konzipierten Form nicht wirtschaftlich umsetzbar ist. Deshalb wurde beschlossen, die Umsetzung des Projekts in der ursprünglichen Form nicht weiter zu verfolgen und es

stattdessen wie folgt neu aufzusetzen :

Für die Versorgung und Betankung der Busse mit Wasserstoff wurde ein neues Projekt (Decarbonizing Carinthian Bus Transportation, DeCarB ) entwickelt, das nun vorsieht, den Wasserstoff in einer eigens zu errichtenden Anlage regional zu erzeugen , ihn mit Hilfe von Trailern anzuliefern und auf einer neben dem Betriebshof der Österreichischen Postbus AG in Villach errichteten Tankstelle bereitzustellen. Für die Errichtung der Tankstelle wurde mit der Wolf tank Adisa GmbH ein neuer Partner anstelle der OMV Downstream GmbH an Bord geholt, da die geänderten Rahmenbedingungen einer nicht öffentlich-rechtlichen dualen HRS für diese neue Tankstelle nicht der strategischen Ausrichtung der OMV entsprechen.

Diese neu geplante Tankstelle wurde ebenso einer eingehenden Überprüfung, unter Berücksichtigung der nun notwendigen Produktions- und Lieferlogistik, mittels Simulationen unterzogen und es konnte gezeigt werden, dass sie den Anforderungen für einen möglichst ausfallsicheren Betrieb gerecht werden kann. Das Projekt DeCarB befindet sich im Bau, um die Brennstoffzellenbusse zeitgerecht bis Ende Mai 2026 versorgen und betanken sowie in den Linienbetrieb überführen zu können.

Nachdem mit Hilfe des Prototyps für die Auskopplung die technische Machbarkeit gezeigt werden konnte, wurden für die Wiederverwertung des Wasserstoffs aus der Halbleiterproduktion mehrere alternative Pfade auf ihre grundsätzliche technische Machbarkeit, ihre wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und auf ihre Umweltauswirkungen untersucht . Zum Teil aufbauend auf Ergebnissen des Forschungsprojekts H2Pioneer wurden die Möglichkeiten der Rückverstromung mit Brennstoffzellen bzw. Verbrennungskraftmaschinen, die Aufreinigung und Rezyklierung in den Halbleiterprozess sowie der Ersatz von Erdgas in der thermischen Abgasnachbehandlung untersucht. Analog zur Umsetzung der Busse im Projekt DeCarB werden auch die alternativen Verwertungspfade in der Infineon hinsichtlich einer Umsetzung weiterverfolgt.

Da sich sowohl in den Simulationen aber vor allem auch im langfristigen Realbetrieb gezeigt hat, dass

- die ursprünglich geplanten FCEB nur bedingt den Anforderungen für den Regionalbusverkehr rund um Villach entsprechen und

- sich die Technologie seit der Erstbeschaffung von FCEB-Bussen signifikant weiterentwickelt hat,

wurde seitens der Postbus AG nach eingehenden Marktanalysen entschieden, die Busse neu auszuschreiben. Neben den sich bereits seit 2022 im Probetrieb befindlichen fünf wurden weitere 31 Brennstoffzellen - Busse ausgeschrieben und bestellt und werden bis Mitte 2026 in Linienbetrieb gehen. Dies wird zu Emissionseinsparungen von über 1.600 t CO<sub>2</sub> pro Jahr

führen.

Trotz der Anpassung des ursprünglichen Projektplans hat das Projekt ReHyB dank der Flexibilität und des Engagements aller Beteiligten sowie der wertvollen Unterstützung des Landes Kärnten somit bedeutende Erfolge und wichtige Meilensteine erreicht:

Simulation und anschließender Bau eines Prototyps für den erfolgreichen Nachweis, dass die Auskopplung des wasserstoffhaltigen Abgasstroms nach dem Halbleiterprozess möglich ist, ohne den Produktionsprozess negativ zu beeinflussen.

Erstellung eines Konzepts zur Aufreinigung dieses ausgekoppelten Wasserstoffs

Technische, wirtschaftliche und ökologische Untersuchung von vier alternativen Verwertungspfaden für den Wasserstoff aus dieser Auskopplung.

Simulation von zwei verschiedenen Tankstellenkonzepten zur Überprüfung, ob diese Konzepte in der Lage sind, mindestens 35 Busse pro Tag zu betanken sowie um ihre Ausfallsicherheit und optimierte Betriebsstrategien zu untersuchen.

Planung, Sicherheitskonzepte und Genehmigung für eine Wasserstofftankstelle neben dem Betriebshof der Österreichischen Postbus AG in Villach.

Simulation von zwei verschiedenen Wasserstoffbusmodellen, um deren Einsatzfähigkeit im Regionalbusbetrieb zu überprüfen und den Verbrauch für eine Busflotte mit diesen Modellen abzuschätzen.

Beschaffung von 31 Brennstoffzellenbussen.

Simulation der volkswirtschaftlichen Auswirkungen durch die Umsetzung eines solchen Projekts auf die Region.

Initiierung eines Projekts mit 3MW Elektrolyse zur Erzeugung von Wasserstoff in der Nähe von Villach.

Insgesamt hat das Projekt ReHyB entscheidend dazu beigetragen, einerseits Möglichkeiten zur Wiederverwertung von Wasserstoff aus der Halbleiterproduktion aufzuzeigen und andererseits einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung des öffentlichen Verkehrs zu leisten.

## **Projektkoordinator**

- HyCentA Research GmbH

## **Projektpartner**

- Österreichische Postbus Aktiengesellschaft
- Wolf tank Adisa GmbH
- Infineon Technologies Austria AG
- Energieinstitut an der Johannes Kepler Universität Linz
- OMV Downstream GmbH