



DER TRANSPORT VON MENSCHEN UND GÜTERN IST EINE GRUNDSÄULE MODERNER GESELLSCHAFTEN, UND MACHT UNSER HEUTIGES LEBEN ERST MÖGLICH. ALLERDINGS BEFINDET SICH KAUM EINES DER GESELLSCHAFTLICHEN GRUNDBEDÜRFNISSE IN EINEM SO STARKEN WANDEL WIE DIE MOBILITÄT.

INHALT

Aktuelle Entwicklungen	3
Antriebsformen der näheren Zukunft	5
Weiterentwicklung klassischer Verbrennungsmotoren	5
Elektro- und Hybridantriebe	6
Wasserstoff	8
Antriebsformen der fernen Zukunft	10
Quellenhinweise	14

Aktuelle Verkehrsprognosen des Landes Oberösterreich und des Magistrates Linz (2018 bzw. 2021) belegen, dass der generelle Trend zu mehr Verkehr in unserem wachsenden Lebens- und Wirtschaftsraum Oberösterreich mit seinen boomenden (regionalen) Zentren weiterhin ungebrochen bleibt. So wird vom Großraum Linz davon ausgegangen, dass von 2012 (letzte Verkehrserhebung in Oberösterreich) bis 2030 der motorisierte Verkehr um weitere 15 % zunimmt.

Auch wenn sich in einzelnen Sektoren, wie z.B. dem Motorisierungsgrad jüngerer Menschen im urbanen Raum, eine Abflachung anzubahnen beginnt, wird alleine auf Grund des in den nächsten Jahrzehnten zu erwartenden Bevölkerungswachstums von einer zwar etwas abgeschwächten, aber weiteren Verkehrszunahme ausgegangen. Dies entspricht auch Prognosen aus anderen Bundesländern und der Nachbarstaaten Deutschland und Schweiz.



Wesentlich komplexer zu beantworten ist aber die Frage nach der Entwicklung des Mobilitätsmixes in den nächsten Jahrzehnten. Für diese können je nach Annahmen zu den Mobilitätstrends einerseits und der umweltpolitischen Rahmenbedingungen andererseits unterschiedliche Szenarien ausgearbeitet werden.

Einflussfaktoren des künftig nachgefragten Personen- und Gütermobilitätsmixes (Auswahl):

- Entwicklung von weiteren Flexibilitätsanforderungen im Personen- und Güterverkehr (Stichwort: Megatrend Individualisierung)
- Weitere Verbreitung von Homeoffice und anderen alternativen Arbeitsformen
- Veränderungen in globalen Lieferketten und Onlineshopping
- Dauer und langfristige Auswirkungen der Covid-19 Krise
- Autonomes Fahren und Transportformen wie Drohnenlieferungen
- Organisation des Transportsystems eher als ein Sharing von Angeboten („Mobility-as-a-Service“) oder weiterhin primär Privatbesitz von Fahrzeugen
- Generell politische Interventionen wie z.B. das Klimaticket, Besteuerung, Fahrverbote etc.
- Ein insgesamt steigendes Bewusstsein für Umwelt und den ökologischen Fußabdruck in der Bevölkerung

Sicher ist jedoch, dass die Anforderungen in Richtung umweltschonender und nachhaltiger Verkehrslösungen weiter steigen werden.

Obwohl in den letzten Jahrzehnten schon viele Anstrengungen zur Emissionsverminderung unternommen wurden, führt Verkehr, insbesondere bei der Verwendung von klassischen diesel- und benzinbetriebenen Verbrennungsmotoren, zu einer komplexen Lärm-, Schadstoff- und Klimaproblematik.

Im Zentrum der öffentlichen Diskussionen über die Auswirkungen des Verkehrs steht derzeit eindeutig der Ausstoß an klimawirksamen Gasen. Der Verkehrssektor verursacht in Österreich derzeit laut Umweltbundesamt (Datenstand 2019) praktisch gleichauf mit der Industrie etwa 30 Prozent der Treibhausgas-Emissionen, in Oberösterreich liegt der Verkehrsanteil durch die überproportionale heimische Schwerindustrie nur bei etwa 20 %.

Insgesamt steht der gesamte Mobilitätsbereich vor großen verkehrspolitischen Herausforderungen, um auch künftig den generellen Zielvorgaben für eine nachhaltige Entwicklung sowie den immer strengeren Vorgaben der EU und des Bundes zur Reduktion des Kohlendioxidausstoßes zu entsprechen:

- Ziele der UNO für eine nachhaltige Entwicklung im UN-Aktionsplan „Transformation unserer Welt: die Agenda 2030 für eine nachhaltige Entwicklung“; Ziel 11 „Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten“ und Ziel 13 „Umgehend

Maßnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels und seiner Auswirkungen ergreifen“.

- Globales Klimaschutzabkommen der UNO mit dem Ziel der Begrenzung der Erderwärmung auf unter 2 Grad und der Treibhausgasneutralität in der zweiten Jahrhunderthälfte.
- Die EU-Klima- und Energieziele bis 2030: Senkung der Treibhausgasemissionen um mindestens 55 % gegenüber dem Stand von 1990, Erhöhung der Energieeffizienz um mindestens 32,5 %, Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energiequellen auf mindestens 32 %.
- Die Klima- und Energiestrategie der Bundesregierung (2018): Reduktion der Treibhaus-

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN

Wie schnell die Veränderungen der Antriebstechnik schon jetzt ablaufen, zeigt ein Blick in die Verkehrsstatistik:

Innerhalb von nur zwei Jahren (Jänner 2020 – November 2021) versechsfachte sich der Anteil an neu zugelassenen, rein elektrisch betriebenen PKW von 3 auf 20 %.

PKW mit Hybridantrieben legten immerhin von 14 auf 20 % zu. Insgesamt verdreifachten somit PKW mit Elektroantriebskomponente (Hybrid + rein Elektroantrieb) zusammen ihren Anteil von 17 auf 43 % an den Neuzulassungen in Österreich.

