

1. Wasserstoffanwendungen

1.1 Straßenfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb

1.1.1 Personenkraftwagen				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	In einer im Fahrzeug verbauten PEM-BZ (Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle) reagiert gasförmiger Wasserstoff mit Sauerstoff, wodurch Strom generiert wird. Gleichzeitig entsteht Wasserdampf. Der Strom treibt den Elektromotor und der Elektromotor das Fahrzeug an. Für die Energiebereitstellung werden ca. 6 kg Wasserstoff in Hochdrucktanks mit 700 bar getankt. Reichweite (ca. 600 km) und Betankungsdauer (ca. 5 Minuten) der Fahrzeuge sind mit konventionellen Verbrennungsfahrzeugen vergleichbar.			
Praxisbeispiele	Société du Taxi Electrique Parisien (STEP): https://www.taxi-times.com/600-wasserstoff-taxis-fuer-paris/			
Hersteller	Hyundai Nexo: https://www.hyundai.de/modelle/nexo/ Toyota Mirai 2 Generation: https://www.toyota.de/automobile/mirai/			

1.1.2 Leichte Nutzfahrzeuge				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
				X
Funktionsweise	Leichte Nutzfahrzeuge und Kleinlieferfahrzeuge sind von der Funktionsweise mit Pkw vergleichbar (siehe 1.1.1.). Unternehmen (Holthausen) bieten eine Umrüstung / Umbau von konventionellen Verbrennungsfahrzeugen auf Brennstoffzellenfahrzeuge an. Ebenfalls werden in diesem Fahrzeugsegment auch Range Extender (REX) zur Reichweitenvergrößerung angeboten, indem in den Fahrzeugen eine Batterie und eine Brennstoffzelle verbaut wird, sodass das Fahrzeug ebenfalls batterieelektrisch fahren und geladen werden kann.			
Praxisbeispiele	Stadtwerke Münster: https://www.stadtwerke-muenster.de/presse/pressemitteilungen/mobilitaet/nachricht/artikel/absage-an-abgase-elektromobil-unterwegs-mit-wasserstoff.html			

Hersteller	<p>Renault Master: https://www.electrive.net/2021/07/07/renault-und-plug-power-nennen-details-zu-h2-plaenen/</p> <p>Stellantis (PSA, Fiat, Chrysler, ab Frühjahr 2022):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Opel Vivaro https://www.electrive.net/2021/04/01/stellantis-bringt-noch-2021-bz-versionen-von-psa-transportern/ - Citroen Jumpy - Peugeot Expert <p>Quantron: https://www.quantron.net/</p> <p>VW Crafter und T5 (Umbau Holthausen): https://www.cleantechnology.nl/vans.html</p>
-------------------	--

1.1.3 Schwere Nutzfahrzeuge				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
		X	X	
Funktionsweise	<p>Im Schwerlastsegment ist der Antriebsstrang mit dem anderer Fahrzeuge vergleichbar (siehe 1.1.1.), jedoch sind insb. bei der Leistung der Brennstoffzelle sowie bei der Speicherung des Wasserstoffs Unterschiede vorhanden. Bei Lkw wird der Wasserstoff aktuell in 350 bar (statt 700 bar) Hochdrucktanks gespeichert und betankt. Höhere Drücke sind in Überlegung. Tankvolumina von ca. 35 kg ermöglichen Reichweiten zwischen 400 – 500 km. Hersteller wie Daimler entwickeln Systeme die mit Flüssigwasserstoff (LH2) betrieben und betankt werden. Die aktuell verfügbaren Fahrzeuge werden jedoch mit gasförmigem Wasserstoff betrieben. Auch im Lkw-Segment wird der Umbau von Fahrzeugen angeboten (Holthausen, Clean Logistics).</p>			
Praxisbeispiele	<p>MIGROS (Schweiz): https://mmch.online/de/migros/erste-positive-erfahrungen-mit-dem-hyundai-xcient</p> <p>H2Haul: https://www.h2haul.eu/</p> <p>H2Share: https://www.e-mobilbw.de/h2share</p>			
Hersteller	<p>Hyundai XCient: https://hyundai-hm.com/unser-truck/</p> <p>Clean Logistics: https://www.cleanlogistics.de/de/</p> <p>DAF und Mercedes (Umbau Holthausen): https://www.cleantechnology.nl/trucks.html</p>			

