



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorthesis

Grüne Logistik: Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen beim Schiff – Aufwand und Nutzen

Vor- und Zuname

Milena Meyer

geb. am

██████████

in

██████████

Matrikelnummer

██████████

Betreuender Professor:

Herr Prof. Dr. Matthias Thulesius

Zweitprüferin:

Frau Barbara Eckelmann

Abgabedatum:

██████████

Fakultät Wirtschaft und Soziales

Department Wirtschaft

Studiengang: Marketing/Technische Betriebswirtschaftslehre

Zusammenfassung

Die Bachelorthesis „Grüne Logistik: Maßnahmen zur Reduzierung der CO₂-Emissionen beim Schiff – Aufwand und Nutzen“ zeigt verschiedene Möglichkeiten auf, mit denen die Übersee-schiffahrt nachhaltiger gestaltet werden kann.

Zu Beginn der Thesis wird der Begriff „Grüne Logistik“ erläutert, um seine Stellung im Zusammenhang von Logistik und Nachhaltigkeit verständlich zu machen und seine heutige Bedeutung aufzuzeigen. Aufgrund der Eingrenzung auf den Verkehrsträger Schiff werden dann im Folgenden strategische und organisatorische Maßnahmen, sowie technische Maßnahmen aufgezeigt, mit denen es möglich ist, die CO₂-Emissionen speziell bei diesem Verkehrsträger zu senken.

Die strategischen/organisatorischen Maßnahmen befassen sich mit der Reduzierung der Bordnetzleistung, dem Slow Steaming und dem Routing und sind alles Lösungen, die mit eher geringem Aufwand umgesetzt werden können.

Die technischen Maßnahmen hingegen, zu denen in dieser Ausarbeitung die Rumpfoptimierung, die Antriebsoptimierung, alternative Antriebe, Windkraft-Antriebe, der neue Treibstoff LNG und die Landstromversorgung zählen, stellen Maßnahmen dar, die einen höheren Aufwand, vor allem in Bezug auf die nötigen Investitionen, mit sich bringen.

Im Abschluss der Arbeit wird eine Bewertung der Maßnahmen vorgenommen, in denen ihre Vor- und Nachteile aufgezeigt werden. Die Berechnung der eingesparten CO₂-Emissionen ist hierbei nur begrenzt möglich, da die Werte von verschiedenen individuellen Variablen abhängig sind.

Es lässt sich aber abschließend festhalten, dass die Gründe zur Umsetzung von Maßnahmen, die CO₂-Emissionen einsparen sollen, eher ökonomische sind, als dass sie aus ökologischer Überzeugung umgesetzt werden.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis	6
1. Einleitung	7
1.1. Problemstellung.....	7
1.2. Zielsetzung	10
2. Grüne Logistik	11
2.1. Nachhaltigkeit	11
2.2. Umweltbelastungen der Logistik	14
2.3. Hintergründe der grünen Logistik.....	16
2.3.1. Energiekosten & Energieeffizienz.....	16
2.3.2. Verkehrsinfarkt.....	19
2.3.3. Öffentlichkeit & Politik	20
2.3.4. Zusammenspiel dieser Hintergründe	22
3. Emissionseinsparung	23
3.1. Strategische & organisatorische Maßnahmen	25
3.1.1. Reduzierung der Bordnetzleistung.....	25
3.1.2. Slow Steaming	26
3.1.3. Routing.....	28
3.2. Technische Maßnahmen.....	29
3.2.1. Rumpfoptimierung	29
3.2.2. Antriebsoptimierung	33
3.2.3. Alternative Antriebe	35
3.2.4. Windkraft.....	37
3.2.5. Treibstoff LNG.....	40

3.2.6. Landstrom.....	42
3.3. Praxisbeispiel Tchibo.....	43
4. Bewertung der Möglichkeiten	45
4.1. Ökobilanz	46
4.2. Emissionsberechnung	48
4.2.1. CO ₂ -Berechnungsmethoden.....	48
4.2.2. EcoTransIT.....	53
4.3. Vergleich der dargestellten Maßnahmen	55
4.4. Ökologischer und ökonomischer Nutzen.....	61
5. Fazit	63
6. Literaturverzeichnis.....	66
6.1. Bücher	66
6.2. Aufsätze	67
6.3. Zeitschriften	67
6.4. Zeitungen	68
6.5. Diplomarbeiten	68
6.6. Elektronische Quellen	68
7. Erklärungen.....	73
7.1. Eidesstattliche Erklärung	73
7.2. Einverständnis.....	73

Abkürzungsverzeichnis

BASF	Badische Anilin- & Soda-Fabrik
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CO ₂ -Äq.	Kohlendioxidäquivalent, verwendet als Maß für die Emissionen von THG
DIN EN	Deutsches Institut für Normung Europäische Norm
DNV	Det Norske Veritas
ECA	Emission Controlled Area
ESI	Environmental Ship Index
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe
HFO	Heavy Fuel Oil
IEA	International Energy Agency
IFO	Intermediate Fuel Oil
IMO	International Maritime Organization
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Standardization Organization
LNG	Liquefied Natural Gas
LOTOS	Logistics towards Sustainability
MALS	Mitsubishi Air Lubrication System
MGO	Marine Gas Oil
MHI	Mitsubishi Heavy Industries
NO _x	Stickstoffoxide
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
PSS	Pre Swirl Stator
RoRo	engl. "Roll on Roll off"
SO _x	Schwefeloxide
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit
THG	Treibhausgas
WPCI	World Ports Climate Initiative

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anteile unterschiedlicher Treibhausgase an den Gesamtemissionen 2004.....	8
Abbildung 2: Anstieg der Treibhausgase zwischen 1970 und 2004	8
Abbildung 3: Das Nachhaltigkeits-Dreieck	13
Abbildung 4: Treibstoffkostenanteile der Verkehrsträger	17
Abbildung 5: Prognostizierte Entwicklung der Treibstoffkosten in der Schifffahrt	17
Abbildung 6: Anreize für Energieeffizienz	22
Abbildung 7: Gestaltungsdreieck für grüne Logistik	24
Abbildung 8: Brennstoffverbrauch in Abhängigkeit der Fahrtgeschwindigkeit	27
Abbildung 9: Air Cavity System.....	31
Abbildung 10: Mitsubishi Air Lubrication System	32
Abbildung 11: Re-Swirl Stator vor dem Propeller	33
Abbildung 12: POD-Antrieb von ABB Automation Marine.....	35
Abbildung 13: Flugmuster des SkySails-Zugdrachen	38
Abbildung 14: Steuergondel und Zugseil des Zugdrachen	38
Abbildung 15: Start- Und Landesystem des Zugdrachen im Vorschiffsbereich	39
Abbildung 16: Frachtschiff mit SkySails-Zugdrachen	40
Abbildung 17: Schematische Darstellung der Landstromversorgung	42
Abbildung 18: CO ₂ -Emissionen durch den Transport von Tchibo Produkten	44
Abbildung 19: Anteil der Verkehrsträger an CO ₂ -Emissionen durch den Transport von Tchibo Produkten (2011).....	45
Abbildung 20: CO ₂ -Bilanzierungsmethode	49
Abbildung 21: EcoTransIT Berechnungsparameter	54
Abbildung 22: Treiber umweltpolitischen Handelns.....	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: CO ₂ -Emissionsfaktoren für den Überseetransport.....	52
Tabelle 2: Maßnahmen und deren Potenzial	60

1. Einleitung

Diese Bachelorthesis beschäftigt sich mit dem Thema „Grüne Logistik“ unter besonderer Betrachtung der CO₂-Reduzierung beim Überseeschiff.

Sie befasst sich mit einem Überblick zum Problem des Klimawandels, der damit verbundenen Definition der „Nachhaltigkeit“ und der Entstehung und Erklärung des Begriffs „Grüne Logistik“, um im Anschluss daran Maßnahmen aufzuzeigen, die die CO₂-Emissionen beim Schiff verringern können. Diese Maßnahmen werden letztendlich noch in Bezug auf ihren Aufwand und Nutzen bewertet.

1.1. Problemstellung

In der Wissenschaft wird zwischen dem natürlichen atmosphärischen und dem anthropogenen, also durch den Menschen verursachten, Treibhauseffekt unterschieden. Ersterer sorgt dafür, dass ein Leben auf der Erde überhaupt möglich ist. Der anthropogene Treibhauseffekt hingegen wird durch die vom Menschen verursachten Emissionen von verschiedenen Spurengasen verursacht und ist maßgeblich an der Erderwärmung und dem Klimawandel beteiligt.¹

Zu diesen Spurengasen zählen Kohlendioxid (CO₂), Methan, Distickstoffoxid (Lachgas) und die mittlerweile verbotenen Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW). Diese Gase setzen sich in der Erdatmosphäre fest und erschweren damit die Abstrahlung der von der Sonne verursachten Wärme. Dadurch entsteht eine Erwärmung der Atmosphäre, der so genannte Treibhauseffekt.²

¹Vgl. Beuermann: Vom Menschen gemacht, 2008

²Vgl. ebd.

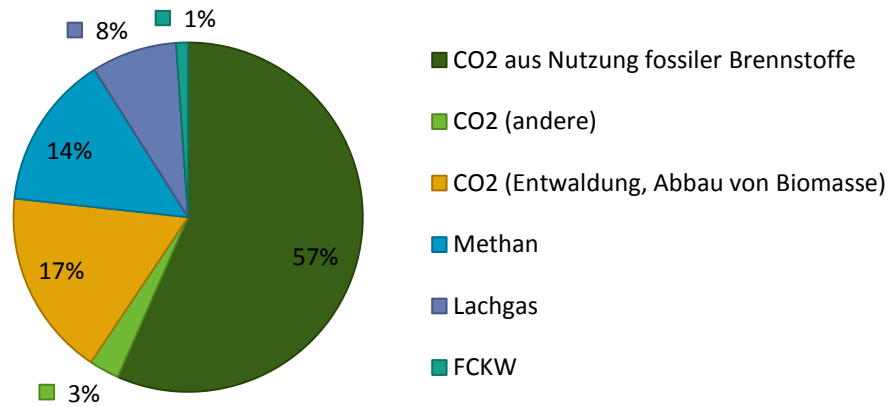


Abbildung 1: Anteile unterschiedlicher Treibhausgase an den Gesamtemissionen 2004

Als Hauptursache für die Freisetzung dieser so genannten Treibhausgase kann, wie auch in Abbildung 1³ zu erkennen, die Verbrennung fossiler Energieträger Braun- und Steinkohle, Erdöl und Erdgas ausgemacht werden.⁴

Laut dem vierten Synthesebericht des zwischenstaatlichen Ausschusses für Klimaänderungen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) sind die weltweiten Treibhausgase zwischen 1970 und 2004 um 70 Prozent angestiegen.⁵ Die Verteilung der jährlichen Emissionen der verschiedenen Treibhausgase ist in Abbildung 2⁶ zu sehen.

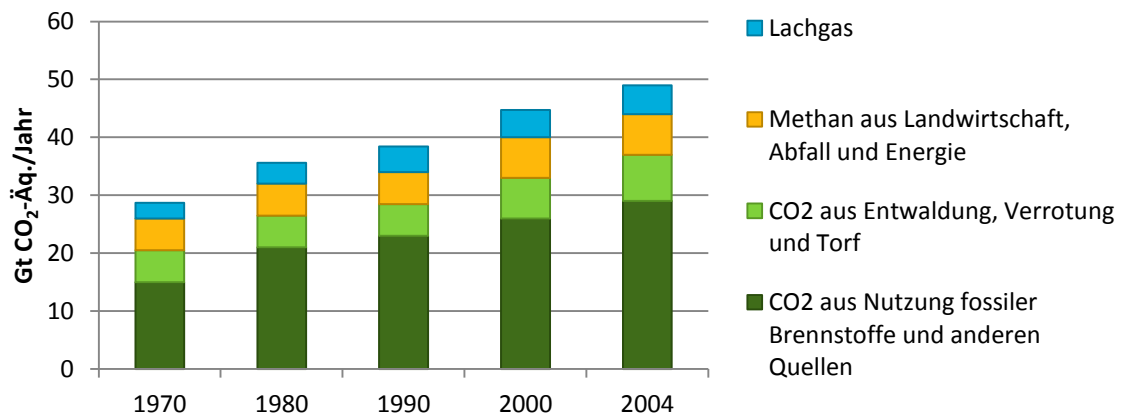


Abbildung 2: Anstieg der Treibhausgase zwischen 1970 und 2004

³ Vgl. IPCC: Klimaänderung 2007, S. 6

⁴ Vgl. Beuermann: Vom Menschen gemacht, 2008

⁵ Vgl. IPCC: Klimaänderung 2007, S. 5

⁶ Vgl. ebd. S. 6

Der dadurch verursachte Treibhauseffekt führte im letzten Jahrhundert zu einem Temperaturanstieg von 0,74 Grad Celsius. Dies wiederum verursachte, aufgrund thermischer Ausdehnung der Ozeane und dem Abschmelzen von Gletschern, Eiskappen und der polaren Eisschilder, einen Anstieg des Meeresspiegels. Seit 1961 stieg der Meeresspiegel durchschnittlich um 1,8mm pro Jahr. Seit 1993 sind es jährlich bereits 3,1mm.⁷

Weltweit sind sich die meisten Klimaforscher einig, dass ohne baldige Veränderungen und Eindämmung der Emissionen bis zum Ende des Jahrtausends eine Erderwärmung um bis zu sechs Grad Celsius zu erwarten ist.⁸ Eine derartig hohe Erderwärmung würde die Bewohnbarkeit des Planeten aufgrund von Klimaveränderungen, dem Anstieg des Meeresspiegels und Bodenerosionen stark einschränken.⁹

Die o.g. Verbrennung fossiler Energieträger ist maßgeblich für die hohen CO₂-Emissionen verantwortlich. Wird nun die Erkenntnis hinzu gezogen, dass 2007 allein in Deutschland 18 Prozent der ausgestoßenen CO₂-Emissionen auf den Verkehr zurückgeführt werden können¹⁰ und international betrachtet der Transportsektor der OECD-Länder, laut der Internationalen Energieagentur (IEA), 2008 für 30 Prozent der CO₂-Emissionen verantwortlich ist¹¹, wird der Zusammenhang zwischen CO₂-Emissionen und dem logistischen Transportsektor deutlich.

Gesellschaft und Weltwirtschaft sind abhängig von der Mobilität von Personen und vor allem von Wirtschaftsgütern. Diese Mobilität wird momentan fast ausschließlich durch die endlichen Ressourcen (wie z.B. Erdöl) und mit zunehmender Belastung der Umwelt gewährleistet.¹²

⁷ Vgl. IPCC: Klimaänderung 2007, S. 2

⁸ Vgl. Rahmstorf; Schellnhuber: Der Klimawandel, 2006, S. 48

⁹ Vgl. ebd. S. 54ff.

¹⁰ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 53

¹¹ Vgl. Bretzke: Logistik in Zeiten des Klimawandels, 2010, S. 215

¹² Vgl. Sadowski: Grüne Logistik, 2010, S. 12

1.2. Zielsetzung

Die Logistik hat in den letzten Jahrzehnten, durch die Globalisierung der Märkte, einen deutlichen Bedeutungszuwachs erhalten. Die Entwicklung hin zu globalen Wertschöpfungsnetzwerken stellt nicht nur hohe Anforderungen an die Logistiksysteme, sondern führt auch zu einer deutlichen Steigerung der weltweiten Güterströme und somit des Verkehrs.¹³

Mit Hilfe der Hochseeschifffahrt werden über 90 Prozent des Welthandels abgewickelt und dabei rund 3 Prozent der weltweiten CO₂-Emissionen verursacht. Laut der IMO Greenhouse Study 2009 ist die Schifffahrt somit für rund 1.046 Mio. t CO₂ verantwortlich.¹⁴

Weder Unternehmen noch Konsumenten möchten auf die Verfügbarkeit von Waren verzichten. Aus diesem Grund ist es kaum möglich, den globalen Handel mit Gütern einzuschränken, um die Umwelt zu schützen. Dies zeigt, dass ein anderer Weg gefunden werden muss, der den weltweiten Transport möglich macht, ohne Ressourcen übermäßig auszubeuten und die Umwelt nachhaltig zu schädigen. In diesem Kontext kommt die „Grüne Logistik“ ins Spiel, die genau dort ansetzt.

Bezogen auf den internationalen Schiffsverkehr sollen in dieser Ausarbeitung Maßnahmen dargestellt und bewertet werden, die innerhalb der grünen Logistik möglich sind, um die CO₂-Emissionen zu reduzieren.

¹³ Vgl. Nagel: Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit, 2011, S. 4

¹⁴ Vgl. Seidler: CO₂-Ausstoß von Schiffen: Mini-Bremse für schwimmende Dreckschleudern

2. Grüne Logistik

Woher der Begriff „Grüne Logistik“ genau stammt, lässt sich schwer sagen. Es lässt sich aber feststellen, dass dieser Ausdruck aus dem Englischen (Green Logistics) übernommen und dort Mitte der 90er Jahre zum ersten Mal verwendet wurde.¹⁵

Im weiteren geschichtlichen Verlauf dieses Begriffes erschien im Jahre 2001 ein Aufsatz von des US-Amerikaners Jean-Paul Rodrigue und den zwei Kanadiern Brian Slack und Claude Comtois, die unter dem Titel „Green Logistics (The Paradoxes of)“ über die paradox erscheinende Verbindung von Transport und Logistik mit „grünen“ Gesichtspunkten diskutierten, da gerade in diesen Bereichen die Umwelt stark belastet wird.¹⁶

Wirklich populär wurde der Begriff „Grüne Logistik“ erst ab einem Zeitpunkt, von wo an viel über Klimabelastungen und Umweltschutz, sowohl in der Politik, als auch in der Öffentlichkeit, diskutiert wurde. Hier lässt sich das Jahr 2007 festhalten, in dem die deutsche Bundeskanzlerin Angela Merkel den Klimaschutz vorangetrieben und für ihn geworben hat.¹⁷ Ab diesem Zeitpunkt findet sich der Begriff „Grüne Logistik“ auch vermehrt in Fachbüchern der Logistik.

Um genauer zu beleuchten, was unter grüner Logistik verstanden werden soll, wird in diesem Kapitel das Thema Nachhaltigkeit näher betrachtet und ein Bezug zur Logistik hergestellt. Im Anschluss werden verschiedene Ursachen aufgezeigt, die in diesem Zusammenhang als Hintergründe und Auslöser für die Aktualität der grünen Logistik bezeichnet werden können.

2.1. Nachhaltigkeit

Im Gegensatz zum Begriff „Grüne Logistik“ ist für die „Nachhaltigkeit“ ein eindeutiger Ursprung festzustellen.

Im Jahr 1713 wurde der Begriff erstmalig von dem sächsischen Oberberghauptmann Hans Carl von Carlowitz geprägt. In Bezug auf die Forstwirtschaft forderte er in seinem Werk „Sylvicultura oeconomica – Naturmäßige Anweisung zur wilden Baumzucht“, dass die Nutzung der Wälder nachhaltig erfolgen sollte. Mit einer nachhaltigen Nutzung meinte er, dass

¹⁵ Vgl. Baldauf: Grüne Logistik abseits von CO₂-Emissionen, 2010, S. 6

¹⁶ Vgl. Sadowski: Grüne Logistik, 2010, S. 3

¹⁷ Vgl. ebd. S. 4

nur so viele Bäume abgeholzt werden dürfen, wie auch wieder nachwachsen können. Indem der Verbrauch dieser natürlichen Ressourcen nicht ihre Regenerationszeit überschreitet, wollte er eine beständige Nutzung der Wälder für nachfolgende Generationen gewährleisten.¹⁸

Der Gedanke von Herrn Carlowitz lässt sich natürlich nicht nur auf den Baumbestand in Wäldern beziehen. Die Forderung nach der Berücksichtigung der Regenerationsrate kann gleichermaßen auf das Problem der Überfischung der Meere, als auch auf die Erhaltung der Artenvielfalt bezogen werden.¹⁹

Die bis heute wohl bekannteste Definition für Nachhaltigkeit entstand durch die Weltkommission für Umwelt und Entwicklung (auch Brundtland-Kommission genannt). In ihrem Abschlussbericht „Our Common Future“ (oder auch „Brundtland-Report“) von 1987 wird nachhaltige Entwicklung unter dem Aspekt der Generationengerechtigkeit verstanden: Eine Entwicklung ist nachhaltig, wenn sie die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil frei zu wählen.²⁰

Nach der Veröffentlichung des Brundtland-Reports rückte das Thema der Nachhaltigkeit immer mehr in den Vordergrund und erlangte internationale Aufmerksamkeit. Die Umweltkonferenz in Rio de Janeiro 1992 kann in direktem Zusammenhang mit dem Brundtland-Bericht gesehen werden. Auf dieser Konferenz wurde erstmals beschlossen, dass sich um den Klimaschutz gekümmert werden muss.

Erste konkrete Handlungsmaßnahmen wurden dann im Kyoto-Protokoll 1997 beschlossen, das sich mit Reduktionszielen für CO₂-Emissionen beschäftigt.²¹

Zusätzlich wurde im Nachgang dieser Umweltkonferenz das 3-Säulen-Modell der Nachhaltigkeit entwickelt,²² das so genannte Nachhaltigkeits-Dreieck (siehe Abbildung 3²³).

