

# Politische Rahmenbedingungen und technische Möglichkeiten beim Schiffbau zum Schutz des Klimas

---

Studie im Auftrag der Delegation DIE LINKE. in der Fraktion GUE/NGL im europäischen Parlament

Autoren:

Prof. Dr.- Ing. S. Krüger, Leiter des Institutes für Entwerfen von Schiffen und Schiffssicherheit

Dipl. Ing. Lennart Pundt, Institut für Entwerfen von Schiffen und Schiffssicherheit



Kontakt:

[www.dielinke-europa.eu](http://www.dielinke-europa.eu)

[www.sabine-wils.eu](http://www.sabine-wils.eu)

# Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	3
2. Einleitung, Inhalt und Zweck der Studie .....	5
3. Ausgangssituation für die deutsche Schiffbauindustrie .....	9
4. Einige Grundlagen der schiffbaulichen Produktentwicklung.....	12
4.1. Der Konflikt Komplexität – Entwicklungszeit .....	12
4.2. Die strategische Bedeutung der frühen Produktentwicklungsphase .....	15
4.3. Konsequenzen aus den Spezifika der schiffbaulichen Produktentwicklung ...	16
5. Das Paradoxon der schiffbaulichen Produktentwicklung.....	19
5.1. Grundsätzliches .....	19
5.2. Strategische Überlegungen in Fernost.....	21
6. Zur exponierten Situation der Schiffbauindustrie.....	23
6.1. Strategische Bedeutung.....	23
7. Strukturelle Probleme der deutschen Schiffbauindustrie.....	25
7.1. Die Situation der deutschen Seeschiffswerften .....	25
7.2. Die Rolle der deutschen Besteller .....	26
7.3. Die Rolle der internationalen Regelwerke und der Klassifikationsgesellschaften .....	28
7.4. Innovationshemmnisse .....	30
8. Fallbeispiel: Verbesserung des Klimaschutzes durch emissionsreduzierte Schiffe .....	32
8.1. Grundsätzliches .....	32
8.2. Zusammenhang Emissionen und Kraftstoffverbrauch.....	32
8.3. Der Zielkonflikt mit dem Flottenwachstum.....	36
8.4. Wirtschaftliche Bewertung von emissionsenkenden Maßnahmen .....	41
8.5. Die (Fehl-)Entwicklungen der gesetzgeberischen Seite: EEDI .....	45
8.6. Die in den EEDI implementierten Fehler .....	47
8.7. Der mathematische Taschenspielertrick .....	49
8.8. Über den tatsächlichen Leistungsbedarf der Schiffe .....	54
8.9. Die wettbewerbsverzerrende Wirkung des EEDI .....	68
8.10. Über die wettbewerbsverzerrende Wirkung einer Geschwindigkeitsreduktion . .....	71
8.11. Die Rolle des EEDI- Verifiers .....	72
8.12. Technische Möglichkeiten zur Energieeffizienz-verbesserung .....	74
8.13. Übertragbarkeit auf andere Bereiche.....	75
9. Die Rolle von Forschung und Ausbildung .....	77
10. Schlussfolgerungen.....	80

# 1. Zusammenfassung

Im Auftrag der Delegation DIE LINKE. im Europaparlament hat das Institut für Entwerfen von Schiffen und Schiffssicherheit der TU Hamburg-Harburg grundlegende Untersuchungen zu den politischen Rahmenbedingungen und technischen Möglichkeiten beim Schiffbau zum Schutz des Klimas durchgeführt. Dabei wurde zunächst festgestellt, dass es derzeit keine erkennbare langfristige Strategie gibt, die fossilen Energieträger in der Schifffahrt durch andere Energieträger zu ersetzen. Daher können sich unsere Untersuchungen nur darauf beschränken, Maßnahmen zu identifizieren, welche zur massiven Energieeinsparung in der Schifffahrt führen würden. Damit kann wenigstens die Zeitspanne gestreckt werden, bis alternative Energieträger in der Schifffahrt verwendet werden könnten.

Es konnte gezeigt werden, dass alleine das erwartete Flottenwachstum die technisch erzielbaren Erfolge mehr als kompensieren wird, so dass die nutzbaren Möglichkeiten der Technik nicht zu einem positiven Effekt auf den Klimawandel führen werden, wenn nicht grundsätzlich gegengesteuert wird. Dies kann nur erfolgen, wenn die vor allem fahrende Flotte und nicht nur zukünftige Neubauten zum Energiesparen verpflichtet werden. Es konnte ferner gezeigt werden, dass der überwiegende Anteil von technischen Möglichkeiten der Energieeinsparung auf Schiffen gleichzeitig deren Wirtschaftlichkeit massiv erhöhen würde. Es wurde aber auch festgestellt, dass die maritimen Märkte solche Produkte derzeit nicht annehmen, weil nur in sehr kurzfristigen wirtschaftlichen Perspektiven gehandelt wird. Der Ansatz der Lebenszykluskosten wird von den Märkten insgesamt nicht aufgenommen. Daraus entstehen erhebliche Innovationshemmnisse gerade für den deutschen Schiffbau. Es konnte gezeigt werden, dass diese Innovationshemmnisse nur abgebaut werden können, wenn hier regulierend eingegriffen wird. Dies könnten alle denkbaren Maßnahmen sein, welche den Energieträger ausreichend verteuern.

Es konnte gezeigt werden, dass die breite Anwendung technischer Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz gerade den deutschen Seeschiffswerften und den wesentlichen Zulieferern für die von ihnen vertretene Produktpalette erhebliche Chancen bietet. Dadurch könnten die Arbeitsplätze langfristig gesichert werden. Vergleichbares gilt für sicherheitstechnische Entwicklungen zum Schutz menschlichen Lebens in der Schifffahrt. So bildet die Notwendigkeit, in Zukunft sicherere und umweltverträglichere Schiffe anbieten zu müssen, von der technischen Sachlage her eine Zukunftssicherung für die deutsche Schiffbauindustrie. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass das technische Wissen nicht wie bisher nach Fernost abfließt.