1.1.4 Busse				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	Bei Brennstoffzellenbussen gibt es im Mobilitätssektor aktuell die größte Angebotsvielfalt, und sie sind auch am weitesten entwickelt. Vom Antrieb und der Speicherung sind sie mit Fahrzeugen des Schwerlastsegments (siehe 1.1.3.) vergleichbar. Auch hier werden 350 bar Tanks verbaut, da aufgrund des vorhandenen Platzangebots eine Verdichtung auf 700 bar nicht erforderlich ist und dadurch Kosten eingespart werden. Die Tanks umfassen ca. 30 kg Wasserstoff Füllvolumen bei 350 bar in einem Typ 3 oder Typ 4 Tank, womit 300 – 400 km mit einer Tankfüllung erreicht werden.			
Praxisbeispiele	Wuppertal WSW: https://www.wsw-online.de/wsw-mobil/mehr-service/aktuelles/wasserstoffbusse/ Köln RVK: https://www.rvk.de/projekt-null-emission/die-brennstoffzellen-hybridbusse			
Hersteller	Van Hool A330 Fuel Cell: https://www.vanhool.be/de/opnv/agamma/hybrid-fuel-cell Caetano – H2 City.Gold: https://caetanobus.pt/pt/buses/h2-city-gold/ Solaris – Urbino 12 Hydrogen: https://www.solarisbus.com/de/fahrzeuge/zero-emissions/hydrogen Und weitere			

1.1.5 Abfallsammelfahrzeuge				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
				X
Funktionsweise	Müllsammelfahrzeuge werden ebenfalls von PEM-BZ angetrieben (siehe 1.1.1.). Die Brennstoffzelle erzeugt den Strom für den Fahrbetrieb sowie für die Hydraulikpresse, sodass das gesamte Fahrzeug emissionsfrei betrieben wird. Im Gegensatz zu den vorherigen Fahrzeugsegmenten sind von verschiedenen Herstellern sowohl Fahrzeuge mit 350 bar, als auch mit 700 bar Tanks verfügbar. Dies ermöglicht den Tankvorgang an jeder H2-Tankstelle. Ebenfalls werden wie bei leichten Nutzfahrzeugen (1.1.2.) auch REX angeboten.			
Praxisbeispiele	HECTOR: https://www.agr.de/agr-investiert-in-wasserstoff-sammelfahrzeug/# Live N'Grab Hy: https://www.lifeandgrabhy.eu/ REVIVE: https://h2revive.eu/about-revive/			
Hersteller	Faun – Blue Power: https://www.faun.com/produkte/alternative_antriebe/bluepower/ Geesinknorba Group: https://www.geesinknorba.com/emission-free/E-TRUCKS EUROPE: https://e-truckseurope.com/de/			

1. Wasserstoffanwendungen

1.2 Weitere mobile Anwendungen

1.2.1 Gabelstapler				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	Die Funktionsweise ist mit der der BZ-Fahrzeuge (siehe 1.1.1.) vergleichbar. Im Vergleich zur batterieelektrischen Alternative entfällt der Batteriewechsel. Durch die schnelle Betankung und das kontinuierliche Leistungsniveau des Energiesystems erhöhen Brennstoffzellen die Effizienz im anspruchsvollen Mehrschichtbetrieb. Die Errichtung einer H ₂ -Betankungsanlage ist auch in Gebäuden / Hallen möglich.			
Praxisbeispiele	Referenzen Clean Intralogistics Net (CIN): https://www.cleanintralogistics.net/anwendungen/			
Hersteller	Konsortium über Clean Intralogistics Net (CIN): https://www.cleanintralogistics.net/partner/			

