

Lippelt, Jana; Gomez, Ana Maria Montoya; McCarthy, Lily

## Article

# Kurz zum Klima: Land in Sicht? Emissionen der internationalen Schifffahrt und Herausforderungen des Klimawandels

ifo Schnelldienst

## Provided in Cooperation with:

Ifo Institute – Leibniz Institute for Economic Research at the University of Munich

*Suggested Citation:* Lippelt, Jana; Gomez, Ana Maria Montoya; McCarthy, Lily (2016) : Kurz zum Klima: Land in Sicht? Emissionen der internationalen Schifffahrt und Herausforderungen des Klimawandels, ifo Schnelldienst, ISSN 0018-974X, ifo Institut - Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung an der Universität München, München, Vol. 69, Iss. 16, pp. 67-76

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/165807>

### Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

### Terms of use:

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

# Kurz zum Klima: Land in Sicht? Emissionen der internationalen Schifffahrt und Herausforderungen des Klimawandels

Jana Lippelt, Ana Maria Montoya Gomez und Lily McCarthy

Der weltweite Containerverkehr nimmt jährlich um 4–5% zu und macht rund 90% des weltweiten Handels aus. Derzeit sind rund 100 000 Containerschiffe und Tanker auf den Weltmeeren unterwegs, hinzu kommen Massengutfrachter und Kreuzfahrtschiffe. Betrachtet man lediglich den CO<sub>2</sub>-Ausstoß, so gehört der Schiffstransport dabei zu den effizientesten Transportarten. Dennoch stammen rund 83% aller Emissionen der gesamten Schifffahrt sowie rund 3% der globalen Emissionen aus dem Transport auf hoher See, Tendenz steigend (vgl. UNCTAD 2015). Auch andere Schadstoffe, wie Schwefeloxide (SO<sub>x</sub>), Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und Feinstaub machen mit bis zu 30% einen wesentlichen Teil der weltweiten Emissionen aus. Darüber hinaus muss sich auch der marine Sektor zukünftig mit den Auswirkungen des Klimawandels auseinandersetzen. Über diese Herausforderungen sowie internationale Regulierungen und Initiativen gibt der folgende Artikel einen Überblick.

## Emissionen

Abbildung 1 stellt die Entwicklung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Schiffen in den vergangenen 25 Jahren sowie Projektionen für die Zukunft dar.<sup>1</sup> Im Zeitraum von 1990–2008 haben sich die Emissionen verdoppelt, bevor sie in den darauf folgenden Jahren wieder leicht sanken (vgl. IMO 2015). In Bezug auf die zukünftige Entwicklung, geht die internationale Seeschifffahrts-Organisation der Vereinten Nationen (IMO – International Maritime Organisation) davon aus, dass der CO<sub>2</sub>-Ausstoß zwischen 50 und 250% wachsen würde, sofern keine signifikanten Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Schiffen ergriffen werden und kein umfassender Umstieg vom Schweröl und Schiffsdiesel auf umweltfreundlichere Alternativen (wie Flüssigerdgas, LNG) als Treibstoff stattfindet. Die große Bandbreite in den Prognosen, abgebildet als BAU1–BAU4, kann durch die Unsicherheiten bezüglich des Wachstums der Weltwirtschaft und dem damit zusammenhängenden internationalen Handel sowie der Nutzung von fossilen Energieträgern in der Wirtschaft erklärt werden. Bei sonst gleichbleibenden Faktoren würde eine Entkopplung der Weltwirtschaft von Kohle und Erdöl eine Reduktion des maritimen Transportbedarfs dieser beiden Energieträger und somit eine Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes von Schiffen verursachen. Neben den oben genannten *Business-as-Usual*-Szenarien berechnet die IMO weitere Szenarien, die sich im Ausmaß der Effizienzsteigerung und der Umstellung auf andere Treibstoffe unterscheiden. Kein

