

Nachhaltigkeit in der Supply Chain

Wie neue Technologien zur
Dekarbonisierung beitragen können

BVL⁷

Whitepaper

der SRH Hochschule NRW zur BVL-Studie

Triple Transformation:

Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Resilienz als
Leitlinien zukunftsfähiger Wertschöpfungsketten

srh



Nachhaltigkeit in der Supply Chain

Wie neue Technologien zur Dekarbonisierung beitragen können

Whitepaper von

Prof. Dr. Lars Rickmann, SRH Hochschule in Nordrhein-Westfalen

im Rahmen der BVL-Studie

**Triple Transformation:
Digitalisierung, Nachhaltigkeit und Resilienz als
Leitlinien zukunftsfähiger Wertschöpfungsketten**

aus der Reihe

**TRENDS UND STRATEGIEN IN LOGISTIK UND
SUPPLY CHAIN MANAGEMENT**

Einleitung

Hitzeperioden und Dürren, Waldbrände, Wasserknappheit aber auch Stürme, Starkregen und Hochwasser – der Klimawandel dominiert als zentrales Thema unsere Zeit. Die Emission von Treibhausgasen wie Kohlendioxid und Methan hat maßgeblich dazu geführt, dass die globale Durchschnittstemperatur der Erde derzeit um 1,1 ° Celsius höher liegt als am Ende des 19. Jahrhunderts. Darüber hinaus markiert das vergangene Jahrzehnt (2011-2020) einen besorgniserregenden Höhepunkt als das Wärmste seit Beginn der systematischen Temperaturaufzeichnungen. Wissenschaftler gehen davon aus, dass es zu vielen unumkehrbaren Veränderungen kommen wird und diese Veränderungen eine reale Gefahr für die menschliche Spezies darstellen, wenn die Durchschnittstemperatur der Erde im Vergleich zur präindustriellen Epoche über 1,5 ° Celsius steigt.¹

Der Weltklimarat (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), die höchste Autorität in Sachen Klimawissenschaft, hat kürzlich bestätigt, dass es noch möglich ist, den Anstieg der Erdtemperatur auf über 1,5 ° Celsius und somit die schwerwiegendsten Folgen des Klimawandels zu verhindern. Notwendig dafür sind jedoch „eine sofortige globale Trendwende und tiefgreifende Treibhausgasreduzierungen in allen Weltregionen und allen Sektoren“.²

Die in den letzten 30 Jahren weltweit zunehmende Verbrennung von fossilen Brennstoffen zur Deckung der gestiegenen Nachfrage von Gütern und Dienstleistungen hat zu einem Anstieg der jährlichen Treibhausgasemissionen von 60 Prozent geführt.³ Ein beträchtlicher Teil der Umweltbelastungen kommt aus der Supply Chain.⁴ So entstehen etwa 80 – 90 Prozent der Emissionen zur Herstellung eines Produkts durch den vor- oder nachgelagerten Transport.⁵ Gemäß einer Auswertung des Statistik-Portals Statista hatte der Transportsektor im Jahr 2021 einen Anteil von ca. 20 Prozent an den weltweiten CO₂-Emissionen und war damit der zweitgrößte Verursacher nach dem Energiesektor.⁶ Der Straßengüterverkehr emittiert dabei nach dem Personenverkehr am zweitmeisten CO₂ mit ca. 30 Prozent, gefolgt vom Flug- und Schiffsverkehr mit zusammen 20 Prozent und dem Bahnverkehr mit 1 Prozent.⁷ Daraus ergeben sich für den Land-, Wasser- und Seetrans-

port große Reduktionspotenziale. Angesichts der Dramatik des Klimawandels und der steigenden Nachfrage nach nachhaltigen Lösungen ist es unerlässlich, Maßnahmen zu ergreifen, die Umweltauswirkungen zu reduzieren und die Dekarbonisierung der Supply Chains weiter voranzutreiben. In der Konsequenz hat die Bundesregierung durch die Novellierung des Klimaschutzgesetzes die Klimaschutzauflagen verschärft und das Ziel der Erreichung von Treibhausgasneutralität bis zum Jahr 2045 fest verankert. Es wird angestrebt, die Emissionen bis 2030 bereits um einen Prozentsatz von 65 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 zu verringern.⁸