1.2.2 Personenzüge				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
				X
Funktionsweise	Brennstoffzellen-Züge werden ebenfalls von PEM-BZ angetrieben (siehe 1.1.1.), die mit ca. 400 kW jedoch deutlich leistungsstärker als bei den vorherigen Mobilitätslösungen sind. BZ-Züge werden nur auf Streckenabschnitten ohne Oberleitungen eingesetzt, um dort Dieselloks zu ersetzen. Mit 170 kg Wasserstoff bei 350 bar sind Reichweiten von bis zu 1.000 km möglich.			
Praxisbeispiele	Alstom Coradia iLint: https://www.alstom.com/de/our-solutions/rolling-stock/coradia-ilint-der-weltweit-erste-wasserstoffzug			
Hersteller	Alstom Coradia iLint: https://www.alstom.com/de/our-solutions/rolling-stock/coradia-ilint-der-weltweit-erste-wasserstoffzug Siemens Mireo H: https://www.mobility.siemens.com/global/de/portfolio/schiene/stories/der-mireo-plus-h-umweltfreundlich-fahren-ohne-emissionen.html			

1.2.3 Schifffahrt				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
		X	X	
Funktionsweise	Wasserstoff kann in der Schifffahrt eingesetzt werden, hierzu wird dem Elektromotor die Energie per AEM oder PEM Brennstoffzelle zur Verfügung gestellt. Für die Wasserstoffspeicherung können Tanks verbaut werden, welche über eine Betankungseinrichtung am Hafen befüllt werden, oder die Nutzung von Wasserstoff-Flaschenbündelcontainern ist ebenfalls möglich, welche direkt an Bord verladen werden. Der Wasserstoff wird bei 250 – 500 bar gespeichert. Als Reserve bzw. Ausweichsystem werden häufig Akkumulatoren an Bord genutzt.			
Praxisbeispiele	e4ships (ELEKTRA): https://www.e4ships.de/deutsch/projekte-binnenschifffahrt/elektra/ HYSEAS ENERGY III: https://www.hyseas3.eu/			
Hersteller	Ferguson Marine Hydrogen Ferry: https://www.next-mobility.news/die-weltweit-erste-hochseefaehige-wasserstoff-faehre-mit-brennstoffzelle-a-737545/ Water-Go-Round: https://watergoround.com/			

1. Wasserstoffanwendungen

1.3 Gebäude- und Standortenergieversorgung

1.3.1 KWK mit Brennstoffzelle (Gebäudeenergieversorgung)				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	<p>Ein- und Mehrfamilienhäuser können mit einem Stromverbrauch bis ca. 8.000 kWh p. a. mit einem Brennstoffzellensystem autark versorgt werden. Aufgrund der Kaltstartfähigkeit werden Niedertemperatur PEM-Brennstoffzellen verbaut. Der Wärmebedarf wird zum Teil über die Abwärme der Brennstoffzelle zur Verfügung gestellt. Der zusätzliche Wärmebedarf wird über Wärmepumpen oder Strom gedeckt. Strombedarf der Wärmepumpe sowie für die Gebäudeenergieversorgung wird über die Brennstoffzelle bereitgestellt. Das gesamte System lässt sich im Gebäude installieren.</p> <p>Für Gebäudearten mit einem hohen konstanten Energie- und Wärmebedarf eignen sich Hochtemperatur SOFC oder PAFC-Brennstoffzellen, die eine höhere Wärmeauskopplung ermöglichen und im Dauerbetrieb eingesetzt werden.</p> <p>In heutigen Anwendungen wird überwiegend Erdgas als Energieträger genutzt, weil dieses über Leitungen leicht verfügbar ist. Viele der Bz-Systeme können aber auf Wasserstoff umgestellt werden.</p> <p>Die Wasserstoffbereitstellung ist über Pipelines, Trailer- oder Druckflaschen-Anlieferung oder über eine vor Ort Produktion möglich. Aus Redundanz wird weiterhin ein Netzanschluss empfohlen.</p>			
Praxisbeispiele	<p>Home Power Solution System: https://www.homepowersolutions.de/blog/pilotprojekt-zur-autarken-energieversorgung-eines-einfamilienhauses-zwischen-weberhaus-und-hps</p> <p>Einfamilienhaus in Zusmarshausen: https://www.youtube.com/watch?v=4ZgiXdgoliE&feature=youtu.be</p> <p>Das Wasserstoff-Zentrum H2herten: https://wasserstoffstadt-herten.de/</p>			