Es konnte ferner gezeigt werden, dass wirklich energieeffiziente Schiffe nur dann entstehen können, wenn die Energieeffizienz bereits in der frühen Produktentwicklungsphase gezielt durch den Entwurf in das Schiff eingebracht wird. Das setzt eine symbiotische Zusammenarbeit zwischen Werft, Betreiber und den wesentlichen Zulieferern voraus. Um diese langfristig erreichen zu können, sind

weiterhin erhebliche Anstrengungen in Forschung und Entwicklung nötig. Hierzu muss eine geeignete Infrastruktur erhalten bleiben.

Demgegenüber steht die aus technischer Sicht unbefriedigende Entwicklung der internationalen schiffbaulichen Regelwerke. Hier konnte am Beispiel der von der IMO implementierten Energieeffizienzregeln eindeutig gezeigt werden, dass diese Entwicklung den möglichen Wettbewerbsvorteil für die deutsche Industrie in das Gegenteil verkehrt: Durch diese Regelwerke werden speziell die wettbewerbsfähigen Schiffe der europäischen Schiffbauindustrie aufgrund von technisch nachweisbaren Fehlern in den grundlegenden Annahmen so massiv bestraft, so dass es langfristig zu einem deutlichen Arbeitsplatzabbau im europäischen Schiffbau kommen muss. Dagegen kann auch ein deutlicher technischer Vorsprung nichts ausrichten. Hierzu müssen alternative Konzepte erarbeitet werden, welche im Rahmen von EU-Regelungen greifen könnten, wenn es nicht gelingen sollte, die Implementierung dieser Regeln noch zu verhindern.

Im Rahmen des Themenkomplexes „Energieeffizienz“ ist auch die Rolle der Klassifikationsgesellschaften zu hinterfragen, welche die in Kraft tretenden Energieeffizienzregeln nach derzeitiger Lesart als alleinige Institutionen zertifizieren sollen. Es konnte im Rahmen der Studie nachgewiesen werden, dass genau dann das Gleichgewicht der schiffbaulichen Produktentwicklung gestört werden würde, wenn nicht auch andere Institutionen als Zertifizierer für Energieeffizienz zugelassen werden würden.

## 2. Einleitung, Inhalt und Zweck der Studie

Die maritime Industrie steht derzeit vor gewaltigen Herausforderungen: Einerseits verstärken gerade die sich entwickelnden Schwellenländer – auch bedingt durch die gerade durchlaufende Wirtschaftskrise – massiv den Druck auf die europäische Schiffbauindustrie. Dadurch gehen immer mehr Arbeitsplätze in diesem Sektor verloren. Andererseits steht die maritime Industrie vor neuen Aufgaben: Gerade die in Zukunft anstehende Energie- und Rohstoffgewinnung aus dem Meer kann nur gelingen, wenn dahinter eine leistungsfähige Schiffbau- und Offshoreindustrie dahinter steht. So hat beispielsweise die brasilianische Regierung im Zusammenhang mit dem Börsengang von PETROBRAS angekündigt, dass Brasilien in den nächsten 5-7 Jahren mindestens **150 Mrd. USD** zum Aufbau einer leistungsfähigen Schiffbau- und Offshoreindustrie aufbringen will, wobei 70% der Summe im Lande reinvestiert werden soll [14]. Das zeigt, welche grundsätzliche Bedeutung weitblickende Länder der maritimen Industrie beimessen. Daneben steht – wegen der Problematik des Klimawandels – Einsparung von Energie wesentlich im Fokus, sodass sich der Industrie dadurch neue Marktchancen eröffnen.

Wegen der grundsätzlich wichtigen Bedeutung der maritimen Industrie hat die Delegation DIE LINKE. im Europaparlament bei der TU Hamburg-Harburg eine Studie beauftragt, in welcher folgende Fragestellungen zu bearbeiten sind: Es sollen die politischen Rahmenbedingungen und technischen Möglichkeiten beim Schiffbau zum Schutz des Klimas und der Umwelt sowie für die Schaffung zukunftsfähiger Arbeitsplätze bei den deutschen Werften diskutiert werden. Dabei sollten folgende Themenkomplexe besonders berücksichtigt werden:

- Politische Bewertung der Ist-Situation
- Technische Möglichkeiten im Schiffbau zum Schutz des Klimas und der Umwelt
- Schutz der Beschäftigten im Schiffbau und in der Seeschifffahrt
- Politische Rahmenbedingungen für eine Umsetzung

Damit gliedert sich die zu erstellende Studie formal in einen rein technischen Teil, in welchem es darum geht, gewisse Möglichkeiten aufzuzeigen, durch als vernünftig erkannte technische Verbesserungen den Schutz menschlichen Lebens sowie der Umwelt die Schiffe insgesamt auf ein so technisch anspruchsvolles Niveau zu heben, dass diese in Deutschland wettbewerbsfähig hergestellt werden können. Dieser Anspruch ist zunächst qualitativ zu formulieren. Dann ist quantitativ zu hinterfragen, in welchem Umfang die vorgeschlagenen Maßnahmen gegebenenfalls umgesetzt werden müssen, um das geforderte Ziel zu erreichen. Dadurch erhält die Studie schon aus formalen Gründen einen politischen Hintergrund, weil die eventuell als sinnvoll formulierten Maßnahmen möglicherweise eines politischen Anschubes bedürfen, um gegebenenfalls umgesetzt zu werden.

Weil die Studie technisch hinreichend komplexe Sachverhalte behandeln muss, ist es unumgänglich, an verschiedenen Stellen zumindest die zum Verständnis notwendigen technischen Grundlagen und Prozesse aufzuzeigen, wobei dies in allgemein verständlicher Weise erfolgt. Solche technischen Grundlagen mögen dem Laien vielleicht schwer verständlich sein, es ist aber zwingend notwendig, diese in der angemessenen Breite darzulegen. Denn die Autoren haben in der Vergangenheit immer wieder die Erfahrung machen müssen, dass eine verknappte Darstellung komplexer technischer Sachverhalte dazu führt, dass die falschen – weil allzu offensichtlichen – Schlussfolgerungen gezogen werden, und das oftmals auch durch die Politik.