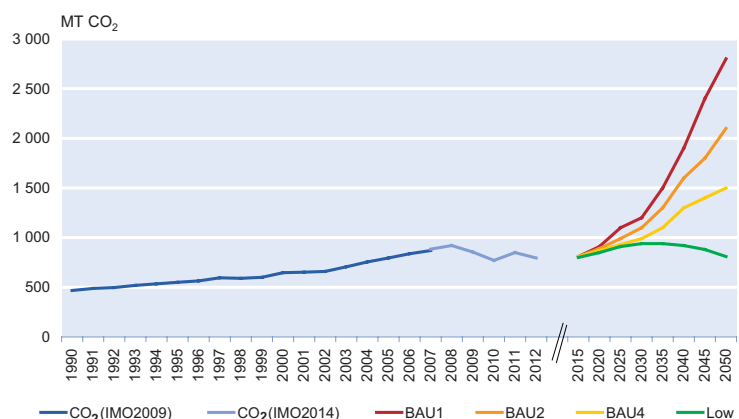
Szenario impliziert niedrigere Emissionen im Jahr 2050 als im Jahr 2012. Lediglich ein Szenario, das in Abbildung 1 als *Low* gekennzeichnet ist, impliziert die Rückkehr im Jahr 2050 auf das Ausstoßniveau von 2012, nachdem die Emissionen mit einer niedrigen Rate bis 2030 ansteigen. Dieses Szenario nimmt eine Kombination aus niedrigem Wirtschaftswachstum, mittlerer Nutzung fossiler Brennstoffen in der Weltwirtschaft, signifikanter Effizienzsteigerungen und einen hohen Anteil von LNG im Energiemix von Schiffen an und kann daher als optimistische Prognose für die Entwicklung der Emissionen in der Seeschifffahrt eingestuft werden (vgl. IMO 2015).

## Klimaverhandlungen und Regulierungen

Bereits während der ersten Vertragsstaatenkonferenz der UNFCCC im Jahr 1995 wurden die Emissionen des internationalen Seeverkehrs thematisiert. Dort wurde das Gremium für wissenschaftliche und technologische Beratung (SBSTA, Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice) und das Gremium für Fragen der Umsetzung (SBI, Subsidiary Body for Implementation) damit beauftragt, sich unter Berücksichtigung der Arbeit der Vertragsstaaten und der IMO mit der Frage der Zuweisung und Kontrolle von in der internationalen Schifffahrt verursachten Emissionen zu befassen (vgl. UNFCCC 1995). Laut Artikel 2.2 des Kyoto-Protokolls sollen die Annex-I-Staaten die Reduktion von Treibhausgasen der internationalen zivilen Luftfahrt und der Seeschifffahrt vorantreiben, die nicht im Montreal-Protokoll geregelt sind (vgl. UNFCCC 2014a; vgl. Abb. 2). Die Verhandlungen bzgl. der Reduktion von Treibhausgasen obliegen im Fall der Schifffahrt der IMO, die sich in ständiger Kooperation und Informationsaustausch mit der UNFCCC mittels des SBSTA befindet (vgl. UNFCCC 2014b).

Zu den wichtigsten Konventionen im Bereich der internationalen Schifffahrt und des Umweltschutzes zählt die