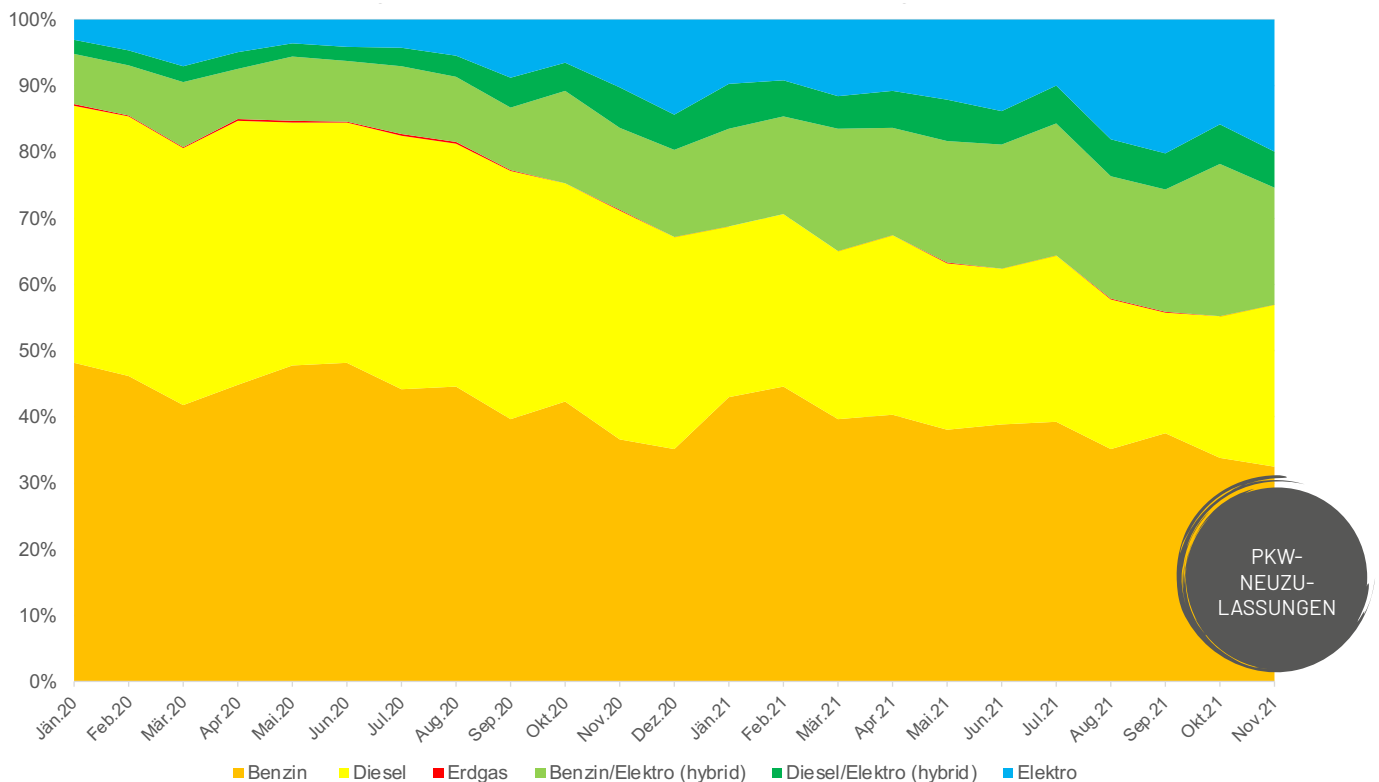


Abbildung 1: PKW-Neuzulassungen in Österreich nach Kraftstoffarten bzw. Energiequellen 2020-2021 (Öö. Zukunftsakademie, Daten: Statistik Austria)

gase bis 2030 um 36 % gegenüber 2005, Abdeckung des nationalen Gesamtstromverbrauchs bis 2030 zu 100 % aus erneuerbaren Energieträgern und Reduktion der Treibhausgasemissionen aus dem Verkehr um 31 %.

Diese umfangreichen und einschneidenden Vorgaben werden sämtliche Mobilitätsformen vom Güter- und Personentransport auf der Straße, den Flug- und Schiffsverkehr bis hin zu Offroadfahrzeugen, Baumaschinen und Traktoren beeinflussen.

Schrittmacher der Elektrifizierung bei PKW in Oberösterreich sind eindeutig die heimischen Unternehmen. Sechs von sieben E-Autos wurden im ersten Halbjahr 2021 im Unternehmensbereich angeschafft. Ähnliches trifft auch für Klein-LKW zu, womit in der Logistikbranche angesiedelte Firmen wie Post, DHL und Amazon von staatlichen Förderungen profitieren und z.B. „für die letzte Meile“ nachhaltige Transportlösungen anbieten können.¹ Dadurch, dass viele FahrerInnen im beruflichen Umfeld Erfahrungen mit Elektro-PKW

¹ <https://firmenwagen.co.at/a/staat-foerdert-auch-2022-den-e-autokauf-mit>

sammeln und Firmen-PKW auch häufig privat genutzt werden, könnte die Elektrifizierung der Firmen-PKW als Schrittmacher für die Privathaushalte dienen.

Die Neuzulassungsstatistik zeigt aber auch, dass trotz aller Forschungsanstrengungen die in der Praxis verwendeten unterschiedlichen Antriebsarten nur mäßig diverser werden: Beispielweise sind Erdgasautos, die im 1. Halbjahr 2020 mit etwa 0,2 % noch als „roter Strich“ zwischen Diesel und Hybrid (Abb. 1) aufgetaucht sind, wieder praktisch völlig aus der Statistik (<0,1%) verschwunden. Ähnliches trifft für die Wasserstoff-PKW zu, von denen überhaupt nur einzelne Fahrzeuge (möglicherweise Demonstrationsautos) angemeldet werden.

Auch wenn sich die Arten der neu auf den Markt gebrachten Antriebssysteme bereits deutlich verändern, darf nicht vergessen werden, dass sowohl in einem Großteil der PKW (auch bei Hybridantrieben) als auch bei Lastkraftwagen immer noch weitgehend Verbrennungsmotoren eingesetzt werden. Daher ist es verständlich, dass zu deren Verbesserung aus Effizienz- und Umweltgründen auch weiterhin große Anstrengungen unternommen werden.

Aktuelle Beispiele sind die durch die Euro 6 Abgasnorm geforderte Abgasnachbehandlung (2015) mit selektiver katalytischer Reduktion („Ad Blue“) bei Diesel-PKW, bei dem der Stickstoffdioxidgehalt des Abgases mittels einer wässrigen Harnstofflösung reduziert wird. Neue Benzin-PKW müssen seit dem Jahr 2018 mit einem entsprechenden Partikelfilter versehen sein.

Damit ist aber das Ende der Fahnenstange noch nicht erreicht. Derzeit wird in der Europäischen Union die neue Norm Euro 7 für PKW und Nutzfahrzeuge vorbereitet, die voraussichtlich im Jahr 2025 in Kraft treten wird. Laut den aktuellen Diskussionen sollen in Zukunft unter anderem bestehende Abgasgrenzwerte verschärft sowie weitere Parameter wie ultrafeine Partikel, Ammoniak und N_2O limitiert werden. Ziel der Euro 7 Norm soll auch eine Verminderung von Schadstoffemissionen unter realistischeren Betriebsbedingungen (verschiedene Umgebungstemperaturen) sein, die einen zusätzlichen Technologieschub in der Motoren- und (katalytischen) Abgasreinigungstechnik bringen.

Nicht zuletzt soll erwähnt werden, dass während bei PKW und insbesondere bei LKW der elektrische Antrieb eher am Beginn steht, er im öffent-



ALGEN ALS
HOFFUNGSTRÄGER FÜR
BIOKRAFTSTOFFE DER 3.
GENERATION

über bestehende Schwerpunkte in Oberösterreich zu geben, wird an geeigneter Stelle darauf hingewiesen. Alle Projekte wurden öffentlich im Internet zugänglichen Quellen entnommen und stellen nur eine Auswahl dar.

WEITERENTWICKLUNG KLASSISCHER VERBRENNUNGSMOTOREN

Eine Reihe von Projekten beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung der klassischen Verbrennungsmotoren bzw. der in diesen verbrannten kohlenstoffhaltigen Treibstoffen wie Benzin und Diesel. Aus heutiger Sicht werden in den nächsten Jahren kohlenstoffbasierte Energieträger vor allem in jenen Bereichen eingesetzt, in denen Akkumulatoren wegen ihrer Masse bzw. Energiedichte vorläufig begrenzend wirken: In PKW für Langstrecken (Hybridantriebe), LKW, Sonderfahrzeugen und nicht zuletzt im Flug- und Schiffsverkehr.

Man muss sich aber bewusst sein, dass Effizienz-
erhöhungen nicht vollständig in die CO₂-Bilanz
eingehen, sondern durch den Reboundeffekt ab-
geschwächt werden. Beispielsweise führen gerin-
gere Treibstoffkosten durch verbesserte Motoren-
technik erfahrungsgemäß dazu, dass tendenziell
leistungsstärkere Automodelle angeschafft oder
weitere Strecken gefahren werden, oder weitere
Strecken gefahren werden.