Dies möge folgendes Beispiel illustrieren: Es scheint in der öffentlichen Meinung eine allgemein akzeptierte Tatsache zu sein, dass die Sicherheit gegen katastrophale Ölunfälle durch die Einführung von Tankern in Doppelhüllenbauweise deutlich erhöht wird. Die Erfahrung mit solchen Unfällen zeigt aber eindeutig, dass genau das nicht der Fall ist: Denn fast alle fatalen Tankerunfälle (bis auf Exxon Valdez) waren darauf zurückzuführen, dass das jeweilige Schiff nach einer fatalen Verkettung diverser Umstände auseinandergebrochen und dann versunken ist. Wenn nun das überwiegende Versagensszenario „Auseinanderbrechen des Schiffes“ ist, dann hilft eine Doppelhülle natürlich gar nichts. Diese wirkt Prinzip bedingt nur bei sogenannten Niedrigenergiekollisionen, wenn der Gegner das Schiff mit einer sehr geringen Geschwindigkeit rammt. In allen anderen Fällen ist diese Maßnahme praktisch wirkungslos. Durch die einseitig erfolgte Verengung auf nur eine einzige bauliche Maßnahme, die zudem noch leicht auch in Schwellenländern durchführbar ist, werden anspruchsvollere Alternativen erst gar nicht betrachtet, obwohl es solche durchaus gäbe. Es ist natürlich für Laien scheinbar leicht nachvollziehbar, dass zwei Hüllen besser sind als nur eine einzige, und daher lässt sich eine solche – stark verkürzte Forderung – natürlich leicht als sinnvoller Beitrag hinstellen. Weiter unten wird gezeigt werden, dass gerade das in dieser Studie zu bearbeitende Thema „Energieeffizienz“ erheblich unter unzulässigen fachlichen Vereinfachungen leidet, wodurch die Weichen derzeit in die technisch völlig falsche Richtung gestellt werden, und zwar eindeutig belegbar zum Nachteil gerade der deutschen Schiffbauindustrie.



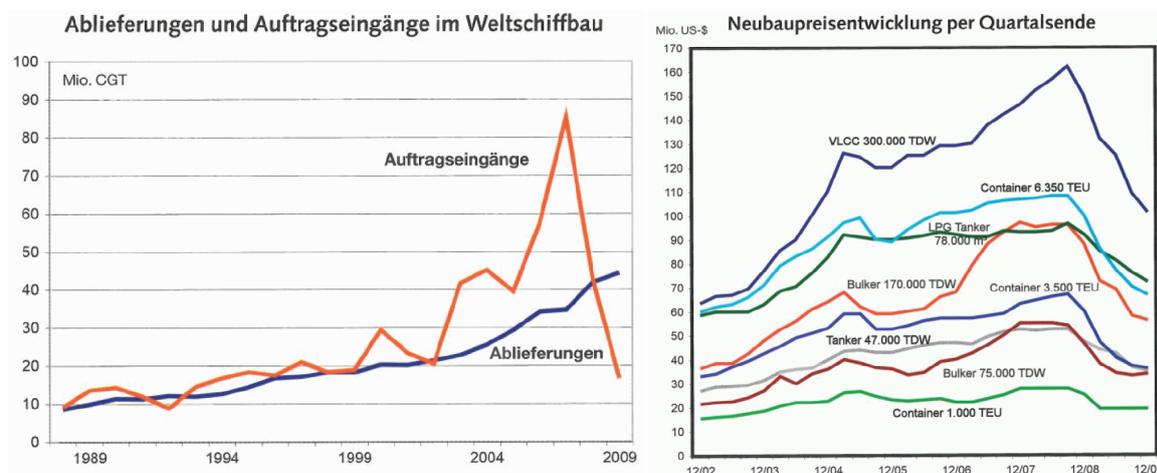
**Abbildung 1: Beispiele für katastrophale Tankerunfälle, bei denen die Ölverschmutzung durch Auseinanderbrechen des Schiffes verursacht wurde. Hier hätte eine Doppelhülle nichts geholfen.**

Es lässt sich weiterhin leicht zeigen – das wird weiter unten auch erfolgen – dass fast alle technisch denkbaren Maßnahmen, welche geeignet sind, die oben genannten Ziele zu erreichen, gleichzeitig die wirtschaftliche Attraktivität der Schiffe – sprich die damit erzielbare Rendite – deutlich steigern. Wenn das so ist, dann müsste eigentlich bei vernünftig funktionierenden Märkten der Zwang entfallen, durch geeignete politische Maßnahmen anschieben zu müssen. Denn wenn die Marktteilnehmer unternehmerische – und damit auch technische – Risiken angemessen bewerten würden, dann müssten sich langfristig die technisch – wirtschaftlich überlegenen Produkte eigentlich von selbst durchsetzen können. Nun sind – auch ausgelöst durch die aktuelle Wirtschaftskrise – erhebliche Zweifel aufgekommen, ob denn die Märkte wirklich eine angemessene Risikobewertung durchführen, und das gilt ganz besonders für die maritime Industrie. Daher muss sich die vorliegende Studie an geeigneten Stellen immer wieder mit der Wechselwirkung von technischer Innovation, wirtschaftlicher Risikobewertung und dem Verhalten der Marktteilnehmer auseinandersetzen, und das wird im jeweiligen Kontext auch erfolgen.

Von ganz entscheidender Bedeutung für die Zukunftsfähigkeit der maritimen Industrie sind weiterhin gesetzliche Auflagen, welche an die Produkte gestellt werden. Denn hier kann der Gesetzgeber seinen gestalterischen Spielraum einbringen, um bestimmte Regeln für die Marktteilnehmer zu setzen. Diese werden im Rahmen der maritimen Industrie von den internationalen Gremien (z. B. IMO) erarbeitet, durch die jeweiligen Flaggenstaaten in nationales Recht umgewandelt und entweder von diesen oder ihren Erfüllungsgehilfen überwacht und umgesetzt. Es ist daher keine technische Innovation denkbar, welche nicht starken Wechselwirkungen mit den zugrunde liegenden technischen Regelwerken ausgesetzt ist und von diesen stark beeinflusst wird. Dadurch können – auch das wird weiter unten diskutiert werden – extreme Innovationshemmnisse auftreten, vor allem dann, wenn Interessenkonflikte auftreten. Aus diesem Grund muss sich die vorliegende Studie auch mit der Frage der derzeitigen technischen Regelentwicklung auseinandersetzen, denn aus dieser ergeben sich einerseits Schnittstellen zum technischen Entwicklungsprozess, zum anderen ergeben sich aus der Regelentwicklung selbst gegebenenfalls Handlungsanweisungen für die Politik.