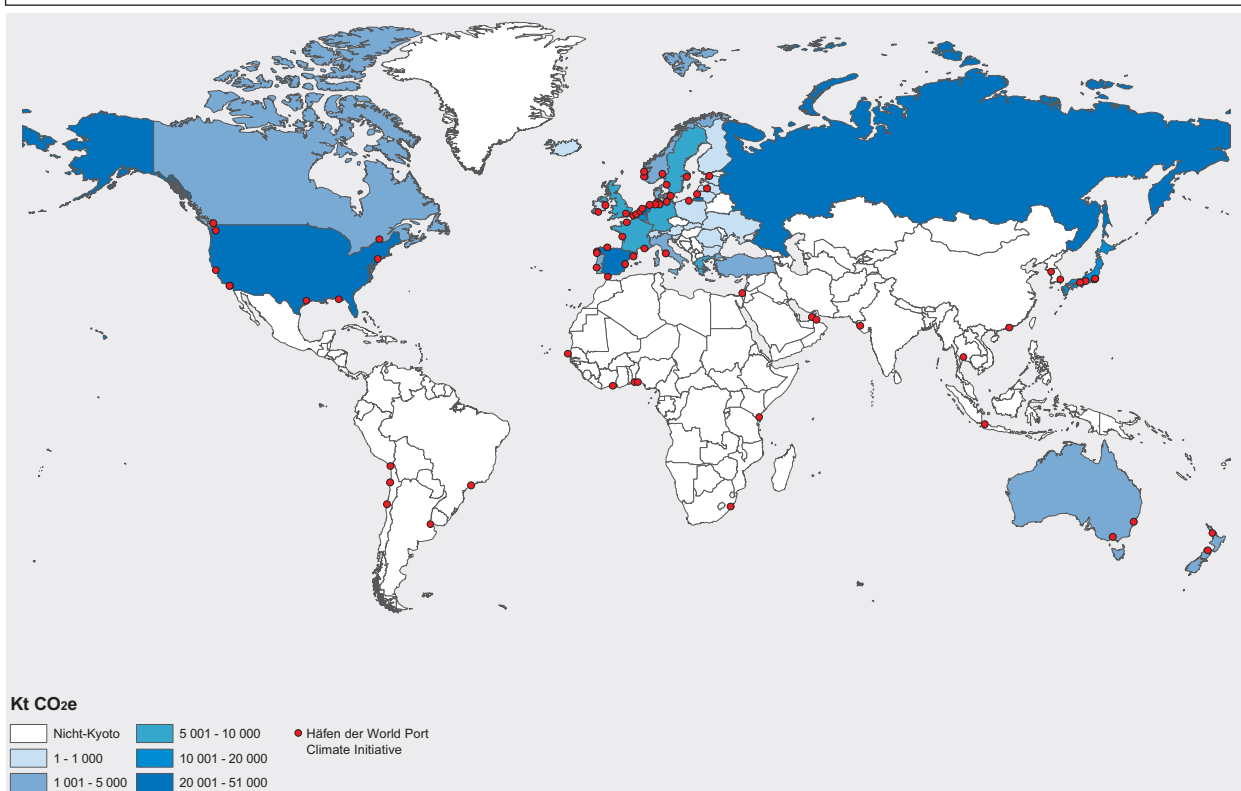
Abb. 1  
CO<sub>2</sub>-Emissionen der internationalen Schifffahrt und Szenarien für die Zukunft



Quelle: IMO (2015) Third Greenhouse Gas Study 2014; IMO (2009) Second Greenhouse Gas Study 2009.

<sup>1</sup> Der leichte Bruch im Jahr 2007 ist darauf zurückzuführen, dass die IMO leicht unterschiedliche Methoden für die Berechnung der Emissionen in den THG-Emissionsberichte 2009 und 2014 anwendete.

Abb. 2  
UNFCCC-Emissionen für Annex-I-Staaten



\*) Die Zahlen für USA, Australien, Neuseeland und Österreich beziehen sich auf das Jahr 2012.  
Quelle: UNFCCC (2016); World Port Index (2016).

MARPOL-Konvention, das Internationale Übereinkommen zur Verhütung der Meeresverschmutzung durch Schiffe. Beschlossen wurde es im Jahr 1973, beschränkte sich dabei zunächst jedoch hauptsächlich auf die Vermeidung von Verschmutzung durch Öl, Abwasser sowie Schiffsmüll. Im September 1997 wurde das Abkommen durch die Anlage VI erweitert, in der Regeln zur Vermeidung von Luftschadstoffen wie Schwefeloxide, Stickstoffoxide und Feinstaub sowie das Verbot von Stoffen, die zum Abbau der Ozonschicht führen, enthalten sind (vgl. IMO 2016a). Es trat 2005 in Kraft, betrifft jedoch nur Schiffe, die unter der Flagge eines der Länder fahren, die das Abkommen ratifiziert haben. Schiffe mit Flaggen anderer Länder (v.a. in Afrika und im Nahen Osten) unterliegen der Hafenstaatkontrolle der jeweiligen Vertragsparteien, die besonders schadstoffintensiven oder beschädigten Schiffen unter anderem das Auslaufen untersagen kann bis der Mangel behoben wurde, oder aber Bußgelder verhängen kann (vgl. Deutsche Flaggenstaatverwaltung 2016a).

Eine Besonderheit unter MARPOL ist die Einrichtung sogenannter Emissionskontrollgebiete (ECA). Neben der Ostsee und Nordsee zählen dazu die Küstengewässer von Kanada und den USA inklusive der Karibik und beinhalten besonders strenge Vorgaben über den zulässigen Ausstoß von Schwefeloxiden beziehungsweise, bisher nur in den amerikanischen Gewässern, von Stickoxiden sowie Fein-

staub (vgl. IMO 2016a). Für die Zukunft wird zudem über die Ausschreibung der Küstengewässer Japans, Norwegens sowie dem Mittelmeer als Emissionskontrollgebiete verhandelt.

