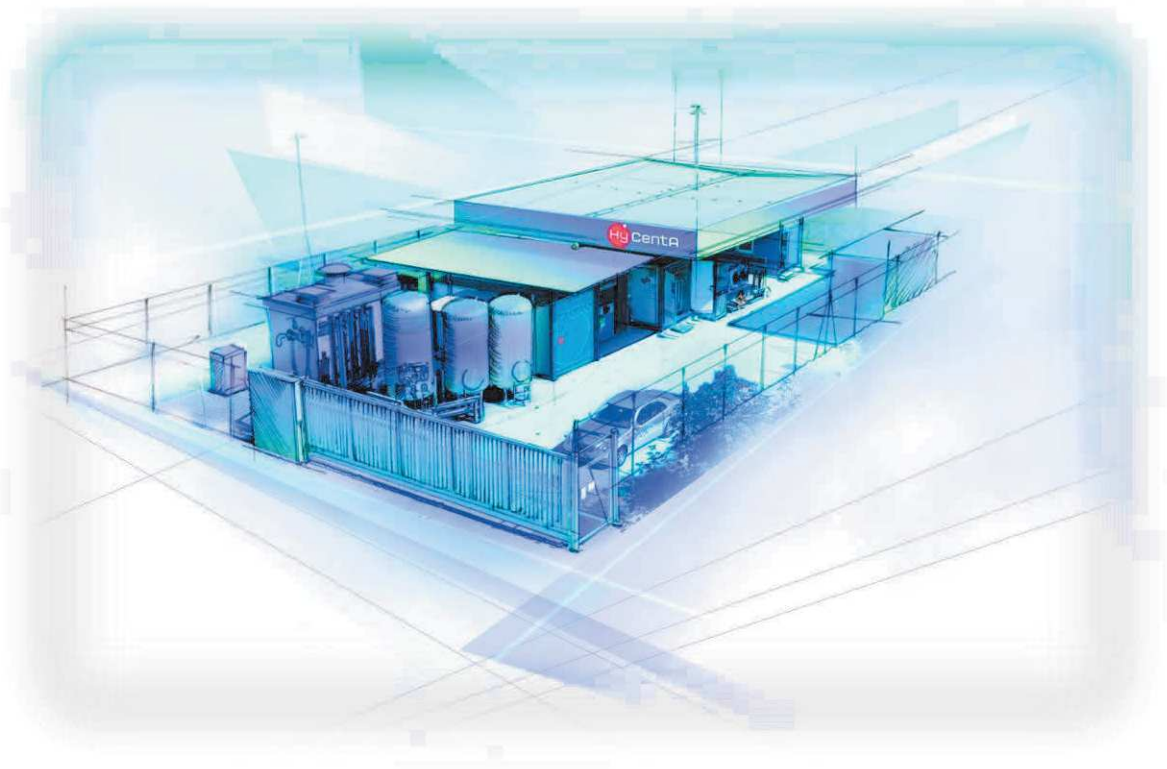


Machbarkeitsstudie H₂-Region Murau



HyCentA Research GmbH
Außeruniversitäre Forschungsgesellschaft an der TU Graz

Kurzfassung

Murau bietet sich durch seine strategische und geografische Ausrichtung besonders für die Umstellung auf eine autarke Wasserstoffregion an. Durch die Überschüsse an erneuerbarer Energie und die Möglichkeit, diese in Form von Wasserstoff speichern zu können, sollen anhand unterschiedlicher Anwendungsfälle in Transport und Energiewirtschaft die Potentiale zur Umstellung in der Region evaluiert werden. Diese werden in konkreten Beispielen erarbeitet wobei speziell auf die kurzfristigen Möglichkeiten eingegangen wird und beinhalten eine grundlegende Auslegung der notwendigen Komponenten, Aufstellungskonzepte sowie eine technische, ökonomische und ökologische Bewertung der Infrastrukturanlagen. Zusätzlich werden relevante Sicherheitsanforderungen an den Betrieb der Anlagen und rechtliche Rahmenbedingungen für die Umsetzung definiert. Ein Überblick über mögliche Fördermöglichkeiten zur Realisierung entsprechender Umsetzungsprojekte rundet die Machbarkeitsstudie ab.