Die einzelnen Aspekte werden in den folgenden Abschnitten diskutiert. Zunächst muss dabei auf die grundsätzliche Situation der Schiffbauindustrie eingegangen werden.

### 3. Ausgangssituation für die deutsche Schiffbauindustrie



**Abbildung 2: Entwicklung des Weltschiffbaus vor und in der Krise. Links: Auftragseingänge, rechts: relative Neubaupreise. Quelle: VSM [15]**

Die im Jahre 2008/2009 über die Weltwirtschaft hereingebrochene Finanz- und Wirtschaftskrise hat insbesondere der maritimen Industrie zugesetzt. Dabei hatte gerade diese Industrie in den Vorjahren wie kaum eine andere von der Globalisierung der Arbeitsprozesse profitiert, und über Jahre hinweg waren die Wachstumsraten in dieser Industrie sehr hoch. Sowohl die Bestellungen als auch die Neubaupreise sind seit etwa 2003 deutlich angestiegen (vgl. Abbildung 2, links). Ausgelöst wurde der Bauboom durch das sukzessive Ersetzen der Einhüllentanker, wodurch dann in der Folge die Werftbauplätze knapp wurden. Ein ähnliches Verhalten zeigt die Entwicklung der Neubaupreise, vgl. Abbildung 2 rechts. Verglichen mit dem Wachstum des Bruttosozialproduktes ist gerade die maritime Industrie besonders stark gewachsen, was die starke Bedeutung dieses Industriezweiges unterstreicht. Denn die maritime Industrie – und hier vor allem der industrielle Schiffbau – hat die Globalisierung überhaupt erst ermöglicht.

Dies gilt ganz besonders für den Seeschiffbau, denn hier waren dauerhaft besonders starke Zuwachsraten zu verzeichnen. In der Tat waren bis etwa Anfang 2008 die Werftbauplätze weltweit derartig knapp, dass Schiffe auf Werften bestellt wurden, die es noch gar nicht gab und die eigens für diese Bestellungen hätten errichtet werden müssen (vgl. dazu auch Abb. Abbildung 2). In dieser Zeit waren auch die deutschen Seeschiffswerften voll ausgelastet, es herrschte ebenfalls ein Mangel an freien Bauplätzen und vor allem an qualifiziertem Fachpersonal. Schiffbauingenieure waren knapp und am freien Personalmarkt praktisch nicht verfügbar. Vergleichbares galt sicherlich auch für qualifizierte Facharbeiter. Obwohl der starke Aufschwung grundsätzliche strukturelle Mängel der Branche verdecken konnte – davon wird unten noch zu reden sein – hatte die Gesamtsituation gerade für den deutschen (und europäischen) Schiffbau eine ganz wichtige Begleiterscheinung: Es wurde vielen Beteiligten gerade in der Politik allmählich klar, dass die maritime Industrie keine

sterbende Industrie ist, die mühsam mit staatlichen Subventionen am Leben erhalten werden muss, sondern dass sie eine hoch innovative und strategisch wichtige Industrie ist (zu vergleichbaren Erkenntnissen gelangte man etwa bei der Stahlindustrie sowie beim Rohstoffabbau). Das führte langfristig dazu, dass sich die allgemeine Einstellung zur maritimen Industrie gewandelt hatte: Wurden noch bis in die neunziger Jahre hinein direkte Subventionen gezahlt, wandelte sich die Unterstützung mehr hin zur Forschungs- und Innovationsförderung. Das BMBF/BMWI Forschungsprogramm „Schifffahrt und Meerestechnik für das 21. Jahrhundert“ sowie das BMWI-Förderprogramm „Innovativer Schiffbau sichert wettbewerbsfähige Arbeitsplätze“ gibt über den geschilderten Paradigmenwechsel in Deutschland einen guten Aufschluss. Aber auch innerhalb der EU hat ein gewisser Paradigmenwechsel stattgefunden. In diesem Zusammenhang bemerkenswert ist, dass die EU – Kommission gerade der Schiffbauindustrie eine zentrale Rolle in ihrem EU-Grünbuch für die zukünftige Entwicklung der maritimen Industrie eingeräumt hat [3]. Dort heißt es auf S. 9: *„Die Wertindustrie bietet ein gutes Beispiel dafür, wie ein traditioneller maritimer Wirtschaftszweig Europas dem zunehmenden Druck des globalen Wettbewerbs, insbesondere aus Asien, begegnet. In den letzten zehn Jahren hat der europäische Schiffbau 36 % seiner Arbeitsplätze verloren, doch 43 % an Produktivität gewonnen. Dies führte dazu, dass sich der Wirtschaftssektor auf den Bau hoch entwickelter Schiffe spezialisiert hat.“*



**Abbildung 3: Stapellauf eines Schiffes auf einer sogenannten „Greenfield“- Werft.**  
 Quelle: [www.shiptank.com](http://www.shiptank.com)

Umso härter hat die gegen Ende 2008 einsetzende Wirtschaftskrise die maritime Industrie getroffen, vgl. dazu auch Abbildung 2. Als immer schon globale Industrie ist sie wirtschaftlichen Verwerfungen besonders ausgesetzt, und in der Folge der Wirtschaftskrise brach zunächst die Beschäftigung für die allzu zahlreich bestellten Schiffe massiv ein. Daraus resultierte ein heftiger Verfall der Fracht- und Charraten, der sich mit unglaublicher Geschwindigkeit ausbreitete. Als Folge davon wurden viele Aufträge storniert, und praktisch die gesamte Bestelltätigkeit kam zum Erliegen. So waren im Jahre 2009 kaum Projekte im Markt, und es gelang nur sehr vereinzelt, überhaupt Neubaufträge zu kontrahieren. Gerade die deutschen Seeschiffswerften hatten unter dem Bestellrückgang und den Auftragsstornierungen besonders zu leiden, weil sie oftmals erheblich risikoreichere Finanzierungsmodelle mit geringeren Anzahlungen anbieten mussten. Davon wird unten noch zu reden sein. So kam es in der Folge im Jahre 2009 zu viel beachteten Konkursen und Werftschließungen im deutschen Schiffbau.