Hersteller	<p>Home Power Solution: https://www.homepowersolutions.de/deine-familie-dein-zuhause-dein-strom</p> <p>Proton Motors: https://www.proton-motor.de/anwendungen/stationaer/</p> <p>Bosch: https://www.bosch.com/de/stories/festoxid-brennstoffzellen-sofc-system/</p> <p>Viessmann: https://www.viessmann.de/de/wohngebaeude/kraft-waerme-kopplung/mikro-kwk-brennstoffzelle/vitovvalor.html</p> <p>Vallaint: https://www.vaillant.de/heizung/klima-foerderung/heizen-mit-wasserstoff/</p> <p>Buderus: https://www.buderus.de/de/produkte/catalogue/buderus-produkte-fur-ihr-haus/stromerzeugung/brennstoffzellen-energiezentrale/</p>
-------------------	--

1.3.2 Wasserstoff BHKW (für Quartiersversorgung)				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
				X
Funktionsweise	Für die Energieversorgung von Quartieren können stationäre Brennstoffzellensysteme oder gasmotorische Wasserstoff-BHKW genutzt werden. Diese Technologien werden von verschiedenen Herstellern mit einem Gas-Mischbetrieb angeboten, was wechselweise den Betrieb mit Erd-, Biogas oder Wasserstoff ermöglicht. Verschiedene Leistungsklassen ermöglichen die Strom- und Wärmeversorgung verschiedener Gebäude- und Quartiersgrößen. Das System eignet sich insb. für Bestandsgebäude, welche vom Niedrigenergie- oder Passivhausstandard abweichen.			
Praxisbeispiele	Fuji N2telligence Referenzen (u. a. Tiefkühlager, Logistikzentren etc.): https://www.n2telligence.com/de/referenzen Smart Quart in Kaisersesch: https://smartquart.energy/about/kaisersesch/			
Hersteller	2G (Verbrennungsmotor): https://www.2-g.com/de/ Fuji N2telligence (PAFC): https://www.n2telligence.com/ Fuel Cell Energy: https://www.fuelcellenergy.com/			

1.3.3 Brandschutz mit Brennstoffzellen				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	Für den Brennstoffzellenbetrieb bedarf es Wasserstoff und Sauerstoff, welcher der Umgebungsluft (ca. 21 % Sauerstoffgehalt) entnommen wird. Die Abluft des stationären BZ-Systems weist einen geringeren Sauerstoffgehalt von ca. 17 % auf. Durch Rohrleitungssysteme wird die Abluft dem zu schützenden Raum zugeführt und somit eine dauerhafte Schutzatmosphäre geschaffen. Durch den geringen Sauerstoffgehalt ist das Entzünden eines Feuers nicht möglich, der Aufenthalt in den Räumen für Menschen jedoch unbedenklich.			
Praxisbeispiele	Fuji N2telligence Referenzen (u. a. Tiefkühlager, Logistikzentren etc.): https://www.n2telligence.com/de/referenzen			
Hersteller	Fuji N2telligence (PAFC): https://www.n2telligence.com/			