Die aktuell mit Dieselmotoren betriebene Muraltalbahn soll in naher Zukunft auf emissionsfreie Antriebskonzepte umgestellt werden. Im Hinblick darauf wird die Machbarkeit einer mit Wasserstoff betriebenen Bahn eruiert. Dazu wurden folgende Schritte durchgeführt:

- Ermittlung des Energiebedarfs einer Zuggarnitur für Traktion und Klimatisierung
- Berechnung des entsprechenden Wasserstoffbedarfs zur Bereitstellung dieser Energie
- Konzepterstellung einer H₂-Zuggarnitur (Positionierung des Antriebssystems mit Brennstoffzelle, Umrichter und Kühlanlage sowie der H₂-Tanks)
- Gegenüberstellung der Kosten für die H₂-Infrastruktur inkl. H₂-Züge mit den Kosten für die Umsetzung von mit Oberleitung (OL) betriebenen E-Zügen

Die Energiebedarfsberechnung erfolgte für eine **tägliche Laufleistung** von maximal **750 km/Zug**. Für eine **3-teilige Zuggarnitur** mit einer **Länge von 52 m** und einem **Gewicht von 114 t** ergibt sich ein **Gesamtenergiebedarf** (inkl. Heizung und Kühlung) von **5911 kWh (177 kg H₂) pro Tag und Zug**.

In Abbildung 1 sind die Kennzahlen des Wasserstoffzuges (Barwert, Kostenvergleich zur Oberleitung, Energiebedarf und CO₂-Emissionen) vergleichend dargestellt. Der notwendige Mehrbedarf für die H₂-Züge kann aus derzeit ungenutztem Überschussstrom erneuerbarer Energien bereitgestellt werden.