Was die Treibhausgasemissionen angeht, befasste sich eine von der Europäischen Kommission in Auftrag gegebene Studie mit unterschiedlichen Maßnahmen, die ergriffen werden können, um die Emissionen in der internationalen Schifffahrt zu reduzieren (vgl. Maddox Consulting 2012). Die damit verbundene Grenzkostenberechnung ergab, dass die Implementierung vieler dieser Maßnahmen Netto-Betriebskosteneinsparungen ermöglichen würde. Allerdings werden diese Einsparungen aufgrund herrschender Marktbarrieren, wie zum Beispiel Unsicherheiten bezüglich der Ölpreisentwicklung, nicht realisiert. Ein weiteres wichtiges Hemmnis entsteht durch das Investor-Nutzer-Dilemma, nach dem die Kosten der Investitionen vom Schiffseigentümer getragen werden, während die Ersparnisse dem Betreiber zu Gute kommen (vgl. Maddox Consulting 2012).

2011 wurden vom *Marine Environmental Protection Committee*, dem obersten Komitee der IMO zur Verhütung der Seeverschmutzung, verschiedene Maßnahmen zur Reduktion von CO<sub>2</sub> aus dem internationalen Schiffsverkehr beschlossen. Diese sollen vor allem durch die Verbesserung des Schiffsdesigns, einer besseren Geschwindigkeitskon-

trolle und weiteren operativen Maßnahmen zur Verringerung des Treibstoffverbrauchs gewährleistet werden (vgl. UNCTAD 2015). Dazu wurden im neuen Artikel 4 des MARPOL-Annex VI technische Regularien über die Energieeffizienz neuer Schiffe (EEDI, Energy Efficiency Design Index) sowie der Erstellung eines Energieeffizienzmanagements an Bord (SEEMP, Ship Energy Efficiency Management Plan) festgehalten, die Anfang 2013 in Kraft getreten sind. Ziel des Energy Efficiency Design Index (EEDI) ist dabei die Verringerung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes mit Hilfe von effizienteren Maschinen und Ausrüstung auf neuen Schiffen (vgl. IMO 2016b). Er wird aus den Emissionen pro Tonne Ladung und zurückgelegter Seemeilen berechnet, wobei für Passagierschiffe andere Berechnungsformeln als bsw. für Tanker oder Containerschiffe gelten. Dabei müssen neue Schiffe seit 2015 mindestens 10% effizienter sein. Alle fünf Jahre soll dieser Wert um weitere 10% ansteigen und somit eine einheitliche Grundlage zum Vergleich und der Entwicklung effizienterer Schiffe bieten (vgl. Deutsche Flaggenstaatverwaltung 2016b). Zusätzlich dient der Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP) zur Effizienzsteigerung an Bord sämtlicher Schiffe. Hierbei sollen alle Parameter zum Brennstoffverbrauch einfließen wie z.B. Geschwindigkeit, Wetterlage, Beladung. Im Gegensatz zum EEDI existieren hier keine verbindlichen Vorgaben zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Ausstoßes. Beide Regularien sollen laut IMO bis zum Jahr 2030 zu einer Emissionsreduktion von 25–30% beitragen.

Auf europäischer Ebene trat im Juli letzten Jahres die Verordnung 2015/757 zur Überwachung, Berichterstattung und der Prüfung von CO<sub>2</sub>-Emissionen (MRV) aus dem Seeverkehr in Kraft. Sie stellt einen ersten Schritt zur Berücksichtigung und Reduktion von Emissionen aus dem Transport auf See dar (vgl. Watson Farley und Williams 2015). Die Regulierung betrifft, unabhängig von ihrem Heimathafen oder unter welcher Flagge sie fahren, Schiffe mit über 5 000 BRZ (Bruttoreaumzahl). Ausgenommen hiervon sind unter anderem Kriegs- und Fischereischiffe sowie einfache Holzschiffe. Neben den CO<sub>2</sub>-Emissionen sollen hierbei auch Informationen zum Treibstoffverbrauch und der Energieeffizienz aufgezeichnet werden. Bis Ende August 2017 müssen Reedereien zudem ein Monitoringkonzept für jedes ihrer Schiffe vorlegen, das neben den Mengen und Quellen von CO<sub>2</sub>-Emissionen auch Angaben zum Schiffstyp, den gefahrenen Strecken sowie jedem Ein- und Auslaufen aus EU-Häfen enthält. Ab 2019 sind die Unternehmen darüber hinaus verpflichtet, der Kommission und den nationalen Behörden einen jährlichen Emissionsbericht für jedes ihrer Schiffe vorzulegen (vgl. Watson Farley und Williams 2015). Mit Hilfe der genannten Maßnahmen sollen hierdurch bis 2030 die Kosten für Schiffseigner um bis zu 1,2 Mrd. Euro reduziert werden (vgl. European Commission 2016). Seit langem werden zudem marktbasierende Instrumente diskutiert, die Emissionen im gesamten Sektor, inklusive der Schiffe, senken sollen. Obwohl bis dato keine