1.3.4 Notstromversorgung mit Brennstoffzellen				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	Die Notstromversorgung mit Brennstoffzellen ersetzt die bisher verwendeten Diesellaggregate. Das Funktionsprinzip ist mit der Brennstoffzelle aus 1.4.1. vergleichbar. Der Wasserstoff wird über Druckgasflaschen zur Verfügung gestellt, die neben dem Notstromgenerator deponiert werden. Im Gegensatz zu Diesel ist Wasserstoff beliebig lange lagerbar (Dieselpest) und beim Betrieb entstehen keine gesundheitsgefährdenden Abgase, sodass das USV-System auch in Gebäuden genutzt werden kann.			
Praxisbeispiele	Notstromversorgung des Deutsche Bahn Stellwerks in Sömmerda: https://www.bahnbaugruppe.de/bahnbaugruppe-de/Nachhaltig-Innovativ/Alternative-Energiesysteme-5192060			
Hersteller	Proton Motor: https://www.proton-motor.de/produkte/brennstoffzellen-stacks/			

2. Wasserstoffproduktion

2.1.1 Wasserelektrolyse				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	<p>Bei der Elektrolyse wird mittels Strom Wasser in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff gespalten. Nebenprodukte sind Sauerstoff und Abwärme, welche in verschiedenen Anwendungen ebenfalls genutzt werden können. Bei der Nutzung von Grünstrom (PV, Wind, Laufwasser) wird der produzierte Wasserstoff als grün und bei Kohlestrom als grau bezeichnet. Um den produzierten Wasserstoff in Brennstoffzellen nutzen zu können, muss er aufgereinigt und getrocknet werden. Für die Wasserstoffproduktion aus Grünstrom eignen sich insb. Polymer-Elektrolyt-Membran (PEM) sowie alkalische Elektrolyseure, aufgrund ihrer Skalier-, Kaltstart- und Modulierbarkeit. Elektrolyseure werden meist als Containerlösung installiert und benötigen neben dem Stromanschluss eine zusätzliche Wasserversorgung.</p>			
Praxisbeispiele	Siehe Referenzen der Hersteller			
Hersteller	<p>Enapter: https://www.enapter.com/ iGas: https://igas-energy.de/ ITM Power: https://www.itm-power.com/ NEL: https://nelhydrogen.com/ MCPhy: https://mcphy.com/de/ Siemens: https://new.siemens.com/de/de/produkte/gebaeudetechnik/energie-nachhaltigkeit/energieversorgung-mit-grunem-wasserstoff.html SUNFIRE: https://www.sunfire.de/de/home Thyssenkrupp: https://www.thyssenkrupp.com/de/unternehmen/innovation/technologien-fuer-die-energie-wende/wasserelektrolyse.html Und weitere</p>			

2.1.2 Dampfreformierung				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	Die Dampfreformierung ist ein chemisches endothermes Verfahren (Wärme wird benötigt), bei dem ein kohlenstoffhaltiger Brennstoff (Erdgas oder Biogas) mit Wasserdampf reagiert. Es entstehen Wasserstoff und CO ₂ . Die Reformierung methanhaltiger Gase ist das weltweit häufigste H ₂ -Erzeugungsverfahren (grauer Wasserstoff). Bei der Biogasreformierung ist die Anerkennung als grüner Wasserstoff noch ungeklärt.			
Praxisbeispiele	Referenzen MAHLER: https://www.mahler-ags.com/de/wasserstoff/hydroform-c/			
Hersteller	WS Reformer: https://wsreformer.de/ MAHLER AGS: https://www.mahler-ags.com/de/home/ HyGear: https://hygear.com/			