Daraus hat sich nun die Frage entwickelt, ob der deutsche Schiffbau überhaupt wettbewerbsfähig sei, und ob es nicht insgesamt sinnvoller wäre, die Werften zu schließen oder sie auf andere Produktlinien – wie z. B. Windkraftanlagen – auszurichten und den Schiffbau damit in Deutschland großflächig abzuwickeln. Dabei haben die unzweifelhaft vorhandenen Probleme im deutschen Schiffbau nach unserer Auffassung nur wenig mit der Frage des Lohnniveaus an sich zu tun. Denn der Anteil der direkten Lohnkostendifferenz gegenüber Fernost ist bei den rationalisierten Fertigungsmethoden der deutschen Seeschiffswerften derzeit geringer als die durch die Verwerfungen der Finanzmärkte entstandenen Ungleichgewichte in den Finanzierungsmodellen. Das lässt sich an aktuellen Neubauprojekten – insbesondere aus dem Bereich der Windkraftaufstellschiffe – eindeutig nachweisen.

Weiterhin lassen sich zwei erfolgreiche Schiffbauländer – Japan und Korea – nicht mehr als Billiglohnländer abtun, und von daher müssen die Ursachen an anderen Stellen gesucht werden. Schiffe sind – beispielsweise im direkten Vergleich mit Windkraftanlagen – auch für technische Laien erkennbar komplexe Investitionsgüter. Auf die Spezifika der mit der schiffbaulichen Produktentwicklung vorhandenen Risiken und Chancen sowie auf mögliche Innovationspotenziale wird weiter unten noch eingegangen. Grundsätzlich gibt es daher keinen sinnvollen Grund, zu vermuten, dass man in einem Hochlohnland zwar Windkraftanlagen (um einmal bei diesem derzeit populären Beispiel zu bleiben) erfolgreich entwickeln, bauen und wettbewerbsfähig vermarkten kann, nicht aber Schiffe. Vielmehr geht es nach unserer Auffassung mehr um die zentrale Frage, welche strategischen Fehlentwicklungen der letzten Jahre genau dazu geführt haben, dass gerade die Schiffbauindustrie – also der maritime Kernakteur – immer wieder zur Disposition gestellt wird, obwohl eigentlich klar sein müsste, dass bei komplexen technischen Gesamtsystemen eigentlich der Systemhersteller strategisch wichtig ist (heute würde man ihn „systemrelevant“ nennen). Und es darf die Frage erlaubt sein, welche produzierende Industrie der Realwirtschaft als nächste den Weg gehen wird, den der Seeschiffbau bis heute schon gegangen ist, wenn es nicht gelingt, hier grundsätzlich gegenzusteuern.

Bevor aber auf die sich daraus nach Auffassung der Autoren ergebenden Handlungsanweisungen eingegangen wird, müssen zunächst technische und strategische Aspekte der schiffbaulichen Produktentwicklung diskutiert werden. Dabei wird es ganz wesentlich darum gehen, bestimmte Alleinstellungsmerkmale gerade des Schiffbaus herauszuarbeiten, damit deutlich wird, dass nicht ohne Weiteres von anderen Branchen auf den Schiffbau geschlossen werden kann.

**Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Schiffbau eine strategisch wichtige Branche darstellt. Das hat man in Deutschland auch erkannt und einige wichtige industriepolitische Weichen gestellt. Diese dürfen in der Krise nicht zur Disposition gestellt werden.**

## 4. Einige Grundlagen der schiffbaulichen Produktentwicklung

### 4.1. Der Konflikt Komplexität – Entwicklungszeit

Im Rahmen der Studie sollen unter anderem technische Maßnahmen identifiziert werden, welche den Schutz des Klimas und der Umwelt im Schiffbau erhöhen sollen. Hierzu ist es grundsätzlich nötig, sich mit einigen Eigenarten des schiffbaulichen Produktentwicklungsprozesses auseinanderzusetzen. Denn nur das grundlegende Verständnis desselben bietet überhaupt Ansatzpunkte für die Frage, welche technischen Verbesserungen sinnvoll sind und wann sie in der Prozesskette durch wen am besten umgesetzt werden können. Und erst daraus können möglicherweise politische Handlungsanweisungen abgeleitet werden. Weiterhin bildet das grundlegende Verständnis der Eigenarten der schiffbaulichen Produktentwicklung überhaupt erst das nötige Fundament, um die Probleme der Schiffbauindustrie – und gerade der deutschen – überhaupt verstehen und beurteilen zu können. Denn aus dem nachfolgend geschilderten Grunddilemma lassen sich alle weiteren Folgerungen zwangsläufig ableiten. Daher wird im Folgenden versucht, die wesentlichen Charakteristika der schiffbaulichen Produktentwicklung aufzuzeigen.