Aufgrund der derzeit so umfangreichen Forschungen in aller Welt kann im Folgenden nur eine kleine Auswahl an Projekten präsentiert werden (für weitere Details zu den beteiligten Institutionen/Firmen siehe Quellenverzeichnis). Um Hinweise

Luftzufuhr

Produktions-kreislauf für nachhaltigen Kraftstoff

CO_2

H_2

Hierarchische Zeolith Beta Porenstruktur

Dimethoxymethan (OME_n)

Aktuelle Forschungsprojekte beinhalten eine weitere Optimierung der Energieeffizienz als auch die schrittweise Umstellung der derzeit primär genutzten Erdölprodukte auf CO₂-neutrale flüssige und gasförmige Energieträger:

- Während die Herstellung der bereits klassischen Biotreibstoffe wie Bioethanol oder Biodiesel aus Mais oder Weizen auf Grund der „Teller-Trog-Tank“-Problematik mengenmäßig begrenzt ist, verwenden neueste biotechnologische Verfahren sowohl Zellulose als auch verschiedenste pflanzliche Abfälle oder auch Algen als Grundstoffe. Diese werden als Biotreibstoffe 2. und 3. Generation bezeichnet. (FH OÖ, Bio- und Umwelttechnik, JKU Institute for Chemical Technology of Organic Materials)
- Beim Dual-Fuel-Brennverfahren wirkt Diesel „wie eine Zündkerze“ für Bioethanol, somit könnte auch bei effizienten Dieselfahrzeugen der Ausstoß an fossilem Kohlendioxid bis zu 40 % verringert werden, bei gleichzeitiger Reduktion von Feinstaubemissionen. (TU Wien)
- Eine alternative Route zu biogenen Rohstoffen zur Herstellung von Ethanol ist die Umsetzung von Kohlendioxid mit entsprechenden Katalysatoren wie Kobalt. Dies stellt einen Forschungsschwerpunkt der Johannes Kepler Universität (Institut für physikalische Chemie) dar.

- Die Nutzung von Biogas (zum Teil derzeit schon in gasbetriebenen Bussen wie in Linz durchgeführt) könnte durch die Umwandlung von Kohlendioxid in Methan durch Mikroben forciert werden.

- Die Herstellung von synthetischen Kraftstoffen aus Kohlendioxid und Strom mit Hilfe erneuerbarer Energiequellen (E-Fuels) verspricht neue Chancen. Eine Variante ist Oxymethylenether (OME), das sich aus Wasserstoff und aus Luft extrahiertem Kohlendioxid mit Hilfe von speziellen Katalysatoren umweltfreundlich herstellen lässt. Durch den in die Verbindung „eingebauten“ Sauerstoff emittiert er praktisch keine Rußpartikel mehr.

ELEKTRO- UND HYBRIDANTRIEBE

Die aktuellen Zulassungszahlen von rein elektrisch betriebenen PKW belegen, dass die derzeit verfügbaren Modelle (unterstützt durch entsprechende Förderungsmaßnahmen) insbesondere für Betriebe immer attraktiver werden. Die mit einer Akkuladung erzielbare Reichweite beträgt mittlerweile etwa 300 km bis 500 km. Im mittleren Preissegment nimmt die Auswahl an Modellen neuerdings auch deutlich zu.

Der Erfolg der Hybridantriebe ist durch die Kombination der Vorteile von klassischen Verbrennern (auch für Langstrecken geeignet, geringe Gesamtkosten) und E-Autos (emissionsfreie Fahrt im Stadtverkehr, geringe CO₂-Emissionen) erklärbar. Dafür muss ein erhöhter technischer Aufwand in Kauf genommen werden: Ein Hybridantrieb besteht aus zwei Antriebs- bzw. Energiespeichersystemen, einem Elektromotor mit Akku (HV-Lithium-Ionen-Batterie) und einem Verbrennungsmotor mitsamt Treibstoff-Tank. Während der Verbrennungsmotor eine hohe Reichweite garantiert, punktet der E-Motor mit seinem leistungsstarken und lokal emissionsfreien Antrieb. Letzterer

BLICK IN DEN
MOTORRAUM EINES
HYBRID-ELEKTRISCH
ANGETRIEBENEN PKW

ist besonders bei Plug-in-Hybriden garantiert, bei denen der Akku per Ladekabel separat aufladbar ist. In Kombination sorgt der Mischantrieb für eine effiziente Fahrweise – in der Stadt ebenso wie auf der Autobahn.

Eine weitere Verbesserung der Speicherkapazität von Akkumulatoren in Verbindung mit niedrigeren Kosten wird der Verbreitung der Elektromobilität sehr förderlich sein. Wie umfassend die weltweiten Forschungsaktivitäten alleine im Akkumulatorsektor sind, wird deutlich, wenn man die internationalen Patentzahlen betrachtet: Alleine im Jahr 2019 wurden 3400 Patente in diesem Bereich akzeptiert, mit über die Jahre stark steigender Tendenz.²

SCHWERPUNKT



Aktuelle Forschungsprojekte und Umsetzungstendenzen – Auswahl mit Oberösterreich-Schwerpunkt:

- Hauptziele der Akkumulatorenforschung sind die Beschleunigung des Ladevorgangs und das Verlängern der Lebensdauer bei einer höheren spezifischen Kapazität. Oberösterreichische Forscherinnen und Forscher sind beispielsweise federführend im EU-Projekt NanoBat involviert, bei dem mit neuen nanotechnologischen Methoden Lithium-Ionen-Akkumulatoren weiter verbessert werden (Zusammenarbeit von Keysight Technologies, Kreisel Electric GmbH, Johannes Kepler Universität und neun anderen Partnern aus verschiedenen EU-Ländern).
 - Eine immer effizientere Akkufertigung z.B. Lasertechnologien (TRUMPF Maschinen Austria GmbH + Co. KG, Leonding, Voltlabor GmbH, Bad Leonfelden) sowie Optimierung von klassischen Blei-Säure-Batterien (Banner Batterien GmbH, Linz/Leonding) tragen zur Senkung der Produktionskosten und damit zu einer erhöhten Akzeptanz von elektrisch betriebenen Autos bei.
 - Elektrisch betriebene PKW erreichen mit den gegenwärtig zumeist verbauten Lithium-Ionen-Akkus Reichweiten im oberen Bereich zwischen ca. 500 km (SKODA Enyaq iV) und 750 km (Mercedes EQS)³. In innovativen Forschungsprojekten werden mögliche Reich-
- weiten jenseits der 1000 km angestrebt, die in den nächsten Jahren in die Serienproduktion gehen sollen. Zudem soll der Ladevorgang deutlich beschleunigt werden. Zu nennen ist etwa das neue Batterietechnologie-Verfahren SALD (= „Spatial Atom Layer Deposition“), das von den deutschen Fraunhofer-Instituten in Zusammenarbeit mit der staatlichen niederländischen Forschungseinrichtung The Netherlands Organisation vorangetrieben wird. Das Verfahren soll sowohl in Flüssig-Elektrolyten als auch in Feststoffbatterien einsetzbar sein. Letztere versprechen ebenfalls höhere Reichweiten und Ladegeschwindigkeiten, zudem ist der eingesetzte feste Elektrolyt schwer entflammbar – ein nicht unwesentlicher Sicherheitsaspekt in Elektrofahrzeugen.
- Durch die verbesserte Antriebstechnik entwickeln sich E-Busse im öffentlichen Verkehr immer mehr zu einer Konkurrenz von klassischen Dieseln (z.B. geplanter Elektrobuss „eCITY.6“ von Steyr Automotive oder der Test eines E-Busses der Österreichische Postbus AG in Linz).
 - Parallel zu einer Optimierung der (E-)Fahrzeuge muss die Ladeinfrastruktur europaweit aufgebaut werden, was sowohl aus Forschungs- als auch aus Umsetzungssicht eine enorme Herausforderung ist. Bei PKW gehören dazu nicht nur die generelle Verfügbarkeit von Ladestationen, sondern auch die Kompatibilität für verschiedene Marken und Bezahlssysteme. Für schwere LKW verfolgt eine aktuelle Initiative die Errichtung einer Ladeinfrastruktur in Europa (Daimler Truck, Traton und Volvo). Geplant ist, dass bis 2026 mindestens 1.700 Hochleistungs-Ladepunkte für Ökostrom an und in der Nähe von Autobahnen sowie an Logistik-Hubs und an Abstellstellen errichtet und betrieben werden.
 - Besonders für private smarte Hausenergiesysteme basierend auf erneuerbaren Energien soll künftig bidirektionales Laden künftig angeboten werden, bei dem bei Energiespitzen auch die Akkukapazität des Autos genützt werden soll. Das Auto wird dann Teil des Hausenergiesystems, oft mit Photovoltaik und Batteriespeicher kombiniert.