konkreten Pläne bekannt sind, diese Instrumente zu implementieren, sieht die Europäische Kommission das hier beschriebene MRV-System als einen ersten Schritt eines mehrstufigen Ansatzes, der in der Zukunft möglicherweise marktbasierende Instrumente beinhalten kann (vgl. European Commission 2013).

### Emissionen in Häfen

Doch nicht nur auf hoher See, sondern auch in den Häfen spielen Schadstoffemissionen eine wesentliche Rolle, da deren Einflüsse hier besonders stark zutage treten. Sie werden vor allem mit Atemproblemen und Herz-Kreislaufkrankheiten sowie Lungenkrebs in Verbindung gebracht (vgl. Merk 2014). Schiffe machen mit rund 60% den größten Teil der Schadstoffemissionen in Häfen aus, doch auch Transportmittel an Land wie Züge, Lkw sowie Containerbrücken und andere Verladegeräte sind für einen Teil des Ausstoßes mitverantwortlich. In einer Studie des International Transport Forum (ITF) wurden die Emissionen von mehr als 20 000 Hochseeschiffen<sup>2</sup> in 874 Häfen im Zeitraum Mai 2011 geschätzt. Die errechneten Emissionen betragen dabei 18,3 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>, 0,4 Mio. Tonnen NO<sub>x</sub>, 0,2 Mio. Tonnen SO<sub>x</sub> sowie jeweils rund 30 000 Tonnen Feinstaub der Größe 2,5 und 10µm. 85% dieser Emissionen stammten dabei von Containerschiffen und Tankern, zurückzuführen unter anderem auf lange Verweilzeiten von Tankern am Liegeplatz (vgl. Merk 2014). Das weltweit höchste Schadstoffaufkommen in Häfen ist dabei in Asien zu beobachten, gefolgt von Europa. Die Häfen in diesen Regionen haben rund 70% der weltweiten Hafenanläufe zu verzeichnen, angeführt von China, Singapur und Hongkong. Im Verhältnis zu der hohen Zahl an Hafeneinläufen sind die SO<sub>x</sub>-Emissionen in europäischen Häfen dagegen relativ niedrig. Zurückzuführen ist dies neben den MARPOL-Regelungen auf die EU-Schwefelrichtlinie, die Schiffen am Liegeplatz seit 2010 die Nutzung von Treibstoffen mit geringen Schwefelgehalten von maximal 0,1% vorschreibt (vgl. Merk 2014).

### Freiwillige Initiativen

Neben national und international verbindlichen Regularien wurden in der Vergangenheit auch freiwillige Vereinbarungen und Initiativen ins Leben gerufen, die zur Reduktion der Emissionen von Schiffen und Häfen beitragen sollen. Eine davon ist die *World Ports Climate Initiative (WPCI)* der International Association of Ports and Harbors (IAPH). Seit 2008 beteiligen sich über 60 der weltweit wichtigsten Häfen an der Initiative (vgl. Abb. 2), um Treibhausgasemissionen und den Ausstoß von Luftschadstoffen von Schiffen und Häfen durch die Verbesserung von Antrieben, Lieferketten und der lokalen Infrastrukturen, wie z.B. der Stromversorgung für

<sup>2</sup> Ohne Passagierschiffe.

Schiffe an Land, zu reduzieren (vgl. IAPH 2016a). Die wichtigsten Aktivitäten umfassen dabei unter anderem Projekte zum energieeffizienten Gütertransport und Frachturnschlag sowie dem Einsatz von Flüssigerdgas (LNG) an Land und an Bord von Schiffen. Mit Hilfe von LNG können die Stick- und Schwefeloxidemissionen um 90-100% und CO<sub>2</sub>-Emissionen um 26% gesenkt werden (vgl. IAPH 2016b).