2.1.3 Reststoff-Thermolyse				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
			X	
Funktionsweise	Bei der Reststoff-Thermolyse wird Wasserstoff aus Bio-Abfällen, Kunststoffen, Sonderabfällen (z.B. Reifen, Medikamente) oder Klärschlamm gewonnen. Wasserstoff wird durch die thermo-chemische Umwandlung von biogenen Abfällen und Sonderabfällen in einem Drehrohrofen bei Temperaturen um 850 °C, mit einem anschließendem Wassergas-Shift-Verfahren gewonnen. Bei Großanlagen traten häufig technische Probleme aufgrund der Inhomogenität der Einsatzstoffe auf. Anlagenteile setzen sich durch klebrige und staubige Produkte häufig zu, sodass ein hoher Reinigungsaufwand notwendig ist. Daher sollten nur die Einsatzstoffe verwendet werden, für die Anlage ursprünglich konzipiert wurde			
Praxisbeispiele	Anlagen in Limassol, Herne und Salzgitter: https://www.dgengineering.de/DGE-Thermolyse-Technische-Details.html Diverse Anlagen haben ihren Betrieb wieder eingestellt.			
Hersteller	3R-Systems: https://www.3r-systems.de/ Sirius ectec: http://www.sirius-ecotec.at/ Dirk Gerlach Engineer: https://www.dgengineering.de/Thermolyse-Loesungen.html			

2.1.4 Plasmalyse				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
			X	
Funktionsweise	<p>Bei der Methan-Plasmalyse wird Wasserstoff aus Bio-Abfällen, Holz, ASR (Kunststoffabfällen), Schwefelsäure (aus Raffinerien), Klärschlamm oder Gülle gewonnen. In dem Verfahren werden biogene Abfälle und Sonderabfällen sowie Flüssigkeiten mittels eines überhitzten Gases bei Temperaturen > 3000 °C gespalten (thermisches Cracken). Produzierter Wasserstoff aus der Methan-Plasmalyse wird als türkis klassifiziert. Es entstehen Wasserstoff und fester Kohlenstoff, der u.a. zur Herstellung von Autoreifen oder als Bodenhilfsstoff verwendet werden kann.</p>			
Praxisbeispiele	Graforce Referenzen: https://www.graforce.com/einsatzgebiete			
Hersteller	Plagazi: https://www.plagazi.com/ Graforce: https://www.graforce.com/			

2.1.5 Blueflux				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
			X	
Funktionsweise	<p>blueFLUX ist ein H₂-Gewinnungsverfahren aus Reststoffen. Zunächst werden inhomogene Stoffe zu Bio-Kohle verarbeitet. Die Bio-Kohleproduktion ist aus Klärschlamm, Gülle, Mist, Bio- u. Organischen Abfälle, Plastik (bis zu 30 %), GFK oder GFC möglich. Mittels Bio-Kohle wird in einem KDC-Reaktor Dampf erzeugt, um in einem Flugstromvergaser Synthesegas zu erzeugen. Das erzeugte Synthesegas wird genutzt, um über eine CO-Shift-Reaktion Wasserstoff zu erzeugen. Für die einzelnen Prozessschritte werden verschiedene Systeme benötigt, die modular als Containerlösung zu errichten sind.</p>			
Praxisbeispiele	blueFLUX: https://www.bluefluxenergy.com/de/			
Hersteller	blueFLUX: https://www.bluefluxenergy.com/de/			

3. Wasserstofftransport und -abgabe

3.1.1 Druckgasspeicher und -transport				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	Wasserstoff kann in verschiedenen Druckgasspeichern wie Röhrenspeicher, Hochtanks, Druckgasflaschen oder in Trailern gespeichert werden. Je nach Speicherart wird der Wasserstoff über einen Kompressor auf 50 – 500 bar verdichtet. Für die stationäre Speicherung eignen sich Röhrenspeicher, die auch unterirdisch verbaut bzw. eingehaust werden können oder oberirdische Hochtanks. Beim Wasserstofftransport können für kleine Mengen Flaschenbündel und für große Mengen Trailer genutzt werden.			
Praxisbeispiele	Referenzen der Hersteller			
Hersteller	Linde: https://www.linde-gas.at/de/index.html VAKO: https://www.vako.net/ Wystrach: https://www.wystrach.gmbh/ NPROXX: https://www.nproxx.com/de/transport-speicherung/			