Im Folgenden wird ein Überblick über aktuelle Trends, Strategien und Maßnahmen zur Dekarbonisierung gegeben, die die Zielsetzungen der Bundesregierung wirksam unterstützen können.

Elektrifizierung

Die Elektrifizierung des Transportsektors ist ein wichtiger Schritt zur Reduzierung der Umweltauswirkungen des Güterverkehrs und zur Förderung der Nachhaltigkeit in Supply Chains. Im Bereich des Straßengüterverkehrs werden elektrische Fahrzeuge zunehmend als Alternative zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren eingesetzt. Elektrische Transportfahrzeuge werden durch Motoren angetrieben, die Strom aus Batterien oder anderen Energiequellen nutzen. Die Energieeffizienz von Elektromotoren ist in der Regel höher als die von Verbrennungsmotoren, was zu einer besseren Nutzung der zur Verfügung stehenden Energie führt. Viele Logistikunternehmen wie beispielsweise die Deutsche Post DHL haben ihre Fahrzeugflotte bereits

ganz oder teilweise auf elektrische Fahrzeuge für die Zustellung auf der letzten Meile umgestellt. Die Lieferfahrzeuge eignen sich dank ihrer kurzen Fahrstrecken und der definierten Routen mit festgelegten Fahrplänen ideal für die Elektrifizierung.

Die Batterietechnologie spielt eine entscheidende Rolle bei der Elektrifizierung. Lithium-Ionen-Batterien stellen aktuell die auf dem Markt dominierende Batterietechnologie dar. Die Fortschritte in der Batterietechnologie sind wichtig, um die Reichweite der elektrischen LKW zu erhöhen, die Ladezeiten zu verkürzen und die Lebensdauer zu verlängern.

Für den Fernverkehr beispielsweise sind elektrisch betriebene LKW noch nicht flächendeckend einsetzbar. Batterie-Reichweiten von 200-300 km, eine unzureichende Ladeinfrastruktur und lange Ladezeiten machen den Einsatz von elektrisch betriebenen LKW meist noch unwirtschaftlich. Batterien mit Reichweiten, die vergleichbar sind mit der Reichweite einer Dieseltankfüllung, sind noch zu groß und zu schwer. Die Verbesserung der Batterietechnologie und die Entwicklung von Ladeinfrastruktur sind daher unerlässliche Schritte in Richtung Elektrifizierung der Logistikflotten.⁹

Wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen

Eine vielversprechende Alternative für den Antrieb von LKW für die Langstrecke stellen wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen dar, denn sie ermöglichen große Reichweiten und eine schnelle Betankung. Wasserstoffbetriebene Brennstoffzellen erzeugen elektrischen Strom mittels einer elektrochemischen Reaktion, bei der Wasserstoff und Sauerstoff miteinander reagieren. In einer Brennstoffzelle wird der Wasserstoff durch einen Elektrolyten geführt, wo er in Protonen und Elektronen aufgespalten wird. Die Elektronen erzeugen dabei den elektrischen Strom, während die Protonen mit Sauerstoff reagieren und Wasser bil-

den, welches ein Nebenprodukt darstellt. Diese Energie wird dann genutzt, um den Elektromotor des LKW anzutreiben. Die Umwandlung von Wasserstoff in elektrische Energie erfolgt sehr effizient, was zu geringen Energieverlusten im Vergleich zu herkömmlichen Verbrennungsmotoren führt. Wenn Wasserstoff mit erneuerbarem Strom erzeugt wird, ist der Betrieb der Brennstoffzelle nahezu emissionsfrei, da lediglich Wasserdampf als Abgas entsteht.