² <https://www.bdo.co.uk/en-gb/news/2020/record-high-in-patents-for-automotive-battery-technology>

³ <https://www.carwow.de/ratgeber/elektroauto/top-10-e-autos-2020-elektroautos-mit-der-groessten-reichweite#gref>

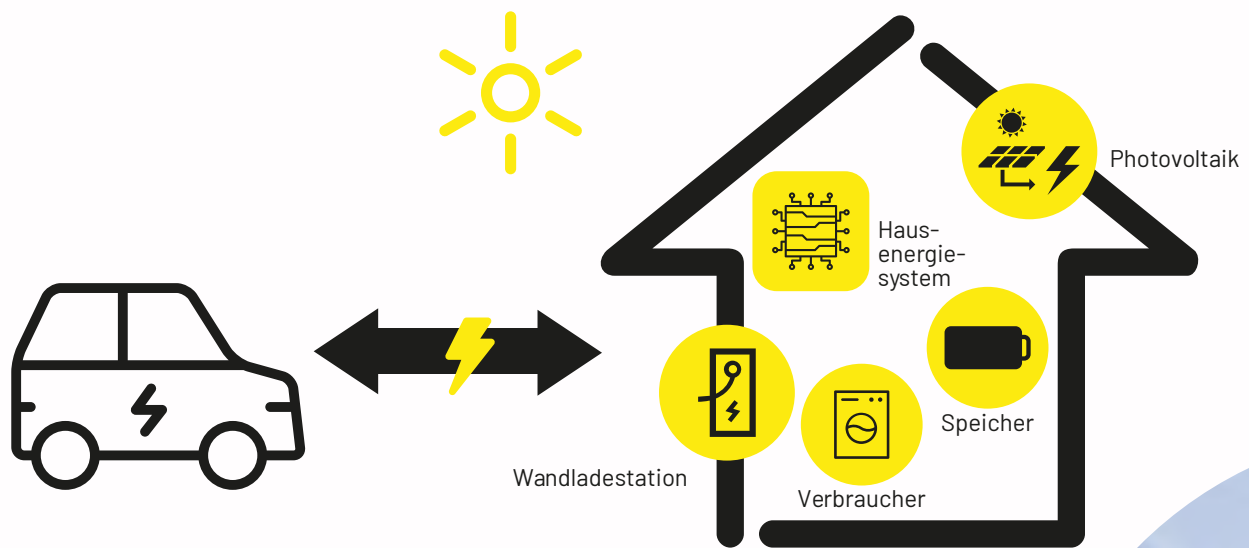


Abbildung 3: Bidirektionales Laden in Verbindung mit erneuerbaren Energiequellen (Oö. Zukunftsakademie, Grundlage: Volkswagen)

- In vielen Produktionsstandorten eingesetzte Flurförderfahrzeuge wie Hubwagen oder Gabelstapler eignen sich mit elektrischem Antrieb für einen schnellen, emissionsfreien und geräuscharmen Warentransport. Besonders nachhaltige Lösungen entstehen bei einer Einbindung des Ladesystems in ein unternehmensinternes Photovoltaiksystem, wie es z.B. von Fronius (Pettenbach) im Jahr 2020 entwickelt wurde. Der Einsatz von elektrisch betriebenen Vorfeldfahrzeugen bewährt sich am Flughafen Linz-Hörsching.
- Für Spezialfahrzeuge wie Löschfahrzeuge ist die Hybridtechnik eine praktisch schon serienreife Technologie (Rosenbauer Österreich GmbH). Die neue Antriebstechnik geht Hand in Hand mit einer kompletten Umgestaltung der Fahrzeuge.
- Eine besondere Herausforderung sind elektrisch betriebene Flugzeuge in Hinblick auf die im Vergleich zu Kerosin derzeit noch größere spezifische Masse von Akkus. Dementsprechend erfolgen vorläufig Entwicklungen vorwiegend in Richtung Elektroantrieb bei Drohnen, autonome Flugtaxis sowie kleinere Kurz- und Mittelstreckenflugzeuge für den Personen- und Frachtverkehr. Oberösterreichs Betriebe und Forschungseinrichtungen sind in diesem Bereich ebenfalls involviert, beispielsweise FACC AG (Flugtaxi) oder FH Oberösterreich (Drohnen).
- Hoverboards, Monowheels, E-Skateboards und Segways als moderne Formen der elektrisch betriebenen Mikromobilität werden sich zwar voraussichtlich vorläufig eher auf die private Nutzung oder sehr spezifische Anwendungsfälle beschränken. Interessant könnte in den nächsten Jahren die weitere Entwicklung von elektrischen Kleinstfahrzeugen werden, beispielsweise für kommunale Fuhrparks oder für die letzten Kilometer zum Empfänger bei Kurier-, Express- und Paketdiensten.

WASSERSTOFF

Als häufigstes und leichtestes chemisches Element im Universum ist Wasserstoff für großtechnologische Anwendungen prädestiniert. Wasserstoff ist auf der Erde zumeist in Wasser (H_2O) oder organischen Substanzen wie Methan (CH_4) gebunden, aus dem er mittels Zuführung von Energie freigesetzt wird.

Aus diesem Grund stellt der als Treibstoff dienende Wasserstoff keine Primärenergie dar, sondern muss unter Inkaufnahme von Umwandlungsver-



© Wolfsteiner, Land OÖ

lusten aus Wasser mittels elektrischen Strom oder z.B. aus Biogas, Erdgas oder Erdöl unter Wärmezufuhr („Dampfreformierung“) extrahiert werden.

Obwohl Wasserstoff als Energieträger viele Vorteile aufweist (sehr hoher spezifischer Energiegehalt, saubere Verbrennung, Möglichkeit des Einsatzes in Brennstoffzellen), stellen seine Eigenschaften, wie die schwere Verflüssigbarkeit, die Diffusion durch Metalle und die extreme Entzündbarkeit („Knallgas“) große Herausforderungen für einen breiten Einsatz dar.

In elementarer Form wird Wasserstoff in Österreich in der Raffinerie Schwechat in einer Menge von 50.000 Tonnen pro Jahr produziert. Dies entspricht immerhin einem Energiegehalt von etwa 150.000 Tonnen Diesel. Andere Herstellungsmethoden gehen von Elektrolyse aus Wasser mittels erneuerbar erzeugtem Strom aus.

Im Vergleich zur elektrischen Energie steckt die Infrastruktur zur Lagerung und Verteilung von Wasserstoff noch eher in Kinderschuhen, ein Anlass für umfangreiche Forschungen in diesem Bereich. Erfreulich ist in diesem Zusammenhang,