3.1.2 LOHC				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
			X	
Funktionsweise	Eine Alternative zur Wasserstoffspeicherung in Druckflaschen ist die Speicherung in LOHC, einem flüssigen, organischen Energieträger. Für die Hydrierung und die Dehydrierung des LOHC werden separate Anlagen benötigt. Die Dehydrierung bedarf einer Wärmequelle von mind. 300 °C, wohingegen bei der Hydrierung Wärme frei wird. Die Technologie ist auch für Industriegebiete geeignet, da große Energiemengen (> 8.000 kWh) benötigt und in Form von Wasserstoff gespeichert werden können. Hydrier- und Dehydrieranlagen benötigen einen hohen Platzbedarf und müssen außerhalb des Gebäudes aufgestellt werden.			
Praxisbeispiele	Hydrogenious Referenzen: https://www.hydrogenious.net/index.php/de/references-2/			
Hersteller	H2 Industries: https://h2-industries.com/wasserstoff/			

3.1.3 Netzgebundene Wasserstofftransporte				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	<p>Für den netzgebundenen Wasserstofftransport wird Wasserstoff in ein Pipelinetz eingespeist. Je nach Pipelinematerial wird der Wasserstoff über einen Kolbenkompressor auf die benötigte Druckstufe verdichtet. Polyethylen-Leitungen werden mit 5 bar und Stahlleitungen mit bis zu 70 bar betrieben. Die H₂-Einspeisung in ein bestehendes Erdgasnetz ist ebenfalls möglich. Dem Erdgas wird Wasserstoff beigefügt, wodurch ein höherwertiges Mischgas entsteht. Aktuell sind 10 % Beimischung erlaubt, eine Erhöhung auf 20 % ist in Diskussion. Um den Wasserstoff aus dem Erdgas wieder abzutrennen, ist ein Membrantrennverfahren nötig. Viele Erdgaspipelines lassen sich auch auf reinen H₂-Betrieb umstellen, weil das Rohrleitungsleitungsmaterial dafür geeignet ist. Alternativ sind auch Pipe-in-Pipe (zusätzliches Kunststoffrohr in Erdgaspipeline) Lösungen umsetzbar.</p>			
Praxisbeispiele	<p>Smart Quart in Kaisersesch: https://smartquart.energy/about/kaisersesch/ Gewerbegebiet Holzwickede: https://news.westenergie.de/deutschlandweit-einmaliges-projekt-bestehende-erdgasleitung-wird-auf-100-prozent-wasserstoff-umgestellt/</p>			
Hersteller	<p>Mannesmann Line Pipes: https://www.mannesmann-linepipe.com/de/ Rehau: https://www.rehau.com/de-de/wasserstoff-energietraeger-der-zukunft</p>			

3.1.4 Wasserstofftankstellen				
Technologiereife	Forschung	Entwicklung	alltagsnahe Anwendung	Alltag
Funktionsweise	<p>An Wasserstofftankstellen (HRS) werden Nutzfahrzeuge mit 350 bar und Pkw mit 700 bar betankt. Es gibt öffentliche sowie nicht öffentliche HRS (z. B. auf Betriebsgeländen), die beide oder eine Druckstufe anbieten. Der Wasserstoff kann über Trailer oder Pipelines angeliefert oder vor Ort (per Elektrolyse oder Gasreformierung) produziert werden. Bei beiden Bereitstellungsarten wird ein Niederdruck Wasserstoffspeicher benötigt, in dem der Wasserstoff zwischengespeichert wird. Im weiteren Prozess wird der Wasserstoff auf bis zu 900 bar verdichtet und im Nachgang gekühlt, um ihn mit 350 oder 700 bar für die jeweilige Fahrzeugklasse bereitzustellen. Mobile HRS werden von dem Hersteller Wystrach angeboten.</p>			
Praxisbeispiele	<p>Alle öffentlichen HRS in Europa: https://h2.live/</p>			
Hersteller	<p>Air Liquide: https://de.airliquide.com/ Wystrach: https://www.wystrach.gmbh/ H2 Mobility: https://h2-mobility.de Linde: https://www.linde-gas.de/shop/de/de-ig/home Und Weitere</p>			