Ein weiteres Projekt im Rahmen der Initiative ist der *Environmental Ship Index (ESI)*. Dabei werden Schiffe ausgezeichnet, die ihre Emissionen über die von der IMO auferlegten Standards hinaus reduzieren. So hält ein Schiff mit einer Punktzahl von 0 die gesetzmäßig erforderlichen Werte ein, während Schiffe mit einer Punktzahl von 100 keine Stick- oder Schwefeloxide mehr ausstoßen. Anreize für die Schiffsbetreiber sind dabei vor allem reduzierte Hafengebühren. Beispielsweise erhalten Schiffe mit einer Punktzahl von mindestens 40 im Hafen von Los Angeles einen Nachlass von 1250 US-Dollar pro Hafeneinlauf (vgl. Port of Los Angeles 2016). Der Index soll darüber hinaus zu einer Vergleichbarkeit von Schiffsemissionen, einer größeren Akzeptanz von Akteuren und Verbrauchern sowie der Entwicklung umweltfreundlicher Technologien beitragen. Bisher wurden mehr als 4800 Schiffe in den Index übernommen (vgl. Environmental Ship Index 2016). Erste Resultate sind unter anderem in der Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen erkennbar. So verringerten sich die CO<sub>2</sub>-Emissionen auf der Route zwischen Asien und Europa trotz eines Anstiegs der durchschnittlichen Schiffsgrößen zwischen 2009 und 2013 um 35% (vgl. Drewry Supply Chain Advisors 2015).

Im Zusammenhang mit dem Environmental Ship Index spielt seit einigen Jahren auch die Verfügbarkeit einer Landstromversorgung (*Cold Ironing*) eine immer wichtigere Rolle. Dadurch können Schiffsturbinen, die ansonsten für die Stromversorgung an Bord genutzt werden, am Liegeplatz heruntergefahren werden. Der Wechsel von der Stromerzeugung an Bord zu einer zentralen Stromversorgung an Land, meist durch ein lokales Stromnetz, trägt damit neben einer verbesserten Luftqualität und sinkenden Treibstoffkosten auch zu einer geringeren Lärmbelastung bei. Trotz einer möglichen Verlagerung der Emissionen vom Schiff aufs Land kann die Menge an Emissionen dort durch energieeffizientere Kraftwerke deutlich gesenkt werden. Auch der Einsatz erneuerbarer Energien spielt in diesem Zusammenhang in vielen Häfen eine immer wichtigere Rolle. Die Landstromversorgung hatte ihren Ursprung bereits Anfang der 2000er in Alaska und wurde daraufhin in den wichtigsten kalifornischen Häfen zur Pflicht, um Schadstoffemissionen sowie CO<sub>2</sub> zu reduzieren (vgl. Green Port 2013). So erhalten Schiffe (inkl. Kreuzfahrtschiffe) ohne Anschlussmöglichkeiten an die Landstromversorgung dort seit 2014 keine Einlaufereignisse mehr. Die SO<sub>x</sub>- und Feinstaubemissionen von Schiffen konnten bsw. im Hafen von Los Angeles im Zeitraum von

2005–2014 um 97% bzw. 86% gesenkt werden (vgl. Port of Los Angeles 2015). Bis 2020 sollen dort 80% der Stromversorgung für Schiffe durch Landstrom bereitgestellt werden. Seit einigen Jahren wird die Entwicklung des Cold Ironing auch in einigen europäischen sowie verschiedenen asiatischen Häfen, wie z.B. Shanghai, vorangetrieben.

Zu guter Letzt wird auch an der Entwicklung von Schiffen gearbeitet, die komplett auf fossile Brennstoffe verzichten. Das weltweit erste Frachtschiff dieser Art wird seit einigen Jahren in Großbritannien und Irland entwickelt (vgl. Ship Technology 2012). 60% des Antriebs werden durch ein »Dynarigg-Segelsystem« ermöglicht. Dabei handelt es sich um freistehende und rotierbare Masten, die mit mehreren automatisch drehbaren Segeln bestückt sind, so dass die Winde schnell und wirksam ausgenutzt werden können (vgl. New Atlas 2012). Den Rest des Antriebs erledigt hier eine mit Biomethan betriebene Maschine. Die Technik, die bisher hauptsächlich auf Yachten angebracht wurde, könnte in Zukunft auch auf Frachtschiffe übertragen werden. Auch die Anwendung von Zugdrachen, die an Bord von Frachtschiffen als zusätzliche Antriebsquelle dienen, wird seit einigen Jahren entwickelt.