Wasserstoff-LKW weisen Reichweiten aus, die mit herkömmlichen Diesel-LKW vergleichbar sind, denn sie können mit mehreren Wasser-

stofftanks am Unterboden ausgestattet werden. Diese Tanks sind im Vergleich zu Batterien mit vergleichbarer Reichweite deutlich leichter. Die Entwicklung von LKW mit wasserstoffbetriebenen Brennstoffzellen ist im Gange und verschiedene Hersteller wie z.B. Hyundai, Mercedes und Volvo arbeiten an Prototypen und Serienmodellen. Hyundai hat mit dem Modell Xcient z.B. einen ersten Brennstoffzellen-Schwerlastwagen entwickelt, der bereits in der Schweiz im Einsatz ist. Die Einführung weiterer Fahrzeuge hängt auch von politischen Anreizen und der Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff ab.¹⁰

Biokraftstoffe

Biokraftstoffe wie Biodiesel, Bioethanol, Biomethan und verschiedene Pflanzenöle werden heutzutage in Nutzfahrzeugen, land- und forstwirtschaftlichen Maschinen, Schienenfahrzeugen und Schiffen eingesetzt. Unterschiedliche Nutzpflanzen wie z. B. Mais, Weizen, Raps, Roggen, Gerste, und Zuckerrüben werden für die Herstellung von Biokraftstoffen verwendet. Auch Reststoffe und Abfälle, wie z. B. altes Frittier- oder Speiseöl eignen sich zur Herstellung von Biokraftstoffen. Bereits heute werden Biokraftstoffe den fossilen Kraftstoffen beigemischt. Zur Verringerung der Treibhausgasemissionen dürfen Dieselmotoren gemäß den geltenden Biokraftstoffnormen einen Anteil von bis zu 7 % Biodiesel aufweisen, bei Ottomotoren darf der Anteil von Bioethanol bis zu 10 % betragen. Im Linien- und Flottenverkehr kommen zudem Biokraftstoffe in Reinform als Alternative zu fossilen Kraftstoffen zum Einsatz. Es gibt bereits Beispiele für LKW, die mit reinem Biodiesel betankt werden.¹¹

Ein vielversprechender Biokraftstoff auf dem Weg zum CO₂-neutralen Schwerlastverkehr stellt Biomethan dar, auch als Bio-CNG (CNG: Compressed Natural Gas) bezeichnet. Biomethan ist ein Biogas, das durch Vergärung organischer Stoffe wie Gülle, Abfällen und Reststoffen oder auch nachwachsender Rohstoffe wie Getreide, Mais oder Grassilage erzeugt wird. Bio-CNG ist die Grundlage zur Herstellung von Bio-LNG (LNG: Liquefied Natural Gas). Das Biomethangas wird mit einer Temperatur von -162 Grad verflüssigt, unter hohem Druck komprimiert und in die Tanks der LKW gefüllt. Gegenüber Bio-CNG weist Bio-LNG eine grö-

ßere Reichweite von ca. 1.000 km aus. Es eignet sich daher für den Einsatz auf der Langstrecke, wohingegen Bio-CNG häufiger im Nahverkehr eingesetzt wird. Bio-CNG wie auch Bio-LNG können problemlos in der bestehenden Infrastruktur verwendet werden. Diese Tatsache erleichtert die Markteinführung deutlich. Bio-CNG kann beispielsweise nach Informationen von TotalEnergies bereits heute an verschiedenen Stationen getankt werden. Die Anzahl der Bio-CNG Stationen soll bis 2025 weiter ausgebaut werden.¹²