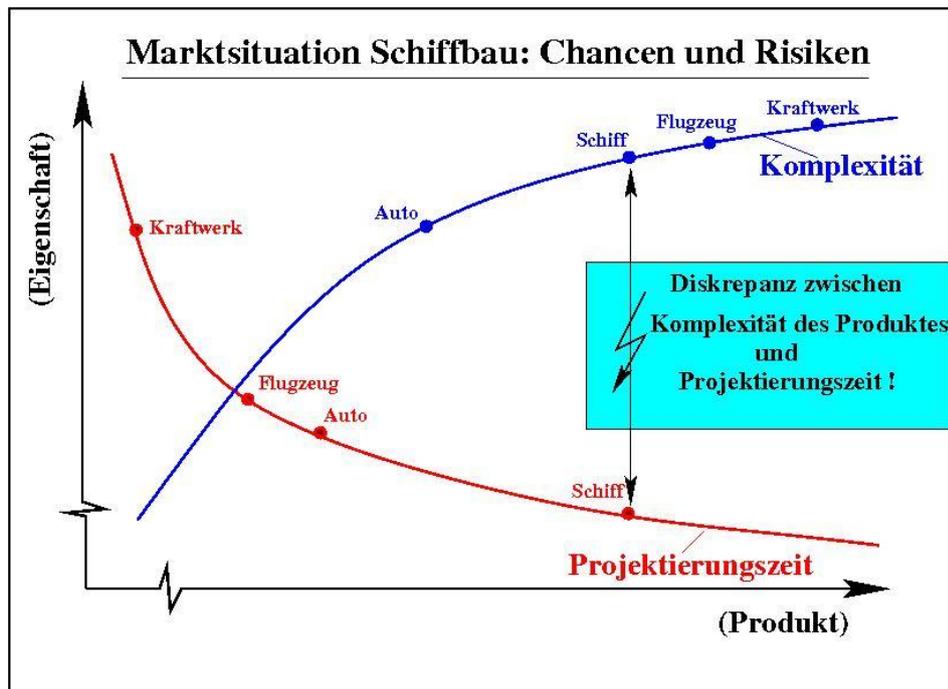


Abbildung 4: Spezifika des Produktes „Schiff“

Zur Herausarbeitung der in der schiffbaulichen Produktentwicklung vorliegenden Besonderheiten mögen die in Abbildung 4 gezeigten Zusammenhänge dienen. Dort sind sehr schematisch und stark vereinfachend zwei wesentliche Eigenschaften des Produktes „Schiff“ gegenübergestellt und einem qualitativen Vergleich mit anderen technischen Branchen unterzogen. Die blaue Kurve soll dabei die technische

**Komplexität** des Produktes symbolisieren, wobei die Klassierung durch die Autoren willkürlich vorgenommen wurde. Sicherlich ist ein Schiff weniger komplex als z. B. eine komplizierte petrochemische Anlage oder ein Kraftwerk, es liegt aber etwa in der gleichen Komplexitätsgrößenordnung. Diese ist wie gesagt extrem schwer zu messen, und es gibt sicherlich je nach Schiffstypen klassiert unterschiedliche Komplexitätsniveaus. Unstrittig dürfte jedoch sein, dass der Komplexitätsgrad eines Schiffes – also eines Investitionsgutes – höher anzusiedeln ist als der eines Konsumgutes. Das ist aber nicht die ausschlaggebende Aussage, die aus der Darstellung gewonnen werden soll. Entscheidend dabei ist, welche **Entwicklungszeit** für das jeweilige Produkt tatsächlich zur Verfügung steht. Das wird durch die rote Kurve symbolisiert. Liegen Entwicklungszeiten für Kraftwerke im Bereich mehrerer Jahre (man bedenke in diesem Zusammenhang auch, wie lange es gedauert hat, bis der A380 realisiert werden konnte), so findet die schiffbauliche Produktentwicklung in wenigen Wochen statt. Dann sind fast alle technischen Entscheidungen nahezu unwiderruflich festgelegt, und das Schiff geht in die Detailkonstruktion und dann in die Produktion. Anders als in den meisten anderen Branchen (außer dem Anlagenbau) muss im Schiffbau der Prototyp sofort Geld verdienen. Es findet nur eine extrem kurze Erprobung statt, die erfolgreich zu sein hat, sonst verschwindet der Hersteller sofort vom Markt (wenn Marktmechanismen tatsächlich greifen). Weil die Produktionszyklen extrem schnell sind, hat man selbst bei einer in Europa üblichen Serienlänge von Schiffen (vielleicht maximal 4-6) kaum eine Möglichkeit, Fehler, die beim ersten Schiff der Serie vielleicht auftreten, in der laufenden Produktion noch korrigieren zu können. Damit ist das gesamte Geschäft außerordentlich risikoreich.

Aus diesen Gründen ist es auch für die Werften auch sehr schwierig, Innovationen in die ständig laufende Produktentwicklung einzuführen. Denn in der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit ist es oftmals überhaupt nicht möglich, die Auswirkungen von Innovationen überhaupt in Gänze beurteilen zu können. Dies gilt sowohl für die technischen als auch für die sich daraus ergebenden wirtschaftlichen Risiken. Dieser Zusammenhang möge durch ein einfaches Beispiel aus dem Automobilbau illustriert werden:

Es ist heute Stand der Technik (in Deutschland), Automobile mit einem deutlich höheren Insassenschutz herzustellen als noch vor 20 Jahren. Dazu wurden – und werden – vorgeschriebene Crash-Tests mit den Autos durchgeführt, um den passiven Schutz der Fahrgastzelle durch intelligente Konstruktionen weiter zu steigern. Ein Auto, welches diese Crash-Tests nicht besteht, hat wenig Chancen auf dem europäischen Markt (wie unlängst ein Hersteller aus China erfahren musste). Nun liegt es auf der Hand, dass solche Crash-Tests mit Schiffen grundsätzlich nicht durchführbar sind, weil man dann sein Produkt zerstören würde. Daher lassen sich solche Nachweise im Schiffbau grundsätzlich nur auf theoretischem Wege erbringen, z. B. durch entsprechende Simulationen. Dieser Weg wird in der Autoindustrie durchaus beschritten, wobei der Fokus allerdings darauf liegt, mittels der simulierten Crash-Tests Entwicklungszeiten zu verkürzen und damit Kosten zu sparen. Es gibt

