

Kraftstoffe in der Schifffahrt – ein Überblick

Was für den Straßenverkehr gilt, betrifft die Schifffahrt mindestens ebenso. Die Emissionen unterliegen immer härteren Grenzwerten – ob Schwefel, Stickoxide oder CO₂. Um die Zielvorgaben zu erreichen, sind alternative Kraftstoffe eine zentrale Lösungsoption. Gleichzeitig steigt die Nachfrage von Industriekunden nach klimaneutralen Transportmöglichkeiten.

Die globale Definition der Umweltstandards für die Seeschifffahrt erfolgt durch die Seeschiffahrtsorganisation IMO (International Maritime Organization), in der sich 174 Mitgliedstaaten als Vollmitglieder und drei weitere als assoziierte Mitglieder engagieren. Zu den Aufgaben der IMO gehört auch die Festlegung der Emissionsgrenzwerte auf den Weltmeeren, die teilweise in Abhängigkeit vom Fahrtgebiet variieren. So existieren in einigen küstennahen Bereichen

sogenannte ECAs (Emission Control Areas), in denen strengere Emissionsgrenzwerte einzuhalten sind.

Der aktuell weltweit gültige Grenzwert für den Kraftstoffschwefelgehalt beträgt 0,5 Prozent. Grundsätzlich darf auch Kraftstoff mit einem höheren Schwefelgehalt verbrannt werden, wenn durch Abgasbehandlungsmaßnahmen sichergestellt wird, dass die Schwefeldioxidemissionen jene nicht überschreiten, die entstünden, wenn ein der Vorgabe entsprechen-

der Kraftstoff eingesetzt werden würde. Innerhalb von SECAs (Sulfur Emission Control Areas) gilt ein strengerer Grenzwert, der den zulässigen Kraftstoffschwefelgehalt auf 0,1 Prozent limitiert.

Die Reglementierung der Stickoxidemissionen erfolgt gemäß der Standards TIER I (für Schiffe, die nach 2000 gebaut wurden) bis Tier III (für Schiffe, die innerhalb der ECAs betrieben werden und die nach 2016 gebaut wurden). Die innerhalb der unterschiedlichen

Fotos: Carl-Jürgen Bautsch – stock.adobe.com, Panten



Standards einzuhaltenden Grenzwerte sind abhängig von der Motordrehzahl. Der maximal zulässige NO_x-Emissionsgrenzwert für langsam laufende Motoren beträgt nach TIER III-Standard 3,4 g/kWh. Wird ein Schiff, das nach 2011 gebaut wurde, außerhalb einer ECA betrieben, so gilt hier der TIER II Standard.

Um die CO₂-Emissionen zu reduzieren, wurde seitens der IMO der EEDI (Energy Efficiency Design Index) verabschiedet, der heute für alle Neubauten gilt. Der EEDI ist ein Kennwert für die schiffsindividuellen CO₂-Emissionen pro Tonne und gefahrener Seemeile. Dabei wird für jeden Schiffstyp eine Referenzlinie definiert, aus der sich der einzuhaltende Grenzwert für das jeweilige Schiff ergibt. Inzwischen wurde die Ausweitung auf die bestehende Flotte durch die Einführung des EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index) beschlossen, der ab 2023 in Kraft tritt.

Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Interessenslagen der einzelnen Mitglieder werden die IMO insbesondere beim Thema Klimaschutz häufig als zu langsam und die Maßnahmen als zu wenig ambitioniert kritisiert. Aus diesem Grund gibt es immer wieder Vorstöße auf regionaler Ebene, so dass in einzelnen Hoheitsgebieten strengere Emissionsgrenzwerte, als die von der IMO verabschiedeten, gelten.