¹⁸ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 15

¹⁹ Vgl. Bretzke: Logistik in Zeiten des Klimawandels, 2010, S. 216

²⁰ Vgl. Baldauf: Grüne Logistik abseits von CO₂-Emissionen, 2010, S. 18

²¹ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 16

²² Vgl. Stahlmann, Volker: Lernziel: Ökonomie der Nachhaltigkeit, 2008, S. 61

²³ Vgl. Hauff; Kleine: Nachhaltige Entwicklung, 2009, S. 7

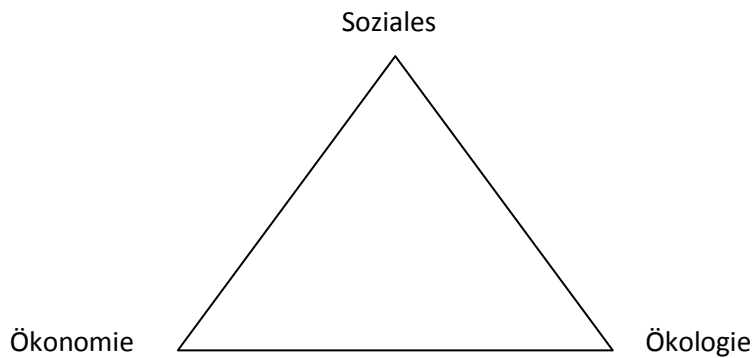


Abbildung 3: Das Nachhaltigkeits-Dreieck

Hierbei werden Lösungen angestrebt, die ökonomische Sicherheit, soziale Gerechtigkeit und ökologisches Gleichgewicht miteinander verbinden und die Welt langfristig stabilisieren sollen.²⁴

Die ökonomische Ebene sucht wirtschaftliche und politische Stabilität, um eine langfristige Einkommenssicherung und damit Wohlstand gewährleisten zu können. Dies soll durch den Aufbau wirtschaftlicher Potenziale erreicht werden.²⁵

Der soziale Ausgleich innerhalb und zwischen den Generationen stellt den Mittelpunkt der sozialen Ebene dar.

Auf der ökologischen Ebene wird ein schonender Umgang mit der Natur bis hin zu einem Konsumverzicht gefordert, um natürliche Ressourcen dauerhaft zu erhalten.²⁶ Es sollen also die Belastbarkeitsgrenzen der Aufnahme- und Regulierungsfunktion der Umwelt berücksichtigt werden²⁷, damit der Auftrag der Bewahrung der Schöpfung erfüllt werden kann.²⁸

Bei den drei Ebenen des Nachhaltigkeits-Dreiecks gilt es zu beachten, dass sie nicht einzeln betrachtet werden dürfen. Es herrschen komplexe Wirkungsbeziehungen, da die Ziele der Ebenen in verschiedenen Weisen miteinander agieren können – sie können miteinander konkurrieren, komplementär zueinander sein oder aber indifferent.²⁹

²⁴ Vgl. Grober: Der Erfinder der Nachhaltigkeit, 1999

²⁵ Vgl. Large, Rudolf: Nachhaltigkeit und Logistik, 2010, S. 484

²⁶ Vgl. ebd.

²⁷ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 18

²⁸ Vgl. Large, Rudolf: Nachhaltigkeit und Logistik, 2010, S. 484

²⁹ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 19

Die Minimierung von Materialeinsatz z.B. stellt ein ökologisches Ziel dar, welches in einem komplementären Zusammenhang mit dem ökonomischen Ziel der Gewinnmaximierung steht. Komplementär meint in diesem Fall, dass sich die beiden Ziele ergänzen. Eine konkurrierende Zielbeziehung wäre in diesem Fall die Gewinnmaximierung in Verbindung mit dem sozialen Ziel der Arbeitsplatzsicherung. Indifferente Zielbeziehungen beziehen sich auf Ziele, die sich nicht gegenseitig beeinflussen und somit völlig unabhängig voneinander sind.³⁰

Es ist somit eindeutig erkennbar, dass das Thema Nachhaltigkeit sehr komplex ist und immer wieder neue Herausforderungen stellt. Und trotz der langen Geschichte dieses Begriffes, wird seine Aktualität durch stattfindende Diskussionen zum Klimaschutz immer wieder unterstrichen.

2.2. Umweltbelastungen der Logistik

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, soll durch Nachhaltigkeit ein Umwelt- und Ressourcenschutz erreicht werden, um das Gleichgewicht der Natur und somit die Welt für zukünftige Generationen zu erhalten.

Die bisherigen Entwicklungen in der Logistik stehen im Konflikt zu diesen Forderungen.³¹

Die Logistik hat in den vergangenen Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen. Dies liegt an der voranschreitenden Globalisierung mit ihrer zunehmenden Internationalisierung von Beschaffung, Produktion und Distribution.³² Logistiksysteme gewährleisten durch die Bewegung großer Güterströme eine funktionierende Wirtschaft.

In Deutschland hat sich der Logistiksektor, durch ein Umsatzvolumen von 205 Mrd. € und 2,7 Mio. Beschäftigten im Jahr 2007, zu einem eigenständigen und politisch anerkannten Wirtschaftszweig entwickelt.³³ Im Jahr 2011 wuchs das Umsatzvolumen, mit 2,8 Mio. Beschäftigten, auf 223 Mrd. €³⁴.

³⁰ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 19

³¹ Vgl. Nagel: Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit, 2011, S. 3

³² Vgl. Lortz et al.: CO2-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 214

³³ Vgl. ebd.

³⁴ Vgl. Kranke: Top 100 der Logistik: Logistikmarkt wächst weiter, 2012

Allerdings sollten trotz der positiven Auswirkungen auf Wohlstand und Lebensqualität der Gesellschaft die negativen Erscheinungen dieser Entwicklung nicht vernachlässigt werden. Zu diesen negativen Erscheinungen zählen vor allem die Umweltbelastungen, die durch den Verbrauch von Ressourcen in der Logistik hervorgerufen werden.³⁵

Durch Energieverbrauch, Flächenbedarf, Schadstoffemissionen, Lärm und Abfallerzeugung, verursacht durch Transport, Lagerung und die Transportverpackung entstehen die meisten umweltrelevanten Auswirkungen. Somit ist fast jeder logistische Prozess mit dem Verbrauch von Ressourcen und mit der Entstehung unerwünschter Begleitprodukte verbunden.³⁶

Der Transport, als Teilsystem der Logistik, nimmt hierbei einen besonderen Standpunkt ein. Er trägt auf der einen Seite, mit einem Anteil von 44 Prozent vom Gesamtumsatzvolumen, zwar maßgeblich zur Wertschöpfung der Logistik bei³⁷, ist aber auf der anderen Seite sowohl für einen hohen Energie- und Ressourcenverbrauch, als auch für den Ausstoß verschiedener Schadstoffe verantwortlich.³⁸

Mit mehr als 31 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs der Europäischen Union und einer 98-prozentigen Abhängigkeit vom Mineralöl, ist der Transportsektor der zweitgrößte Energieverbraucher der EU und maßgeblich für die Ausbeutung der endlichen Ressourcen verantwortlich.³⁹

Die Energieeffizienz von Nutzfahrzeugen wurde zwar in den letzten Jahrzehnten verbessert, wird aber durch ein schnell wachsendes Transportaufkommen im Güterverkehr wieder kompensiert. Dieses erhöhte Transportaufkommen sowie der Einsatz fossiler Kraftstoffe führen dazu, dass der Sektor Transport nicht nur den drittgrößten Emittenten von Treibhausgasen innerhalb der EU darstellt, sondern auch der einzige Sektor ist, der gegenüber dem Basisjahr von 1990, absolut gesehen, noch mehr Emissionen ausstößt.⁴⁰

³⁵ Vgl. Nagel: Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit, 2011, S. 2

³⁶ Vgl. Souren, Rainer: Umweltorientierte Logistik, 2000, S. 152f.

³⁷ Vgl. Lortz et al.: CO2-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 215

³⁸ Vgl. Souren, Rainer: Umweltorientierte Logistik, 2000, S. 152

³⁹ Vgl. Nagel: Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit, 2011, S. 60

⁴⁰ Vgl. ebd.

Anhand dieser Daten ist ersichtlich, dass sich die Logistik mit einem Wandel konfrontiert sieht, um zukünftig den zunehmenden Forderungen nach mehr Nachhaltigkeit gerecht zu werden. Dieser Wandel wird durch verschiedene Aspekte begünstigt, auf die im folgenden Abschnitt eingegangen wird.

2.3. Hintergründe der grünen Logistik

Die Studie „Trends und Strategien in der Logistik“ von Straube & Pfohl aus dem Jahr 2008 zeigt auf, dass mehr als 74 Prozent der befragten Unternehmen meinen, dass ihre Logistik bis zum Jahr 2015 von den Forderungen nach mehr Umwelt- und Ressourcenschutz betroffen sein wird.⁴¹ Mehr als 62 Prozent erwarten sogar negative finanzielle Auswirkungen, wenn sie diesen Forderungen nicht gerecht werden.⁴²

Diese theoretischen Ankündigungen sind aber noch weit entfernt von tatsächlichen, auf konkrete Ziele festgelegten Handlungen, die sich um das Thema Nachhaltigkeit bemühen. Dennoch gibt es mehrere Trends bzw. Auslöser, die die Unternehmen dazu zwingen werden ihre Logistiksysteme in den nächsten 15 Jahren anzupassen.⁴³

2.3.1. Energiekosten & Energieeffizienz

Dass der Ölpreis im Jahr 2020 ungefähr 300\$ pro Barrel betragen wird, ist die Meinung der Experten einer Delphi-Studie der Deutschen Post AG aus dem Jahr 2009.⁴⁴

Die Abhängigkeit des Transportsektors vom Öl ist somit, da Transportmittel wie Schiffe, Lastkraftwagen und Flugzeuge so schnell nicht von diesem Energieträger loskommen werden, nicht nur ein ökologischer, sondern auch ein ökonomischer Aspekt.⁴⁵

⁴¹ Vgl. Straube; Pfohl: Trends und Strategien in der Logistik, 2008, S. 13-15

⁴² Vgl. ebd. S. 62-67

⁴³ Vgl. Bretzke: Logistik in Zeiten des Klimawandels, 2010, S. 221

⁴⁴ Vgl. ebd. S. 222

⁴⁵ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 61f.

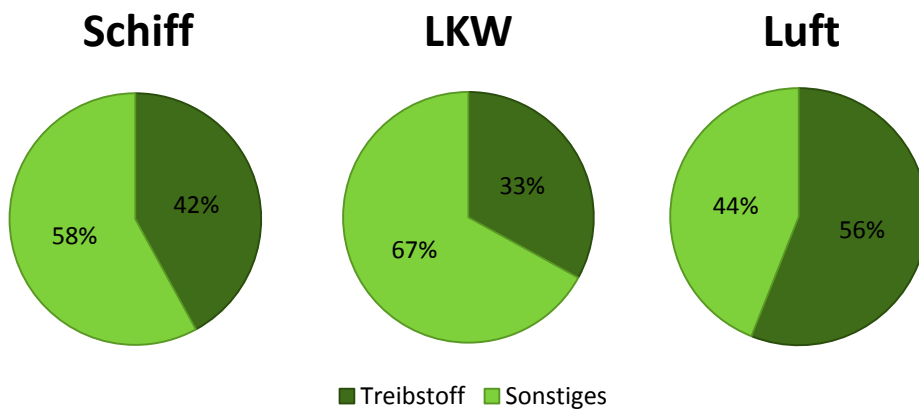


Abbildung 4: Treibstoffkostenanteile der Verkehrsträger

Die Kreisdiagramme in Abbildung 4⁴⁶ zeigen, dass die Preissteigerungen die einzelnen Transportträger in unterschiedlichem Ausmaß treffen werden. Bei der Vergleichbarkeit der Werte ist aber darauf zu achten, dass sie teilweise schwankenden und verkehrsträgerspezifischen Einflüssen unterliegen.⁴⁷

Hinzu kommt, dass in Zukunft bei der Seeschifffahrt mit höheren Kosten zu rechnen ist, weil die Politik die Nutzung von Schweröl verbieten und Schiffsdiesel einsetzen will. Dieser Schiffsdiesel ist zwar deutlich teurer, weist aber durch weniger Schadstoffemissionen einen ökologisch orientierten Vorteil auf.⁴⁸

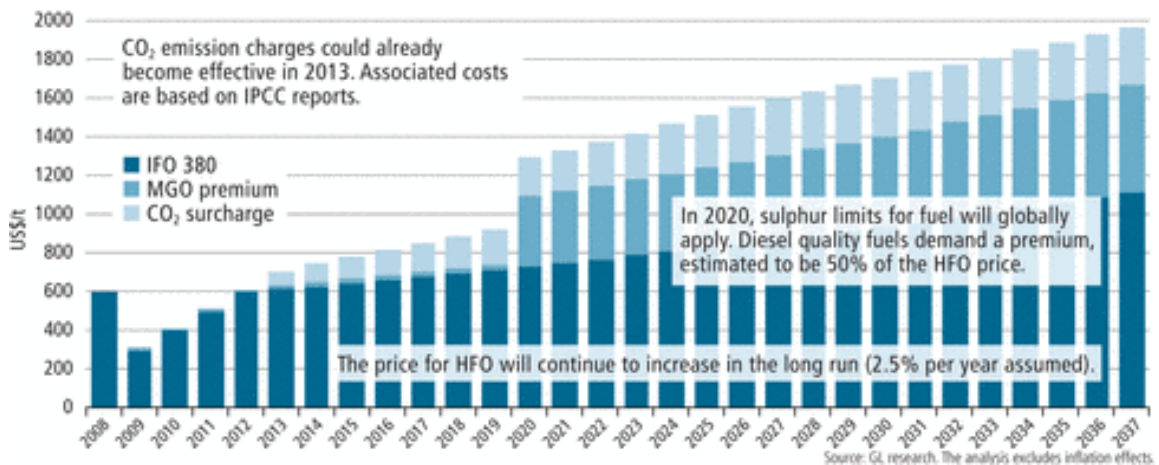


Abbildung 5: Prognostizierte Entwicklung der Treibstoffkosten in der Schifffahrt

⁴⁶ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 65

⁴⁷ Vgl. ebd.

⁴⁸ Vgl. ebd.

Abbildung 5⁴⁹ zeigt die von der Klassifizierungsgesellschaft Germanischer Lloyd angenommene Preisentwicklung des Treibstoffes für die Schifffahrt. Zu erkennen sind vor allem die Preissteigerungen ab 2013, aufgrund der CO₂ abhängigen Abgaben, und ab 2020 für die Verwendung von Dieseltreibstoff.⁵⁰

Dies bedeutet, dass die endlichen fossilen Energieträger den Transsportsektor aus ökonomischen Gründen, ausgelöst durch starke Preissteigerungen, indirekt zu einem ökologischen Umdenken zwingen werden.⁵¹

Mit dem Aspekt der Energiekosten geht die Forderung nach mehr Energieeffizienz fast einher. Damit logistische Transportprozesse, die für den Güterverkehr und somit für die Versorgung der Wirtschaft mit Waren zuständig sind, nicht unbezahlbar werden, ist es zukünftig notwendig, den Energieverbrauch zu senken.

Ein weiterer Grund, die Energieeffizienz zu steigern und somit den Bedarf an Energie zu senken, ist die zunehmende Abhängigkeit von Energieimporten. Würde der Verbrauch an Energie einfach so weitergehen, wäre die Europäische Union bereits im Jahr 2020 zu 70 Prozent von importierter Energie abhängig.⁵²

Durch eine effizientere Energienutzung ist es möglich, für die gleiche Leistung weniger Energie einsetzen zu müssen. Dies kann durch Investitionen in effizientere, neuere Technik und Technologien, durch optimierte Nutzung von bestehender Technik oder durch Vermeidung von Energieverschwendung erreicht werden.⁵³

⁴⁹ Vgl. SkySails Infothek: Schifffahrt & Ölpreis

⁵⁰ Vgl. ebd.

⁵¹ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 57

⁵² Vgl. Thomas: Energie-Perspektiven, 2008

⁵³ Vgl. ebd.

2.3.2. Verkehrsinfarkt

Ein weiterer Hintergrund der grünen Logistik ist die Verkehrsinfrastruktur. Obwohl sich dieser Aspekt mehr mit dem Verkehrsträger LKW beschäftigt und somit nicht Schwerpunkt dieser Ausarbeitung ist, ist er dennoch ein wichtiger Bestandteil der Entstehung von grüner Logistik.

Der nationale Straßengüterfernverkehr wies im Jahr 2008 einen Marktanteil von 71 Prozent auf (gemessen in Tonnenkilometern). Im Vergleich dazu, hatte die Bahn nur einen Marktanteil von 15,4%. Nun wird vom Umweltbundesamt zwischen 2005 und 2025 ein Wachstum des Marktanteils des Straßengüterfernverkehrs von 59 Prozent prognostiziert, eine Studie der Bundesregierung sagt sogar ein Wachstum von 84 Prozent bis 2025 voraus.⁵⁴

Dies bedeutet, dass die Verkehrsinfrastruktur immer mehr zu einem Engpass werden wird, denn beide Prognosen übersteigen die Kapazitäten der Straßen. Aber nicht nur die Straßen, sondern auch Häfen können mit ihren Umschlagspunkten und Hinterlandverkehren zu kritischen Eckpunkten werden.⁵⁵

Durch dieses erhöhte Verkehrsaufkommen entstehen Staus und es kommt zu Verspätungen. Hierbei wird nicht nur mehr CO₂ ausgestoßen, sondern es werden auch die Kosten in die Höhe getrieben.⁵⁶ Dies bedeutet, dass Transporte über die Straße nicht nur an Produktivität verlieren, sondern auch unkalkulierbar werden.⁵⁷

Somit ist auch aus diesem Grund eine Anpassung der Logistiksysteme erforderlich, die im Rahmen der grünen Logistik erreicht werden soll.

⁵⁴ Vgl. Bretzke: Logistik in Zeiten des Klimawandels, 2010, S. 222

⁵⁵ Vgl. ebd.

⁵⁶ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 48

⁵⁷ Vgl. Bretzke: Logistik in Zeiten des Klimawandels, 2010, S. 222

2.3.3. Öffentlichkeit & Politik

Der Druck aus Öffentlichkeit und Politik stellt den dritten Beweggrund der grünen Logistik dar.

Aufgrund der immer wieder stattfindenden Diskussionen zum Klimawandel, Umweltschutz und CO₂-Emissionen wird das Thema in den Köpfen der Verbraucher immer präsenter. Dies wird zudem durch mediale Berichterstattungen und politische Forderungen noch mehr begünstigt.

Das Umweltbundesamt zeigt auf, dass bei jedem Verbraucher ca. 40 Prozent der klimaschädlichen Emissionen durch Ernährung und den privaten Konsum (Emissionen durch Strom- und Wärmeverbrauch, sowie Mobilität ausgenommen) verursacht werden.⁵⁸ Aufgrund dieses Bewusstseins greifen die Verbraucher vermehrt zu Produkten, die nicht nur nachhaltig hergestellt, sondern auch transportiert werden.⁵⁹

Die Kunden werden also immer kritischer und üben so einen gewissen Druck auf die Unternehmen aus. Diesen Druck geben die Unternehmen an ihre Dienstleister weiter. Mittlerweile fordert fast jedes vierte Unternehmen der Konsumgüterindustrie oder dem Einzelhandel einen Nachweis der CO₂-Emissionen von seinen Dienstleistern.⁶⁰

Die Motivation eines Unternehmens, sich umweltorientiert zu zeigen, kann sowohl ethisch, als auch ökonomisch begründet sein. Wobei eine Trennung dieser beiden Faktoren kaum möglich ist. Ökonomisch begründet besteht oftmals eine Hoffnung auf Mehrerlöse durch die Ansprache der eben aufgezeigten, umweltorientierten Verbraucher.⁶¹

Aber nicht nur die Verbraucher beeinflussen so das Wirtschaftsgeschehen, sondern auch die Politik nimmt zunehmend Einfluss. Die Selbstverpflichtung ganzer Nationen zur Emissionsminderung z.B. in Form des Kyoto-Protokolls oder aber die freiwilligen Verpflichtungen sei

⁵⁸ Vgl. Umweltbundesamt: Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung, 2009, S. 3

⁵⁹ Vgl. we: Zukunftsfragen offen, 2010, S. 48

⁶⁰ Vgl. ebd. S. 49

⁶¹ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 79

tens der EU, die ihre Emissionen bis 2020 (gegenüber 1990) um 20 Prozent senken will (wenn sich China und die USA ebenfalls in diese Richtung bewegen sogar um 30 Prozent), bedeuten eine Umstellung für die Wirtschaft.⁶²

Der Politik stehen aber mehr Möglichkeiten zur Verfügung als die einfache Festlegung von Emissionsreduktionszielen. Über Ökosteuern oder Grenzwertvorgaben (z.B. für die Feinstaubbelastung in Innenstädten), die Subventionierung erneuerbarer Energien oder die Internalisierung externer Kosten z.B. im Transportsektor über Mautgebühren und Emissionszertifikate, kann die Politik maßgeblich Einfluss auf das Marktgeschehen nehmen.⁶³

Gerade im Bereich der Internalisierung externer Kosten ist es wichtig, dass der Staat hier regulierend eingreift, weil die Umwelt in die Preisbildungsprozesse der Wirtschaft sonst nicht mit einbezogen wird.⁶⁴

Die in der Volkswirtschaftslehre so genannten externen Effekte sind die Ursache des Marktversagens. Es handelt sich hierbei um „unkompensierte Auswirkungen ökonomischer Aktivitäten auf unbeteiligte Marktteilnehmer oder Dritte“.⁶⁵ Dies meint z.B. durch Transport verursachte Schadstoffemissionen, die nachhaltig die Umwelt belasten und das Klima verändern. Die Wirtschaft muss zwar für den Transport an sich einen Preis bezahlen, aber die Umweltbelastung, die durch diesen Transport entsteht, ist in dem Preis nicht enthalten. Die Auswirkungen, die diese Umweltbelastungen aber hervorrufen, betreffen letztendlich alle Menschen, im Fall eines Klimawandels sogar spätere Generationen.⁶⁶

Durch die Internalisierung externer Kosten will die Politik diese Umweltbelastungen in die Preisbildung der Wirtschaft mit einbeziehen. Dies bedeutet, dass die Preise für umweltbelastende Transporte steigen, was wiederum dazu führen soll, dass Unternehmen sich um umweltschonende Systeme bemühen, um diese Kosten zu umgehen. Somit bedeutet grüne Logistik auch den Forderungen der Öffentlichkeit und der Politik nach mehr umweltorientiertem Verhalten gerecht zu werden.

