

Wasserstofftransport mit der Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)-Technologie von Hydrogenious LOHC Technologies

Weltweit sind Länder auf Importe von grünem Wasserstoff angewiesen, um ihren immensen Energiebedarf für Stromerzeugung, Mobilität und Industrie zu decken und die Dekarbonisierung dieser Sektoren voranzutreiben.

Gleichzeitig ist molekularer Wasserstoff aufgrund seiner Eigenschaften sehr schwierig zu lagern und zu transportieren, da er sehr flüchtig und explosiv ist. Die sichere und kostengünstige Speicherung, Beförderung und Verteilung von Wasserstoff ist daher eine Voraussetzung für eine nachhaltige Wasserstoffwirtschaft.

Technologien für den Wasserstofftransport

Es gibt eine Reihe von Technologien, die in Kombination den Transport von Wasserstoff in sehr großen Mengen und über weite Entfernungen und multimodale Strecken ermöglichen, jede mit ihren eigenen Vor- und Nachteilen.

In Drucktanks gespeicherter Wasserstoff (CH₂)

- › Wird bereits im Verkehr und bei der Stromerzeugung eingesetzt.
- › Kostengünstig nur bei vergleichsweise kurzen Entfernungen, und der Energiebedarf für die Verdichtung ist relativ hoch.

Bei -253°C verflüssigter Wasserstoff (LH₂)

- › Hohe Speicherdichte. Wird intensiv erforscht und in einigen Anwendungen (z. B. Automobil, Luft- und Raumfahrt) eingesetzt.
- › Erhebliche energetische und technische Anforderungen und komplexe Infrastruktur.

Ammoniak (NH₃)

- › Wird weltweit in großen Mengen produziert und in der Düngemittelindustrie verwendet.
- › Aufgrund seiner hohen Toxizität ist Ammoniak ein gefährlicher Stoff, der schwierig und teuer zu transportieren und zu lagern ist.
- › Die Gewinnung von Wasserstoff aus NH₃ erfordert einen hohen Energieaufwand bei hohen Temperaturen, und die für das Cracking erforderliche Technik existiert noch nicht in industriellem Maßstab.

Transport von Wasserstoff in Pipelines

- › Ermöglicht den relativ sicheren Transport großer Mengen an Energie.
- › Es müssen neue Pipelines gebaut oder bestehende Erdgaspipelines aufgerüstet werden.
- › Der Neubau ist mit sehr hohen Investitionen und einer tendenziell negativen gesellschaftlichen Akzeptanz verbunden.

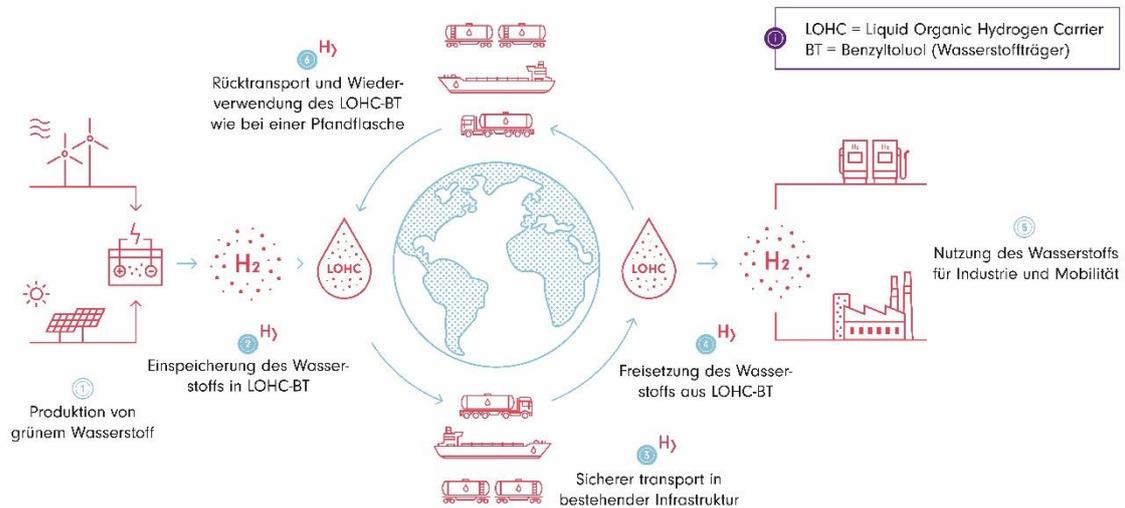
Flüssige organische Wasserstoffträger (Liquid Organic Hydrogen Carrier, LOHC)

Eine weitere vielversprechende Methode für die Speicherung und den Transport von Wasserstoff ist der Einsatz von flüssigen organischen Wasserstoffträgern (LOHC). Dabei werden die Wasserstoffmoleküle über einen katalytischen Prozess chemisch an ein LOHC gebunden. Das LOHC wird dann zum Abnehmer transportiert, wo der Wasserstoff in einer zweiten chemischen Reaktion freigesetzt wird. Das Trägermaterial wird bei diesem Prozess nicht verbraucht und kann für den Transport von Wasserstoff wiederverwendet werden.