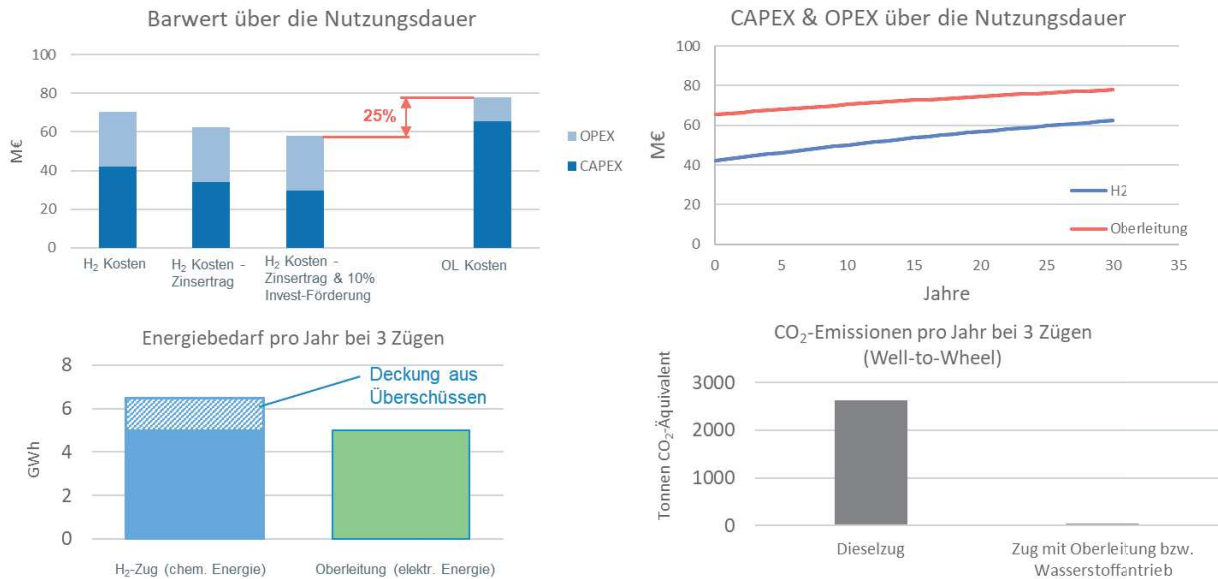


Abbildung 1: Kennzahlen der Murtalbahnen mit Wasserstoff-Brennstoffzellenantrieb

Das in Abbildung 2 gezeigte Konzeptdesign für die Wasserstoffzuggarnitur sieht die Unterbringung des Brennstoffzellen-Antriebsstrangs am Dach des Zuges vor. Die H₂-Tanks werden im vorderen und hinteren Triebwagen hinter der Zugführerkabine positioniert. Eine zulässige Achslast von 10,6 t/Achse und die geforderte **Anzahl an Qualitätssitzplätzen** von mindestens **100 Stück** werden eingehalten.

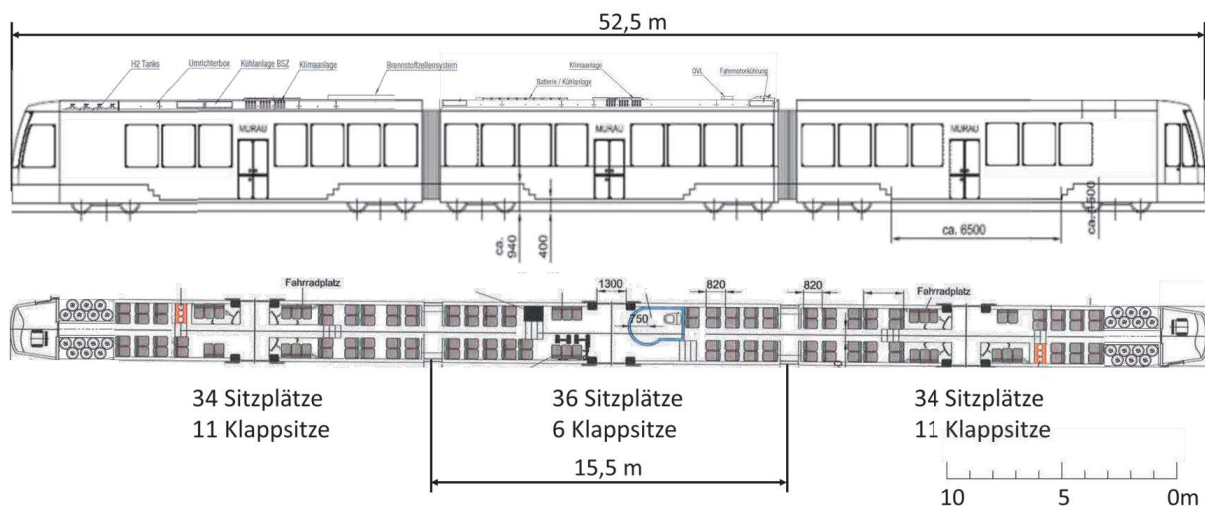


Abbildung 2: Zugdesign für 3teiligen H₂-Zug mit 104 Qualitätssitzplätzen

Die in Abbildung 3 dargestellte Betankungsinfrastruktur wurde für eine Speicherkapazität von 3 Tagesbedarfen der Zugflotte ausgelegt. Wasserstoff wird vor Ort mittels Elektrolyse (1) und erneuerbarem Strom aus der Region hergestellt. Die Zwischenspeicherung erfolgt in

Pufferbehältern (2, 3). Für die Betankung der Züge (6) erfolgt eine Kompression mit Verdichteranlagen (4). Die Versorgungssicherheit wird über optionale H₂-Anlieferung mittels Trailer (5) optimiert.