⁶² Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 77

⁶³ Vgl. ebd. S. 77-82

⁶⁴ Vgl. Bretzke: Logistik in Zeiten des Klimawandels, 2010, S. 217

⁶⁵ Vgl. ebd.

⁶⁶ Vgl. Spitz: Nachhaltigkeit in der Logistik, 2011, S. 51

2.3.4. Zusammenspiel dieser Hintergründe

Zusammenfassend ist festzustellen, dass grüne Logistik nicht nur für die Reduzierung von Treibhausgasemissionen steht, sondern auch für Umweltverträglichkeit und Ressourceneffizienz.⁶⁷

Ebenso kann festgestellt werden, dass sich die verschiedenen Aspekte, die die grüne Logistik begründen und vorantreiben, gegenseitig beeinflussen bzw. ergänzen.

Um den steigenden Energiekosten aus dem Weg zu gehen, sollte ein Unternehmen schon von sich aus daran interessiert sein, seine Energieeffizienz zu erhöhen. Kann Energie eingespart werden, können nicht nur die Kosten reduziert werden, sondern gleichzeitig auch der Ausstoß von schädlichen Emissionen.

Weitere Anreize für energieeffiziente Maßnahmen zeigt Abbildung 6.⁶⁸

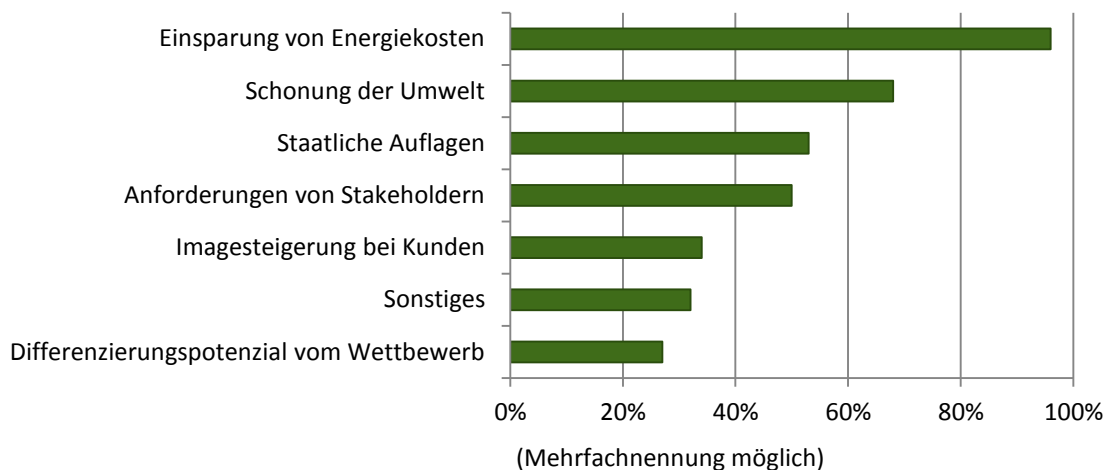


Abbildung 6: Anreize für Energieeffizienz

Wie auch die Abbildung 6 zeigt, werden mit energieeffizienten Lösungen zugleich Forderungen oder Gesetze der Politik erfüllt und eventuell entstehende Kosten, für Strafzahlungen bei Nichteinhaltung von Grenzwerten oder für Emissionszertifikate, vermieden. Zudem kann das Unternehmen sein Umweltengagement öffentlich darstellen und somit sein Image bei den Verbrauchern verbessern.

⁶⁷ Vgl. Initiative „2° - Deutsche Unternehmer für Klimaschutz“: Klimaschutz liefern, 2011, S. 12

⁶⁸ Vgl. Augustin: Anreiz für grünes Handeln, 2011, S. 45

„Grüne Logistik“ ist sowohl aus einer Notwendigkeit, als auch aus einem Wunsch nach mehr Umweltorientierung entstanden und bewegt sich in einem komplexen Zusammenspiel aller Wirtschaftsteilnehmer.

3. Emissionseinsparung

In den letzten vier Jahrzehnten hat die Verkehrsleistung des Seegüterverkehrs deutlich zugenommen. Sie stieg von ca. 11.000 Mrd. tkm auf knapp 51.000 Mrd. tkm. Gemessen am Welthandel liegt der Anteil der Seeschifffahrt bei über 90 Prozent und spiegelt so die Dynamik der Globalisierung wieder.⁶⁹

Das Schiff ist das ideale Transportmittel um große Warenmengen über weite Entfernungen zu niedrigen Kosten pro Ladeinheit zu transportieren. Hinzu kommt, dass die Erde zu über 70 Prozent mit Wasser bedeckt ist und somit fast kein Weg an dem Transportmittel Schiff vorbeiführt.⁷⁰

Auch wenn der spezifisch berechnete Energieverbrauch, gerade im Vergleich zur Luftfracht, pro Ladeinheit gering erscheint, stellt sich bei einem Treibstoffkostenanteil von 42% (siehe Abbildung 4) die Frage, ob es nicht möglich ist, ökologisch nachhaltigere Effizienzsteigerungen auch für diese Branche umzusetzen.⁷¹

Ein großes Containerschiff mit einem 100.000 PS starken Motor verbraucht bei Höchstgeschwindigkeit pro Tag 300t Treibstoff. Bei diesem Treibstoff handelt es sich meist um sehr giftiges Schweröl, das aufgrund seiner Schwefel-, Partikel- und Stickoxidemissionen sehr umweltbelastend ist. Die Universität Delaware aus den USA zeigt einen anschaulichen Vergleich, wonach im Jahr 2003 die internationale Frachtschifffahrt mit einem Verbrauch von ca. 280 Mio. t Treibstoff mehr als das Doppelte an Öl verbraucht hat, als die gesamte Bundesrepublik Deutschland (ca. 125 Mio. t).⁷² Dieser Ölverbrauch spiegelt sich in 1.050 Mio. t CO₂ wieder, die der globale Schiffsverkehr im Jahr 2007 emittiert hat. 870 Mio. t sind davon dem internationalen Seehandel zuzuschreiben.⁷³

⁶⁹ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 147

⁷⁰ Vgl. ebd.

⁷¹ Vgl. ebd.

⁷² Vgl. ebd.

⁷³ Vgl. Kulessa; Oschinski; Seum: Internationaler Seeverkehr und Klimaschutz, 2010, S. 181

Dies bedeutet, dass die Hochseeschifffahrt, je nach Studie, für 2,7 – 5 Prozent der globalen CO₂-Emissionen verantwortlich ist und zeigt zudem, dass sich diese Branche für verbrauchs-senkende und umweltschonende Maßnahmen geradezu anbietet.⁷⁴

Hinzu kommt, dass die CO₂-Emissionen aufgrund des künftigen Flottenwachstums noch weiter zunehmen werden. Wenn die, nach dem Orderbuch 2012, neu bestellten Schiffe ausgeliefert sind (was bis 2013 der Fall sein wird), werden die CO₂-Emissionen der weltweiten Handelsflotte mit dem heutigen Stand der Technik, auf über 1.600 Mio. t CO₂ steigen.⁷⁵

In Abbildung 7⁷⁶ zeigt das Gestaltungsdreieck für grüne Logistik vier zentrale Bereiche auf, die sich für Maßnahmen zum Umwelt- und Ressourcenschutz und somit auch für CO₂-Einsparungen eignen.⁷⁷

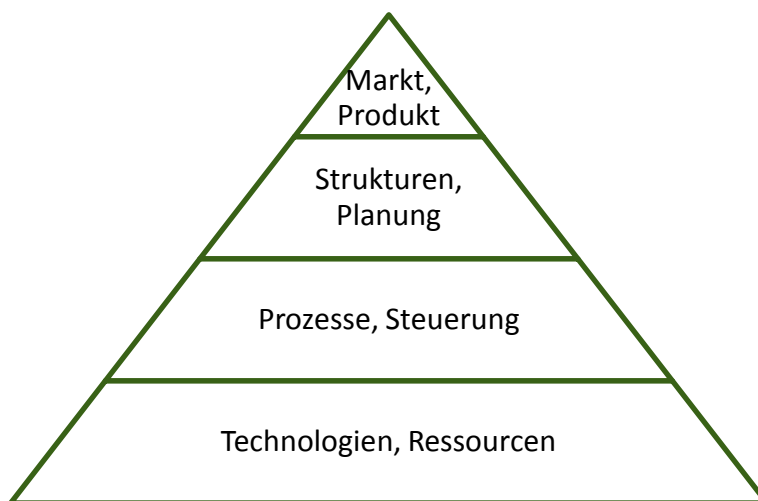


Abbildung 7: Gestaltungsdreieck für grüne Logistik

Die oberste Ebene befasst sich mit der Gestaltung von Produkten, also damit, dass das Design von Produkten und deren Verpackungen mit der Logistik kompatibel sind. Dahingegen beinhaltet die zweite Ebene die Standortplanung von Lagern, sowie Kapazitätsauslastungen und Beständen.

⁷⁴ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 147

⁷⁵ Vgl. Flecks: Hypo Vereinsbank Trendstudie Green Shipping, 2009, S. 7

⁷⁶ Vgl. Straube; Pfohl: Trends und Strategien in der Logistik, 2008, S. 73

⁷⁷ Vgl. Straube et al.: Ökologisch nachhaltige Logistik, 2009, S. 211

Die dritte Ebene umfasst bereits Maßnahmen (wie z.B. die Routenoptimierung), die direkt bei Verkehrsträgern umsetzbar sind. Über operatives Flottenmanagement sowie den Einsatz alternativer Antriebe oder Energien wird in der letzten Ebene entschieden.⁷⁸

Da sich diese Ausarbeitung mit dem Einsparungspotenzial von CO₂-Emissionen bei einem konkreten Verkehrsträger, dem Überseeschiff, beschäftigt, werden im Folgenden die Maßnahmen der dritten (strategische und organisatorische Maßnahmen) und vierten (technische Maßnahmen) Ebene näher betrachtet.

3.1. Strategische & organisatorische Maßnahmen

Wie bereits erläutert handelt es sich bei den strategischen und organisatorischen Maßnahmen um die Prozess- und Steuerungsebene. Hierbei geht es meist um schnell und einfach umsetzbare Maßnahmen, die aber ein großes Einsparpotenzial bieten und zudem vergleichsweise wenig Kosten verursachen.⁷⁹

3.1.1. Reduzierung der Bordnetzleistung

Eine relativ simple Maßnahme zur Reduzierung von CO₂-Emissionen ist die Senkung des Energieverbrauchs innerhalb des so genannten Bordnetzes, dem elektrischen Netz an Bord eines Schiffes. Aus diesem beziehen alle elektrischen Verbraucher ihre Energie. Das Bordnetz selbst erhält seine Energie aus den Bordnetzgeneratoren, die in der Regel von Dieselmotoren angetrieben werden. Hierbei ist eine Unterscheidung zwischen den Hilfsmaschinen und der Hauptmaschine sehr wichtig. Die Hilfsmaschinen erreichen zehn oder mehr Megawatt und sind permanent in Betrieb, auch im Hafen. Die Hauptmaschine hingegen ist wesentlich größer, da sie für den Antrieb zuständig ist.⁸⁰

Wenn also das Bordnetz letztendlich seine Energie von den Dieselmotoren erhält, dann wird hierfür Treibstoff verbraucht und dies bedeutet wiederum, dass auch CO₂ ausgestoßen wird. Wird somit die Bordnetzleistung reduziert, werden folglich auch CO₂-Emissionen eingespart.

Eine Reduzierung der Bordnetzleistung ist fast so einfach, wie in einem privaten Haushalt Energie einzusparen: unnötigen Verbrauch verhindern und auf energieeffizientere Stromabnehmer umstellen.

⁷⁸ Vgl. Straube et al.: Ökologisch nachhaltige Logistik, 2009, S. 211

⁷⁹ Vgl. Sadowski: Grüne Logistik, 2010, S. 16

⁸⁰ Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 24

Beispielsweise ist es möglich, nicht benötigte Laderaumlüfter konsequent auszuschalten, da sie große Aggregate darstellen, die eine entsprechend große Leistungsaufnahme aufweisen. Des Weiteren kann die Inbetriebnahme von Kühlpumpen reduziert werden. Im Normalfall sind zwei bis drei Pumpen in einem Kühlkreislauf tätig. Diese Anzahl kann soweit reduziert werden, dass die Versorgung des Systems gerade gewährleistet bleibt. Und die wohl einfachste Maßnahme zur Reduzierung der Bordnetzleistung ist das Abschalten von unwichtiger oder gerade nicht benötigter Beleuchtung in Laderäumen, an Decks- und Maschinenstores oder in Betriebsgängen und Rohrtunneln.⁸¹

3.1.1. Slow Steaming

Slow Steaming bedeutet übersetzt „langsameres Fahren“. Es geht bei dieser Maßnahme also um eine energieeffizientere, langsamere Fahrweise der Schiffe, um Treibstoff und somit auch CO₂ einzusparen.

Schnell zu sein ist oftmals von Vorteil, sicherlich nicht nur in der Logistikbranche, aber eben auch meistens mit einem hohen Energieaufwand verbunden. Deswegen sollte Schnelligkeit nicht als Einzelwert betrachtet werden, sondern in Zusammenhang mit dem dafür nötigen Aufwand. Dies bedeutet, die Umgebungsbedingungen zu berücksichtigen und daraufhin die Schiffsgeschwindigkeit zu optimieren.⁸²

Abbildung 8⁸³ zeigt die Abhängigkeit des Brennstoffverbrauchs von der Schiffsgeschwindigkeit. Mit einer Verringerung der Durchschnittsgeschwindigkeit von 25 auf 23 Knoten können pro Tag ca. 70t Brennstoff und damit auch erhebliche CO₂-Emissionen eingespart werden.⁸⁴

⁸¹ Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 16

⁸² Vgl. ebd. S. 27

⁸³ Vgl. ebd.

⁸⁴ Vgl. ebd.

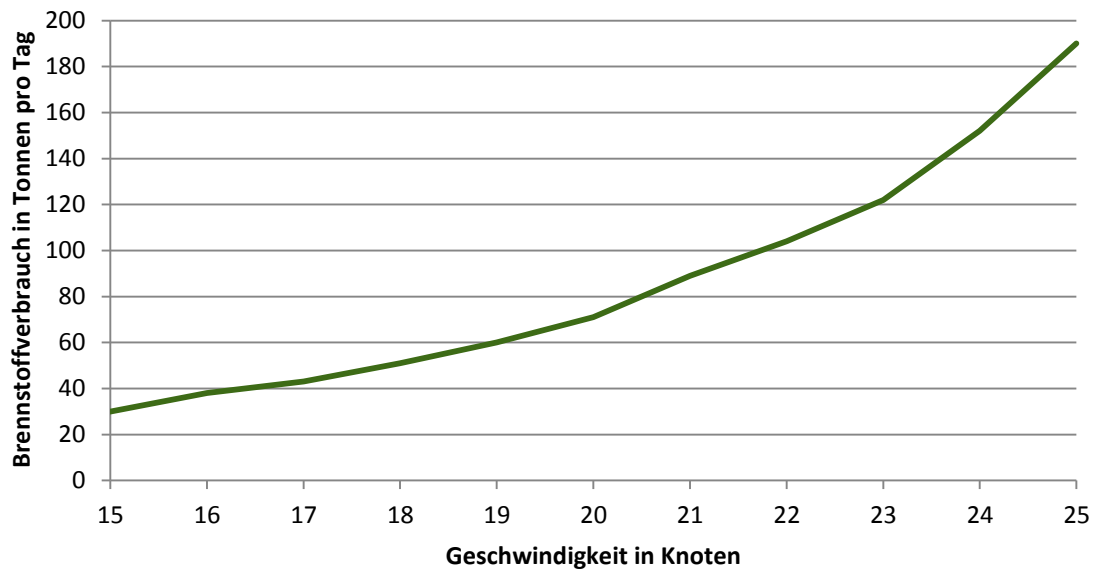


Abbildung 8: Brennstoffverbrauch in Abhängigkeit der Fahrtgeschwindigkeit

Ei-

ne solche Maßnahme ist überhaupt möglich, weil der Treibstoffverbrauch mit steigender Geschwindigkeit des Schiffes exponentiell zunimmt. Daraus folgt, dass durch eine geringe Geschwindigkeitsreduzierung, der Treibstoffverbrauch überproportional absinkt.⁸⁵

Die Schiffsklassifikationsgesellschaft Germanischer Lloyd hat für das Greenpeace Magazin errechnet, dass bei einem Containerschiff auf der Strecke von Hamburg nach Shanghai der Verbrauch von 6210t auf 3700t Treibstoff sinkt (der CO₂-Ausstoß sinkt im entsprechenden Umfang), wenn das Schiff mit 18 anstatt 26 Knoten fährt⁸⁶. Dies entspricht einer Geschwindigkeitsreduzierung um 15km/h; von rund 48km/h auf rund 33km/h.

Slow Steaming wurde während der Wirtschaftskrise 2008-2010 eingeführt, um die Schiffskapazitäten zu decken. Aufgrund der wirtschaftlichen Lage waren die Schiffe nicht ausgelastet, weswegen die Reedereien langsamer gefahren sind, um im Gegenzug die längere Transportzeit mit zusätzlich eingesetzten Schiffen zu kompensieren.⁸⁷ Doch aufgrund der stetig steigenden Treibstoffkosten, den hohen Schiffskapazitäten und den strenger werdenden Um-

⁸⁵ Vgl. Jahn, Bosse, Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 68

⁸⁶ Vgl. Greenpeace Magazin: „Slow Steaming“ halbiert Treibstoffverbrauch, 2010

⁸⁷ Vgl. meyer: NYK will Containerverkehr „entschleunigen“, 2008

weltauflagen, sieht Jan-Henrik Hübner vom Germanischen Lloyd auch in Zukunft eine steigende Attraktivität für Slow Steaming.⁸⁸

Mittlerweile werden neue Schiffe von vornherein für Slow Steaming konstruiert, damit sie sich auch beim langsamen Fahren in ihrer Optimalgeschwindigkeit bewegen. Die Triple-E-Klasse der Reederei Maersk (mit 400m Länge, 59m Breite und Platz für 18.000 Container eines der größten Schiffe der Welt), zum Beispiel, kann 17,5 Knoten fahren und damit ihren Spritverbrauch halbieren.⁸⁹

3.1.2. Routing

Durch jährlich 2,2 Mio. km weniger Fahrleistung lassen sich 1.800t CO₂ einsparen. Dies ist der britischen Drogeriekette Boots, in Zusammenarbeit mit ihrem Logistikdienstleister Maersk Logistics, durch eine verbesserte Routenplanung gelungen. Von 2004 bis 2007 haben diese beiden Unternehmen gemeinsam die CO₂-Emissionen um 3.000t (ca. 29 Prozent) gesenkt. Dies war durch den Einsatz größerer und besser ausgelasteter Container, sowie der Vermeidung von Leerfahrten und Luftfracht, möglich.⁹⁰

Aber nicht nur die Vermeidung von Leerfahrten zählt zu einer verbesserten Routenplanung. Beim so genannten „Weather Routing“ handelt es sich um eine Vermeidungsstrategie, die sich mit dem Wetter auseinandersetzt.

Auf hoher See herrschen die unterschiedlichsten Wetterbedingungen, die ein Schiff zu meistern hat. Bei schlechtem Wetter, also starkem Wind oder sogar Orkanstärken begleitet von großen Wellen, erhöht sich normalerweise der Schiffswiderstand im Wasser. Dieser erhöhte Widerstand hebt natürlich den Brennstoffverbrauch und führt meist auch zu längeren Fahrzeiten – es wird mehr Energie verbraucht und somit auch mehr CO₂ ausgestoßen.⁹¹

Um diese negativen Auswirkungen zu umgehen, kann es zum einen sinnvoll sein solch ein Schlechtwettergebiet zu umfahren. Auch wenn der Weg dann länger ist, wird meist weniger Energie verbraucht, als bei einem Kampf gegen Wind und Wellen. Zum anderen besteht noch die Möglichkeit das schlechte Wetter abzuwarten. Hierbei würde die geplante Fahrt-

⁸⁸ Vgl. Greenpeace Magazin: „Slow Steaming“ halbiert Treibstoffverbrauch, 2010

⁸⁹ Vgl. Strassmann: Mehr Warte im Fahrplan, 2012

⁹⁰ Vgl. Seebauer: Supply Chain unter der Öko-Lupe, 2008, S. 55

⁹¹ Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 25

route beibehalten werden, allerdings mit verlangsamer Geschwindigkeit, um das Tief vorbeiziehen zu lassen.⁹²

Beide Möglichkeiten bedürfen einer genauen Berücksichtigung von lokalen und regionalen Wetterbedingungen. Zudem sollten neben den Großwetterlagen auch die regionalen Meeresverhältnisse, wie Strömung und Wellengang, Beachtung finden.⁹³

Ein erfolgreiches „Weather Routing“ ist nur mit einem ausgezeichneten Prognosesystem möglich, indem eine entsprechende Software meteorologische und maritime Daten zusammenfügt.⁹⁴

3.2. Technische Maßnahmen

Die bisher aufgezeigten strategischen und organisatorischen Maßnahmen sind nur der Anfang, wenn es darum geht, die Logistik langfristig nachhaltig zu gestalten und auch große Einsparpotenziale auszuschöpfen.⁹⁵

Um diese Einsparpotenziale in Bezug auf Energieverbrauch und somit auch CO₂-Emissionen nutzen zu können, sind deutlich höhere Investitionen nötig, als bei den bisher aufgezeigten Möglichkeiten. Das liegt daran, dass meist in neue Technologien investiert werden muss. Sicherlich sind hohe Investitionskosten für Reedereien und Schiffseigner zunächst abschreckend, aber durch hohe Einsparungen im Energieverbrauch und somit auch bei den Energiekosten, sollten sich diese Investitionen mittel- bis langfristig amortisieren.⁹⁶

2.2.1. Rumpfoptimierung

Es wird an verschiedenen Ideen gearbeitet, die den Strömungswiderstand eines Schiffes im Wasser reduzieren sollen, um so seine Energieeffizienz zu erhöhen und gleichzeitig den Ausstoß von schädlichen CO₂-Emissionen zu verringern.