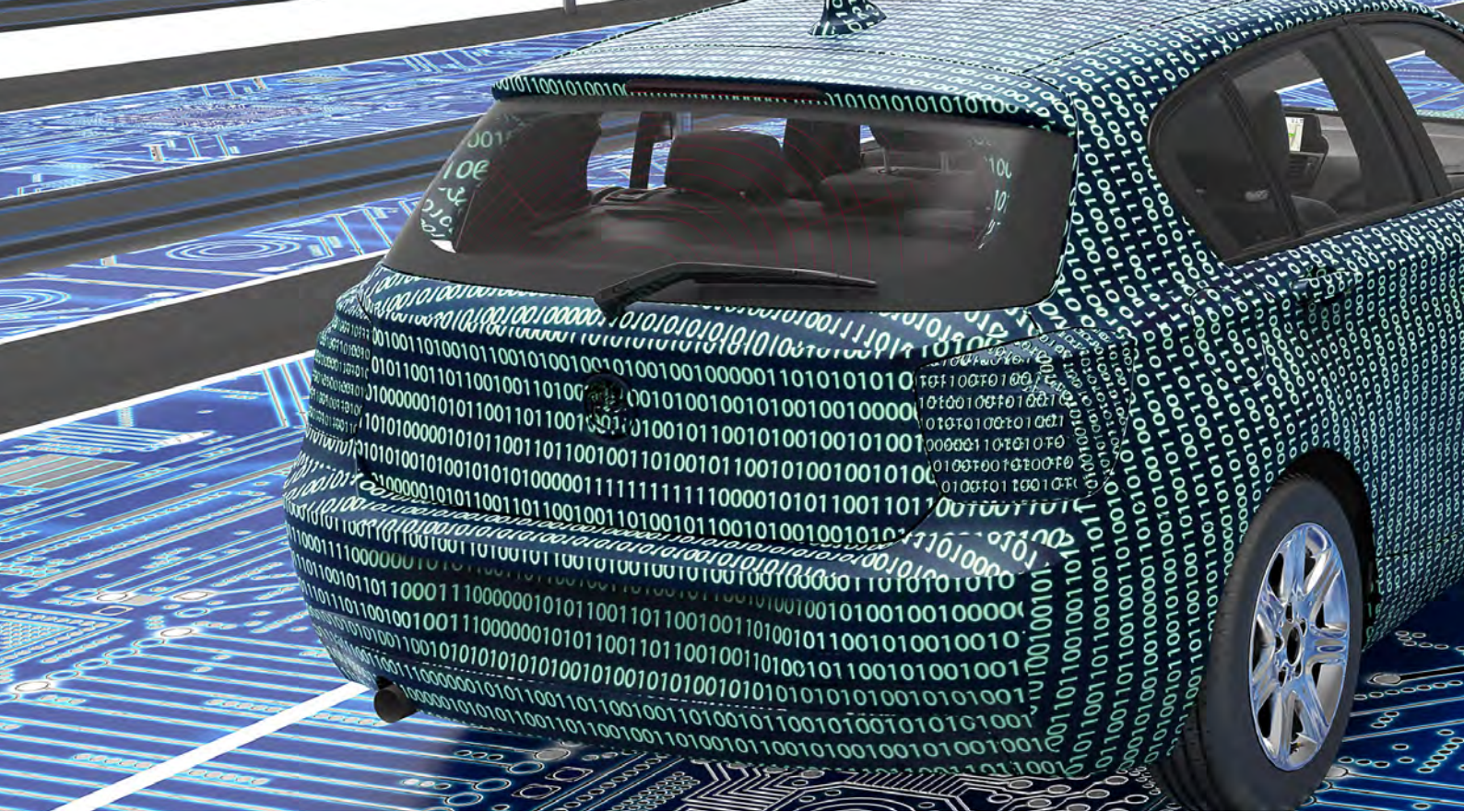
dass laut neuesten Forschungen bestehende Erdgasleitungen wesentlich besser zum Transport von beigemischtem Wasserstoff geeignet sind, als bisher gedacht.⁴

Das international Aufsehen erregende Pilotprojekt in Gampern „Underground Sun Storage 2030“ verfolgt das Ziel, in Wasserstoff umgewandelte Sonnenenergie saisonal und großvolumig in einer bestehenden Infrastruktur (Erdgaslagerstätte) zu speichern.

Projektpartner sind die RAG Austria AG gemeinsam mit Energie AG Oberösterreich, Energieinstitut an der Johannes-Kepler-Universität Linz, voestalpine Stahl GmbH u.a.

Wasserstoffbetriebene Kraftfahrzeuge weisen folgende Vorteile auf: Keine lokalen CO₂- und NO_x-Emissionen (Zero Emission Vehicle), bei ähnlich kurzen Betankungszeiten und Reichweiten wie konventionelle Fahrzeuge. Vorteile sind auch weltweit einheitliche Betankungsstandards, die Technologie ist grundsätzlich bewährt und serienreif. Sowohl Brennstoffzellen in Kombination mit E-Motoren oder Wasserstoffverbrennungsmotoren sind als Antriebe denkbar.

Aus heutiger Sicht kommt Wasserstoff wegen des insgesamt höheren Wirkungsgrades der Akkumulatoren vorwiegend in Bereichen für eine großtechnische Umsetzung in Frage, bei denen eine sehr hohe Leistung erforderlich und/oder das Gewicht der Batterien limitierend ist. Beispielsweise könnten dies Busse, LKW, Schiffe oder Flugzeuge sein.

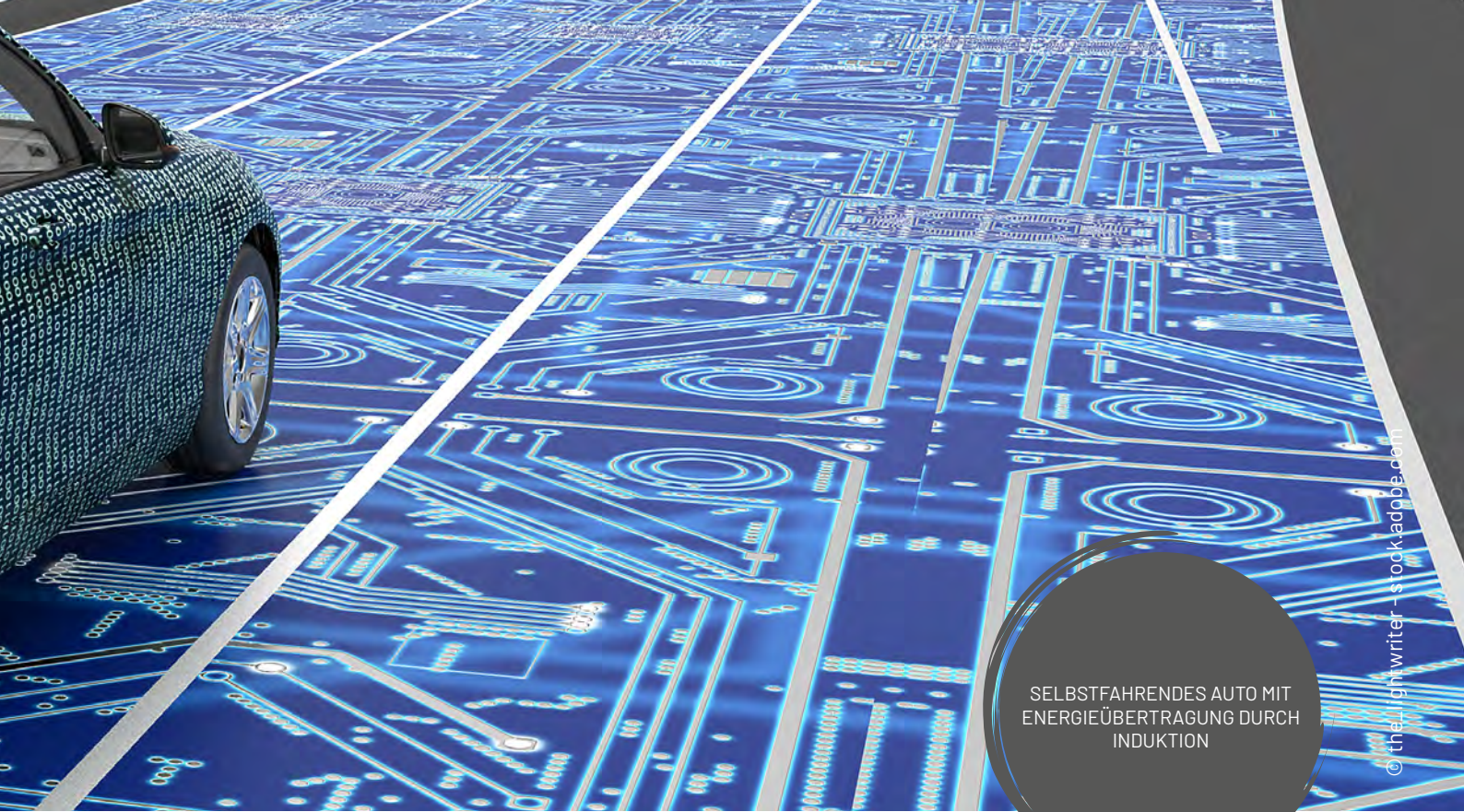


Im Folgenden sollen einige neue Forschungs- bzw. Umsetzungsrichtungen vorgestellt werden:

- Prototypen von Wasserstoffbussen werden bereits im öffentlichen Linienverkehr getestet, wie beispielsweise ein Bus der Solaris Bus & Coach sp. z o.o. auf der Linie 2 in Wels (Dezember 2021). Er ist so leise wie ein Elektrobus, ebenso werden keine Schadstoffe emittiert. Betankt wird er mit Wasserstoff, der von der Firma Fronius in Thalheim mit Sonnenstrom erzeugt wird und hat eine theoretische Reichweite von rund 400 Kilometern. Der Tankvorgang ist ähnlich schnell wie bei einem konventionellen Bus.
- Ambitionierte Pläne verfolgen große Flugzeughersteller wie Airbus, die bis 2035 Flugzeuge mit grünem Wasserstoffantrieb auf den Markt bringen möchten. Dadurch soll bis zum Jahr 2050 die Klimaneutralität des Flugwesens erreicht werden. Dies ist ein Sektor, der derzeit für immerhin fast 3 % der weltweiten CO₂-Emissionen verantwortlich ist. Allerdings müssen bis zur Erreichung dieses Ziels noch viele Fragen geklärt werden, inklusive der Sicherheitsfragen. Eine Markteinführung von Wasserstoffflugzeugen ist jedenfalls noch deutlich ferner in der Zukunft als die von H₂-Bussen und -LKW.
- Bereits seit 2021 sind in der Schweiz 50 Wasserstoff-LKW von Hyundai im praktischen Einsatz. In einem ähnlichen Projekt sollen heuer (2022) in Deutschland die ersten 30 Wasserstoff-Brennstoffzellen-LKW auf die Straße und in Speditionen sowie Werksverkehren zum Einsatz kommen. Eine Tankladung reicht für 800 km, also deutlich mehr als bei Elektro-Prototypen (~500 km), sodass eine bessere Tauglichkeit für den Fernverkehr gegeben ist. Auch in Oberösterreich (Hödlmayr International AG) existieren erste Wasserstoff-Pilotprojekte.

ANTRIEBSFORMEN DER FERNEREN ZUKUNFT

Wie die Geschichte der Mobilität in den letzten Jahrzehnten oder gar Jahrhunderten zeigt, bleibt die Technologie nie stehen, neben graduellen Verbesserungen treten immer wieder disruptive Veränderungen auf, die aber zeitlich und hinsichtlich der tatsächlichen Auswirkungen nur schwer vorherzusagen sind. Neben einem allgemeinen und langfristigen Trend hin zu erneuerbaren und emissionsarmen Antrieben ist davon auszugehen, dass durch die Fortschritte der Digitalisierung das



SELBSTFAHRENDES AUTO MIT
ENERGIEÜBERTRAGUNG DURCH
INDUKTION

selbstfahrende Auto auf den Straßen Alltag wird. Dadurch könnte die im Auto verbrachte Zeit zur Arbeit bereits für dienstliche Zwecke genützt und möglicherweise als Arbeitszeit angerechnet werden. Auch in der Freizeit könnte das Innere von autonomen Fahrzeugen für elektronische Anwendungen (z.B. für Filme oder zum Shoppen) genützt werden. Diese Technologie könnte auch Grundlage von selbstfahrenden Taxis oder neuen Car-Sharing-Modellen werden.

Einige Visionen über mögliche Antriebsformen im Jahr 2050:

- Einige häufig vorkommende und nur wenig toxische Metalle wie Aluminium und Eisen könnten als Energiespeicher für verschiedene Mobilitätsformen dienen. Vorteilhaft ist, dass die Energiedichte von Aluminium, bezogen auf das Volumen, etwa 2,4-mal so hoch wie jene herkömmlicher Treibstoffe ist und keinerlei Abgase bei der Verbrennung anfallen.
- Alternativ sind auch andere flüssige/gasförmige kohlenstofffreie Energieträger denkbar, wie insbesondere Ammoniak, das in speziell konstruierten Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen eingesetzt werden könnte.
- Viele derzeit bei Elektroantrieben vorhandene Nachteile könnten beseitigt werden, wenn es gelänge, elektrische Energie berührungslos auf das fahrende Fahrzeug zu übertragen, etwa mit Hilfe von Induktionsgeräten. Dieser schon von Nikola Tesla gehegte Traum könnte in einigen Jahrzehnten laut aktuellen Forschungen in Erfüllung gehen.
- In Richtung komplett anderer Verkehrssysteme sind für die nächsten Jahrzehnte Lösungen wie der in den Medien diskutierte Hyperloop denkbar, der im Prinzip eine Magnetschwebbahn in einer Vakuumröhre darstellt und gleichzeitig hohe Reisegeschwindigkeiten bei einem geringen Energieverbrauch gewährleisten soll.
- Im Zuge der weiteren weltweiten Urbanisierung und des damit verbundenen Flächenbedarfs ist es wahrscheinlich, dass für die Mobilität die dritte Dimension in Form von Flugtaxi, Seilbahnprojekten und Untergrundprojekten immer bedeutsamer wird.

IMPULSE FÜR OBERÖSTERREICH

Insgesamt wird die Mobilität von morgen durch eine Diversifizierung von umweltfreundlichen technologischen Lösungen sowohl im öffentlichen, als auch im Individual- und Güterverkehr geprägt sein, was sowohl jedem einzelnen Menschen dienen, als auch neue Chancen für die heimische Wirtschaft und Forschung eröffnen wird.

Dass Oberösterreich ein Kernland der Automobil- und Luftfahrtindustrie darstellt, ist durch eine Reihe von Leitbetrieben wie BMW Group Werk Steyr, FACC AG, Miba AG oder die PolYTEC Group einer breiteren Öffentlichkeit bekannt. Wesentlich unbekannter ist jedoch, wie verzweigt und umfangreich das Netz an (Klein- und Mittel-)Betrieben sowie Forschungseinrichtungen ist, die im Mobilitätssektor vertreten sind.

Praktisch alle diese Betriebe und Einrichtungen werden in den nächsten Jahren vor bedeutsamen Herausforderungen in Hinblick auf die Mobilitätswende stehen. Vordergründig betrifft dies vor allem neue Antriebssysteme und die angestrebte CO₂-Neutralität, im Weiteren wird diese Entwicklung aber letztendlich fast jeden Bereich der Mobilität umfassen.

Aus diesen Umwälzungen entstehen aber auch neue Chancen, wobei ein Vergleich mit der Situation des Wohnbaus vor etwa 15 Jahren nicht abwegig ist. Der Wunsch nach Heizungssystemen mit geringeren Emissionen führte letztendlich zur Entwicklung von Niedrigstenergie- und Passivhäusern, ökologischen Dämmstoffen und Smart Homes. Dies sind alles Sparten, in denen heute

Oberösterreich stark mit trendsetzenden Betrieben vertreten ist.

Im Hinblick auf neue Antriebstechnologien und zukünftige Entwicklungen im Bereich der Mobilität entstehen Chancen für unser Bundesland, die es optimal zu nützen gilt:

- Die mit Mobilität verbundene Industrie (insbesondere Auto- und Luftfahrtindustrie) ist in Oberösterreich in Hinblick auf Unternehmensgröße und Tätigkeitsfelder sehr inhomogen. Im Rahmen von Medienaktivitäten könnten verstärkt „Hidden Champions“ vor den Vorhang geholt werden.
- Analog zu bisherigen Initiativen des Landes Oberösterreich, z.B. der Forcierung von E-Autos im Fuhrpark des Landes, könnten weitere Pilotprojekte im Einflussbereich des Landes gestartet werden, wie z.B. der Betrieb eines Wasserstoff-LKW in einer Straßenmeisterei. Alternativ könnte z.B. ein Sharing-Projekt mit alternativen Antrieben in Kooperation mit Unternehmen gestartet werden.
- Mobilitätskonzepte und Planungen künftiger Verkehrsinfrastrukturen, die auf viele Jahrzehnte bestehen bleiben, sollten schon jetzt verstärkt in Richtung künftiger und vernetzter Mobilitätsformen ausgerichtet werden. Ein Einbeziehen der Mikromobilität ist notwendig, um deren Verbreitung zu beschleunigen und die Verkehrssicherheit insgesamt weiter zu verbessern.