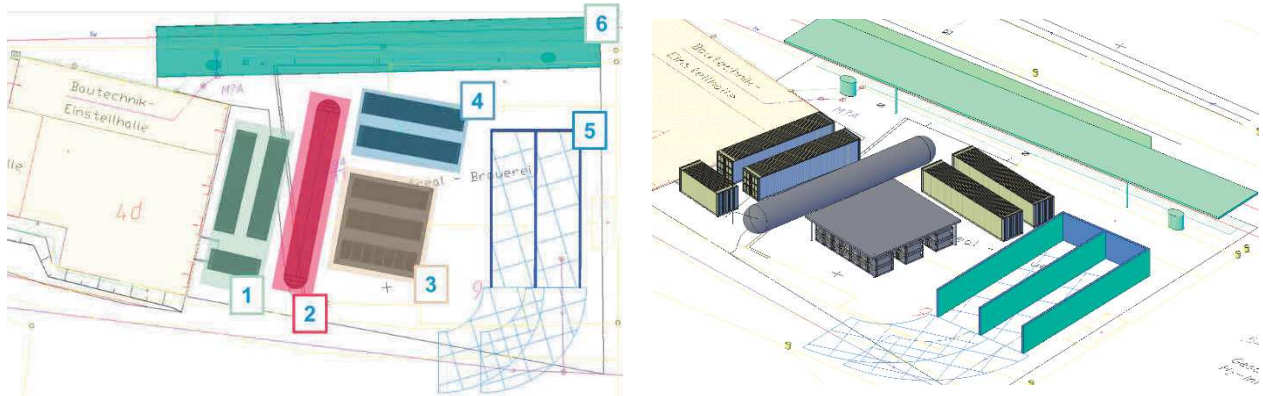


Abbildung 3: Aufstellungskonzept der H₂-Infrastruktur für die Murtalbah

Für die Kostenkalkulation und den Vergleich zwischen OL- und H₂-Zug wurden die Investitionskosten (CAPEX) der Oberleitungsserrichtung, die Kosten für 5 Zuggarnituren, sowie die H₂-Bezugskosten für drei gleichzeitig auf der Strecke verkehrende Züge herangezogen. Unter Berücksichtigung der Betriebskosten (OPEX) aus der Produktion des Wasserstoffs, Strombezug und Wartung ergeben sich für die H₂-Variante geringere Gesamtkosten über die gesamte Nutzungsdauer von 30 Jahren, siehe Abbildung 1 rechts oben. Für die Umstellung auf einen **H₂-Zug** ergeben sich gesamt **€ 70,5 Mio.** Im Vergleich dazu liegen die Kosten einer **Oberleitung**-Infrastruktur inklusive Zuganschaffung und Stromverbrauch bei **€ 77,8 Mio.** Über die Nutzungsdauer von 30 Jahren ergeben sich pro gefahrenem Kilometer für den **OL-Zug spezifische Kosten von 3,2 EUR/km.** Dem gegenüber stehen **2,9 EUR/km** für den **H₂-Zug.**

Unter der Berücksichtigung einer möglichen Erweiterung auf eine größere Anlage, die fünf Züge pro Tag betanken kann, und eines Zukaufs von weiteren zwei Zügen, ist die Umstellung auf Wasserstoff mit 93,5 M€ immer noch kostengünstiger als die Umstellung auf Oberleitungsbetrieb mit 94,5 M€.

In Abbildung 1 (rechts unten) wird das ökologische Potential der Umstellung auf Wasserstoff in Form der möglichen CO₂-Emissionseinsparung im Vergleich zu Dieselnzügen dargestellt. Das **CO₂-Einsparungspotenzial** liegt bei über **2,5 Mio. kg pro Jahr** bei 3 Zügen und bei **5,0 Mio. kg pro Jahr** bei fünf Zügen. Die Implementierung einer Wasserstoff-Tankstelle schafft zusätzliche Anreize für lokale Unternehmen, auf Brennstoffzellenantriebe umzusteigen. So können alternative Antriebe, sowohl batterieelektrisch als auch mit Wasserstoff betriebene Fahrzeuge, zu einer Reduktion von Treibhausgasemissionen **um 8 % bis 2025** führen. Zwischen **2025 und 2030** könnten **weitere 6 %** eingespart werden.