So genannte Antifouling-Beschichtungen verhindern den Bewuchs des Schiffsrumpfes mit Algen und Muscheln, die ansonsten zu einer Erhöhung des Reibungswiderstandes im Wasser führen würden und das Schiff dadurch bremsen. Diese auf Silikonbasis hergestellten Anstri-

⁹² Vgl. ebd.

⁹³ Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 25

⁹⁴ Vgl. ebd.

⁹⁵ Vgl. Sadowski: Grüne Logistik, 2010, S. 27

⁹⁶ Vgl. ebd.

che sollen die Oberflächenrauheit und damit den Widerstand um bis zu sechs Prozent verringern.⁹⁷

Die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt hat bei einem 4.200 TEU Containerschiff den Einfluss der Oberflächenrauheit auf den Leistungsverbrauch und die erreichbare Geschwindigkeit gemessen. Normalerweise liegen die Werte für die Oberflächenrauheit zwischen 150 und 200 Mikrometern. Mit einem Antifouling-Farbanstrich kann dieser Wert auf bis zu 65 Mikrometer reduziert werden. Eine schlechte Rumpfoberfläche von 200 Mikrometern macht im Vergleich zu einer sehr feinen Rumpfoberfläche von 65 Mikrometern einen Unterschied von sechs Prozent im Gesamtwiderstand aus, was einer Geschwindigkeit von 0,3 Knoten entspricht.⁹⁸

Eine weitere Beschichtung nennt sich „Haifischhaut“. Hier dient die Natur als Vorbild, in dem die Rumpfbeschichtung nicht nur glatt ist, sondern eine spezielle Struktur (ähnlich der Haut eines Haifisches) aufweist.⁹⁹ Dadurch soll der Reibungswiderstand um bis zu fünf Prozent gesenkt werden können, was hochgerechnet eine jährliche Einsparung von 2.000t Treibstoff für ein großes Containerschiff darstellt.¹⁰⁰

Bei dieser Art der Beschichtung ist das Problem der Ansiedlung von Muscheln und Algen am Schiffsrumpf noch nicht mit behoben. Dies bedeutet, dass der Lack entweder so aufgebaut werden muss, dass er diesen Fouling-Organismen keinen Halt bietet und sie z.B. bei höherer Geschwindigkeit einfach abgespült werden. Eine andere Möglichkeit ist es, die Haifischhaut-Beschichtung mit einem Antifouling-Anstrich zu kombinieren.¹⁰¹

Eine andere Idee, die so genannte Hydrodynamik zu verbessern, ist die „Luftschmierung“.

Das „Air Cavity System“ wurde vom Schiffskonstrukteur Jörn Winkler aus Rotterdam entwickelt und ist für viele Schiffsklassen der Hochseeschifffahrt (Tanker, Containerschiffe sowie Massengut- und Mehrzweckfrachter) einsetzbar.¹⁰²

⁹⁷ Vgl. Hamburg Süd: Nachhaltigkeit - Schiff der Zukunft - Hülle

⁹⁸ Vgl. Flecks: HypoVereinsbank Trendstudie Green Shipping, 2009, S. 15

⁹⁹ Vgl. Hamburg Süd: Nachhaltigkeit - Schiff der Zukunft - Hülle

¹⁰⁰ Vgl. Fraunhofer Gesellschaft: Haifischhaut für Flugzeuge, Schiffe und Windenergieanlagen, 2010

¹⁰¹ Vgl. ebd.

¹⁰² Vgl. Bannasch; Hartmann; Kny: Maritimes Clean Tech Kompendium, 2011, S. 141

Bei diesem System wird der Reibungswiderstand durch Lufthohlräume verbessert. Kompressoren pressen Druckluft in ausgesparte Kanäle unterhalb des Schiffes, sodass die Kontaktfläche vom Rumpf mit dem Wasser minimiert wird.¹⁰³ Diese Funktionsweise wird auch noch einmal in Abbildung 9¹⁰⁴ dargestellt.

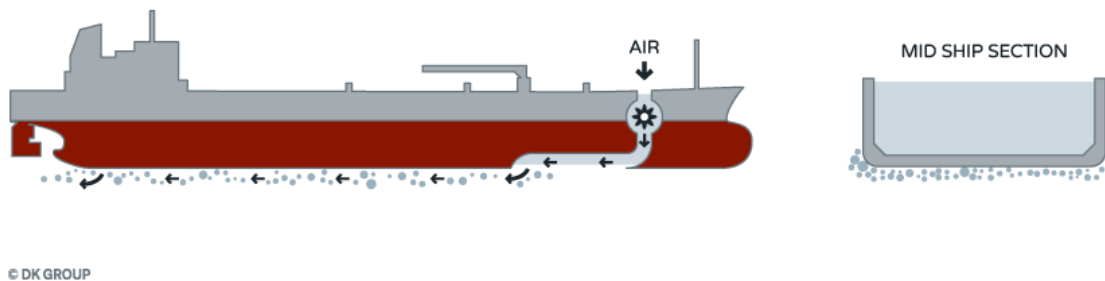


Abbildung 9: Air Cavity System

Aufgrund der geringeren Reibung zwischen Wasser und Luft anstatt zwischen Wasser und Stahl soll der Widerstand des Schiffes um bis zu 15 Prozent reduziert werden können.¹⁰⁵

Mittlerweile gibt es auch schon Retrofit-Lösungen, mit denen es möglich ist ein Schiff innerhalb von zwei Wochen in einer Reparaturwerft nachzurüsten.¹⁰⁶

Auf eine andere Art der Luftschmierung setzt der Schiffsbauer Mitsubishi. Die Mitsubishi Heavy Industries (MHI) erwartet von ihrem Mitsubishi Air Lubrication System (MALS) eine Energieeinsparung von sieben Prozent.

¹⁰³ Vgl. Bannasch; Hartmann; Kny: Maritimes Clean Tech Kompendium, 2011, S. 140

¹⁰⁴ Vgl. DK Group: The ACS Technology

¹⁰⁵ Vgl. Hamburg Süd: Nachhaltigkeit - Schiff der Zukunft - Hülle

¹⁰⁶ Vgl. Bannasch; Hartmann; Kny: Maritimes Clean Tech Kompendium, 2011, S. 141



Abbildung 10: Mitsubishi Air Lubrication System

Wie in Abbildung 10¹⁰⁷ zu sehen, bläst das MALS Luft am Schiffsboden aus, die dann den Schiffsrumpf mit einer Art Blasenteppich aus Luft überzieht. Ein selbst entwickeltes Hochleistungs-Gebläse und moderne Analyseinstrumente für Flüssigkeitssimulationen konfigurieren die vielen Luftaustrittsöffnungen, um durch einen optimierten Luftmengenausstoß eine maximale Reibungsminderung zu erreichen.¹⁰⁸

Eine weitere Möglichkeit die Effizienz eines Schiffes zu verbessern, ist die Modifikation der Rumpfform. Dies liegt daran, dass die meisten Schiffsrümpfe generell für eine ruhige See und einen bestimmten Auslegungstiefgang gebaut worden sind. Das heißt, dass sie auch nur unter diesen Bedingungen wirklich energieeffizient fahren. In der Realität aber ist die See oftmals rau und auch der Auslegungstiefgang im Schiffsbetrieb ist ein anderer.

Deswegen hat die Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt Versuche durchgeführt, in denen die Rumpfform individuell, unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Fahrtgebietes, entwickelt wurde. Diese Versuche haben gezeigt, dass so die Effizienz verbessert werden kann und Treibstoffeinsparungen von bis zu 15 Prozent möglich sind.¹⁰⁹

¹⁰⁷ Vgl. Mitsubishi Heavy Industries: The Power of Today and Tomorrow

¹⁰⁸ Vgl. Schiffsjournal: Luftteppiche für die neuen AIDA Kreuzfahrtschiffe, 2012

¹⁰⁹ Vgl. Hamburg Süd: Nachhaltigkeit - Schiff der Zukunft - Hülle

3.2.2. Antriebsoptimierung

Mit Hilfe verschiedener technischer Maßnahmen ist es möglich, den Antrieb eines Schiffes zu verbessern und dadurch eine energieeffizientere Nutzung des Treibstoffs zu gewährleisten, um weniger CO₂-Emissionen auszustoßen.

Eine Möglichkeit der Antriebsoptimierung befasst sich mit der Verbesserung der Anströmung des Wassers zum Propeller.

Der vom Propeller (oft auch als Schiffsschraube bezeichnet) erzeugte Vortrieb eines Schiffes nennt sich Propulsion. Diese ist von mehreren Faktoren abhängig, vor allem aber von der Form des Propellers sowie den Strömungsverhältnissen in Propellernähe. Der Wirkungsgrad des Propellers kann verbessert und somit auch die Propulsion positiv beeinflusst werden, wenn die Anströmung des Wassers zum Propeller verbessert wird.¹¹⁰

Der Propellernachstrom hat einen unerwünschten Drall, der den Wirkungsgrad minimiert. Dieser Nachstromdrall kann durch einen so genannten Pre-Swirl Stator (PSS) gemindert werden. Die Leitbleche des PSS sitzen vor dem Propeller und sorgen für eine bessere Anströmung des Wassers zum Propeller (siehe Abbildung 11¹¹¹).¹¹²



Abbildung 11: Re-Swirl Stator vor dem Propeller

¹¹⁰ Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 22

¹¹¹ Vgl. naver.com

¹¹² Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 22

Die Hamburg Süd hat bei Schiffen ihrer „Santa“-Klasse (7.000 TEU), diesen PSS installiert und spart damit jährlich ca. 800t Treibstoff pro Schiff. Bei sechs Schiffen dieser Klasse werden so 15.300t CO₂ pro Jahr eingespart.¹¹³

Eine weitere Möglichkeit, den Wirkungsgrad des Propellers zu verbessern, ist die „schneekluthsche Ausgleichsdüse“. Diese besteht aus düsenförmigen Leitblechen, die das Wasser gezielt zum Propeller lenken und so die Schubleistung verbessern. Mit dieser Vorrichtung an vier ihrer 2.500 TEU Schiffen spart die Hamburg Süd jährlich 550t Treibstoff je Schiff und insgesamt 1.750t CO₂.¹¹⁴

Eine andere Möglichkeit der Antrieboptimierung bietet die Verbesserung der Treibstoffnutzung durch neue Einspritzsysteme.

Als „Common Rail“ wird ein elektronisch geregeltes Einspritzsystem verstanden, auch bekannt unter dem Begriff „Speichereinspritzsystem“.¹¹⁵

Charakteristisch für dieses System ist, dass Druckerzeugung und Direkteinspritzung voneinander getrennt sind. Bei herkömmlichen Einspritzsystemen wird der Kraftstoffdruck für jeden Einspritzvorgang neu erzeugt. Anders ist hier die Common Rail, bei der eine Hochdruckpumpe für einen permanenten Druck sorgt, der für alle Zylinder in einer gemeinsamen Leitung, der Common Rail, gespeichert wird und über kurze Einspritzleitungen für den Einspritzvorgang abgerufen werden kann.¹¹⁶

Dies bedeutet, dass Einspritzbeginn sowie Einspritzdauer unabhängig von der Kolbenstellung sind und somit eine betrieboptimierte Einspritzung pro Takt ermöglicht. Dies wiederum führt zu einer besseren Verbrennung und somit zu der Einsparung von Treibstoff und folglich auch von Emissionen.¹¹⁷

Auch die Abgase der Schiffsdieselmotoren können für Treibstoffeinsparungen genutzt werden. Anstatt die heißen Abgase über die Schornsteine ungenutzt abzuleiten, wird deren thermische Energie zurückgewonnen, indem sie umgeleitet werden und Turbogeneratoren

¹¹³ Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 22

¹¹⁴ Vgl. ebd.

¹¹⁵ Vgl. ebd. S. 15

¹¹⁶ Vgl. ebd.

¹¹⁷ Vgl. ebd.

antreiben. Diese wiederum können bis zu sechs Megawatt Energie für die Stromversorgung an Bord erzeugen, wodurch bis zu 12 Prozent Treibstoff eingespart werden kann. Die Nutzung der Abwärme wird als „Waste Heat Recovery“ bezeichnet.¹¹⁸

3.2.3. Alternative Antriebe

Anstelle der einfacheren Antrieboptimierung besteht auch die Möglichkeit ganz neuer Antriebssysteme, um die Energieeffizienz eines Schiffes zu erhöhen und durch niedrigeren Treibstoffverbrauch CO₂-Emissionen einzusparen.

Bei einem POD-Antrieb handelt es sich meist um einen dieselektrischen Antrieb. Dies bedeutet, dass Diesel- und Elektromotoren miteinander kombiniert sind. Der Dieselmotor erzeugt hierbei die mechanische Energie, die dann von einem Generator in elektrische Energie umgewandelt wird. Anstelle der Schiffsschraube direkt, wird durch den Dieselmotor nur ein Elektromotor angetrieben. Dies bewirkt, dass der Dieselmotor die ganze Zeit in seinem optimalen Drehzahlbereich und somit auch mit einem optimalen Wirkungsgrad betrieben werden kann.¹¹⁹

Die Elektromotoren befinden sich, zusammen mit den Schiffsschrauben, in einer Gondel, die sich unter dem Schiffsrumpf befindet und um 360° schwenkbar ist (siehe Abbildung 12¹²⁰). POD steht bei diesem Antrieb für das englische Wort „Gondel“.¹²¹



Abbildung 12: POD-Antrieb von ABB Automation Marine

¹¹⁸ Vgl. Flecks: Hypo Vereinsbank Trendstudie Green Shipping, 2009, S. 10

¹¹⁹ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 64

¹²⁰ Vgl. NauticExpo: Produkte, Antriebssystem, Elektrischer POD-Antrieb

¹²¹ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 64

Diese Gondel verbessert zu einem die Manövrierfähigkeit des Schiffes und soll zum anderen bis zu 15 Prozent Treibstoffersparnis ermöglichen.¹²²

Innerhalb des „Maritimen Trendbarometers“, einer bei deutschen Reedern regelmäßig durchgeführten Umfrage der HypoVereinsbank, vertrauen im Jahr 2008 über 50 Prozent (51,4%) auf den dieselektrischen POD-Antrieb.¹²³

48,6% der befragten Reeder sehen ebenfalls in dem Brennstoffzellenantrieb eine Möglichkeit, Schiffe in Zukunft energieeffizienter anzutreiben¹²⁴

In einer Brennstoffzelle wird die chemische Energie von z.B. Wasserstoff und Sauerstoff direkt in elektrische Energie umgewandelt. Durch diese direkte Umwandlung von chemischer in elektrische Energie ist der Wirkungsgrad einer solchen Wasserstoff-Brennstoffzelle hoch. Hinzu kommt, dass der Sauerstoff aus der Umgebungsluft genutzt werden kann, wodurch nur noch der Wasserstoff als Treibstoff, in einem Tank, mitgeführt werden muss.¹²⁵

Zudem ist Wasserstoff eine „saubere“ Energielösung, da bei seiner Freisetzung keine schädlichen Emissionen entstehen, lediglich Wasserdampf.¹²⁶

Auch wenn der Antrieb mit einer Brennstoffzelle als zukunftsweisend gilt, gibt es bisher noch keine Serienfertigung. Bereits in Fahrt sind lediglich brennstoffzellenbetriebene U-Boote,¹²⁷ das erste kommerziell genutzte Fahrgastschiff „Alsterwasser“ und das Handelsschiff „OSV Viking Lady“ (aus dem Projekt FellowSHIP).¹²⁸

Dies liegt darin begründet, dass die Speicherung von Wasserstoff an Bord etwas aufwendiger ist, da die benötigten Tanks nicht nur schwerer sind und mehr Platz in Anspruch nehmen, sondern auch deutlich teurer sind.¹²⁹ Zudem gibt es noch keine ausreichende Infrastruktur für die Treibstoffversorgung.¹³⁰

¹²² Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 64

¹²³ Vgl. Flecks: Hypo Vereinsbank Trendstudie Green Shipping, 2009, S. 10

¹²⁴ Vgl. ebd.

¹²⁵ Vgl. ebd. S. 11

¹²⁶ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Nationales Innovationsprogramm

¹²⁷ Vgl. Flecks: Hypo Vereinsbank Trendstudie Green Shipping, 2009, S. 11

¹²⁸ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 64

¹²⁹ Vgl. Flecks: Hypo Vereinsbank Trendstudie Green Shipping, 2009, S. 11

¹³⁰ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 64

3.2.4. Windkraft

Neben der Antriebsoptimierung oder ganz neuer Antriebssysteme gibt es noch die Möglichkeit, bestehende Antriebe durch so genannte Zusatzantriebe zu entlasten. Damit solche Zusatzantriebe in Bezug auf die CO₂-Reduzierung auch hilfreich sind, ist es sinnvoll, dass sie natürliche, erneuerbare Energien nutzen.

Eine dieser erneuerbaren Energien ist die Sonnenenergie.

Solarantriebe bestehen aus Elektromotoren, die aus Solarzellen ihre Energie beziehen. Damit dies möglich ist, muss eine gewisse Fläche des Schiffes mit Solarzellen ausgestattet werden und es wird ein Batteriesystem benötigt, das die gewonnene Energie speichert. Die Solarzellen beanspruchen relativ viel Platz und können nur eine geringe Leistung abgeben. Deswegen ist eine Nutzung der Solarenergie für die Handelsschifffahrt bisher nicht denkbar.¹³¹

Die Windkraftnutzung hingegen war bereits vor mehreren Jahrhunderten die Innovation der Menschheitsgeschichte und stellt bis heute die wohl kostengünstigste und umweltfreundlichste Energiequelle dar. Seit der Erfindung der Dampfmaschine und den immer größer und schneller werdenden Überseeschiffen hat das Segelsystem den Anforderungen der modernen Schifffahrt allerdings nicht mehr genügt.¹³²

In Zeiten von steigenden Energiekosten und Klimaschutzdiskussionen wird der erneuerbaren Energiequelle Wind wieder Aufmerksamkeit geschenkt. Forschung und Entwicklung haben Erfindungen möglich gemacht, die Windkraft auch für große und schwere Schiffe nutzbar zu machen.

Ein Beispiel hierfür ist das Hamburger Unternehmen SkySails.

Der SkySails-Windantrieb ist weltweit patentiert und besteht aus drei Hauptkomponenten: Dem Zugdrachen, dem Start- und Landesystem und dem Steuerungssystem.¹³³ Der Zugdrachen bildet zusammen mit einer Steuergondel und einem Zugseil das „Fliegende System“. Er

¹³¹ Vgl. Hamburg Süd: Nachhaltigkeit - Schiff der Zukunft - Antrieb

¹³² Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 147f.

¹³³ Vgl. SkySails Produktbroschüre: Antriebssystem, S. 2

wird von der Steuergondel gelenkt und bewegt sich in geregelten Flugmanövern, in einer Höhe von 100 bis 300 Metern, vor dem Schiff (siehe Abbildung 13¹³⁴). In diesen Höhen herrschen stärkere und stetigere Winde, wodurch dann der Vorantrieb erzeugt werden kann.

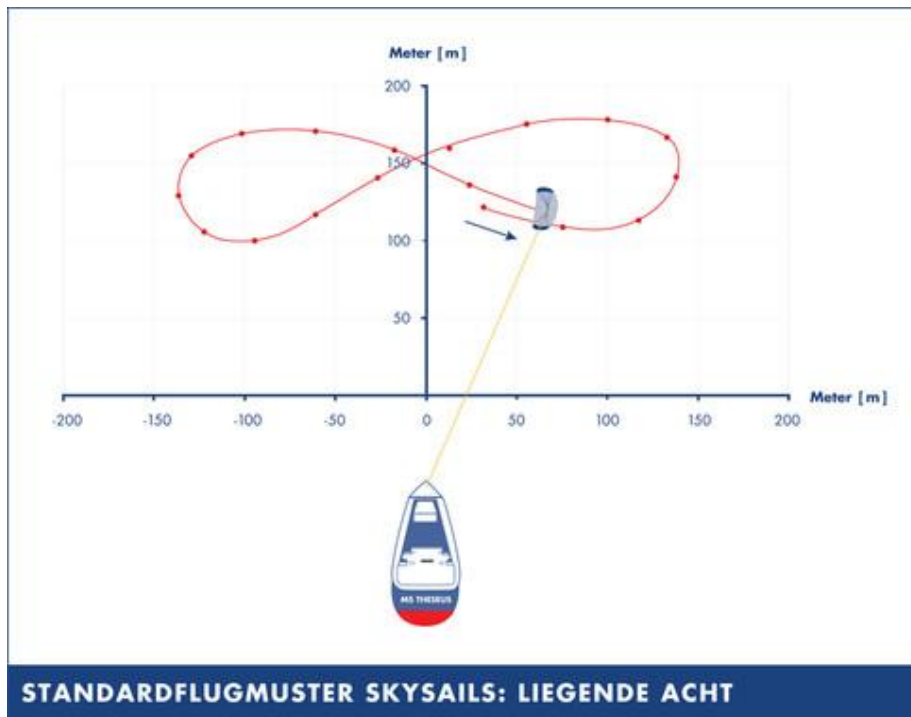


Abbildung 13: Flugmuster des SkySails-Zugdrachens

Über das Zugseil, welches aus hoch reißfester Kunststofffaser besteht, werden die Zugkräfte auf das Schiff übertragen. Zusätzlich ist in dem Zugseil ein Spezialkabel integriert, über das die Energieversorgung und Datenkommunikation der Steuergondel mit dem Steuerungssystem auf dem Schiff sichergestellt wird (siehe Abbildung 14¹³⁵).