- Das Forcieren niedrighschwelliger und flächendeckender E-Car-Sharing-Angebote, die den öffentlichen Verkehr besser mit individuellen Bedürfnissen verbinden, wäre sinnvoll; vgl. z.B. das Projekt tim der Linz AG Linien oder ÖBB Rail&Drive.
- Bereits 2015 setzte sich das Europäische Parlament für ein multimodales grenzenloses Ticket für den öffentlichen Verkehr in den EU-Mitgliedsstaaten ein⁵. Das Reisen mit verschiedenen öffentlichen Verkehrsmitteln soll national und zwischen den EU-Staaten durch eine multimodale Reiseplanung mit nur einer Fahrkarte forciert werden. Die EntscheidungsträgerInnen sollten die Verkehrsdiens-te bei diesen Bestrebungen bestmöglich unterstützen, um geeignete Geschäftsmodelle und Umsetzungstools zu entwickeln (z.B. All-in-one-Mobilitätsapps).
- Im Zuge der Forschung und Entwicklung neuer Mobilitätsformen werden neue Vernetzungen von Betrieben und Forschungseinrichtungen erforderlich, für die Oberösterreich durch die oberösterreichische Standortagentur BizUp und die Clusterinitiativen bereits gut gerüstet ist.
- Durch eine Intensivierung von cross-sektoralen Weiterbildungsangeboten wie z.B. in Richtung der Leichtbau- und Akkumulatoren- sowie Antriebstechnik, würden besonders kleinere und mittlere Unternehmen profitieren.
- Während das für künftige Mobilitätsformen entscheidende Thema Leichtbau z.B. im Studiengang „Leichtbau und Composite-Werkstoffe“ am FH OÖ Campus und verschiedenen anderen Forschungseinrichtungen in Oberösterreich gut abgedeckt ist, wären beispielsweise im Bereich von Gläsern (z.B. in Hinblick auf Integration von Photovoltaik in Windschutzscheiben, Hitzeschutz durch elektronische steuerbare Abschattung, Erhöhung der Sicherheit bei geringerem Gewicht) besondere Forschungsanstrengungen zielführend.
- Einer der Vorteile von E-Fuels ist die Möglichkeit, die bereits bestehende heimische Treib-

stoffinfrastruktur weiter zu nützen. Dieser Umstand sowie die vorhandene Forschungs- und Unternehmenslandschaft prädestinieren Oberösterreich als Standort für eine weitere Forschung bzw. für Pilotanlagen zur E-Fuel-Produktion.

- Die Elektromobilität wird als umweltfreundliche Alternative zu Fahrzeugen mit erdöl-basierten Treibstoffen angesehen, sofern der Strom aus erneuerbaren Energiequellen stammt. In den Fahrzeugen und Akkus sind jedoch eine Vielzahl von teilweise seltenen Elementen verbaut, die oftmals in wenigen Ländern der Erde mit einer meist schlechten Umweltbilanz gewonnen werden. Oberösterreichs Forschung, Wirtschaft und Politik sollte eine Reduktion dieser Stoffe herbeiführen bzw. umweltfreundliche Substitute erforschen. So könnte zum Beispiel Natrium das bisher verwendete Lithium ersetzen (Salzwasser-Batterien).

Insgesamt wird die derzeitige Mobilitätswende eine Chance sein, Oberösterreich als Vorreiterregion für Forschung und Entwicklung von neuen Mobilitätsformen zu positionieren sowie über den Export nachhaltiger und bedürfnisorientierter Produkte weit über unser Bundesland hinaus zu den globalen Klimaschutzbemühungen beizutragen.

QUELLENHINWEISE

ADAC, 2021: Evolution der Mobilität | <https://www.adac.de/-/media/pdf/vek/fachinformationen/urbane-mobilitaet-und-laendlicher-verkehr/evolution-der-mobilitaet-adac-studie.pdf>

Airbus, 2021: Towards the world's first zero-emission commercial aircraft | <https://www.airbus.com/en/innovation/zero-emission/hydrogen/zeroe>

Automobil Cluster, 2021: Leichtbaudrohne hebt ab | <https://www.automobil-cluster.at/news-presse/detail/news/leichtbau-drohne-hebt-ab>

Automobil Produktion, 2021: So löst die Feststoffbatterie das Reichweitenproblem | <https://www.automobil-produktion.de/automobil-produktion-exklusiv/so-loest-die-feststoffbatterie-das-reichweitenproblem-316.html>

Banner Batterien GmbH, 2021: EMobilität - Blei-Säure Batterien sind Teil der E-Mobilität | <https://www.bannerbatterien.com/de-at/Batteriewissen/16-E-Mobilit%C3%A4t>

BDO, 2020: Record high in patents for automotive battery technology | <https://www.bdo.co.uk/en-gb/news/2020/record-high-in-patents-for-automotive-battery-technology>

Biz-Up News, 2020: Projekt NanoBat: Forscher aus Oberösterreich revolutionieren Batterien | <https://www.biz-up.at/news-presse/detail/news/forscher-aus-oberoesterreich-revolutionieren-batterien>

Blick, 2021: Revolutionär, CO2-frei und 36 Tonnen schwer | https://www.blick.ch/auto/news_n_trends/erste-wasserstoff-lkw-auf-schweizer-strassen-revolutionaer-co2-frei-und-36-tonnen-schwer-id16495438.html

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), 2021: Österreichische Wasserstoffstrategie | https://www.bmk.gv.at/themen/energie/energieversorgung/wasserstoff/oe_wasserstoffstrategie.html

Bundesverband Elektromobilität Österreich, 2021: Faktencheck Elektromobilität | <https://www.beoe.at/faktencheck-fuhrpark/>

CARWOW, 2022: Top 10 E-Autos 2022: Elektroautos mit der größten Reichweite | <https://www.carwow.de/ratgeber/elektroauto/top-10-e-autos-2020-elektroautos-mit-der-groessten-reichweite#gref>

Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt, 2020: Mikromobilität - Hype oder schon bald Alltag? | https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/04/20201130_mikromobilitaet-hype-oder-schon-bald-alltag.html

Deutsche Welle, 2018: Erste Zug ohne Emissionen startet | <https://www.dw.com/de/der-erste-ohne-emissionen-brennstoffzellen-zug-startet/a-45516725>

Diamondaircraft, 2021: Elektrisches Trainingsflugzeug | <https://www.diamondaircraft.com/en/about-diamond/newsroom/news/article/diamond-aircraft-announces-future-all-electric-trainer-and-partnership-with-electric-power-systems/>

Die Presse, 2017: Oberösterreich, das Kernland der Luftfahrtindustrie | <https://www.diepresse.com/5151317/oberoesterreich-das-kernland-der-luftfahrtindustrie>

km" E-Auto-Reichweite ermöglichen | <https://ecomento.de/2020/11/10/sald-akkus-ueber-1000-kilometer-elektroauto-reichweite/>

Eindhoven University of Technology, 2018: Iron powder: a clean, alternative fuel for industry that replaces natural gas | <https://phys.org/news/2018-09-iron-powder-alternative-fuel-industry.html>

energyload, 2021: Salzwasserbatterie: Umweltfreundliche Energiespeicher als Alternative zu Lithium | <https://energyload.eu/stromspeicher/salzwasserbatterien-salzwasser-akkus/#salzwasserbatterie>

Europäisches Parlament, 2015: Nahtlose Mobilität: EU-Staaten sollen Weg für „multimodales“ grenzenloses Ticket bereiten | <https://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20150703IPR73926/eu-staaten-sollen-weg-fur-multimodales-grenzenloses-ticket-bereiten>

Europäisches Patentamt, Internationale Energieagentur, 2020: Innovation in batteries and electricity storage-A global analysis based on patent data | [http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/969395F58EB-07213C12585E7002C7046/\\$FILE/battery_study_executive_summary_en.pdf](http://documents.epo.org/projects/babylon/eponet.nsf/0/969395F58EB-07213C12585E7002C7046/$FILE/battery_study_executive_summary_en.pdf)