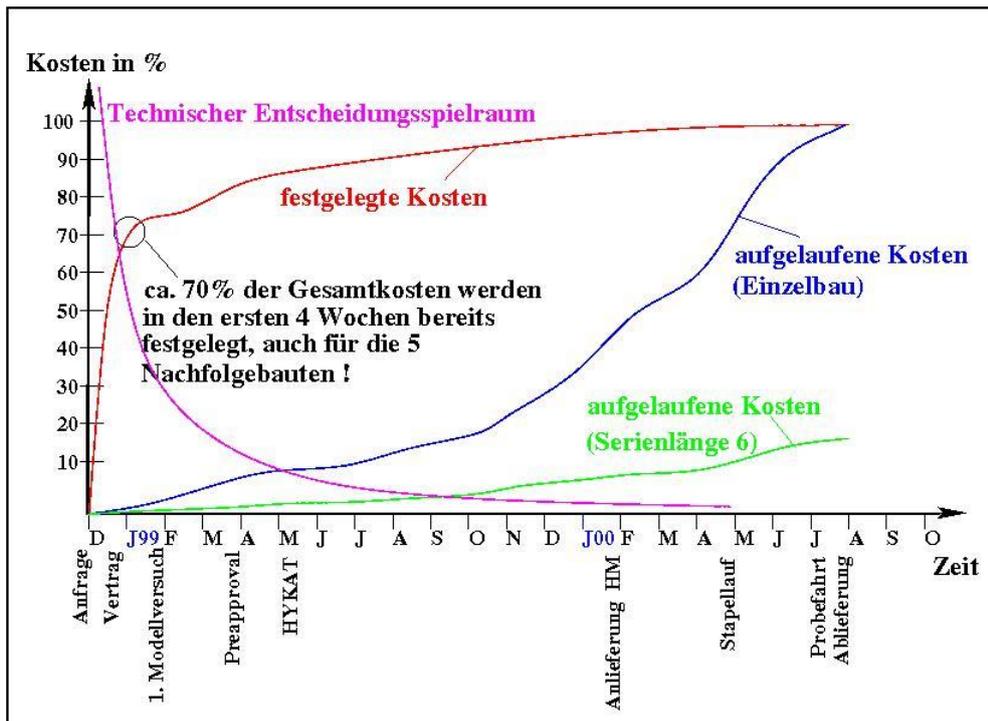
also leistungsfähige Berechnungswerkzeuge für solche Zwecke, und dem Schiffbau wird oft der Vorwurf gemacht, wenig innovativ zu sein, weil solche (und vergleichbare) Entwicklungen nicht aufgenommen werden. Dabei wird immer übersehen, dass auch die Berechnungen extrem langwierig sind (etwa mehrere Wochen einschließlich der Vorbereitung der Rechenmodelle) und dass diese Zeitspanne im schiffbaulichen Entwicklungsprozess grundsätzlich nicht zur Verfügung steht.

Wegen der extremen Dynamik des schiffbaulichen Produktentwicklungsprozesses, (in dessen Verlauf ja das Schiff, was dann berechnet werden soll, erst einmal definiert werden muss) gilt nach der Erfahrung der Autoren die Faustregel, dass nur solche Berechnungen sinnvoll möglich sind, die eine Zykluszeit von weniger als 12 h haben. Man kann also eine wesentliche Eigenart des Schiffbaus folgendermaßen beschreiben:

**Schiffe sind hinreichend komplexe Produkte, die sich durch extrem kurze Produktentwicklungszeiten auszeichnen. Die Kürze der Produktentwicklungszeit ist dabei der wesentliche Risikotreiber. Danach haben sich alle anderen Prozesse und Entwicklungen auszurichten. Weil das Produkt sofort Geld verdienen muss, ist das gesamte Risiko außerordentlich hoch.**

## 4.2. Die strategische Bedeutung der frühen Produktentwicklungsphase

Nun ist es nötig, den gerade beschriebenen Produktentwicklungsprozess genauer zu betrachten, denn dadurch wird erkennbar, dass sich die ohnehin schon knappe Entwicklungszeit weiter verkürzt, weil sie sich ganz nach vorne in den Prozess verlagert. Dies wird anhand der folgenden Abbildung verdeutlicht.



**Abbildung 5: Spezifika der schiffbaulichen Produktentwicklung.**

Abbildung 5 zeigt den Verlauf von wesentlichen Kenngrößen der schiffbaulichen Produktentwicklung auf der Zeitachse. Die Abbildung wurde von der Flensburger Schiffbau-Gesellschaft aufgrund der Zahlen eines realen Projektes ermittelt und ist daher auch quantitativ realistisch. Der Zeitstrahl markiert wesentliche technische Meilensteine des Produktentwicklungsprozesses wie Anfrage, Abschluss des Bauvertrages, Klassegenehmigung, Anlieferung des Hauptmotors, Stapellauf, Probefahrt und Ablieferung. Die blaue Kurve zeigt dabei den realitätsnah ermittelten Verlauf der tatsächlich aufgelaufenen Kosten über der Zeit für das Schiff unter der Voraussetzung, dass es sich dabei um einen Einzelbau handelt. Die grüne Kurve zeigt ebenfalls den realen Verlauf der tatsächlich aufgelaufenen Kosten, allerdings jetzt unter der Voraussetzung, dass eine Serie von sechs Schiffen gefertigt wird. Naturgemäß fallen in der Anfangsphase nur sehr geringe Kosten an, später, wenn das Materialpaket fixiert ist und die ersten Bestellungen ausgelöst werden, steigt der Verlauf an. Grundsätzlich dürfte das in vergleichbaren Industrien ähnlich verlaufen.

Entscheidend ist aber für den Schiffbau der Verlauf der roten Kurve. Dort ist nämlich aufgetragen, welches Kostenniveau über der Zeit durch die Entscheidungsprozesse der Produktentwicklung nahezu unwiderruflich festgelegt ist, wenn erst einmal eine bestimmte technische Entscheidung getroffen wurde. Im oben angegebenen Beispiel, das wie gesagt auf einem realen schiffbaulichen Produkt beruht – ist erkennbar, dass etwa 70 % der Gesamtkosten des Produktes nach etwa vier Wochen durch die bis dahin fortgeschrittene Produktentwicklung mehr oder weniger unverrückbar festgelegt worden sind (umgekehrt bedeutet das auch, dass 30 % Restrisiko zum Vertragsabschluss vorhanden sind). Im Verlaufe der weiteren Produktentwicklung und der nachgeschalteten Produktion verläuft die Kurve sehr flach, es finden kaum noch Kosten beeinflussende Prozesse auf strategischem Niveau statt. Betrachtet man die Tatsache, dass die in der frühen Phase getroffenen Entscheidungen auch für Nachfolgebauten relevant sind, dann wird deutlich, wie herausragend die strategische Bedeutung gerade dieser frühen Projektphase ist.