Grüner Wasserstoff als zukunftsweisende Technologie im Schwerverkehr

Brennstoffzellenfahrzeuge verfügen nach aktuellem Entwicklungsstand gegenüber Batteriefahrzeugen über eine größere Reichweite bei gleichzeitig größerer Nutzlast und ermöglichen das Heizen im Winter ohne signifikante Reichweitenreduzierung. Ein weiterer Vorteil der Brennstoffzellentechnologie ist durch die geringen Betankungszeiten bei PKWs von 3 bis 5

Minuten, bei Bussen und LKWs im Bereich von 10 bis 20 min und bei Zügen im Bereich von unter 30 min gegeben.

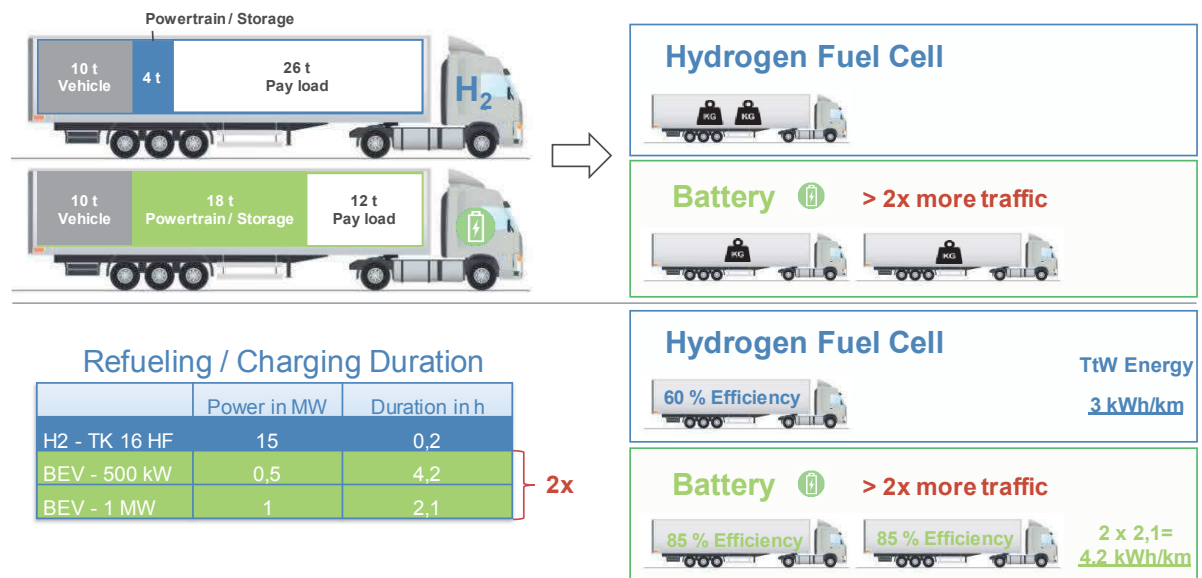


Abbildung 4: Vorteile von Wasserstoff im Schwerverkehr

In der zukünftigen Fahrzeugflotte wird es einen Mix aus Antriebstechnologien geben. Für kleine, leichte Fahrzeuge mit geringen Kilometerleistungen ist die Ausführung von reinen Batteriefahrzeugen sinnvoll. Bei großen, schweren Fahrzeugen mit hohen Kilometerleistungen und dem Bedarf von geringen Betankungsdauern ist der Einsatz von Brennstoffzellenfahrzeuge in Kombination mit Wasserstoff als Kraftstoff vorteilhaft. Insbesondere ermöglichen Anwendungen mit Wasserstoff als Kraftstoff im Schwer- und Zugverkehr höhere Zuladungen im Vergleich zu batterieelektrischen Antrieben (siehe Abbildung 4). Daher weisen sie in Summe Vorteile im Energieverbrauch auf. Da im Bezirk Murau mehrere Unternehmen ansässig sind, gibt es hier vor allem im Logistik- und Entsorgungsbereich Potential, die Fahrzeugflotten auf Wasserstoff umzustellen. Um dieses Potential auch ohne die Umstellung der Muraltalbahn darstellen zu können, wurde zusätzlich zu der Infrastruktur in Murau auch **eine Tankstelle in Unzmarkt** konzeptioniert, die **180 kg Wasserstoff pro Tag** abgeben und damit **drei PKW, drei LKW und zwei Busse** betanken kann.