### Herausforderungen durch den Klimawandel

Angesichts des Klimawandels muss sich auch die Schifffahrt mit den Folgen für Schiffe und Häfen auseinandersetzen. Zu diesen zählt vor allem der prognostizierte Meeresspiegelanstieg von 0,6–2 m bis zum Jahr 2100 (vgl. Becker et al. 2012). Durch Veränderungen der Jet Streams könnten sich zudem abnormale Wetterphänomene entwickeln, wie z.B. stärkere und häufiger auftretende Stürme, die zur Verlagerung ganzer Schiffsrouten führen könnten. Im Fall von Starkniederschlägen können die Folgen Überflutung, Unterspülung von Küsten und die Verfrachtung gewaltiger Sedimentmassen sein, die eine Verschlammung von Häfen nach-sich-ziehen können (vgl. Scott et al. 2013). Darüber hinaus kann auch der Warentransport von erhöhten Temperaturen betroffen sein, so dass bsw. künftig vermehrt auf die Kühlung der Waren geachtet werden muss.

Ein Beispiel für die starke Zerstörung in Häfen durch Stürme ist Hurrikan Katrina, der 2005 zu gewaltigen ökologischen und wirtschaftlichen Schäden an der Südküste der USA führte. Der Schaden in den Häfen im südlichen Louisiana wurde dabei auf eine Summe von 1,7 Mrd. Dollar beziffert (vgl. Becker et al. 2012). Zudem wurde der Hafen von Gulfport (Mississippi) vollständig zerstört und erreichte selbst nach fünf Jahren nur 80% seines vorherigen Containeraufkommens. Laut aktuellen Berechnungen könnten Hurrikane mit der Stärke 4 und 5 bis zum Jahr 2100 doppelt so häufig auftreten wie derzeit, so dass Hurrikan Katrina dabei nur ein Ausblick auf die zukünftigen Gefahren ist. Welt-



weit liegt zudem ein Großteil der Häfen in Regionen starker und weiter zunehmenden Sturmaktivitäten. Vor diesem Hintergrund haben viele Häfen begonnen, Anpassungsstrategien an den Klimawandel zu erstellen, um Schiffe und Hafeninfrastruktur zu schützen. Im Allgemeinen ist der Bestand der Hafeninfrastruktur auf einen Zeitraum von 30 bis 50 Jahren ausgelegt, den Wetterbedingungen außerhalb ihrer Lebensspanne sind sie meist nicht gewachsen. Zur Anpassung an den Klimawandel haben viele Häfen damit begonnen, Gebäude und Geräte zu planen und zu errichten, die über dem prognostizierten Meeresspiegelanstieg liegen (vgl. Becker et al. 2012). Beispielsweise wurden im Fall von Gulfport die Gebäude nach Hurrikan Katrina 7 m über dem Meeresspiegel errichtet. Andere Beispiele enthalten die Errichtung von Deichen und Flutmauern sowie bessere Entwässerungssysteme (vgl. Scott et al. 2013).

## Literatur

Becker, A., S. Inoue, M. Fischer und B. Schwegler (2012), »Climate change impacts on international seaports: knowledge, perceptions, and planning efforts among port administrators«, *Climatic Change* 110(1), 5–29.

Deutsche Flaggenstaatverwaltung (2016a), »Hafenstaatkontrolle«, verfügbar unter: <http://www.deutsche-flagge.de/de/psc>.

Deutsche Flaggenstaatverwaltung (2016b), »Luftverunreinigung (Anlage VI)«, verfügbar unter: <http://www.deutsche-flagge.de/de/umweltschutz/marpol/luft-energieeffizienz/luftverunreinigung-anlage-vi#eedi>.

Drewry Supply Chain Advisors (2015), *Shipping is cutting CO<sub>2</sub> emissions*, verfügbar unter: [http://www.worldshipping.org/industry-issues/environment/air-emissions/1\\_\\_Drewry\\_Says\\_Shipping\\_is\\_cutting\\_CO2\\_emissions.pdf](http://www.worldshipping.org/industry-issues/environment/air-emissions/1__Drewry_Says_Shipping_is_cutting_CO2_emissions.pdf).

Environmental Ship Index (2016), »Environmental Ship Index ESI«, verfügbar unter: <http://www.environmentalshipindex.org/Public/Home>.