In den Niederlanden betreibt Shell eine Tankstelle, an der alle Kunden an den LNG-Stationen bereits heute ein Gemisch aus Bio-LNG und fossilem Flüssiggas tanken. Laut Zahlen von EuroShell Deutschland aus dem Jahr 2022 betreibt Shell 26 LNG-Stationen entlang der Hauptverkehrswege in Deutschland. Die Anzahl soll auf 40 erhöht werden. Um zusätzliche Kapazitäten zu schaffen, baut Shell im Shell Energy und Chemicals Park Rheinland derzeit eine Bio-LNG-Anlage mit einer jährlichen Kapazität von rund 100.000 Tonnen LNG.¹³ Viele Spediteure haben mittlerweile ihren Fuhrpark auf die von Firmen wie Volvo, IVECO und Scania produzierten LKW mit LNG-Antrieb ergänzt oder vollständig umgerüstet, denn diese weisen ähnliche Leistungsdaten und vergleichbare Reichweiten wie ihre Dieselpendants auf, jedoch mit geringeren Emissionen. Die Umstellung auf Bio-LNG und Bio-CNG stellt daher einen wesentlichen Schritt zur Dekarbonisierung der Fahrzeugflotten dar.

Während sich elektro- und wasserstoffbetriebene Flugzeuge noch in der Entwicklungsphase befinden, ließen sich gemäß einer Studie von DHL aus dem Jahr 2023 mit Biokraftstoffen bereits heute die Luftfracht-Emissionen um 80 % reduzieren. Der Einsatz nachhaltiger Flugkraftstoffe (Sustainable Aviation Fuels (SAF)) ist laut der Studie die wichtigste Option für diesen Verkehrsträger.¹⁴ Auch im Seeverkehr werden Frachtschiffe und Containercarrier auf grüne Antriebstechnologie umgerüstet, wie das Beispiel der North Sea Container Line (NCL), ein kleiner norwegischer Containercarrier, zeigt. Es befinden sich aktuell zwei mit grünem Methanol betriebene Containerschiffe im Bau und sollen 2024 in Dienst gestellt werden.¹⁵ Die dänische Reederei Maersk ist bereits einen Schritt weiter und hat am 14.09.2023 die Taufe des weltweit ersten Containerschiffs mit grünem Methanol-Antrieb durchgeführt.¹⁶

Neben den bekannten organischen Stoffen zur Herstellung von Biokraftstoffen werden aktuell weitere Alternativen untersucht. Derzeit laufen Forschungsaktivitäten zur Entwicklung von Biokraftstoffen aus Algen, Cellulose oder Holz. Diese sind jedoch noch nicht marktfähig und es bedarf weiterer Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten, um eine eventuelle Marktreife zu erreichen.

E-Fuels

E-Fuels stellen einen vielversprechenden Baustein zur Dekarbonisierung des Transportsektors dar und sind eine wichtige Übergangstechnologie auf dem Weg zur vollständigen Elektrifizierung von Supply Chains. Sie können als direkter Ersatz für konventionelle Kraftstoffe in Verbrennungsmotoren verwendet werden, ohne dass umfangreiche Anpassungen an der vorhandenen Infrastruktur – Pipelines, Tankstellen, etc. – erforderlich sind. Durch die Verwendung von E-Fuels können Transportunternehmer und Logistikdienstleister ihre Flotten auf nachhaltige Mobilität umstellen und damit den CO₂-Fußabdruck reduzieren.

E-Fuels sind synthetische Kraftstoffe, die mit Hilfe von Strom aus Wasser und Kohlendioxid erzeugt und zum Betrieb eines Verbrennungsmotors genutzt werden können. Sie weisen die gleichen Eigenschaften wie fossile Kraftstoffe auf, d.h. die Verbrennung erzeugt ebenso viel umweltschädliche Abgase, wie herkömmliche Kraftstoffe. Allerdings können E-Fuels eine klimaneutrale Option darstellen, wenn zwei entscheidende Bedingungen erfüllt sind: Erstens die vollständige Verwendung von Strom aus erneuerbarer Energie für den Herstellungsprozess und zweitens die Verwendung von Kohlendioxid, das bereits in der Atmosphäre vorhanden ist oder aus nachhaltigen Quellen wie aus Biomasse oder von Industrieabgasen stammt.