Warum die LOHC-Technologie von Hydrogenious überzeugt.

Es gibt eine Reihe von möglichen LOHCs, wie Carbazol, Toluol/Methylcyclohexan (MCH) oder Dibenzyltoluol. Nach vielen Jahren der Forschung und Erprobung der verschiedenen LOHC-Technologien hat sich Hydrogenious für das Thermalöl Benzyltoluol (BT) entschieden. BT hat ein mit Diesel vergleichbares Gefährdungspotenzial, ist als Wärmeträger in der Industrie bereits etabliert, hat sich bei niedrigen Temperaturen als besonders robust erwiesen und verfügt über viele weitere positive Eigenschaften als Wasserstoffträger:

- › **Sicher:** LOHC-BT ist schwer entflammbar (Flammpunkt bei etwa 125 Grad Celsius)
- › **Einfach:** LOHC-BT kann unter Umgebungsdruck und -temperaturen gehandhabt werden
- › **Kostengünstig:** LOHC-BT kann mit herkömmlicher Flüssigbrennstoff-Infrastruktur (z.B. Schiff, Binnenschiff, Zug oder LKW) über große Entfernungen im industriellen Maßstab gelagert und transportiert werden
- › **Zuverlässig:** Es gibt keine Wasserstoffverluste (z.B. Boil-off) auch bei längerer Lagerung und keinen molekularen Wasserstoff, der zwischen Hydrierung und Dehydrierung freigesetzt wird.
- › **Effizient:** Die (volumetrische) Energiedichte ist vorteilhaft, da ein Transportbehälter mit LOHC im Vergleich zu komprimiertem Wasserstoff etwa fünfmal mehr Energie speichern kann
- › **Platzsparend:** Im LOHC-BT kann der Wasserstoff auch in dicht besiedelten Gebieten platzsparend unterirdisch gespeichert werden
- › **Verfügbar:** BT wird in der Industrie bereits seit Jahrzehnten als Wärmeträger eingesetzt. Die Marktverfügbarkeit des Materials ist dementsprechend gewährleistet.

Der LOHC-BT-Kreislauf im Detail

1. In einer Hydrieranlage (Storage Plant) werden die Wasserstoffmoleküle in einem kontinuierlichen Prozess über eine katalytische Reaktion chemisch an das LOHC Benzyltoluol gebunden. Die Hydrierung ist ein exothermer Prozess, der bei ca. 250 °C ca. 9 kWh_{th}/kgH₂ an Wärme freisetzt, die für weitere Anwendungen (Meerwasserentsalzung, Wärmenetze) genutzt werden kann.
2. Das mit Wasserstoffmolekülen beladene LOHC-BT wird dann per Tankwagen, Bahn, Binnenschiff oder Tankschiff zum Bestimmungsort transportiert. In einem einzigen Kubikmeter LOHC-BT können bis zu 54 Kilogramm Wasserstoff gespeichert und verlustfrei transportiert werden.
3. Beim Verbraucher werden die Wasserstoffmoleküle in einer Dehydrieranlage (Release Plant) durch eine katalytische Reaktion aus dem LOHC-BT freigesetzt. Dieser chemische Prozess ist endotherm und erfordert ca. 11 kWh_{th}/kgH₂ an Wärme bei ca. 300 °C. Der Wasserstoff steht bei Bedarf mit einem hohen Reinheitsgrad von über 99,9 % zur Verfügung.
4. Das LOHC-BT kann nach der Freisetzung des Wasserstoffs hunderte Male mit Wasserstoff be- und entladen werden und ist recycelbar (Pfandflaschenprinzip).