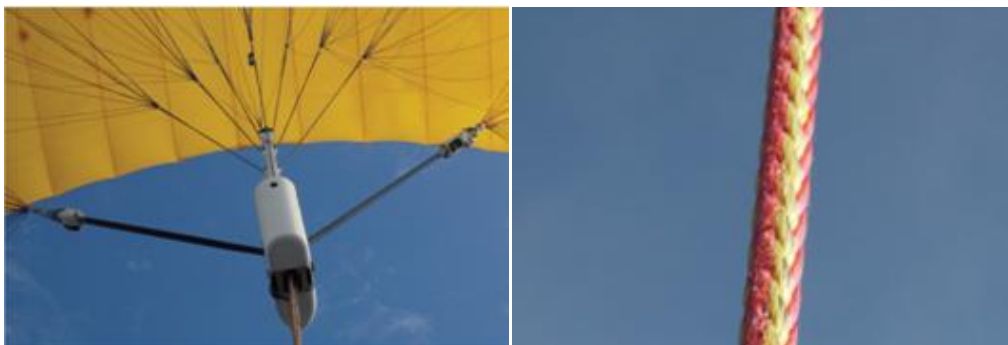


Abbildung 14: Steuergondel und Zugseil des Zugdrachens

¹³⁴ Vgl. SkySails Infothek: SkySails im Luftraum

¹³⁵ Vgl. SkySails Produktbroschüre: Antriebssystem, S. 8

Das bereits erwähnte Steuerungssystem wird, zusammen mit dem Start- und Landesystem, fest auf dem Schiff installiert. Dabei sind das Steuerpult auf der Brücke und das Start- und Landesystem im Vorschiffsbereich (siehe Abbildung 15¹³⁶) untergebracht.¹³⁷



Abbildung 15: Start- Und Landesystem des Zugdrachen im Vorschiffsbereich

Nach Angaben des Herstellers können die Zugdrachen sowohl als Zusatzantrieb auf Neubauten, als auch auf bestehenden Schiffen leicht installiert werden. Durch die Unterbringung im Vorschiffsbereich wird die Ladefläche durch ein SkySails-System nicht verringert und es entstehen keine zusätzlichen Personalkosten, da die bestehende Mannschaft eines Schiffes zur Bedienung ausreichend ist.¹³⁸

Bei optimalen Windbedingungen ist es zeitweise möglich, den Treibstoffverbrauch um bis zu 50 Prozent zu reduzieren. Im Regelfall ist eine Reduzierung von 10 bis 35 Prozent möglich.¹³⁹ Da ein geringerer Treibstoffverbrauch auch geringere CO₂-Emissionen bedeutet, ist es somit möglich, mit einem Zugdrachen von SkySails den CO₂-Ausstoß täglich um bis zu 30t zu senken. Die IMO geht sogar davon aus, dass diese Technologie dazu verhelfen kann, die weltweiten jährlichen CO₂-Emissionen um 100 Mio. t zu minimieren.¹⁴⁰

¹³⁶ Vgl. SkySails Marine: Bedienung

¹³⁷ Vgl. SkySails Produktbroschüre: Antriebssystem, S. 8f.

¹³⁸ Vgl. ebd. S. 2-11

¹³⁹ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 148

¹⁴⁰ Vgl. SkySails Produktbroschüre: Antriebssystem, S. 6

Abbildung 16¹⁴¹ zeigt solch ein Zugdrachen-System von SkySails im Einsatz auf offener See.



Abbildung 16: Frachtschiff mit SkySails-Zugdrachen

Im Dezember 2012 hat die staatliche schwedische Schiffbauanstalt (SSPA) erste Ergebnisse aus ihrem EffShip-Projekt (Efficient Shipping with low emissions, www.effship.com) veröffentlicht und darin den Windantrieben ein hohes Potenzial bescheinigt. Besonders Zugdrachen auf Vorwindkursen bieten hier die höchste Leistungsfähigkeit.¹⁴²

In Simulationen mit einer eigenen Software der SSPA wurde aufgezeigt, dass selbst große Schiffe, wie ein Panamax-Tanker¹⁴³, allein durch die Windkraft eine Geschwindigkeit von acht Knoten erreichen können, wenn sie mit einem 640m² großen Zugdrachen ausgestattet sind und die Windgeschwindigkeit 10m/s beträgt.¹⁴⁴

2.2.5. Treibstoff LNG

Eine weitere Möglichkeit einer verbesserten Energienutzung besteht in neuen Treibstoffen.

Hier bietet sich vor allem das so genannte LNG (Liquefied Natural Gas) an, das über seinen gesamten Lebenszyklus hinweg weniger CO₂-Emissionen verursacht, als die klassischen Treibstoffe. Dies liegt an seinem hohen Energiegehalt, der es ermöglicht, die CO₂-Emissionen um bis zu 25 Prozent zu senken.¹⁴⁵

¹⁴¹ Vgl. SkySails Marine: Vorteile

¹⁴² Vgl. SkySails Infothek: EffShip-Studie bescheinigt Zugdrachen-Windantrieben hohes Potenzial

¹⁴³ Ein Panamax-Tanker ist ein Schiff, das von seinen Abmessungen (max. 32,24m breit, 180-240m lang, Tiefgang ca. 12m) her gerade noch den Panama Kanal passieren kann

¹⁴⁴ Vgl. SkySails Infothek: EffShip-Studie bescheinigt Zugdrachen-Windantrieben hohes Potenzial

¹⁴⁵ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 68

In Brunsbüttel wird bereits eine Bunkerstation für LNG geplant, denn der Geschäftsführer der Brunsbüttel Ports GmbH, Frank Schnabel, sieht LNG als den Treibstoff der Zukunft und er geht davon aus, dass bereits mittelfristig viele Schiffe im Kurzstreckenverkehr LNG als Treibstoff verwenden werden.¹⁴⁶

LNG ist zurzeit noch teurer, als das momentan verwendete Schweröl. Außerdem müssten bestehende Schiffe für eine Nutzung von LNG umgerüstet werden, was aufgrund hoher Kosten nur bedingt wirtschaftlich ist. Deswegen eignet sich eine Nutzung von LNG vor allem für Schiffs-Neubauten.¹⁴⁷ Allerdings muss vorausschauend beachtet werden, dass die Grenzwerte für die Schwefelemissionen zunehmend reguliert werden. Die globalen Grenzwerte wurden ab 2012 auf 3,5% beschränkt und sollen ab 2020 noch weiter, auf 0,5%, reduziert werden. In besonderen Seegebieten, den Emission Control Areas (ECAs), gilt bereits seit 2010 eine Schwefelgrenze von 1%, die ab 2015 auf 0,1% weiter reduziert wird. Bei einem durchschnittlichen Schwefelgehalt von 2,7% im momentan hauptsächlich als Schiffstreibstoff verwendeten Schweröl, ist eine so starke Reduktion dieser Partikel nur durch eine Umstellung auf alternative Treibstoffe oder Investitionen in Technologien zur Abgasnachbehandlung möglich.¹⁴⁸

Seit dem ersten Schiff, das ausschließlich mit LNG als Brennstoff fährt und kein Tanker ist (der norwegischen „Glutra“ im Jahr 2001), sind weitere 25 Schiffe mit diesem Brennstoff als Antrieb in Betrieb gegangen. Zudem befinden sich mehrere Schiffe, z.B. RoRo-Schiffe, Mehrzweckfrachter, Schlepper, Passagierschiffe, Offshore-Versorger und sogar ein Höchstgeschwindigkeitskatamaran mit LNG-betriebener Gasturbine bei der DNV-Klasse im Bau.¹⁴⁹

In mehreren hunderttausend Betriebsstunden hat die DNV die Erfahrungen gesammelt, dass der Unterhaltsaufwand für mit LNG betriebene Schiffe, im Vergleich zu konventionellen Antriebsstoffen, reduziert wird. Das Zylinderschmieröl muss seltener getauscht werden und

¹⁴⁶ Vgl. Brunsbüttel Ports: Die Weichen sind auf grüne Logistik gestellt, 2012

¹⁴⁷ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 68

¹⁴⁸ Vgl. ebd. S. 59f.

¹⁴⁹ Vgl. Det Norske Veritas: LNG Schiffe

Zylinder und Kolben verrußen kaum noch, wodurch auch die Decks nicht mehr von Ruß befreit werden müssen. Hinzu kommt, dass LNG ca. 10 Prozent mehr Energie pro Euro bietet als Schweröl, wodurch die direkten Kosten für den Brennstoff reduziert werden.¹⁵⁰

3.2.6. Landstrom

Ein Schiff verursacht nicht nur Emissionen, wenn es auf hoher See ist, sondern auch, wenn es im Hafen liegt. Dies liegt daran, dass die, bereits in Abschnitt 3.1.1 erwähnten Hilfsmaschinen, permanent laufen; eben auch im Hafen.¹⁵¹

Um diese Emissionen zu vermeiden wird versucht den so genannten Landstrom für die Schiffe nutzbar zu machen. Dies bedeutet, dass das Schiff während seiner Liegezeit im Hafen seine Hilfsmaschinen abschalten kann und von der Landseite her mit Strom versorgt wird.¹⁵²

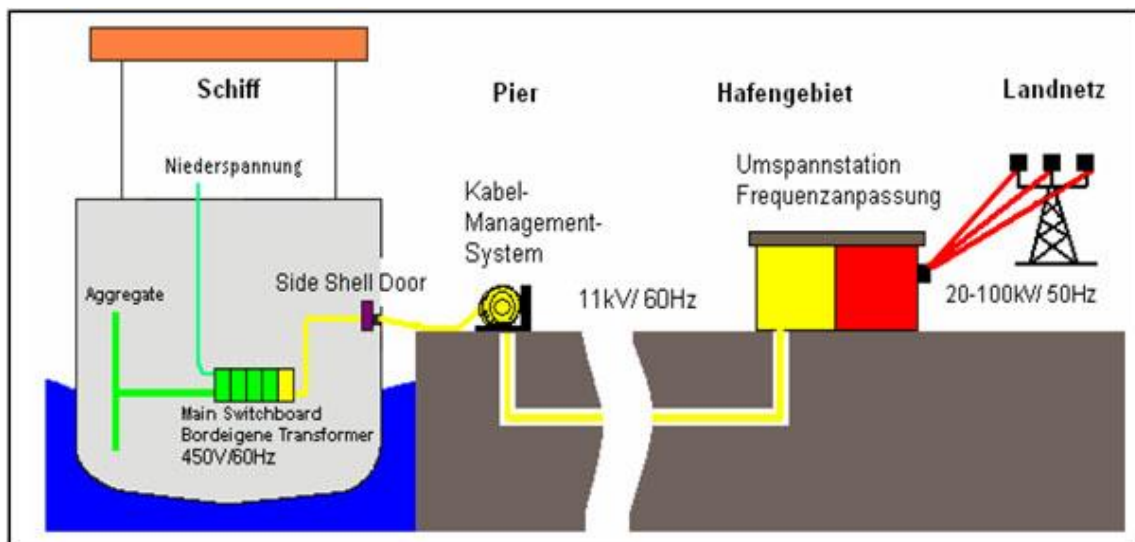


Abbildung 17: Schematische Darstellung der Landstromversorgung

Abbildung 17¹⁵³ zeigt einen möglichen Aufbau einer Landstromversorgung im Hafen. Dabei ist es wichtig, dass sowohl am Kai, als auch an Bord Anschlüsse und Umformer errichtet werden, die den Strom entsprechend der im Bordnetz verwendeten Spannungen und Frequenzen bereitstellen.¹⁵⁴

¹⁵⁰ Vgl. Det Norske Veritas: LNG Schiffe

¹⁵¹ Vgl. Iken: Hamburg Süd Umweltbroschüre, S. 24

¹⁵² Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 72f.

¹⁵³ Vgl. Jahn: Landstromversorgung in Häfen, 2010

¹⁵⁴ Vgl. ebd.

Im besten Fall wird dieser Landstrom aus erneuerbarer Energie gewonnen, wodurch die Schadstoffemissionen um 100 Prozent gesenkt werden können.

Im Hafen von Los Angeles gibt es bereits heute eine Landstromversorgung, nachdem die Hafengesellschaft aufgrund massiver Proteste von Umweltverbänden und der Bevölkerung im Jahr 2006 einen Luftreinhalteplan beschlossen hat. Anfänglich gab es Probleme mit den Kabelanschlüssen und einer gesicherten Versorgung, wenn auf einmal große Schiffe große Mengen an Strom abgenommen haben. Mittlerweile aber gibt es für zwei Kreuzfahrtterminals und zehn Terminals für Containerschiffe eine Landstromversorgung. Zudem sind 20 neue Anlagen im Bau oder in Planung um bis 2014 26 der 30 großen Seeschiffsplätze mit Landstrom versorgen zu können.¹⁵⁵

Die norwegische Reederei Color Line lässt seit dem Sommer 2012 zwei ihrer Fähren für knapp vier Stunden am Tag im Hafen von Oslo mit Landstrom versorgen. So können, nach Angaben der Reederei, jährlich rund 3.000t CO₂ eingespart werden.¹⁵⁶

Im Hafen von Lübeck werden seit dem Mai 2008 drei Landstromanschlüsse für Fähren von den Stadtwerken betrieben. Laut Ralf Giercke, dem Umweltbeauftragten der Stadtwerke, sparte dies innerhalb eines Jahres ca. 762t CO₂ ein.¹⁵⁷

3.3. Praxisbeispiel Tchibo

Tchibo erledigt rund 95 Prozent seiner Warentransporte mit dem Schiff und hat mit „LOTOS“ ein Klimaschutzprojekt für nachhaltigen Gütertransport ins Leben gerufen.

Die Abkürzung „LOTOS“ steht hierbei für „Logistics towards Sustainability“ und bedeutet übersetzt „Logistik auf dem Weg zur Nachhaltigkeit“. In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Hamburg-Harburg und dem Bundesumweltministerium hat Tchibo seine Transportwege sowie -mittel durchleuchtet, um Ansatzpunkte zum Klimaschutz zu identifizieren. Im weiteren Vorgehen wurden innerhalb dieses Projektes Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung abgeleitet.¹⁵⁸

¹⁵⁵ Vgl. Tiedemann: Landstrom: Hamburg will von Los Angeles lernen, 2012

¹⁵⁶ Vgl. Bünger: Sauber cruisen: Rußwolken will keiner mehr, 2012

¹⁵⁷ Vgl. Maass: EU schaltet den Landstrom im Hafen ab, 2009

¹⁵⁸ Vgl. Middendorf: Logistik im Spannungsfeld zwischen Globalisierung und Nachhaltigkeit, 2008, S. 407

Im Zusammenhang mit dem LOTOS-Projekt hat sich Tchibo vorgenommen, die vom Transport verursachten CO₂-Emissionen bis 2015 um 30 Prozent zu senken. Das Jahr 2006 wird hierbei, mit einem Ausstoß von ca. 128.500t CO₂, als Referenzjahr verwendet.¹⁵⁹

In Abbildung 18¹⁶⁰ ist ersichtlich, dass Tchibo im Jahr 2008 CO₂-Emissionen von rund 109.615t verursacht hat. 2009 sind es bereits nur noch 84.050t CO₂, die im Transport emittiert werden. Der CO₂-Anstieg im Jahr 2010, auf 94.489t, beruht auf einer deutlichen Zunahme der eingekauften und abverkauften Produktmenge. Mit 78.828 t CO₂ im Jahr 2011 hat Tchibo das bis 2015 geplante Ziel einer CO₂-Reduzierung um 30 Prozent bereits jetzt schon erreicht.¹⁶¹

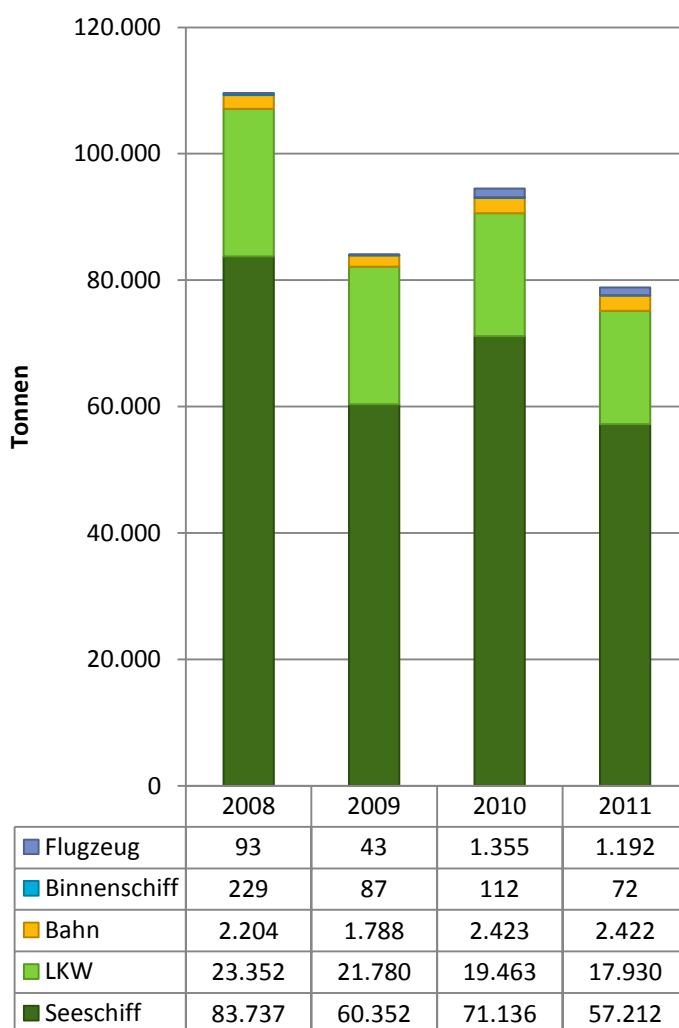


Abbildung 18: CO₂-Emissionen durch den Transport von Tchibo Produkten

¹⁵⁹ Vgl. Sadowski: Grüne Logistik, 2010, S. 85

¹⁶⁰ Vgl. Tchibo Nachhaltigkeit: Umweltschutz bei Tchibo – 30% weniger/Tchibo Nachhaltigkeitsbericht, S. 21

¹⁶¹ Vgl. Tchibo Nachhaltigkeitsbericht, 2011, S. 21

Laut eigenen Aussagen ist es für Tchibo eine Frage der Wettbewerbsfähigkeit, dass viele Produkte in weit entfernten Ländern hergestellt werden.¹⁶² Diese weiten Entfernungen erklären den hohen Anteil des Schiffstransports in den Güterströmen von Tchibo.

In Abbildung 19¹⁶³ ist eine prozentuale Verteilung der CO₂-Emissionen auf die einzelnen Verkehrsträger dargestellt, in der die Schifffahrt mit einem Anteil von über 70 Prozent deutlich hervorsticht.

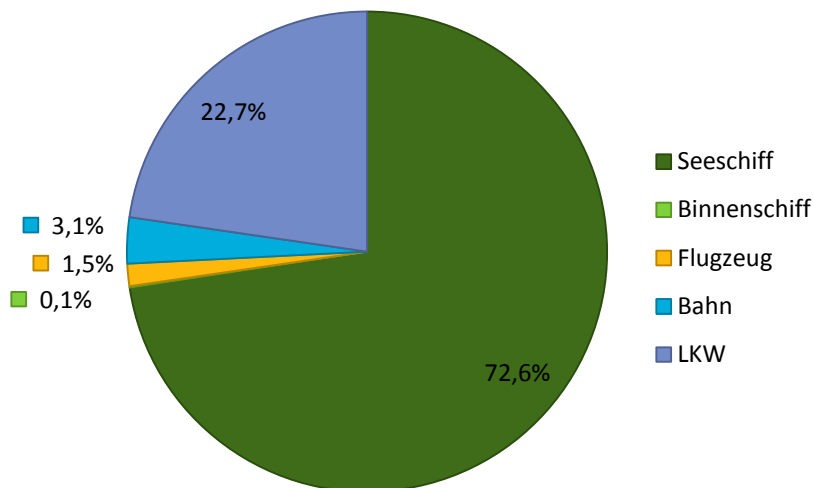


Abbildung 19: Anteil der Verkehrsträger an CO₂-Emissionen durch den Transport von Tchibo Produkten (2011)

Um die CO₂-Emissionen im Schiffsverkehr zu senken, setzt Tchibo auf eine exakte Planung, die es wiederum ermöglicht, die Geschwindigkeit zu senken.¹⁶⁴ Somit ist Slow Steaming die Maßnahme, die Tchibo umsetzt und der am meisten Potenzial zugeschrieben wird.

4. Bewertung der Möglichkeiten

Die Gründe „Grüne Logistik“ in einem Unternehmen umzusetzen und sich für energiesparende und umweltschonende Transporte einzusetzen, sind genauso vielfältig wie die Maßnahmen, mit denen diese Umsetzung erfolgen kann.

Die Entscheidung, welche Maßnahmen ergriffen werden sollen, um die CO₂-Emissionen langfristig zu reduzieren, hängt natürlich davon ab, wie viel Einsparpotenzial die einzelnen Maßnahmen aufweisen und wie viel Aufwand betrieben werden muss, um diese umzusetzen.

¹⁶² Vgl. Tchibo Nachhaltigkeit: Umweltschutz bei Tchibo – 30% weniger

¹⁶³ Vgl. Tchibo Nachhaltigkeit: Umweltschutz bei Tchibo – 30% weniger/Tchibo Nachhaltigkeitsbericht, S. 35

¹⁶⁴ Vgl. Tchibo Nachhaltigkeit: Umweltschutz bei Tchibo – 30% weniger

Da Transportdienstleister wirtschaftlich agierende Unternehmen sind, geht es letztendlich auch darum, ob sich eine Maßnahme in Hinblick auf den gewonnen Nutzen und den dafür investierten Aufwand lohnt.

Um eine solche Bewertung zu ermöglichen, sind bestimmte Basisdaten unverzichtbar. Eine so genannte Ökobilanz, die den gegenwärtigen Standpunkt des Unternehmens, also den Status Quo der CO₂-Emissionen, aufzeigt, ist genauso unumgänglich, wie fundierte Daten über die eingesetzten Verkehrsträger und die Menge an Transporten. Denn um die CO₂-Emissionen berechnen zu können, werden u.a. Daten zum Energieverbrauch des Schiffes benötigt.