Zentrale Vorteile von Wasserstoff als Beitrag zur Energiewende in der Region Murau

Die ökonomischen, ökologischen, sozialen und gesundheitlichen Folgen von Klimawandel und Umweltbelastung durch Schadstoffe stellen eine ernsthafte Bedrohung unserer Lebensqualität dar. Eine nachhaltige Lösung bieten Energiewende und Wasserstoffwirtschaft mit der kompletten Dekarbonisierung unseres Energiesystems durch den vollständigen Ersatz der derzeit vorherrschenden fossilen Energieträger durch grünen Strom und grünen Wasserstoff.

Die Umstellung der Muraltalbahn auf Brennstoffzellenantrieb ermöglicht einerseits, ein **Leuchtturmprojekt** in der **Steiermark** zur Energiewende zu etablieren und dadurch die **lokale Wertschöpfung** zu stärken und andererseits die bereits vorhandene **Kompetenz** im Bereich Forschung und Entwicklung weiter auszubauen. Zusätzlich bietet die strategische Entscheidung,

eine **Wasserstoffinfrastruktur** in **Murau** aufzubauen, dem Schwerverkehr die Möglichkeit, die Umstellung auf emissionsfreie Antriebe zu erleichtern. Gerade im Transportsektor wird der Umstieg durch einhergehende erhöhte Kosten erschwert und schreckt somit viele Unternehmen ab. Durch die neu geschaffene Infrastruktur kann die Technologie in der Region hautnah erlebt und die anfänglichen Investitionskosten gesenkt werden.

Im **Bezirk Murau** kann bereits während dem Großteil des Jahres der Strombedarf in der Region mit **erneuerbaren Energien** aus der Region abgedeckt werden. Um diese Ressourcen ausbauen und die Region **energieautark** betreiben zu können, müssten derzeit **ungefähr 4 GWh** Strom **saisonal gespeichert werden**. Wasserstoff bietet sich als Speichermedium für die **überschüssigen Stromreserven** besonders gut an. Durch Elektrolyse kann Strom in Wasserstoff umgewandelt und in Form von Gas in großen Mengen, beispielsweise in Kavernen oder Röhrenspeichern gelagert werden. Bei Bedarf, wie das in Murau in den Wintermonaten der Fall ist, kann über stationäre Brennstoffzellen oder mit Hilfe von Verbrennungskraftmaschinen aus Wasserstoff wieder Strom erzeugt und zur Verfügung gestellt werden. Ein stationäres Brennstoffzellensystem mit einer Leistung von 800 kW würde die Möglichkeit bieten, die benötigten **240 Tonnen Wasserstoff** in den Wintermonaten in Strom umzuwandeln und würde derzeit zwischen **€ 1,6 und 2,4 Mio.** kosten.

Daher kann Wasserstoff die **Sektorkopplung** von der Energiewirtschaft mit den Bereichen Verkehr und Industrie vorantreiben und hilft dabei die **Gesamteffizienz** zu erhöhen.

Somit lässt sich mit Wasserstoff nicht nur der **Verkehr dekarbonisieren** und die lokalen **Emissionen reduzieren**, die Umstellung des Energiesystems ermöglicht auch **lokale Wertschöpfung** und die Schaffung **neuer Märkte und Technologieführerschaft für die Steiermark**.