LOHC Storage Plant



LOHC Release Plant

LOHC-Transport mittels konventioneller Infrastruktur für flüssige Brennstoffe

Die LOHC-BT-Technologie erlaubt es, große Mengen an grünem Wasserstoff in Tankterminals, Tankschiffen und Tanklastern zu transportieren und dabei auf eine bereits bestehende und bewährte Infrastruktur für flüssige Brennstoffe zurückzugreifen. Somit ermöglicht die LOHC-BT-Technologie einen schnellen Zugang für Regionen mit einem großen Potenzial an erneuerbaren Energien. Besonders bemerkenswert ist, dass die LOHC-BT-Technologie in der Lage ist, molekularen Wasserstoff (keine Wasserstoffderivate) zu liefern, der für viele industrielle Prozesse wie Raffinerien, die Stahlerzeugung oder die Mobilität benötigt wird.

 	 	 	  
<p>By ship</p> <ul style="list-style-type: none"> Hydrogen transport capacity per trip: up to 17,000 t (VLCC*, 280,000 DWT**) Ideal for large scale hydrogen transport over long distances Import of low-cost green hydrogen to consumption markets <p><small>*VLCC = very large crude carrier **DWT = Deadweight tonnage</small></p>	<p>By train & barge</p> <ul style="list-style-type: none"> Hydrogen transport capacity per trip: up to 124 t Ideal for transport and distribution over medium distances Highly flexible distribution enabling global market supply 	<p>By tank truck</p> <ul style="list-style-type: none"> Hydrogen transport capacity per trip: up to 1.6 t Ideal for short distances and distribution Standard unpressurized aluminum tank Connecting isolated regions to the hydrogen world Simultaneous receiving and discharging of LOHC (up to 1,000 l/min) 	<p>Infrastructure</p> <ul style="list-style-type: none"> Storage and transportation at ambient conditions Easy and fast handling by pumping a liquid Low CAPEX due to reuse of conventional fossil fuel equipment Repurposing of existing infrastructure for port and other energy hubs as well as ship, rail and train

Kosteneffizienter Wasserstofftransport

Da die Kosten der Wasserstofflogistik auf den Endpreis des Wasserstoffs aufgeschlagen werden, ist es wichtig, die Transport- und Speicherkosten so niedrig wie möglich zu halten. Da die LOHC-BT-Technologie auf der gut etablierten Infrastruktur für flüssige Brennstoffe basiert, ist sie sehr kosteneffizient. Dies wird auch durch mehrere Studien unterstrichen, die die Wettbewerbsfähigkeit von LOHC und anderen Wasserstoffspeicher- und -transporttechnologien wie Flüssigwasserstoff und Ammoniak untersuchen.

Siehe: [Roland Berger: Hydrogen transportation | The key to unlocking the clean hydrogen economy](#)

Sicherer und effizienter Wasserstofftransport

Der von Hydrogenious verwendete LOHC-Trägerstoff ist Benzyltoluol (BT), ein bekanntes industrielles Thermalöl. BT als Wasserstoffträger bietet einzigartige Eigenschaften in Bezug auf Sicherheit und einfache Handhabung. Die potenziellen Auswirkungen im Falle einer Havarie sind mit denen von Diesel vergleichbar, da beide Stoffe ähnliche Eigenschaften in Bezug auf die Toxizität haben, wobei BT zusätzlich schwer entflammbar ist.

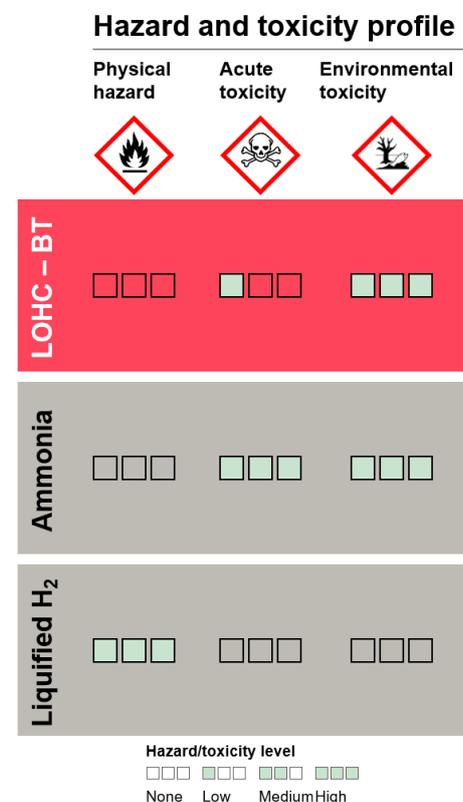
Darüber hinaus entsteht bei der LOHC-BT-Technologie während des Transports und der Lagerung kein molekularer Wasserstoff, da dieser chemisch an das Trägermaterial gebunden ist. Dies vereinfacht z. B. den Frachtbetrieb und das Betanken in Häfen.