Aktuell ist hier beispielsweise ein Maßnahmenkatalog der EU (Europäische Union) zu nennen, der im Rahmen des „Green Deals“ das Klimapaket „Fit for 55“ vorsieht. Das Ziel der EU ist es, die CO₂-Emissionen bezogen auf das Jahr 1990 sektorübergreifend um 55 Prozent zu reduzieren. Dieser Vorgang soll bis 2030 abgeschlossen sein und ist ein Meilenstein auf dem Weg zur angestrebten Klimaneutralität bis 2050. Auch die Schifffahrtsbranche wird von dem Maßnahmenpaket betroffen sein, zumal sie perspektivisch in den Emissionshandel einbezogen werden soll. Dabei sollen alle Schiffe ab einer Größe von 5.000 Bruttoregistertonnen vollständig erfasst werden, sofern sie Häfen innerhalb der EU anlaufen.

Kraftstoff-Alternativen

Zusätzlich soll der Einsatz alternativer Kraftstoffe durch die Initiative

Forschung für die Praxis



Der Autor, Dr. Thilo Panten, hat an der Technischen Universität Hamburg (TUHH) Energietechnik und Maschinenbau studiert. Anschließend war er als wissenschaftlicher Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Schiffsmaschinenbau (TUHH) tätig, bevor er 2019 in die Industrie wechselte. Seit Anfang 2021 ist er Geschäftsführer der ERC Engineering Xperts, einem Unternehmen der ERC-Gruppe.

Die ERC Unternehmensgruppe beschäftigt sich bereits seit einigen Jahren mit der aktuell stattfindenden Transformation. Neben der Erarbeitung von technischen Konzepten und Lösungen wird die Durchführung von Anlagenoptimierungen angeboten. Um sich stets am Puls der Zeit zu bewegen, ist ERC äußerst aktiv in der Forschung. Aktuell beteiligt sich das Unternehmen unter anderem an dem geförderten Forschungsvorhaben „FlexiFuel“, in dessen Rahmen zusammen mit der (TUHH) ein automatisches Kraftstoffumschaltmodul für die Seeschifffahrt entwickelt wird. Insbesondere vor dem Hintergrund der Herausforderungen, die sich aus der „Fit for 55“-Initiative ergeben, wird im Unternehmen aktuell über eine Ausweitung des Engagements auf diesem Gebiet nachgedacht. Schon jetzt unterstützt die ERC ihre Kunden aus der Schifffahrt, aber auch aus dem Bereich der Industrieanlagen und Kraftwerke bei der Identifikation von Emissionsreduzierungspotenzialen und der Einführung neuer Technologien. Mit der Dynamik eines mittelständischen Unternehmens hat die ERC den Transformationsprozess bereits vor einiger Zeit eingeleitet, so dass neben dem Kerngeschäft der Emissionsreduzierung inzwischen die Vermeidung von Emissionen zunehmend in den Vordergrund rückt.

„FuelEU Maritime“ gefördert werden. Der konkrete Vorschlag beinhaltet eine Reduzierung der Treibhausgasintensität gegenüber dem Flottendurchschnitt aus dem Bezugsjahr 2020 um 6 Prozent bis 2030 und um weitere 20 Prozent bis 2040. Berücksichtigt werden erneuerbare und kohlenstoffarme Kraftstoffe. Dazu zählen flüssige Biokraftstoffe, dekarbonisiertes Gas (einschließlich Bio-LNG und E-Gas), dekarbonisierter Wasserstoff und dekarbonisierte, aus Wasserstoff gewonnene Kraftstoffe (einschließlich Methanol und Ammoniak) sowie Strom. „Dekarbonisiert“ bedeutet in diesem Fall, dass der Kohlenstoff aus fossilen Energieträgern abgespalten wurde.