Erst wenn diese Daten zur Verfügung stehen, kann eine Gegenüberstellung von Einsparpotenzial und dem daraus zu erwarteten Nutzen bzw. Gewinn im Vergleich zu dem entstehenden Aufwand bzw. den Kosten erfolgen.

4.1. Ökobilanz

Die Ökobilanz ist ein Verfahren, um umweltrelevante Sachverhalte zu erfassen und zu beurteilen. Entwickelt wurde sie vor allem zur Bewertung von Produkten, heutzutage wird sie aber auch bei Verfahren und Dienstleistungen angewandt.¹⁶⁵

Zunehmend werden Logistik- und Transportunternehmen bevorzugt, die ein Umweltmanagement vorweisen können. Vor allem Unternehmen aus der Konsumgüterindustrie und dem Einzelhandel verlangen von ihren Transporteuren mindestens den Ausweis ihrer CO₂-Emissionen, wenn nicht sogar konkrete Klimaziele.¹⁶⁶ Den Druck, den Politik und Verbraucher in Hinblick auf nachhaltiges Verhalten ausüben, geben diese Unternehmen an ihre Logistikdienstleister weiter, da die eigene Ökobilanz von dem Umweltmanagement des jeweiligen Logistikdienstleisters abhängt. Somit wird das Thema einer Ökobilanz auch künftig für Logistik- und Transportunternehmen immer wichtiger, um wettbewerbsfähig zu bleiben und nicht nur, um einen Überblick über ihre CO₂-Emissionen zu erlangen.

Die ersten Ökobilanzen gehen zurück bis in die 70er Jahre, wobei es damals noch keine einheitlichen Vorgehensweisen gab. Erst im Jahr 1997 erstellte die International Organization for Standardization (ISO) ein Verfahren für die Erstellung von Ökobilanzen und überarbeitete

¹⁶⁵ Vgl. Umweltbundesamt: Nachhaltige Produktion - Ökobilanz, 2011

¹⁶⁶ Vgl. Czotscher; Preußner: Branchenkompass 2010 Transport, 2010, S. 5

dies zuletzt im Jahr 2009. Daraus entstanden die DIN EN ISO-Norm 14040, die die Grundsätze und Rahmenbedingungen zur Erstellung von Ökobilanzen beinhaltet, und die DIN EN ISO-Norm 14044, die die Anforderungen und Anleitungen im Detail regelt.¹⁶⁷

Beide Normen bilden gemeinsam einen Standard für eine Ökobilanzierung, die wiederum ein Instrument des Umweltmanagements darstellt.¹⁶⁸ Dabei umfasst die Ökobilanz vier wesentliche Elemente: eine Definition von Ziel und Untersuchungsrahmen, eine Sachbilanz, eine Wirkungsabschätzung und eine Auswertung.¹⁶⁹

Sind das Ziel und der Untersuchungsrahmen festgelegt, erfolgt die Erstellung der Sachbilanz. Hierbei geht es um Datenerhebungen und Berechnungsverfahren zur Quantifizierung relevanter Input- und Outputgrößen wie z.B. der Energie- oder Rohstoffinput oder Emissionen als Output. Hierauf aufbauend folgt die Wirkungsabschätzung, mit welcher die Bedeutung der potenziellen Umweltauswirkungen beurteilt werden sollen. Um dies zu ermöglichen, werden die Daten aus der Sachbilanz mit Wirkungskategorien und -indikatoren verknüpft. Für diese Wirkungsparameter gibt es keine verbindlichen Vorgaben, sie können individuell gewählt werden. Das Umweltbundesamt schlägt u.a. den Treibhauseffekt, die Beanspruchung fossiler Ressourcen oder direkte Schädigung von Ökosystemen als Wirkungskategorien für Ökobilanzen vor. Abschließend erfolgt die Auswertung, die die Ergebnisse zusammenfasst, Schlussfolgerungen zieht und Empfehlungen ausspricht. Die Auswertung einer Ökobilanz stellt dabei die Entscheidungsgrundlage für zukünftige Prozesse dar und ist deswegen transparent und nachvollziehbar aufzubauen.¹⁷⁰

Dem LOTOS-Projekt von Tchibo (siehe Kapitel 3.3.) liegt eine Ökobilanz zugrunde, die es ermöglicht die CO₂-Emissionen für die einzelnen Verkehrsträger auszuweisen. In diesem Sinne sollte auch die Ökobilanz eines Logistik- bzw. Transportunternehmens aufgebaut sein, damit es aufzeigen kann, wie viel CO₂ es mit seinen Transporten verursacht. Denn erst, wenn ein so genannter Status Quo vorliegt, kann zu einem späteren Zeitpunkt nachvollzogen werden, ob CO₂ reduzierende Maßnahmen erfolgreich waren.

¹⁶⁷ Vgl. Fläming: Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044, 2011

¹⁶⁸ Vgl. Gregori; Wimmer: Grünbuch der nachhaltigen Logistik, 2011, S. 28

¹⁶⁹ Vgl. Umweltbundesamt: Nachhaltige Produktion - Ökobilanz, 2011

¹⁷⁰ Vgl. Fläming: Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044, 2011

Die Schwierigkeit einer solchen Ökobilanz liegt nun in der Verwendung geeigneter Daten. Um die CO₂-Emissionen verschiedener Transportmittel in einer Ökobilanz auszuweisen, müssen diese vorher berechnet werden. Die Berechnung von CO₂-Emissionen ist allerdings auf verschiedene Arten möglich und mit mehreren Hürden verbunden. Hierauf soll im nächsten Abschnitt genauer eingegangen werden.

4.2. Emissionsberechnung

Die Berechnung der CO₂-Emissionen stellt die Grundlage für die Ökobilanz dar und bietet darüber hinaus die Möglichkeit, Soll-Ist-Vergleiche aufzustellen, um den Nutzen von CO₂ reduzierenden Maßnahmen zu messen oder aber sich durch den Ausweis von niedrigen CO₂-Werten einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen. Allerdings gibt es bei der Berechnung von CO₂-Emissionen einige Schwierigkeiten, die berücksichtigt werden müssen.

4.2.1. CO₂-Berechnungsmethoden

Für die Berechnung von CO₂-Emissionen stellt sich zunächst die Frage nach einer geeigneten Methode, die sowohl räumlich, zeitlich als auch inhaltlich so ausgearbeitet ist, dass sie im Unternehmen standardisiert verwendet werden kann.¹⁷¹

Die BASF¹⁷² hat mit Hilfe eines Leitfadens des Umweltbundesamtes, der als Basis zur Erfassung transportbedingter Umwelteinwirkungen dienen soll, eine CO₂-Bilanzierungsmethode für den Gütertransport entwickelt, die auch für andere Unternehmen als Grundlage dienen kann (siehe Abbildung 20).¹⁷³

¹⁷¹ Vgl. Lortz et al.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 218

¹⁷² BASF (ehemals Badische Anilin- & Soda-Fabrik) ist das führende Chemieunternehmen der Welt

¹⁷³ Vgl. Lortz et al.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 218

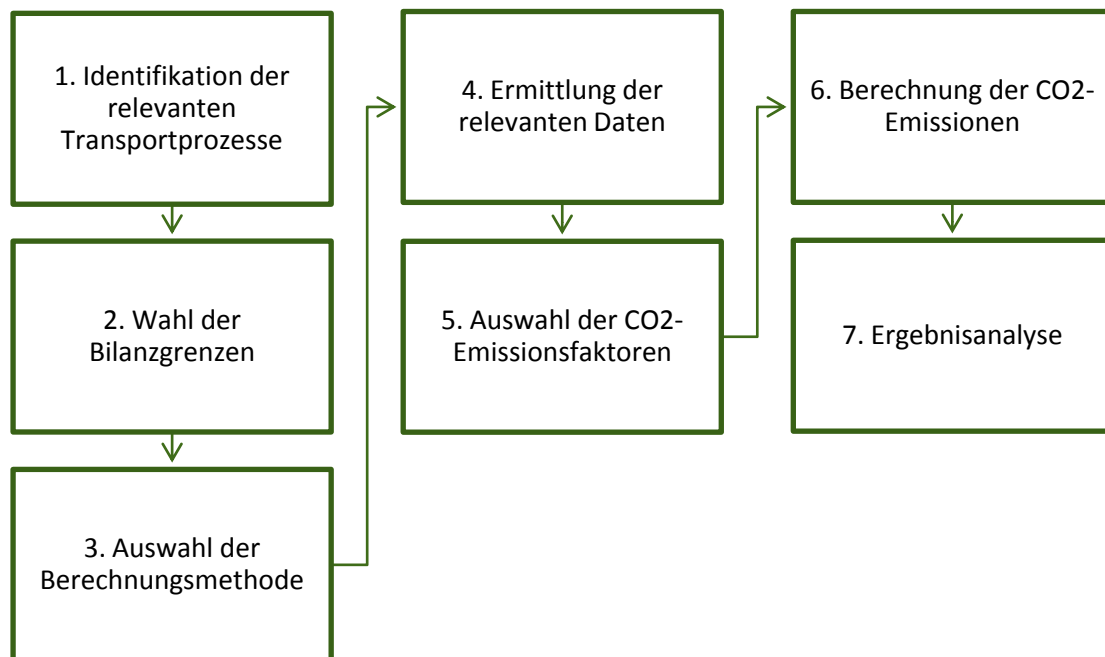


Abbildung 20: CO₂-Bilanzierungsmethode

Im ersten Schritt dieser Bilanzierungsmethode geht es darum, die für die CO₂-Emissionen relevanten Transportprozesse herauszukristallisieren. In einem Logistikunternehmen sind dies vor allem außerbetriebliche Gütertransporte, sodass eine Bilanz für die Transporte mit den verschiedenen Verkehrsträgern aufgestellt werden kann.¹⁷⁴

Der zweite Schritt befasst sich dann mit den Bilanzgrenzen, d.h. mit den räumlichen Grenzen des Transports. Problematisch ist es festzulegen, welche Transporte dem eigenen Unternehmen zuzuordnen sind oder welche evtl. noch vom Kunden selbst erledigt werden. Am sinnvollsten ist es hierbei, dass nur die Transporte, die vom eigenen Unternehmen selbst koordiniert werden (z.B. nur der Überseetransport von Hafen zu Hafen), in die Berechnung mit aufgenommen werden. Den Transport zum Hafen hin bzw. vom Hafen weg übernimmt evtl. ein anderes Unternehmen.¹⁷⁵ Für ein Logistikunternehmen, das den gesamten Transport von Gütern eines anderen Unternehmens übernimmt, stellt sich die Frage, ob es die CO₂-Emissionen für die gesamte Strecke aufweisen will, oder ob es die einzelnen Strecken der unterschiedlichen Verkehrsträger (wenn eine Strecke mit mehreren Verkehrsträgern absolviert wird) getrennt ausweist und dementsprechend die Bilanzgrenzen zieht.

¹⁷⁴ Vgl. Lortz et al.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 219

¹⁷⁵ Vgl. ebd.

Im dritten und vierten Schritt geht es um die Auswahl der Berechnungsmethode und die Erhebung der dafür benötigten Daten. Für die Ermittlung der CO₂-Emissionen stehen zwei Möglichkeiten zur Auswahl, die treibstoffbasierte oder die entfernungsbasierte Berechnung.¹⁷⁶

Treibstoffbasierte Formel: CO₂-Emissionen = verbrauchter Treibstoff x CO₂-Faktor [g CO₂]

Bei dieser Berechnung berücksichtigt der CO₂-Faktor in der Formel lediglich den CO₂-Ausstoß pro Liter/Gramm Treibstoff. Der spezifische Energieverbrauch des eingesetzten Verkehrsmittels bleibt hierbei unberücksichtigt.¹⁷⁷

Entfernungsbasierte Formel:

CO₂-Emissionen = Entfernung x Gütergewicht x CO₂-Emissionsfaktor [g CO₂]

Der CO₂-Emissionsfaktor in dieser Formel ermittelt den CO₂-Ausstoß für eine bestimmte Streckeneinheit, d.h. es geht um die CO₂-Emissionen pro Transportleistung [g CO₂] pro [tkm], die bei einer bestimmten Transportaktivität verursacht werden. Dazu werden neben dem geeigneten CO₂-Emissionsfaktor Daten über das Gewicht der Transportsendung und die zurückgelegte Strecke benötigt.¹⁷⁸

Für ein Transportunternehmen, das den Status Quo seiner CO₂-Emissionen bei seinen Verkehrsträgern berechnen will, um im zukünftigen Verlauf Aussagen darüber treffen zu können, ob Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung erfolgreich waren, eignet sich die entfernungs-basierte Berechnungsmethode eher. Es können gezieltere Angaben darüber gemacht werden, wie viel ein bestimmter Transport an CO₂-Emissionen verursacht, was wiederum auch in Bezug auf die Auftraggeber, die zunehmend Druck ausüben und sich Kennzahlen über CO₂-Werte wünschen, von Vorteil ist.

Problematisch an der entfernungs-basierten Berechnungsmethode ist die Festlegung der CO₂-Emissionsfaktoren. Aufgrund der Tatsache, dass keine standardisierten CO₂-Emissionsfaktoren existieren, führen unterschiedliche Basisfaktoren aus verfügbaren Studien zu manchmal deutlich voneinander abweichenden Ergebnissen. Deswegen müssen hinsichtlich der CO₂-Emissionsfaktoren gewisse Unsicherheitsfaktoren berücksichtigt werden. Diese

¹⁷⁶ Vgl. Lortz et al.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 220

¹⁷⁷ Vgl. ebd.

¹⁷⁸ Vgl. ebd. S. 221

Unsicherheitsfaktoren befassen sich unter anderem damit, dass z.B. für die Auslastung der Transportmittel unterschiedliche Annahmen zugrunde gelegt werden oder aus Mangel an Daten Durchschnittswerte aus internationalen Statistiken abgeleitet werden, obwohl es bei der Effizienz der Transporte, der Energiequellen und der Qualität der Infrastruktur zwischen den Ländern Unterschiede gibt.¹⁷⁹

Eine Möglichkeit den CO₂-Emissionsfaktor eines Verkehrsträgers zu berechnen, ist es ihn durch seine durchschnittlichen CO₂-Emissionen pro Transportleistungseinheit in Tonnenkilometern zu definieren.¹⁸⁰

$$\text{CO}_2\text{-Emissionsfaktor} = \text{EV}_{\text{spez}} \times \text{CO}_2\text{-Faktor} \left[\frac{\text{g CO}_2}{\text{tkm}} \right]$$

Bei dieser Berechnung bestimmen der CO₂-Faktor der treibstoffbasierten Berechnungsmethode sowie der spezifische Energieverbrauch (EV_{spez}) den CO₂-Emissionsfaktor. Der Zusammenhang zwischen Energieverbrauch und ausgestoßenem CO₂ wird durch den CO₂-Faktor hergestellt, der die Menge CO₂ pro Verbrauchseinheit angibt, die bei der Umwandlung der Energieträger freigesetzt wird.¹⁸¹

Bei der Auswahl des CO₂-Faktors muss entschieden werden, ob nur direkte oder auch indirekte CO₂-Emissionen Berücksichtigung finden sollen. Die direkten Emissionen entstehen beim Verbrauch von Endenergie, z.B. der Verbrennung fossiler Kraftstoffe. Die indirekten Emissionen hingegen werden bei der Umwandlung von Primärenergie in Endenergie (z.B. bei der Stromerzeugung) verursacht. Letztendlich unterscheiden sich die CO₂-Faktoren für bestimmte Energieträger kaum und können sehr genau bestimmt werden.¹⁸²

Die Bestimmung des spezifischen Energieverbrauchs gestaltet sich schwieriger, da bei diesem viele verkehrsträgerspezifische Einflussfaktoren wie z.B. Schiffstyp, Effizienz des Schiffsmotors, Fahrgeschwindigkeit, Wassertiefe, Strömung, Ladevolumen und Auslastung der Kapazitäten berücksichtigt werden müssen.¹⁸³

¹⁷⁹ Vgl. Lortz et al.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 221f.

¹⁸⁰ Vgl. ebd. S. 222

¹⁸¹ Vgl. ebd.

¹⁸² Vgl. ebd. S. 222f.

¹⁸³ Vgl. Kranke: CO₂-Berechnung, 2009, S. 29-31

Im Überseetransport wird zurzeit hauptsächlich Schweröl als Treibstoff verwendet. Mittlerweile ist die zunehmende Verwendung von Dieselöl erkennbar. Die CO₂-Faktoren für diese Treibstoffe liegen ebenso vor, wie Daten zur Abschätzung des spezifischen Energieverbrauchs, da die IMO im Jahr 2008 eine umfassende Datenerhebung vollzogen hat. Hierbei handelt es sich zwar um Durchschnittswerte, allerdings lassen sich diese anhand von real ermittelten Schiffsaktivitäten für Seeschiffe aller Art und für alle Schiffsklassen zuordnen.¹⁸⁴

CO₂-Emissionsfaktor [g CO₂/tkm] (inkl. Vorkette*)

großes Containerschiff (8.000 TEU oder mehr)	mittleres Containerschiff (bis 3.000 TEU)	Quelle
14	22,5	Kranke(2009d), S. 38; IMO (2009)
13	15	Defra (2008b), S. 15
15	18	Lindstad/Mørkve (2009), S. 1029

*unter Berücksichtigung der indirekten CO₂-Emissionen der Vorkette

Tabelle 1: CO₂-Emissionsfaktoren für den Überseetransport

Tabelle 1¹⁸⁵ zeigt verschiedene CO₂-Emissionsfaktoren aus unterschiedlichen Quellen. Hierbei können die Daten der IMO bevorzugt werden, da sie auf einer fundierten Datenbasis aufbauen und ihnen ein durchschnittlicher Auslastungsgrad von 70 Prozent zugrunde liegt.¹⁸⁶

Ist der CO₂-Emissionsfaktor ausgewählt, kann im fünften Schritt die Berechnung der CO₂-Emissionen erfolgen, um im sechsten und letzten Schritt eine Ergebnisanalyse zu vollziehen.

Es bleibt aber zu berücksichtigen, dass es sich bei dieser CO₂-Bilanzierungsmethode und den beiden Berechnungsmöglichkeiten um nicht standardisierte Methoden handelt. Obwohl die Werte für den spezifischen Energieverbrauch von der IMO erhoben und ausgegeben worden sind, handelt es sich dennoch um Durchschnittswerte und gerade durch den Unsicherheitsfaktor „Auslastung“ können erhebliche Unterschiede in den Ergebnissen zustande kommen. Deshalb ist bei einem Soll-Ist-Vergleich von CO₂-Werten, der den Erfolg von CO₂ reduzierenden Maßnahmen aufzeigen soll, ein hohes Maß an Genauigkeit geboten, sodass für jede Berechnung die gleichen Basisdaten verwendet werden. Eine Vergleichbarkeit von CO₂-Werten verschiedener Unternehmen ist aufgrund unterschiedlicher Berechnungsgrundlagen fast unmöglich.

¹⁸⁴ Vgl. Lortz et al.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, 2010, S. 228f.

¹⁸⁵ Vgl. ebd. S. 229

¹⁸⁶ Vgl. ebd.

Um diese Schwierigkeiten zu bewältigen, soll die Berechnung der CO₂-Emissionen zukünftig vereinheitlicht und vereinfacht werden. Einen Anfang macht hier die ISO mit ihrer neuen DIN EN 16258, die den Energieverbrauch und die Treibhausgasemissionen von Transporten nach einem EU-weit einheitlichen Standard zu ermitteln helfen soll.¹⁸⁷

Die DIN EN 16258 „Methode zur Berechnung und Deklaration des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen bei Transportdienstleistungen (Güter- und Personenverkehr)“ richtet sich an Unternehmen und Organisationen in der Logistik, wie z.B. Auftraggeber (Verlader, Passagiere), Transportdienstleister (Logistiker, Reiseveranstalter) und Transportunternehmen (Personen- und Güterverkehr).¹⁸⁸

Die neue Norm umfasst Begriffe, Leitlinien, Berechnungsmethoden und -beispiele, sowie Festlegungen zur Deklaration. Bei ihrer Anwendung, die auf freiwilliger Basis beruht, sollen alle Treibhausgase erfasst werden, also nicht nur CO₂, sondern auch Methan, Lachgas und Fluorkohlenwasserstoffe.¹⁸⁹

Die Veröffentlichung der Norm wird voraussichtlich im Februar 2013 im Beuth Verlag erfolgen.

4.2.2. EcoTransIT

Aufgrund oder gerade wegen dieser Schwierigkeiten, vor allem in Bezug auf die Verfügbarkeit von zuverlässigen Daten und dem steigenden Interesse an den ökologischen Auswirkungen von Transporten, haben sich das Institut für Energie- und Umweltforschung (ifeu) Heidelberg, das Öko-Institut Berlin und die Rail Management Consultants GmbH (RMCon) Hannover zusammengeschlossen und ein objektives Tool namens „EcoTransIT“ entwickelt. Initiiert wurde dieses Projekt von den europäischen Eisenbahngesellschaften: DB Schenker Rail, Schweizerische Bundesbahnen (SBB) und Green Cargo AB, Trenitalia S.p.A, Société Nationale des Chemins de Fer Français (SNCF). Das Tool wird ständig an die nationalen Richtlinien und den Stand der Technik angepasst und weiterentwickelt, indem alle Projektpartner seit 2000 ihre eigenen Datenbestände in die gemeinsame Arbeit einbringen.¹⁹⁰

¹⁸⁷ Vgl. Klimaretter.info: DIN 16258 für den Klimaschutz, 2012

¹⁸⁸ Vgl. PresseBox: DIN EN 16258: Berechnung von Treibhausgasen in der Logistik, 2012

¹⁸⁹ Vgl. ebd.