Der entscheidende Schritt bei der Herstellung von E-Fuels ist die Elektrolyse von Wasser, bei der Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird. Dieses Verfahren wird als Power-to-X bezeichnet. Power bezeichnet den Strom und das X steht für die Energieform oder den

Verwendungszweck, im betrachteten Fall Power-to-Fuel. So lassen sich synthetischen Kraftstoffe wie E-Benzin, E-Diesel oder auch E-Kerosin erzeugen. Das Verfahren ist mehr als 80 Jahre alt und galt bisher als ineffizient, weil der Energieaufwand sehr hoch ist. Um den gesamten Produktionsprozess weitgehend emissionsfrei gestalten zu können, muss daher die Energie, die für diesen Prozess benötigt wird, vollständig aus erneuerbaren Quellen stammen, wie z. B. aus Wind- oder Solarenergie. Die zweite wesentliche Voraussetzung für klimaneutrale E-Fuels ist die Verwendung von Kohlendioxid, das entweder bereits in der Atmosphäre vorhanden ist oder aus nachhaltigen Quellen stammt. Durch die Kombination von erneuerbarer Energie und nachhaltig gewonnenem Kohlendioxid ist die Klimabilanz von E-Fuels nahezu neutral, denn das beim Verbrennen der E-Fuels freigesetzte Kohlendioxid wird mithilfe des zuvor aus der Atmosphäre absorbierten Kohlendioxids kompensiert. Dieses Verfahren minimiert die Nettoemission von Treibhausgasen und trägt somit zur Klimaneutralität bei.¹⁷

Ende 2022 wurde die erste kommerzielle Großanlage zur Herstellung von E-Fuels in Chile eröffnet. Porsche und weitere internationale Partner haben sich an der Betreibergesellschaft Highly Innovative Fuels (HIF) beteiligt. Sie plant, errichtet und betreibt E-Fuel-Anlagen in Chile, den USA und Australien. Die Pilotanlage „Haru Oni“ in Chile hat nun mit der Produktion von E-Fuels begonnen. Zunächst ist eine jährliche Produktionsmenge von 130.000 Litern vorgesehen. In den nächsten Jahren soll die Kapazität auf 550 Millionen Liter pro Jahr hochgefahren werden.¹⁸

Auch in Deutschland werden E-Fuels seit kurzem durch Unternehmen wie Atmosfair in Werlte/Emsland und Next Gate in Hamburg produziert. Die Firma Ineratec plant in Frankfurt-Höchst die weltweit größte Pilotanlage und auch europaweit sind weitere Anlagen in der Planungsphase, wie z.B. in Bicester (Großbritannien) durch die Firma Zero Petroleum, in Spanien im Bilbao Decarbonization Hub und in Dünkirchen (Frankreich) im Rahmen des ReuZe-Projekts, das E-Fuels für den Schiffs- und Flugverkehr produzieren will. Die Produktionskapazitäten werden in den nächsten Jahren besonders für die Luftfahrtbranche wichtig, denn die EU-Kommission hat ab 2030 eine Beimischungspflicht von synthetischem Kerosin beschlossen. Der Internationale Luftverkehrsverband (IATA) strebt eine ähnliche Entwicklung an.¹⁹