Eurotransport, 2021: Hyundai liefert H2 LKW nach Deutschland | <https://www.eurotransport.de/artikel/markteintritt-fuer-2022-geplant-hyundai-liefert-h2-lkw-nach-deutschland-11190135.html>

FACC, 2021: FACC startet Testflüge mit autonomem Flug-taxi | <https://press.facc.com/news-facc-startet-testfluege-mit-autonmem-flugtaxi-ehang-216-?id=120710&menu-eid=14307&l=deutsch>

Firmenwagen, 2021: Staat fördert auch 2022 den E-Autokauf mit | <https://firmenwagen.co.at/a/staat-foerdert-auch-2022-den-e-autokauf-mit>

Fronius, 2020: Kombination aus Batterieladetechnik und Photovoltaik von Fronius | <https://www.fronius.com/de/batterieladetechnik/info-center/presse/user-report-sfsex>

Handelsblatt, 2021: Riskante Wette auf Wasserstoff – Wie Airbus seine Flugzeuge klimafreundlich machen will | <https://www.handelsblatt.com/technik/thespark/luftfahrt-riskante-wette-auf-wasserstoff-wie-airbus-seine-flugzeuge-klimafreundlich-machen-will/27637706.html?ticket=ST-11458723-uUbNnB7EkEwgrN9WDwl3-cas01.example.org>

Industriemagazin, 2018: TU Wien entwickelt Dieselmotor mit neuem Brennverfahren für Bioethanol („Dual Fuel“) | <https://industriemagazin.at/a/tu-wien-entwickelt-dieselmotor-mit-neuem-brennverfahren-fuer-bioethanol>

Industriemagazin, 2021: Daimler Truck, Traton und Volvo: Ladenetz für Lkw und Busse | <https://industriemagazin.at/a/daimler-truck-traton-und-volvo-ladenetz-fuer-lkw-und-busse>

Johannes Kepler Universität, 2021: Neues JKU-Verfahren verwandelt CO₂ in Alkohol | <https://www.jku.at/news-events/news/detail/news/in-grossem-massstab-neues-jku-verfahren-verwandelt-co2-in-alkohol>

Kronenzeitung, 2021: Neue Wasserstoff-Jacht hat unbegrenzte Reichweite | <https://www.krone.at/2581133>

Land Oberösterreich, 2012: Verkehrserhebung 2012 | <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/23652.htm>

ecomento, 2020: SALD-Akkus sollen „weit über 1.000

Land Oberösterreich und Magistrat Linz, 2018: Mobilitäts-

leitbild für die Region Linz | <https://www.land-oberoesterreich.gv.at/212389.htm>

Lawrence Livermore National Laboratory, 2018: Mikroben verwandeln Kohlendioxid in Erdgas | <https://www.presse-text.com/news/20180809003>

Magistrat Linz, 2021: Auf die Plätze, fertig, Linz. Mobilitätskonzept der Stadt Linz | https://www.linz.at/images/files/mobilitaetskonzept_auf_die_plaetze_fertig_linz.pdf

LINZ AG LINIEN, 2021 | <https://www.tim-oesterreich.at/linz/>

MAN Truck und Bus, 2021: MAN baut den ersten Wasserstoff LKW | <https://www.mantruckandbus.com/de/innovation/wasserstoff-meets-lkw-man-baut-erste-prototypen.html>

McKinsey&Company, 2021: Zukunft der Mobilität in der Schweiz | https://www.mckinsey.com/ch/~media/McKinsey/Locations/Europe%20and%20Middle%20East/Switzerland/Our%20Insights/Zukunft%20der%20Mobilitaet%20in%20der%20Schweiz/Zukunft_der_Mobilitaet_in_der_Schweiz.pdf

Norwegian Science tech news, 2019: Ammonia hold key to greener combustion | <https://norwegiansciotechnews.com/2019/10/ammonia-may-hold-key-to-greener-combustion/>

OMV, 2020: Factsheet Wasserstoffmobilität | https://www.omv.at/services/downloads/00/omv.at/1522170736138/dload_Factsheet_hydrogen_mobility_2001_de

Oö. Nachrichten, 2021: Wels testet Wasserstoff Bus im täglichen Linienverkehr | <https://www.nachrichten.at/oberoesterreich/wels-testet-wasserstoff-bus-im-taeglichen-linienverkehr;art4,3441319>

Klima- und Energieplan für (Ober-)Österreich. Fakten - Perspektiven - Maßnahmen. Positionspapier der OÖ Umweltanwaltschaft. Kurzfassung | https://www.ooe-umweltanwaltschaft.at/Mediendateien/klima_energieplan_kurzfassung.pdf

ÖBB, 2022: Rail&Drive | <https://www.railanddrive.at/de>

Postbus, 2021: E-Bus-Test in Oberösterreich | <https://www.postbus.at/de/news/e-bus-test-linz>

Pressemitteilung Europäisches Parlament, 2018: Strengere Klimaziele für Autos bis 2030 | <http://www.europarl.europa.eu/news/de/press-room/20180925IPR14306/strengere-klimaziele-fur-autos-bis-2030>

PV Magazin, 2021: Volkswagen: Laden und Energie werden zu einem Kerngeschäft | <https://www.pv-magazine.de/2021/12/22/volkswagen-laden-und-energie-werden-zu-einem-kerngeschaeft/>

RAG Austria AG, 2021: Underground Sun Storage 2030 | <https://www.rag-austria.at/kontakt/presse/pressemitteilungen/details/article/underground-sun-storage-2030-sonnenenergie-saisonal-und-grossvolumig-in-form-von-wasserstoff-speichern-bestehende-infrastruktur-nuetzen-fuer-eine-sichere-erneuerbare-energielandschaft-1.html>

Rosenbauer Concept Fire Truck, 2020 | <https://www.rosenbauer.com/de/at/presse/fachpresse/nd/vorhang-auf-fuer-den-rt>

Salzburger Nachrichten, 2021: BMW Steyr investiert in Elektroantriebe | <https://www.sn.at/wirtschaft/oesterreich/bmw-in-steyr-investiert-in-elektroantriebe-102712177>

t3n digital pioneers, 2019: BMW verzichtet beim E-SUV iX3 auf seltene Erden und reduziert Kobalt | <https://t3n.de/>

news/bmw-verzichtet-beim-e-suv-ix3-1235836/

Traktuell, 2021: Stadt Steyr erhält den ersten Elektrobus von Steyr Automotive | <https://traktuell.at/a/stadt-steyr-erhaelt-den-ersten-elektrobus-von-steyr-automotive>

TU München, 2021: Algentechnikum auf dem Ludwig Bölkow Campus | <https://www.tum.de/die-tum/aktuelles/pressemitteilungen/details/32655>

Umweltbundesamt Wien (im Auftrag der AK Wien), 2017: PkV-Emissionen aus Umwelt- und Verbrauchersicht | https://emedien.arbeiterkammer.at/viewer/ppnresolver?id=AC15133504_196

Umweltbundesamt Wien, 2021: Bundesländer Luftschadstoffinventur 1990–2019 | <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0787.pdf>

Universität Graz, 2017: Neue Enzymklasse soll Zellulose schneller spalten | <https://www.studium.at/666227-bioraffinerie-neue-enzym-klasse-soll-zellulose-schneller-spalten>

Universität Stanford, 2018: Scientists Are Making Wireless Electricity Transmission a Reality | <https://futurism.com/stanford-scientists-are-making-wireless-electricity-transmission-a-reality/>

VOLTLABOR GmbH, 2021 | <https://www.voltlabor.com/>

IMPRESSUM

Medieninhaber und Herausgeber: Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Präsidium, Oö. Zukunftsakademie, Kärntnerstraße 10-12, 4021 Linz, Tel.: +43 732 7720 14402, E-Mail: zak.post@ooe.gv.at, ooe-zukunftsakademie.at | Redaktion: DI Dr. Klaus Bernhard (Projektleitung), Mag.^a Dr.ⁱⁿ Reingard Peyrl, MSc | Grafik: Vectorygraphics e.U. | Auflage: Februar 2022 | Titelfoto: DLR

Informationen zum Datenschutz finden Sie unter:
<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/datenschutz>