¹⁹⁰ Vgl. EcoTransIT World: Allgemeine Informationen

EcoTransIT ermittelt den direkten Energieverbrauch, sowie die Emissionen, die beim Betrieb von Fahrzeugen zum Gütertransport, entstehen. Der indirekte Energieverbrauch sowie die indirekten Emissionen, die bei Erzeugung, Transport und Verteilung der Energie anfallen, werden in den Berechnungen ebenfalls berücksichtigt. Dabei dient ein umfassendes Raster von Einflussfaktoren als Basis der Berechnungen und der Benutzer hat über eine entsprechende Benutzeroberfläche des Tools die Möglichkeit die Faktoren an seine individuellen Bedingungen anzupassen.¹⁹¹

Abbildung 21: EcoTransIT Berechnungsparameter

Abbildung 21¹⁹² veranschaulicht die möglichen Eingabeparameter des Tools und zeigt auf, dass es sowohl isolierte Verkehrswege, als auch umfangreichere Verkehrsströme (durch das hinzufügen weiterer Transportketten) berechnen kann.¹⁹³

Bei den Berechnungen werden der Energieverbrauch und die Emissionen für Güter in Abhängigkeit des ausgewählten Verkehrsträgers verglichen und die Ergebnisse in Form von Diagrammen dargestellt. Dabei werden die unterschiedlichen Standards der Fahrzeuge

¹⁹¹ Vgl. EcoTransIT World: Allgemeine Informationen

¹⁹² Vgl. EcoTransIT World: Bilanzierung

¹⁹³ Vgl. EcoTransIT World: Allgemeine Informationen

ebenso berücksichtigt, wie intermodale Transportdienste oder länderspezifische Kriterien, wie z.B. die Kombination verschiedener Energieträger. Dadurch ist es möglich EcoTransIT für weltweite Routen zu benutzen.¹⁹⁴

Laut eigenen Angaben führen die Berechnungen, aufgrund der wissenschaftlichen Basis der Daten und der beteiligten unabhängigen Partner, zu zuverlässigen Ergebnissen.¹⁹⁵

4.3. Vergleich der dargestellten Maßnahmen

Wie im vorherigen Kapitel aufgezeigt, gestaltet es sich schwierig, die CO₂-Emissionen im Detail zu berechnen. Somit ist es auch problematisch die Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung anhand von konkreten Zahlen gegenüberzustellen. Es können hier lediglich prozentuale Angaben gemacht werden, da die konkrete Menge CO₂, die eingespart wird, von individuellen Faktoren des Schiffes und auch der Ladung abhängig ist. Das Gleiche gilt für die Kosten, die für Unternehmen entstehen, um solche Maßnahmen umzusetzen. Oftmals sind diese ebenfalls abhängig vom Schiff und somit variabel.

Ob sich die Investition in eine Maßnahme zur Treibstoff- und CO₂-Einsparung lohnt, wird somit durch mehrere Faktoren begründet. Im Folgenden werden die verschiedenen Möglichkeiten noch einmal mit ihren Vor- und Nachteilen bzw. mit verschiedenen Aspekten, die berücksichtigt werden sollten, beleuchtet.

Die strategischen und organisatorischen Maßnahmen weisen grundsätzlich geringere Investitionen auf als die technischen Maßnahmen. Hinzu kommt, dass sie fast für jedes Schiff geeignet sind, ohne dies aufwendig umrüsten zu müssen.

Energie und somit auch CO₂ einzusparen, indem die Bordnetzleistung verringert wird, ist hierbei die einfachste Möglichkeit. Ohne großen Aufwand kann die Besatzung geschult und darauf aufmerksam gemacht werden, dass Räume beim Verlassen geschlossen werden und das Licht ausgeschaltet wird. Auch das Austauschen von Leuchtmitteln bedarf keinem großen Aufwand oder hohen Investitionen, um Energie einzusparen.

¹⁹⁴ Vgl. EcoTransIT World: Allgemeine Informationen

¹⁹⁵ Vgl. ebd.

Ebenso einfach ist eine energieeffizientere Fahrweise. Jedem Kapitän ist es möglich, die Geschwindigkeit seines Schiffes zu drosseln. Allerdings sollte bei dieser Maßnahme vorher abgestimmt werden, ob ein langsames Fahren und somit eine längere Reisezeit von Seiten des Auftraggebers möglich ist. Denn auch, wenn es keine Kosten verursacht die Geschwindigkeit zu mindern, sind die Bindungskosten der Güter durch eine längere Fahrzeit höher. Zudem müssen die Gegebenheiten des Schiffsmotors berücksichtigt werden. Auf Dauer ist es für Motoren schädlich, wenn sie untertourig gefahren werden. Soll Slow Steaming als dauerhafte Maßnahme umgesetzt werden, ist es sinnvoll, die Motoren umzurüsten bzw. das Schiff mit neuen Motoren auszustatten, die auf eine geringere Optimalgeschwindigkeit ausgelegt sind. Hiermit kann das Einsparpotenzial bis ins Maximum ausgenutzt werden.

Für die dritte strategische/organisatorische Maßnahme, dem Routing, sind bereits geringe Investitionen erforderlich. Um eine optimale Fahrtroute zu ermitteln oder durch Weather Routing energieintensive Unwetter zu umgehen, sind entsprechende Systeme und Programme erforderlich, die die benötigten Daten auswerten können. Trotz dieser eher geringen Investitionen, ist diese Maßnahme als sinnvoll zu bewerten, da durch kürzere Routen nicht nur Zeit und Treibstoff eingespart werden kann, sondern die Vermeidung von Unwetterfahrten mit hohem Wellengang, sowohl für die Besatzung, als auch für die Ladung sicherer sein dürfte.

Nach den drei strategischen/organisatorischen Maßnahmen werden nun die technischen Maßnahmen betrachtet.

Diese verursachen grundsätzlich einen höheren Aufwand, da größere Investitionen erforderlich sind. Es ist hierbei besonders wichtig, Aufwand und Nutzen gegeneinander abzuwiegen. Am besten geht dies über die Amortisationszeit. Aufgrund ihrer Dauer kann sich ein Reeder überlegen, ob es ihm als sinnvoll bzw. lohnend erscheint, in die entsprechenden Maßnahmen zu investieren.

Die reibungsmindernden Anstriche für den Schiffsrumpf zählen wohl noch zu den einfacheren technischen Maßnahmen. Sie sind grundsätzlich bei jedem Schiff anwendbar. Es muss allerdings zum einen darauf geachtet werden, dass es sich um hochwertige Antifouling-Beschichtungen handelt, die keine Giftstoffe enthalten, welche ins Wasser übergehen können, und zum anderen muss bei der Umrüstung bedacht werden, dass das Schiff dafür aus

dem Wasser und in eine Werft gebracht werden muss. Dies verursacht zusätzliche Kosten und das Schiff steht für eine gewisse Zeit nicht zur Verfügung, wodurch Umsatzeinbußen entstehen. Dennoch ist der erforderliche Aufwand überschaubar und Rumpfanstriche stellen eine einfach umsetzbare Maßnahme dar.

Ähnlichen Aufwand stellt die Verbesserung der Propellerwirkung durch den Pre Swirl Stator dar. Hierbei handelt es sich auch um eine eher kleine Modifikation, die relativ einfach umzusetzen ist. Allerdings muss auch hier für die Anbringung der Bleche das Schiff aus dem Wasser geholt und in eine Werft gebracht werden. Trotzdem sollte die Amortisationszeit überschaubar sein. Es handelt sich um eine Maßnahme, die wohl für die meisten Schiffe geeignet sein sollte.

Ebenso ist die Verbesserung der Treibstoffeinspritzung durch Common Rail für die meisten Schiffe bzw. die meisten Schiffsmotoren geeignet. Bei dieser Maßnahme wird eine Modifikation am Motor vorgenommen. Dies bedeutet, dass das Schiff zwar im Wasser liegen bleiben kann und hier kein zusätzlicher Aufwand entsteht, aber es steht dennoch für die Zeit des Umbaus nicht zur Verfügung und stellt somit liegendes Kapital dar.

Auch die Umrüstung zur Abgasrückgewinnung ist für bestehende Schiffe realistisch. Um die Waste Heat Recovery Technologie nutzen zu können, muss allerdings in mehrere Modifikationen investiert werden. Die Abgase müssen durch entsprechende Technik zurückgeführt werden, um dann den Turbogenerator antreiben zu können. Neben den Kosten für den Turbogenerator, entsteht auch noch ein Aufwand, um diesen an das Bordnetz anzuschließen, damit die von ihm erzeugte Energie auch genutzt werden kann. Allerdings können sich diese Investitionen lohnen, da die Maßnahme bis zu 12 Prozent Energie und somit auch CO₂ einsparen kann.

Aufwendiger hingegen wird bereits die technische Umsetzung der „Luftschmierung“. Auch wenn das Air Cavity System bereits eine Retrofit-Lösung anbietet, die das Schiff innerhalb von zwei Wochen in der Werft umrüstet, stellt dies bereits einen deutlich höheren Aufwand und somit auch höhere Kosten dar. Hierbei hängt es primär wieder von der Amortisationszeit ab, ob es sinnvoll ist, ein bestehendes Schiff umrüsten zu lassen oder die technischen Verbesserungen lieber bei einem Neubau zu realisieren.

Nur für Neubauten geeignet ist die Modifikation der Rumpfform, da diese während des Schiffbaus umgesetzt wird. In der Planungsphase muss die Entscheidung getroffen werden, ob bei einem geplanten Neubau die Rumpfform entsprechend dem Fahrtgebiet angepasst werden soll, damit das Schiff durch optimale Lage energieeffizienter fährt. Allerdings sollte hierbei bedacht werden, dass das Schiff dann auch nur noch für dieses Fahrtgebiet einsetzbar ist, da der Rumpf auf die entsprechenden Gegebenheiten hin spezialisiert wird. Wird das Schiff für andere Fahrtgebiete, mit anderen Bedingungen eingesetzt, wird der positive Effekt der angepassten Rumpfform wieder aufgehoben.

Bei den alternativen Antriebssystemen stellt der dieselektrische POD-Antrieb, neben dem Brennstoffzellenantrieb, die einfachere Lösung dar. Dies liegt daran, dass das neue Antriebssystem bereits ausgereift und einsatzfähig ist. Neben einem verbesserten Wirkungsgrad und dem dadurch geminderten Treibstoffverbrauch hat der POD-Antrieb zusätzlich den Vorteil, dass er die Manövrierfähigkeit des Schiffes verbessert. Da es sich aber um ein komplett neues Antriebssystem handelt, sollte der Investitionsaufwand nicht unterschätzt werden und eine Abwägung unter Betrachtung der Amortisationszeit erfolgen. Investitionen in einen Brennstoffzellenantrieb lohnen sich heutzutage noch nicht, da dieses Antriebssystem noch nicht vollkommen ausgereift ist. Es wird zwar bereits für einige wenige Schiffe verwendet und funktioniert auch, aber die Kosten für das neue Antriebssystem und die dafür benötigten Tanks in Zusammenspiel mit dem erhöhten Aufwand für die Speicherung des Wasserstoffs an Bord und die noch fehlende Infrastruktur zur Treibstoffversorgung, bedeuten eine starke Verlängerung der Amortisationszeit, was für Investitionen eher abschreckend ist. Hier bleiben die zukünftigen Entwicklungen abzuwarten.

Ebenso zukunftssträchtig ist der alternative Treibstoff LNG. Die Entwicklungen in Bezug auf die Speicherung des Treibstoffes an Bord und die Infrastruktur für die Versorgung sind hier ebenfalls noch nicht abgeschlossen. Trotzdem sind Investitionen in alternative Treibstoffe langfristig gesehen lohnend, da die fossilen Ressourcen bereits heute stetig im Preis steigen und es deswegen unausweichlich ist, von ihnen loszukommen.

Eine weitere Investition in die Zukunft stellt die Versorgung mit Landstrom dar. Auch hier gibt es erst wenige Häfen, die Landstromanschlüsse sowie eine ausreichende Versorgung, zur Verfügung stellen. Zudem sind bisher auch nur wenige Schiffe mit entsprechenden An-

schlüssen ausgestattet. Somit fehlt es auch hier noch an einer ausreichenden Infrastruktur, um diese Maßnahme umzusetzen. Da die Versorgung mit Landstrom allerdings nicht nur die Einsparung von Energie und CO₂ bedeutet, sondern auch, durch das Abschalten der Hilfsmotoren, weniger bzw. gar keine Abgase mehr verursacht werden, dient diese Maßnahme zusätzlich der Verbesserung der Luftsauberkeit. Somit dient die Idee der Landstromversorgung nicht nur dem Klima, sondern auch, durch weniger Abgase in der Luft, direkt der Gesundheit des Menschen. Allerdings ist der Landstrom nur dann sinnvoll, wenn er aus alternativen bzw. regenerativen Energiequellen gewonnen wird. Landstrom, der aus einem Kohlekraftwerk kommt, verursacht letztendlich genauso viel CO₂, als würde das Schiff im Hafen seine Hilfsmotoren betreiben.

Bereits voll ausgereift und einsatzfähig ist hingegen der Windkraftantrieb von SkySails. Hierbei handelt es sich um die Nutzung einer Energiequelle, die fast immer verfügbar und absolut sauber ist. Das Zugdrachen-System bietet nicht nur ein gutes Einsparpotenzial, sondern ist auch relativ einfach auf dem Schiff zu installieren. Reeder Niels Stolberg, früherer geschäftsführender Gesellschafter der ehemaligen Beluga Shipping, gibt an, dass die Investitionen für den Zugdrachen bei rund 500.000€ liegen.¹⁹⁶ Diese Investitionskosten amortisieren sich, durch die erzielten Treibstoffeinsparungen, binnen drei bis fünf Jahren.¹⁹⁷ Einzige Eingrenzung dieser Antriebsunterstützung sind die Windstärken. Der Zugdrachen ist für Windstärken zwischen drei und acht Beaufort¹⁹⁸ ausgelegt. Bei niedrigeren oder höheren Windstärken, kann das System nicht gestartet werden.¹⁹⁹ Da aber auf offener See meist diese Windstärken vorherrschen, stellt diese Maßnahme eine ideale Investition dar, um Treibstoff und CO₂ einzusparen.

¹⁹⁶ Vgl. dpa/stb: Leinen los für Segel-Frachter, 2008, S. 24

¹⁹⁷ Vgl. Sadowski: Grüne Logistik, 2010, S. 35

¹⁹⁸ Die Beaufortskala dient der Klassifikation von Winden nach ihrer Geschwindigkeit; 3-8 Bft. sind ca. 12-74kmh

¹⁹⁹ Vgl. Bretzke; Barkawi: Nachhaltige Logistik, 2012, S. 149

Für einen abschließenden Vergleich der verschiedenen Maßnahmen dient Tabelle 2²⁰⁰. Sie zeigt eine Aufstellung der in Kapitel 3 dargestellten strategischen/organisatorischen, sowie technischen Maßnahmen, mit ihrem jeweiligen prozentualen CO₂-Einsparungspotenzial und den generellen Kosten, die sie verursachen bzw. einsparen.

	CO ₂ -Minderungspotenzial in %	Kosten	
Strategische & organisatorische Maßnahmen			
Bordnetzleistung		geringer durch Einsparungen geringer durch reduzierte Kraftstoffkosten; höher durch Bindungskosten	
Slow Steaming	≤ 50		
Routing	≤ 10		
Technische Maßnahmen			
Rumpfoptimierung			
Rumpfform	≤ 15	geringer durch Reduzierung der Betriebskosten; höhere Anschaffungskosten	
Rumpf-Anstriche	≤ 6		
Air Lubrication	≤ 15		
Antrieboptimierung			
Pre Swirl Stator	≤ 5		
Common Rail	≤ 3		
Waste Heat Recovery	≤ 12		
Alternative Antriebe			
POD-Antrieb	≤ 15		
Brennstoffzellenantrieb	≤ 100		
Windkraft	10 - 50		
Treibstoff LNG			
Landstrom	≤ 100		

Tabelle 2: Maßnahmen und deren Potenzial

²⁰⁰ Eigene Darstellung in Anlehnung an Nagel, 2011, S. 179f. sowie Flecks, 2009, S. 16 sowie Kapitel 3

4.4. Ökologischer und ökonomischer Nutzen

Es ist kaum möglich, die Einsparung von CO₂ von der Einsparung des Treibstoffs zu trennen. Bereits in Kapitel 2 wurde aufgezeigt, dass „Grüne Logistik“ mehrere Auslöser hat, aber auch mehrere Ziele bedient. Dieses Zusammenspiel von Faktoren setzt sich in den CO₂-/Treibstoff-Einsparungsmaßnahmen in Kapitel 3 fort.

Daraus folgt, dass „Grüne Logistik“, trotz der ökologischen Bezeichnung, nicht nur ökologischen, sondern auch ökonomischen Nutzen aufweist. Denn die Einsparung von CO₂ geht auch immer mit der Einsparung von Energie einher. Und da der Verbrauch von Energie ein maßgeblicher Kostenfaktor ist, bedeutet deren Einsparung gleichzeitig einen ökonomischen Nutzen.

Wie groß der ökologische oder ökonomische Nutzen ausfällt, hängt meist von der Maßnahme selbst ab, also den Kosten, die sie verursacht, und welches Einsparungspotenzial sie im Gegenzug birgt.

Die in Abschnitt 3.1. dargestellten strategischen und organisatorischen Maßnahmen, vor allem die Reduzierung der Bordnetzleistung, verursachen zwar einen eher geringen Investitionsaufwand, bieten im Gegenzug allerdings ein nicht zu unterschätzendes Einsparpotenzial. Somit ist hier vor allem der ökonomische Nutzen groß.

Die technischen Maßnahmen aus Abschnitt 3.2. hingegen verursachen schon deutlich mehr Kosten. Hierbei muss auch zwischen den einzelnen Handlungen unterschieden werden, da ein Antifouling-Anstrich für ein Schiff weniger Kosten verursacht, als ein Zusatzantrieb wie z.B. ein Zugdrachen oder aber ein komplett neuer POD-Antrieb. Außerdem unterscheiden sich die verschiedenen Möglichkeiten in der Hinsicht, ob sie für ein bereits bestehendes Schiff genutzt werden können oder ob in einen Neubau investiert wird, der mit den entsprechenden Verbesserungen ausgestattet ist. Trotzdem ist bei diesen Maßnahmen festzuhalten, dass ihre Investitionskosten höher sind und somit der ökonomische Nutzen später eintritt. Die Amortisationszeit, die angibt, wie lange es dauert, bis sich eine Investition rentiert hat, ist hierbei von der Höhe der Investitionskosten und den zu erwarteten Einsparungen abhängig. Sie kann aber in der Regel schnell und einfach berechnet werden.

Anders sieht es mit der Berechnung des ökonomischen Nutzen aus.

Die CO₂-Emissionen vermindern sich nahezu im gleichen Maße wie der Treibstoffverbrauch reduziert wird, da CO₂ bei der Verbrennung des Treibstoffes entsteht. Wird also durch eine bestimmte Maßnahme z.B. 20 Prozent weniger Treibstoff verbraucht, sinken die CO₂-Emissionen ebenfalls um diesen Wert. Allerdings ist es schwierig, pauschal zu sagen, wie viel CO₂ jeweils eingespart werden kann, da dies von mehreren Faktoren abhängig ist.

Ein 15.000 TEU Containerschiff beispielsweise, hat natürlich einen anderen, höheren Kraftstoffverbrauch, als ein 7.000 TEU Containerschiff und emittiert somit auch mehr CO₂. Werden nun beide Schiffe mit reduzierter Geschwindigkeit gefahren, gilt für beide Schiffe, dass mit Hilfe von Slow Steaming der Treibstoffverbrauch um bis zu 50 Prozent reduziert werden kann. Wie viel Treibstoff und wie viel CO₂ das aber in Tonnen entspricht, ist hierbei abhängig vom Schiffstyp.

Das bedeutet: wenn das Einsparpotenzial in konkreten Zahlen ausgedrückt werden soll, müssen für eine genaue Berechnung mehrere Faktoren mit einbezogen werden. Dies macht den Aufwand zur Berechnung des ökonomischen Nutzens schwieriger bzw. aufwendiger, weil er prinzipiell für jeden Verkehrsträger, auch für verschiedene Arten eines Verkehrsträgers, individuell berechnet werden muss (siehe auch Abschnitt 4.2).

Letztendlich kann aber wohl mit Sicherheit gesagt werden, dass kein Unternehmen freiwillig solche Investitionen auf sich nimmt, nur um der Umwelt etwas Gutes zu tun. Unternehmen haben vor allem den ökonomischen Vorteil im Blick und werden aus wirtschaftlichen Gründen, um z.B. den steigenden Ölpreisen aus dem Weg zu gehen, in Maßnahmen investieren, mit denen sie Treibstoff und infolgedessen auch Kosten einsparen können. Dass diese Handlungen einen ökologischen Nutzen aufweisen, ist dann ein weiter Vorteil, der natürlich gern in Kauf genommen wird. Ohne zunehmende Umweltauflagen oder sogar Gesetze, werden Unternehmen erst dann in CO₂-sparende Technologien investieren, wenn sie ansonsten einen ökonomischen Nachteil zu erwarten hätten.

5. Fazit

Aufgrund der Tatsache, dass sich der ökologische und ökonomische Nutzen von CO₂-reduzierenden Maßnahmen kaum voneinander trennen lassen und es verschiedene Hintergründe für das umweltpolitische Handeln von Unternehmen gibt, bleibt abzuwarten, welche CO₂ einsparenden Maßnahmen sich in Zukunft durchsetzen werden.

Abbildung 22²⁰¹ zeigt noch einmal die Gründe für umweltpolitisches Handeln von Unternehmen und verdeutlicht damit, dass ein rein ökologisch getriebener Ansatz ein Unternehmen nicht motiviert, in kostspielige Maßnahmen zur CO₂-Reduzierung zu investieren.