Sicherung von Arbeitsplätzen beim Übergang zur Wasserstoffwirtschaft

Eines der einzigartigen Merkmale der LOHC-BT-Technologie besteht darin, dass sie zwar zur Umgestaltung des Energiesektors beiträgt, sich aber stark auf die bestehende Infrastruktur und Technologie der Öl- und Gasindustrie stützt. Dies gibt den Unternehmen der Branche die Möglichkeit, ihre Geschäftsmodelle anzupassen (z. B. Betreiber von Tanklagern, Hersteller von Tanklastwagen) und ihr Wissen in die entstehende Wasserstoffwirtschaft einzubringen - und damit eine Zukunft für sich und ihre Mitarbeiter zu schaffen.

Hohe Akzeptanz in der Bevölkerung

In der Gesellschaft gibt es noch immer Vorbehalte gegenüber Wasserstoff, z.B. in Bezug auf die Sicherheit, weil es sich um einen relativ neuen Energieträger handelt, mit dem die Bevölkerung noch nicht vertraut ist. Es wird erwartet, dass die LOHC-BT-Technologie dazu beitragen kann,



diese Vorurteile abzubauen, denn die Menschen sind es gewohnt, mit Energieträgern in flüssiger Form umzugehen. Sobald der Wasserstoff chemisch an das Trägermaterial gebunden ist, gibt es in der gesamten LOHC-BT-Lieferkette keinen molekularen Wasserstoff mehr.

Zusätzliche Informationen / Technologischer Hintergrund

Einen ausführlicheren Überblick über die LOHC-Technologie finden Sie in der folgenden Online-Publikation (Open Access, Englisch): *Distel, M.M., Margutti, J.M., Obermeier, J., Nuß, A., Baumeister, I., Hritsyshyna, M., Weiß, A. and Neubert, M. (2024), Large-Scale H2 Storage and Transport with Liquid Organic Hydrogen Carrier Technology: Insights into Current Project Developments and the Future Outlook. Energy Technol. 2301042. <https://doi.org/10.1002/ente.202301042>*

Über Hydrogenious LOHC

Hydrogenious LOHC stellt das fehlende Bindeglied für flexible Wasserstoff-Wertschöpfungsketten weltweit. Basierend auf seiner erprobten Liquid Organic Hydrogen Carrier (LOHC)-Technologie mit Benzyltoluol als Trägermedium ermöglicht Hydrogenious eine flexible Wasserstoffversorgung von Verbrauchern in Industrie und Mobilität weltweit, die auf konventionelle Infrastruktur für Flüssigbrennstoffe zurückgreift. Gegründet im Jahr 2013, umfasst das Portfolio des marktführenden Pioniers und seiner Joint-Venture-Unternehmen heute stationäre und mobile (On-Board) LOHC-basierte Anwendungen: Hydrogenious LOHC Technologies mit Sitz in Erlangen bietet – in einer Partnerschaft mit Bilfinger – schlüsselfertige (De-)Hydrieranlagen, Betrieb & Wartung sowie LOHC-Logistikdienstleistungen an, die eine sichere, einfache und effiziente Speicherung, den Transport und die Verteilung von Wasserstoff gewährleisten. Hydrogenious LOHC Maritime, 2021 gemeinsam mit der Reederei Østensjø Group gegründet und in Norwegen ansässig, entwickelt ein emissionsfreies Antriebssystem mit einer vielversprechenden LOHC/Brennstoffzellen-Lösung für die globale Schifffahrtsindustrie. Mit seinen >230 Mitarbeiter*innen und den Investoren AP Ventures, Royal Vopak, Winkelmann Group, Mitsubishi Corporation, Covestro, JERA Americas, Temasek, Hyundai Motor Company, Chevron Technology Ventures und Pavilion Capital ist Hydrogenious LOHC ein bedeutender Wegbereiter und Beschleuniger der Energiewende.

www.hydrogenious.net | www.hydrogenious-maritime.net

Pressekontakt Hydrogenious LOHC

Frank Erik Walter, Global Media Relations & PR

frank.walter@hydrogenious.net

Aktuelle Pressemitteilungen und Veranstaltungen

Regelmäßige Updates und Neuigkeiten finden Sie unter: <https://hydrogenious.net/updates/>

Media Assets (Beispiele) © Hydrogenious LOHC Technologies