Unabhängig von den gesetzlichen Rahmenbedingungen stellen viele Reedereien zunehmend fest, dass wichtige Großkunden sich ehrgeizige Ziele im Hinblick auf die Dekarbonisierung ihrer Lieferketten gesetzt haben. So haben sich beispielsweise Unternehmen wie Amazon, Puma, H&M und viele weitere bereits dazu verpflichtet, aktiv kohlenstofffreie Lösungen für den See-

transport ihrer Waren zu nutzen. Um die Spezifikation zukünftiger Transportdienstleistungen dieser Kunden erfüllen zu können, hat beispielsweise die Reederei Maersk den Bau einer Serie von Containerschiffen beauftragt, die mit Methanol betrieben werden sollen.

Wenngleich solche Leuchtturmprojekte die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit auf sich ziehen, so bleibt die Tatsache bestehen, dass das Handeln der Schiffsbetreiber in der Regel kostengetrieben ist. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass man kurz- bis mittelfristig wahrscheinlich versuchen wird, die neuen Anforderungen zunächst durch Beimischungen von sogenannten Bio- oder E-Fuels zu erfüllen. Dabei wird man in der ersten Phase vermutlich darauf achten, dass weiterhin eine dieselmotorische Verbrennung ohne nennenswerte Zusatzinvestitionen möglich ist.

Die maximale Beimischquote und damit auch das individuelle Emissionsreduzierungspotenzial, hängen dabei stark von den individuellen Kraftstoffeigenschaften ab.

Eine Möglichkeit zur Reduzierung der CO₂- und NO_x-Emissionen, die bereits in der Vergangenheit umgesetzt wurde, ist die Verwendung von **Erdgas**, das in flüssiger Form (LNG = Liquefied Natural Gas) an Bord gelagert wird. Die Verwendung von LNG war die Antwort auf die Einführung des TIER III-Standards, der bei ottomotorischer Verbrennung ohne weitere Abgasnachbehandlungsmaßnahmen eingehalten werden konnte. Ein wesentlicher Kritikpunkt an der Verwendung von LNG steht im Zusammenhang mit dem Methanschlupf. Methan ist der Hauptbestandteil des Erdgases und verfügt über ein erhebliches Treibhauspotenzial. Da die Anlagen und Systeme an Bord niemals 100-prozentig dicht sind, gelangt bei deren Betrieb auch immer ein geringer Anteil des Gases unverbrannt in die Atmosphäre. Weiterhin eignet sich diese Technologie eigentlich nur für Neubauten, zumal die Tanks, die erforderliche Anlagentechnik zur Kraftstoffaufbereitung und der Motor sich erheblich von der konventionellen Dieseltechnik unterscheiden. Zudem enthält Erdgas auch Kohlenstoff, so dass es bei der Verbrennung grundsätzlich erst einmal zur Freisetzung von CO₂ kommt, wenngleich die Menge aufgrund des günstigeren C/H-Verhältnisses geringer ist als bei langkettigen Dieselmotorkraftstoffen. Grundsätzlich kann Methan auch synthetisch erzeugt und damit bilanziell CO₂-neutral verbrannt werden, sofern das CO₂ zuvor aus der Atmosphäre abgeschieden wurde.

Unter technischen Gesichtspunkten ist die ottomotorische Verbrennung von **Methanol** eine vielversprechende Alternative für die Schifffahrt. Methanol kann, sofern es unter Einsatz regenerativer Energie produziert wird, CO₂-neutral verbrannt werden. Dies geht (ähnlich wie bei synthetischem Erdgas) nur dann, wenn der für die Produktion benötigte Kohlenstoff zuvor aus der Atmosphäre entnommen wurde. Methanol bietet den Vorteil hoher Wasserlöslichkeit bei vergleichsweise geringer Toxizität für Wasserorganismen. Diese Kombination ermöglicht die Anordnung der Tanks direkt an der Außenhaut des Schiffes. Ein Nachteil von Methanol ist allerdings, dass es als eher hochwertiger