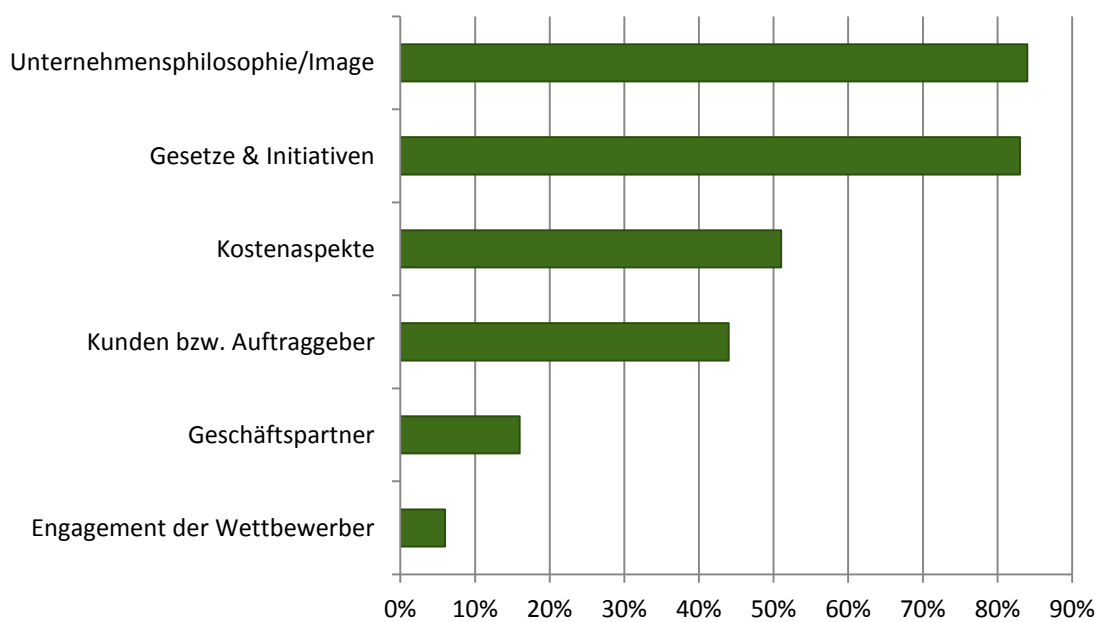


Abbildung 22: Treiber umweltpolitischen Handelns

Selbst wenn die Unternehmen ihre Philosophie mit ca. 84 Prozent als Hauptgrund angeben, impliziert dies eine Imageprofilierung und einen erhofften wirtschaftlichen Vorteil gegenüber dem Wettbewerb. Die Gesetze und Initiativen, die mit rund 83 Prozent auf Platz zwei rangieren, machen deutlich, dass kaum ein Unternehmen auf rein freiwilliger Basis hohe Investitionen auf sich nimmt, um seine Schiffsflotte umweltfreundlicher zu gestalten.

Des Weiteren werden zunehmende Umweltrichtlinien zusätzliche Kosten für die Unternehmen bedeuten, die somit in Zukunft nicht um Investitionen in nachhaltige und CO₂-sparende Technologien herum kommen werden.

²⁰¹ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 58

Als Beispiel ist hier die Europäische Kommission zu nennen, die im März 2011 den Energy Efficiency Plan 2011 veröffentlicht hat, in dessen Protokoll zum Meeting in L'Aquila die G8-Staaten fordern, dass die Industriestaaten bis 2050 ihre treibhauswirksamen Emissionen um 80 Prozent reduzieren.²⁰²

Zudem diskutiert die IMO bezüglich der Treibhausgas-Emissionen darüber, ob für die Energieeffizienz von Schiffsdesign und -führung Indizes eingeführt werden, oder ob es Abgaben und Gebühren auf CO₂ geben soll. Zusätzlich wird darüber nachgedacht, das Emissionshandelssystem auf die Schifffahrt auszuweiten.²⁰³

Des Weiteren wurde von der World Ports Climate Initiative (WPCI) der Environmental Ship Index (ESI) entwickelt. Dieser wird bereits in den Häfen von Bremen, Hamburg, Rotterdam, Amsterdam, Antwerpen und Le Havre umgesetzt. Der ESI bewertet die Schiffe bezüglich ihrer SO_x-, NO_x- und CO₂-Emissionen. Mit Hilfe dieses Indexes sollen umweltfreundliche Schiffe durch günstigere Hafengebühren bevorzugt werden. Beispielsweise erlässt der Hafen von Antwerpen seit 01. Juli 2011 Schiffen, mit einem ESI ab 31, zehn Prozent auf die Hafengebühren. Der Index ist dabei so aufgebaut, dass ESI-Werte zwischen 0 und 100 vergeben werden können. Einen ESI-Wert von 0 bekommt ein Schiff, das die aktuellen gesetzlichen Umweltauflagen erfüllt, ein ESI-Wert von 100 deklariert ein Schiff, das weder Schwefel noch Stickstoffoxide emittiert und das einen Bericht über seine CO₂-Emissionen vorlegen kann.²⁰⁴

Anhand dieser Beispiele ist zu erkennen, dass die Umweltrichtlinien weiter zunehmen werden und es kaum möglich ist, einer Optimierung der Schiffe bezüglich ihrer Umweltverträglichkeit aus dem Weg zu gehen. Außerdem können Reedereien durch Ansätze, wie den des Hafens Antwerpen, einen Vorteil erwarten, wenn sie in nachhaltig betriebene Schiffe investieren.

²⁰² Vgl. Jasch; Schnitzer: Fokus Ressourceneffizienz, 2011, S. 101

²⁰³ Vgl. Gregori; Wimmer: Grünbuch der nachhaltigen Logistik, 2011, S. 36

²⁰⁴ Vgl. Jahn; Bosse; Schwientek: Seeschifffahrt 2020, 2011, S. 61

Die neue DIN EN 16258 zeigt zudem, dass die CO₂-Berechnung weiter standardisiert werden soll. Mit ihr soll eine Methode zur Berechnung, Deklaration und Berichterstattung des Energieverbrauchs und der Treibhausgas-Emissionen festgelegt werden, um in Zukunft CO₂- und Treibhausgasbilanzen besser vergleichbar zu machen.²⁰⁵

Diese zunehmende Vergleichbarkeit nachhaltig agierender Unternehmen wird sich wiederum auf die wirtschaftlichen Aktivitäten eines Unternehmens auswirken.

Sobald es vergleichbare Kennzahlen (z.B. durch die Standardisierung der Ökobilanz) gibt, werden diese wahrscheinlich auch in der Unternehmensbewertung an den Finanzmärkten berücksichtigt werden. Unternehmen, die nachhaltig wirtschaften, kommunizieren meist transparent und sind damit ein geringeres Risiko für Investoren. Somit wird sich nachhaltiges Engagement von Unternehmen am Kapitalmarkt, langfristig gesehen, positiv auswirken.²⁰⁶

Letztendlich führen all diese Gründe gemeinsam dazu, dass eine ökologische Ausrichtung der Seefahrt unabdingbar ist – ob nun aus ökologischen oder ökonomischen Beweggründen. Welche Maßnahmen sich für diese Ausrichtung am besten eignen, wird wohl von der weiteren Forschung und Entwicklung abhängen. Ob sich Investitionen in LNG lohnen, wenn bald alle Schiffe mit einem Brennstoffzellenantrieb fahren, ist ebenso wenig absehbar, wie die Durchsetzung der bereits ausgereiften und funktionstüchtigen Windkraft-Systeme.

²⁰⁵ Vgl. Gregorj; Wimmer: Grünbuch der nachhaltigen Logistik, 2011, S. 36

²⁰⁶ Vgl. ebd. S. 21

6. Literaturverzeichnis

6.1. Bücher

Bannasch Hans-Gerd; Hartmann, Wolf D.; Kny, Rainhart: Maritimes Clean Tech Kompendium: Wie nachhaltiges Wachstum international erfolgreich macht, Neuenhagen/Berlin (ifi – Institut für Innovationsmanagement), 2011

Bretzke, Wolf-Rüdiger; Barkawi, Karim: Nachhaltige Logistik: Antworten auf eine globale Herausforderung, Berlin/Heidelberg (Springer-Verlag), 2012

Czotscher, Eric; Preußner, Jacqueline: Branchenkompass 2010 Transport, Frankfurt am Main (F.a.Z.-Institut), 2010

Gregori, Gerald; Wimmer, Thomas: Grünbuch der nachhaltigen Logistik, Österreich (Eigenverlag Bundesvereinigung Logistik (BVL)), 2011

Hauff, Michael von; Kleine, Alexandro: Nachhaltige Entwicklung: Grundlagen und Umsetzung, München (Oldenbourg Wissenschaftsverlag), 2009

Nagel, Arnfried: Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit, Berlin (Technische Uni Berlin), 2011

Rahmstorf, Stefan; Schellnhuber, Hans Joachim: Der Klimawandel, München (C. H. Beck), 2006

Sadowski, Peer: Grüne Logistik, Saarbrücken (Vdm Verlag Dr. Müller), 2010

Stahlmann, Volker: Lernziel: Ökonomie der Nachhaltigkeit, München (oekom Verlag), 2008

Straube, Frank; Pfohl, Hans-Christian: Trends und Strategien in der Logistik 2008: Globale Netzwerke im Wandel, Bremen (DVV), 2008

Spitz, Birte: Nachhaltigkeit in der Logistik unter besonderer Betrachtung der Emissionsreduzierung im Güterverkehr, Bremen (Europäischer Hochschulverlag), 2011

6.2. Aufsätze

Bretzke, Wolf-Rüdiger: Logistik in Zeiten des Klimawandels, in: Strukturwandel in der Logistik (Hrsg.: Delfmann, Werner; Wimmer, Thomas), Hamburg (Deutscher Verkehrs-Verlag), 2010

Jasch, Christine; Schnitzer, Hans: Fokus Ressourceneffizienz, in: Biedermann, Hubert, Zwainz, Markus, Baumgartner, Rupert J.: Umweltverträgliche Produktion und nachhaltiger Erfolg, München (Hampp), 2011

Large, Rudolf: Nachhaltigkeit und Logistik, in: Dimensionen der Logistik (Hrsg.: Schönberger, Robert; Elbert, Ralf), Wiesbaden (Gabler Verlag), 2010

Lortz, André et al.: CO₂-Bilanzierung zur Gestaltung klimafreundlicher Transportketten bei BASF, in: Dimensionen der Logistik (Hrsg.: Schönberger, Robert; Elbert, Ralf), Wiesbaden (Gabler Verlag), 2010

Middendorf, Kay: Logistik im Spannungsfeld zwischen Globalisierung und Nachhaltigkeit, in: Das beste der Logistik (Hrsg.: Baumgarten, Helmut), Berlin/Heidelberg (Springer Verlag), 2008

Souren, Rainer: Umweltorientierte Logistik, in: Umweltmanagement (Hrsg.: Dyckhoff, Harald), Berlin/Heidelberg (Springer Verlag), 2000

Straube, Frank; Borkowski, Stefan, Nagel, Arnfried: Ökologisch nachhaltige Logistik – Ansätze zur Konzeption und Bewertung, in: Perspektiven des strategischen Controllings, (Hrsg. Reimer, Marko; Fiege, Stefanie:), Wiesbaden (Gabler Verlag), 2009

6.3. Zeitschriften

Augustin, Harald: Anreiz für grünes Handeln, in: Logistik Heute 4 (2011), S. 44-45

dpa/stb (Autorenkürzel): Leinen los für Segel-Frachter, in: Logistik Inside, 02, 2008, S. 24

Kranke, Andre: CO₂-Berechnung, in: Logistik Inside 06-07, 2009, S. 29-31

Kulesa, Margareta; Oschinski, Matthias; Seum, Stefan: Internationaler Seeverkehr und Klimaschutz, in: DIW Berlin 79 (2010), 2, S. 181

Seebauer, Petra: Supply Chain unter der Öko-Lupe, in: Logistik Heute 10 (2008), S. 55

we (Autorenkürzel): Zukunftsfragen offen, in: Logistik Heute 6 (2010), S. 48

6.4. Zeitungen

Bünger, Reinhart: Sauber cruisen: Rußwolken will keiner mehr, in: Der Tagesspiegel vom 26.08.2012, Berlin

Grober, Ulrich: Der Erfinder der Nachhaltigkeit in: Die Zeit vom 13.11.1999, Hamburg

Maass, Stephan: EU schaltet den Landstrom im Hafen ab, in Die Welt vom 15.09.2009, Hamburg

Strassmann, Burkhard: Mehr Watte im Fahrplan, in: Die Zeit vom 06.12.2012, Hamburg

Tiedemann, Axel: Landstrom: Hamburg will von Los Angeles lernen, in: Hamburger Abendblatt vom 17.02.2012, Hamburg

6.5. Diplomarbeiten

Baldauf, Andreas: Grüne Logistik abseits von CO₂-Emissionen, Diplomarbeit, Wirtschaftsuniversität Wien, 2010

6.6. Elektronische Quellen

Beuermann, Christiane: Vom Menschen gemacht, 10.07.2008,

<http://www.bpb.de/gesellschaft/umwelt/klimawandel/38441/anthropogener-treibhauseffekt> (04. Feb. 2013)

Brunsbüttel Ports: Die Weichen sind auf grüne Logistik gestellt, 04.06.2012,

http://www.nordic-mar-ket.de/news/3865/brunsbuettel_ports_die_weichen_sind_auf_gruene_logistik_gestellt.htm (04. Feb. 2013)

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Nationales Innovationsprogramm Wasserstoff und Brennstoffzellentechnologie

<http://www.bmvbs.de/SharedDocs/DE/Artikel/UI/nationales-innovationsprogramm-wasserstoff-und-brennstoffzellentechnologie-nip.html> (04. Feb. 2013)

Det Norske Veritas: LNG Schiffe http://www.dnv.de/fokus/LNG/lng_schiffe/ (04. Feb. 2013)

DK Group: The ACS Technology <http://dkgroup.eu/the-acs-technology/what-is-the-air-cavity-system> (04. Feb. 2013)

EcoTransIT World: Allgemeine Informationen <http://www.ecotransit.org/about.de.html> (04. Feb. 2013)

EcoTransIT World: Bilanzierung <http://www.ecotransit.org/calculation.de.html> (04. Feb. 2013)

Fläming, H.: Ökobilanz nach DIN EN ISO 14040 und 14044, 03.05.2011

<http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/349763/> (04. Feb. 2013)

Flecks, Joachim: HypoVereinsbank Trendstudie Green Shipping, Januar 2009

http://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CDAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fabout.hypovereinsbank.de%2Fassets%2Fdocuments%2FStudie_Green_Shipping_dt.pdf&ei=nHUaUeWmL4be4QSWwoHQBA&usg=AFQjCNF1gyO EZcTVQ5FQBpTO95H-yjGT7A (11. Feb. 2013)

Fraunhofer Gesellschaft: Haifischhaut für Flugzeuge, Schiffe und Windenergieanlagen, 19.05.2010

<http://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2010/05/innovativer-lack.html> (04. Feb. 2013)

Greenpeace Magazin: „Slow Steaming“ halbiert Treibstoffverbrauch, 26.11.2010

[http://www.greenpeace-magazin.de/index.php?id=5020&tx_ttnews\[tt_news\]=93232&tx_ttnews\[backPid\]=23&cHash=f54ec91a29](http://www.greenpeace-magazin.de/index.php?id=5020&tx_ttnews[tt_news]=93232&tx_ttnews[backPid]=23&cHash=f54ec91a29) (04. Feb. 2013)

Hamburg Süd: Nachhaltigkeit - Schiff der Zukunft - Hülle

<http://www.hamburgsud.de/group/de/corporatehome/qualityenvironment/shipofthefuture/hull/hull.html> (04. Feb. 2013)

Hamburg Süd: Nachhaltigkeit - Schiff der Zukunft - Antrieb

<http://www.hamburgsud.de/group/de/corporatehome/qualityenvironment/shipofthefuture/engine/engine.html> (04. Feb. 2013)

Hartmann, David: Umweltfreundliche öffentliche Beschaffung, Juli 2009,

<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3821.pdf> (11. Feb. 2013)

Iken, Jörn: Hamburg Süd Umweltbroschüre

<http://www.hamburgsud.de/group/media/sharedmedia/dokumente/brochures/environmentalbrochure.pdf> (11. Feb. 2013)

Initiative „2° - Deutsche Unternehmer für Klimaschutz“: Klimaschutz liefern, 2011 [LINK](#)
(xx. Feb. 2013)

IPCC: Klimaänderung 2007, 2007, http://www.de-ipcc.de/media/IPCC-SynRepComplete_final.pdf (04. Feb. 2013)

Jahn, Carlos; Bosse Claudia; Schwientek, Anne: Seeschifffahrt 2020, Dezember 2011,

http://www.cml.fraunhofer.de/content/dam/cml/de/documents/Seeschifffahrt2020_final.pdf (11. Feb. 2013)

Jahn, Carlos: Landstromversorgung in Häfen, 25.05.2010

<http://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/319184> (04. Feb. 2013)

Klimaretter.info: DIN 16258 für den Klimaschutz, 15.10.2012

<http://www.klimaretter.info/mobilitaet/nachricht/12187-din-16258-fuer-den-klimaschutz> (04. Feb. 2013)

Kranke, Andre: Top 100 der Logistik: Logistikmarkt wächst weiter, 17.10.2012

<http://www.verkehrsrundschau.de/top-100-der-logistik-logistikmarkt-waechst-weiter-1172833.html> (25. Feb. 2013)

Mey (Autorenkürzel): NYK will Containerverkehr „entschleunigen“, 31.01.2008

<http://www.verkehrsrundschau.de/nyk-will-containerverkehr-entschleunigen-618825.html> (04. Feb. 2013)

Mitsubishi Heavy Industries: The Power of MHI Today and Tomorrow

<http://www.mhi.co.jp/en/finance/ar2012/future/index.html> (11. Feb. 2013)

NauticExpo: Produkte, Antriebssystem, Elektrischer POD-Antrieb

<http://www.nauticexpo.de/prod/abb-automation-marine/pod-antriebe-fur-schiff-elektromotoren-30709-193147.html> (04. Feb. 2013)

naver.com: Pre Swirl Stator

<http://blog.naver.com/PostView.nhn?blogId=speedymeyer&logNo=150033089806> (04. Feb. 2013)

PresseBox: DIN EN 16258: Berechnung von Treibhausgasen in der Logistik, 15.10.2012

<http://www.pressebox.de/pressemitteilung/din-deutsches-institut-fuer-normung-ev/DIN-EN-16258-Berechnung-von-Treibhausgasen-in-der-Logistik/boxid/546831> (04. Feb. 2013)

Schiffsjournal: Luftteppiche für die neuen AIDA Kreuzfahrtschiffe, 09.07.2012

<http://www.schiffsjournal.de/luftteppiche-fur-die-neuen-aida-kreuzfahrtschiffe/> (11. Feb. 2013)

Seidler, Christoph: CO₂-Ausstoß von Schiffen: Mini-Bremse für schwimmende Dreck-

schleudern, 15.07.2011 <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/co2-ausstoss-von-schiffen-mini-bremse-fuer-schwimmende-dreckschleudern-a-774505.html> (11. Feb. 2013)

SkySails Infothek: Schifffahrt & Ölpreis

<http://www.skysails.info/deutsch/infothek/hintergrund-informationen/schifffahrt-oelpreis/> (04. Feb. 2013)

SkySails Infothek: EffShip-Studie bescheinigt Zugdrachen-Windantrieben hohes Potenzial

<http://www.skysails.info/deutsch/infothek/news/details/article//EffShip-Studie-bescheinigt-Zugdrachen-Windantrieben-hohes-Potenzial/?cHash=da32606c92b330e8163db40a969f3f8c> (04. Feb. 2013)

SkySails Infothek: SkySails im Luftraum

<http://www.skysails.info/deutsch/infothek/hintergrund-informationen/skysails-im-luftraum/> (04. Feb. 2013)

SkySails Marine: Bedienung <http://www.skysails.info/deutsch/skysails-marine/skysails-antrieb-fuer-frachtschiffe/bedienung/> (04. Feb. 2013)

SkySails Marine: Vorteile <http://www.skysails.info/deutsch/skysails-marine/skysails-antrieb-fuer-frachtschiffe/vorteile/> (04. Feb. 2013)

SkySails Produktbroschüre: Antriebssystem,

http://www.skysails.info/fileadmin/user_upload/Downloads/DE_SkySails_Product_Broschure.pdf (11. Feb. 2013)

Tchibo Nachhaltigkeit: Umweltschutz bei Tchibo – 30 Prozent weniger

<http://www.tchibo-nachhaltigkeit.de/csrweb/servlet/content/646778/-/de/umweltschutz-bei-tchibo/klimaschutz/transport.html> (04. Feb. 2013)

Tchibo Nachhaltigkeitsbericht, 2011, [http://www.tchibo-](http://www.tchibo-nachhaltigkeit.de/csrweb/servlet/cb/876946/data/-/TchiboNachhaltigkeitsbericht2011.pdf.pdf)

[nachhaltigkeit.de/csrweb/servlet/cb/876946/data/-/TchiboNachhaltigkeitsbericht2011.pdf.pdf](http://www.tchibo-nachhaltigkeit.de/csrweb/servlet/cb/876946/data/-/TchiboNachhaltigkeitsbericht2011.pdf.pdf) (11. Feb. 2013)

Thomas, Stefan: Energie-Perspektiven, 05.09.2008

<http://www.bpb.de/politik/wirtschaft/energiepolitik/54334/energie-perspektiven> (04. Feb. 2013)

Umweltbundesamt: Nachhaltige Produktion - Ökobilanz, 02.03.2011

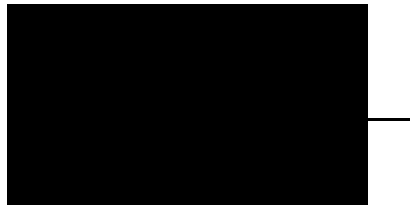
<http://www.umweltbundesamt.de/nachhaltige-produktion-anlagensicherheit/nachhaltige-produktion/oekobilanz/htm> (04. Feb. 2013)

7. Erklärungen

7.1. Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angabe der Quelle kenntlich gemacht.

Hamburg, den 



7.2. Einverständnis

Ich erkläre mich damit

- einverstanden,
- nicht einverstanden,

dass ein Exemplar meiner Bachelor-Thesis in die Bibliothek des Fachbereichs aufgenommen wird; Rechte Dritter werden dadurch nicht verletzt.

Hamburg, den 