European Commission (2013), *Integrating maritime transport emissions in the EU's greenhouse gas reduction policies*, verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/docs/com\\_2013\\_479\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/docs/com_2013_479_en.pdf).

European Commission (2016), »Reducing emissions from the shipping sector«, verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/index_en.htm).

Green Port (2013), »The progress of Cold Ironing worldwide«, verfügbar unter: <http://www.greenport.com/news101/Products-and-Services/the-progress-of-cold-ironing-worldwide>.

IAPH – International Association of Ports and Harbours (2016a), »How WPCI began«, verfügbar unter: <http://wpci.iaphworldports.org/about-us/index.html#How%20WPCI%20Began>.

IAPH – International Association of Ports and Harbours (2016b), »LNG-Fueled Vessels. Benefits of LNG«, verfügbar unter: <http://www.lngbunkering.org/lng/environment/benefits-of-LNG>.

IMO (2009), *Second IMO Greenhouse Gas Study 2009*. Online verfügbar unter: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/GHGStudyFINAL.pdf>.

IMO (2015), *Third IMO Greenhouse Gas Study 2014*, verfügbar unter: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>.

IMO (2016a), *International Convention for the Prevention of Pollution from ships (MARPOL)*, verfügbar unter: <http://www.imo.org/en/About/Conven>

tions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-%28MARPOL%29.aspx.

IMO (2016b), *Energy Efficiency Measures*. verfügbar unter: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Pages/Technical-and-Operational-Measures.aspx>.

Maddox Consulting (2012), *Analysis of Market Barriers to Cost Effective GHG Emission Reductions in the Maritime Transport Sector*, verfügbar unter: [http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/docs/market\\_barriers\\_2012\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/shipping/docs/market_barriers_2012_en.pdf).

Merk, O. (2014), »Shipping emissions in ports«, Discussion paper No 2014-20, verfügbar unter: <http://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/dp201420.pdf>.

New Atlas (2012), »B9 Shipping developing 100 percent fossil fuel-free cargo sailing ships«. verfügbar unter: <http://newatlas.com/b9-shipping-cargo-sailing-ships/23059/>.

Port of Los Angeles (2015), *Port of Los Angeles Emissions Inventory Highlights 2014*, verfügbar unter: [https://www.portoflosangeles.org/pdf/2014\\_Air\\_Emissions\\_Inventory\\_Highlights.pdf](https://www.portoflosangeles.org/pdf/2014_Air_Emissions_Inventory_Highlights.pdf).

Port of Los Angeles (2016), *Environmental Ship Index Incentive Program. Ocean-Going Vessel Incentives*, verfügbar unter: [https://www.portoflosangeles.org/pdf/ESI\\_brochure\\_web\\_version.pdf](https://www.portoflosangeles.org/pdf/ESI_brochure_web_version.pdf).

Scott, H., D. McEvoy, P. Chhetri, F. Basic und J. Mullett (2013), *Climate change adaptation guidelines for ports. Enhancing the resilience of seaports to a changing climate*. National Climate Change Adaptation Research Facility, verfügbar unter: <http://global-cities.info/wp-content/uploads/2013/03/Climate-resilient-ports-series-Adaptation-Guidelines.pdf>.

Ship Technology (2012), »Developing the world's first 100% fossil fuel-free cargo ship«, verfügbar unter: <http://www.ship-technology.com/features/featurefossil-fuel-free-environment-shiping/>.

UNCTAD (2015), *Review of maritime transport 2015*, verfügbar unter: [http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2015\\_en.pdf](http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2015_en.pdf).

UNFCCC (2014a), *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, verfügbar unter: [http://unfccc.int/essential\\_background/kyoto\\_protocol/items/1678.php](http://unfccc.int/essential_background/kyoto_protocol/items/1678.php).

UNFCCC (2014b), *Emissions from fuel used for international aviation and maritime transport (international bunker fuels)*, verfügbar unter: [http://unfccc.int/methods/emissions\\_from\\_intl\\_transport/items/1057.php](http://unfccc.int/methods/emissions_from_intl_transport/items/1057.php).

Watson Farley und Williams (2015), *Briefing. Carbon Dioxide Emissions from Maritime Transport*, verfügbar unter: <http://www.wfw.com/wp-content/uploads/2015/08/WFW-CarbonDioxideEmissionsFromMaritimeTransport.pdf>.