Kraftstoffpreisprognose pro Liter (Dieseläquivalent)

| Kraftstoff | 2020, €/Liter dieseläquivalent | 2030, €/Liter dieseläquivalent |
|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Diesel | 0,47 | 0,55 |
| Wasserstoff (gasförmig, komprimiert) | 2,59 | 1,85 |
| Wasserstoff (flüssig) | 3,02 | 1,96 |
| Wasserstoff (LOHC) | 2,45 | 1,58 |
| PtG-Methan (Erdgas, flüssig) | 2,72 | 1,95 |
| PtL-Methanol (flüssig) | 3,05 | 2,20 |
| PtL-Diesel | 3,55 | 2,62 |

Quelle: Strombasierte Kraftstoffe für Brennstoffzellen in der Binnenschifffahrt; NOW GmbH im Auftrag des BMVI

Energieträger aktuell noch recht kostenintensiv und in großen Mengen nur schwierig zu beziehen ist.

Betrachtet man ausschließlich Kraftstoffe, die keinen Kohlenstoff enthalten, gäbe es in der Schifffahrt eigentlich nur die Möglichkeit, **Wasserstoff** oder **Ammoniak** einzusetzen. Beide Kraftstoffe haben den Vorteil, dass keine CO₂-Emissionen entstehen, wenn sie technisch verbrannt werden. Ein Nachteil, der beide Kraftstoffe vereint, ist eine vergleichsweise geringe Energiedichte, was mit Blick auf eine Anwendung in der Schifffahrt zu erheblichen Herausforderungen im Zusammenhang mit der Unterbringung der Tanks führt.

Wasserstoff kann grundsätzlich ottomotorisch verbrannt oder in einer Brennstoffzelle verstromt werden. Die Speicherung kann in flüssiger Form (bei -253 °C) oder als komprimiertes Gas erfolgen. Aus Gründen des „Handlings“ gibt es weiterhin die Möglichkeit, den Wasserstoff in einem organischen Trägerfluid (LOHC = Liquid Organic Hydrogen Carriers) zu binden. Ähnlich wie bei LNG besteht hier ein erheblicher Unterschied zur konventionellen Technik, die aktuell in der Breite an Bord eingesetzt wird.

Ammoniak muss ebenfalls ottomotorisch verbrannt werden. Ein Nachteil von Ammoniak ist neben der hohen Toxizität die Tatsache, dass bei der Verbrennung Lachgas (N₂O) entsteht, welches wiederum ein hohes Treibhauspotenzial aufweist.

Ein Vergleich der zukünftigen Kosten für die unterschiedlichen Kraftstoffe (Well-to-Tank) ist äußerst unsicherheitsbehaftet, zumal die Annahmen, die bei derartigen Prognosen zwangsweise getroffen werden müssen, einen erheblichen Einfluss auf die errechneten Preise haben. In einer aktuellen Prognose für die Binnenschifffahrt wird davon ausgegangen, dass sich die Kraftstoffpreise pro Liter dieseläquivalent wie in der oben dargestellten Tabelle entwickeln werden.

Die Preise für Ammoniak wurden in der Studie aufgrund einer Fokussierung auf die Binnenschifffahrt nicht betrachtet.

Fazit

Der Betrieb von Schiffen wird durch die zusätzlich benötigte Technik deutlich komplexer. Das liegt sowohl an den zahlreichen neuen Anforderungen, die es zu erfüllen gilt als auch daran, dass diese regional variieren. Die Betreiber sind gut beraten, die Bestandsflotte bereits jetzt mit Blick auf Retrofitmöglichkeiten zu untersuchen und einen geeigneten Maßnahmenkatalog zu erarbeiten, der den kostengünstigen und sicheren Schiffsbetrieb auch in der Zukunft ermöglicht. Hierbei sollen Aspekte, wie der zunehmende Kundenwunsch nach klimaneutralen Transportmöglichkeiten, aber auch die Qualifikation der Besatzungen im Hinblick auf den Einsatz neuer Technologien unbedingt berücksichtigt werden. ◀