Aus diesem Grund haben die EU und die Bundesregierung in ihren strategischen Planungen das Ziel formuliert, bedeutende Mengen an E-Fuels sowohl innerhalb Europas als auch weltweit zu produzieren. Sie sollen vorrangig bei Schiffen und Flugzeugen zum Einsatz kommen, bei denen die herkömmliche Batterietechnologie bisher unpraktikabel ist. Es bleibt jedoch ungewiss, ob dieses Vorhaben überhaupt umgesetzt werden kann, denn derzeit existieren bei Weitem nicht ausreichend Windkraft- und Solaranlagen sowie Power-to-X-Einrichtungen, um die erforderlichen Mengen an E-Fuels zu produzieren. Eine Ausweitung der Nutzung von E-Fuels in Last- und Personenkraftwagen würde eine erhebliche infrastrukturelle Anpassung und technische Entwicklung bedeuten, um die angestrebte Klimaneutralität zu erreichen.²⁰

Fazit

Die CO₂-Emissionen, die in Supply Chains entstehen, gewinnen in Zeiten des Klimawandels besondere Bedeutung, da sie einen erheblichen Anteil an den weltweiten Treibhausgasemissionen ausmachen. Die Dekarbonisierung des Land-, Wasser- und Seetransports ist ein zentrales Ziel zur Minimierung dieser Emissionen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden verschiedene Technologien erforscht und implementiert. Die Elektrifizierung von Fahrzeugen hat das Potenzial, die Emissionen erheblich zu reduzieren. Dies geschieht durch den Einsatz von Elektromotoren und fortschrittlichen Batteriesyste-

men, um den Betrieb auf emissionsfreier Basis zu ermöglichen. Wasserstoffbetriebene Brennstoffzellenfahrzeuge bieten eine vielversprechende Alternative, insbesondere für Langstrecken-LKW. Die Verwendung von Wasserstoff als Brennstoff ermöglicht eine schnelle Betankung und reduziert die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen erheblich. Biokraftstoffe, die aus nachhaltigen Quellen wie Biomasse gewonnen werden, sind eine weitere Option zur Dekarbonisierung der Supply Chains und des Verkehrs. Diese Kraftstoffe stammen aus erneuerbaren Quellen und können in herkömmlichen Ver-

brennungsmotoren verwendet werden. E-Fuels, die durch die Umwandlung von erneuerbarem Strom und CO₂ hergestellt werden, bieten eine vielversprechende Möglichkeit zur Reduzierung der Treibhausgasemissionen im Transportsektor. Insgesamt spielen diese Technologien eine entscheidende Rolle bei der Erreichung der Nachhaltigkeitsziele von Supply Chains und tragen zur Dekarbonisierung des Verkehrs in all seinen Formen bei. Ihre Integration erfordert jedoch weitere wissenschaftliche Forschung, Technologieentwicklung und eine effiziente Umsetzung in der Praxis.

Endnoten

- 1) Regionales Informationszentrum der Vereinten Nationen (UNRIC), 2023, The Climate Dictionary – An everyday guide to climate change. Abgerufen am 12.09.2023 von TagDiv Composer Draft – Vereinte Nationen – Regionales Informationszentrum für Westeuropa (unric.org)
- 2) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023, Climate Change 2023 AR6 Synthesis Report, abgerufen am 12.09.2023 von IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- 3) Statista Research Department, 2023, CO₂-Emissionen weltweit in den Jahren 1960 bis 2021. Abgerufen am 13.09.2023 unter CO₂-Ausstoß weltweit | Statista
- 4) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB), 2017, Schritt für Schritt zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement – Praxisleitfaden für Unternehmen. Abgerufen am 13.09.2023 unter Schritt für Schritt zum nachhaltigen Lieferkettenmanagement (bmuv.de)
- 5) DHL, 2023, The Report – A retrospective on the era of sustainable logistics. Abgerufen am 13.09.2023 von glo-csi-eosl-230710-white paper-Jul-27-lb-final_-V4.pdf
- 6) Statista Research Department, 2023, Verteilung der CO₂-Emissionen weltweit nach Sektoren bis 2021. Abgerufen am 13.09.2023 unter CO₂-Ausstoß weltweit nach Sektoren | Statista
- 7) Our World in Data, 2018, CO₂ emissions by mode of transport. Abgerufen am 13.09.2023 unter CO₂-Ausstoß Verkehr weltweit » Anteil von Flugverkehr & Co (wienenergie.at)
- 8) Bundesregierung, 2022, Klimaschutzgesetz – Generationenvertrag für das Klima. Abgerufen am 15.09.2023 unter Klimaschutzgesetz: Klimaneutralität bis 2045 | Bundesregierung
- 9) Infineon Technologies, 2021, Chancen und Nutzen durch E-Nutzfahrzeuge. Abgerufen am 14.09.2023 unter Elektro-Nutzfahrzeuge: Vorteile & Trends – Infineon Technologies
- 10) Hyundai, 2023, XCIENT Fuel Cell. Abgerufen am 14.09.2023 unter XCIENT Fuel Cell | HYUNDAI Truck & Bus
- 11) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2023, Biokraftstoffe – Rohstoffe / Herstellung. Abgerufen am 13.09.2023 unter FNR: Biokraftstoffe
- 12) TotalEnergies, 2022, Bio-CNG – Der alternative Kraftstoff für das Transportgewerbe. Abgerufen am 14.09.2023 unter Bio-CNG | Der alternative Kraftstoff für das Transport-gewerbe (totalenergies.de)
- 13) Kleymann S., 2022, Bio-LNG: Der neue Kraftstoff zur Dekarbonisierung des Schwerlastverkehrs?, in: Krafthand-Truck, Krafthand Medien GmbH, Bad Wörlshofen. Abgerufen am 14.09.2023 unter Bio-LNG im Schwerlastverkehr – Potenziale | Krafthand-Truck
- 14) DHL Customer Solutions & Innovation, 2023, The Report – A Retrospective on the Era of Sustainable Logistics. Abgerufen am 14.09.2023 unter glo-csi-eosl-white-paper.pdf (dhl.com)
- 15) DVZ, 2022, Norweger bauen Containerschiff mit Methanolantrieb. Abgerufen am 14.09.2023 unter Norweger bauen Containerschiff mit Methanolantrieb | dvz.de
- 16) ARD Tagesschau, 2023, Erstes Containerschiff mit grünem Methanol. Abgerufen am 15.09.2023 unter Feierliche Taufe für erstes Containerschiff mit grünem Methanol | tagesschau.de
- 17) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), 2023, Biokraftstoffe – Rohstoffe/Herstellung. Abgerufen am 13.09.2023 unter FNR: Biokraftstoffe
- 18) Porsche, 2022, eFuels-Pilotanlage in Chile offiziell eröffnet. Abgerufen am 14.09.2023 unter eFuels-Pilotanlage in Chile offiziell eröffnet – Porsche Newsroom DEU
- 19) Hänsch-Petersen, L., Czajka, G., Krohn, G., Maltzahn, J., Gebhardt, G., 2023, E-Fuels: So steht es um den synthetischen Kraftstoff – Was der synthetische Kraftstoff einmal kosten könnte. Springer Medien. Springer SE. Berlin.
- 20) Gillmann, B., Herwartz, C., 2023, Synthetische Kraftstoffe – Darum geht es im Streit um die E-Fuels. Abgerufen am 14.09.2023 unter E-Fuels: Darum geht es im Streit um die synthetischen Kraftstoffe (handelsblatt.com)



Lars Rickmann ist Professor für Supply Chain Management und Logistik an der SRH-Hochschule in Nordrhein-Westfalen. Darüber hinaus ist er dort Studiengangsleiter für die Bachelor-Studiengänge Wirtschaftsingenieurwesen Logistik und Betriebswirtschaftslehre und lehrt in den Grundlagen- und Vertiefungsfächern im Bereich Supply Chain Management und Logistik auf Bachelor- und Masterniveau. Sein Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich nachhaltige Transformation von Supply Chains.

Bundesvereinigung Logistik e.V.

Schlachte 31

28195 Bremen

www.bvl.de