Einzig hier können substantielle kostenrelevante Produktverbesserungen erzielt werden – diese Erkenntnis wird später noch für die Beurteilung der Energieeffizienzfragen wichtig sein – und aus der sicheren Beherrschung gerade dieser Phase leitet sich für das projektierte Schiff dessen Wettbewerbsfähigkeit ab. Besonders wichtig ist das, wenn man, wie die deutsche Schiffbauindustrie, im Wesentlichen komplexere Schiffe als quasi Unikate herstellt, weil dann in dieser Phase ständig neuartige Problemstellungen angegangen werden müssen, für die keine Erfahrungen vorliegen. Dazu ergänzend ist in Lila der Kurvenverlauf des noch möglichen technischen Entscheidungsspielraumes eingetragen, der jeweils noch zur Verfügung steht. Je weiter das Projekt fortschreitet, desto geringer wird dieser naturgemäß, und je teurer wird es, vorangegangene Fehlentscheidungen wieder zu korrigieren. Als Faustregel kann gelten, dass es etwa 10-mal teurer ist, einen Fehler in der Detailkonstruktion statt im Entwurf zu beheben, und dass es etwa 100-mal teurer ist, diesen Fehler in der Produktion zu beheben. Praktisch alle Neubauprojekte der Vergangenheit, die mit einem finanziellen Desaster für die jeweiligen Werften endeten, hatten ihren Ausgangspunkt nachweislich in technisch-strategischen Fehlentscheidungen in der frühen Produktentwicklungsphase.

**Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass im Schiffbau wegen der extrem kurzen Produktentwicklungszeit praktisch alle technisch-wirtschaftlich relevanten Entscheidungen in der ganz frühen Projektphase irreversibel getroffen werden. Das dort gehandelte Risiko ist außerordentlich hoch.**

### **4.3. Konsequenzen aus den Spezifika der schiffbaulichen Produktentwicklung**

Im Prinzip gelten obige Befunde für jede andere Branche qualitativ natürlich auch, aber im Schiffbau ist die zur Verfügung stehende Produktentwicklungszeit einfach **absolut** so sehr kurz, und es werden große Risiken in der frühen Phase gehandelt. Und es liegt an der absoluten Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit (man

vergleiche einfach die oben genannten vier Wochen mit der Produktentwicklungszeit für einen A380) kombiniert mit dem Risiko der Unikatfertigung (man stelle sich einmal vor, eine Fluggesellschaft würde einen absolut maßgeschneiderten A380 angefangen von der Flugzeuggröße bis zur Anzahl der Triebwerke bestellen), weshalb manche Entwicklungen im Schiffbau scheinbar nur zögerlich Einzug finden. Daraus aber den Schluss abzuleiten, dass der Schiffbau nicht ausreichend innovativ wäre, ist aber grundlegend unzulässig. Es finden eben in der täglichen Produktentwicklung ständig sehr viele „kleine“ Innovationen statt, die natürlich für die Allgemeinheit nicht so spektakulär sind (und meist für technische Laien auch schwer verständlich) und die man daher nicht so wahrnimmt.

Diesen besonderen Umstand der schiffbaulichen Produktentwicklung hatte auch die vorige Bundesregierung in der Tat richtig erkannt (die derzeitige Regierung führt das glücklicherweise noch fort, obwohl aktuell von bestimmten Kreisen heftig umstritten), und mit dem Förderinstrument der sogenannten Innovationsbeihilfen ein wichtiges Werkzeug geschaffen, um die hohen Risiken der schiffbaulichen Produktentwicklung angemessen abzufedern: Denn wegen der extremen Kürze der schiffbaulichen Produktentwicklung und der Tatsache, dass nicht zur Erprobung von Innovationen extra ein Prototyp gebaut werden kann, war es in der Tat sehr sinnvoll, ein auf diese Aspekte abgestimmtes Innovationsförderprogramm aufzulegen. Gemeint ist das BMWi- Förderprogramm **„Innovativer Schiffbau sichert wettbewerbsfähige Arbeitsplätze“** in der Fassung vom 2. Juni 2010. Dort heißt es zur schiffbaulichen Produktentwicklung [12]:

*„Der Schiffbau unterscheidet sich von anderen Wirtschaftszweigen durch bestimmte Merkmale, wie z. B. kleine Produktionsserien oder Einzelfertigung von Schiffsbauten, Größe, Wert und Komplexität der hergestellten Einheiten sowie die im Allgemeinen kommerzielle Nutzung von Prototypen. Die Risiken technischer oder wirtschaftlicher Fehlschläge sind im Schiffbau besonders hoch und bestehen bei jeder Innovationsmaßnahme. Schiffbauliche Innovationen stehen immer unter dem Zwang, dass sie jeweils schon bei ihrer erstmaligen Anwendung erfolgreich sein müssen...“*

Aufgrund ihrer Wettbewerbssituation auf dem Weltschiffbaumarkt müssen sich deutsche Werften bevorzugt auf Aufträge fokussieren, bei denen es sich um technisch anspruchsvolle Schiffsbauten mit besonders hohen Risiken handelt. Dabei müssen die Werften ein großes Maß an Flexibilität zeigen, um sowohl im Entwurf als auch während der Produktion innovativen kundenspezifischen Anforderungen nachkommen zu können. Für die deutschen Werften ist diese Flexibilität einerseits ein unverzichtbares, Aufträge sicherndes Wettbewerbselement, andererseits aber, z. B. wegen niedriger Kapitalausstattung, ein hohes Risiko ...“

Das heißt, dass die Politik (noch) die Besonderheiten des Schiffbaus entsprechend würdigt und aus der Sicht der Autoren richtige Schlüsse gezogen hat. Daneben ist aber wichtig – und davon wird unten noch detailliert zu reden sein – durch entsprechende Vorlauforschungsprogramme dauerhaft gerade die strategisch so wichtige frühe Produktentwicklung zu unterstützen, damit die dort latent vorhandenen

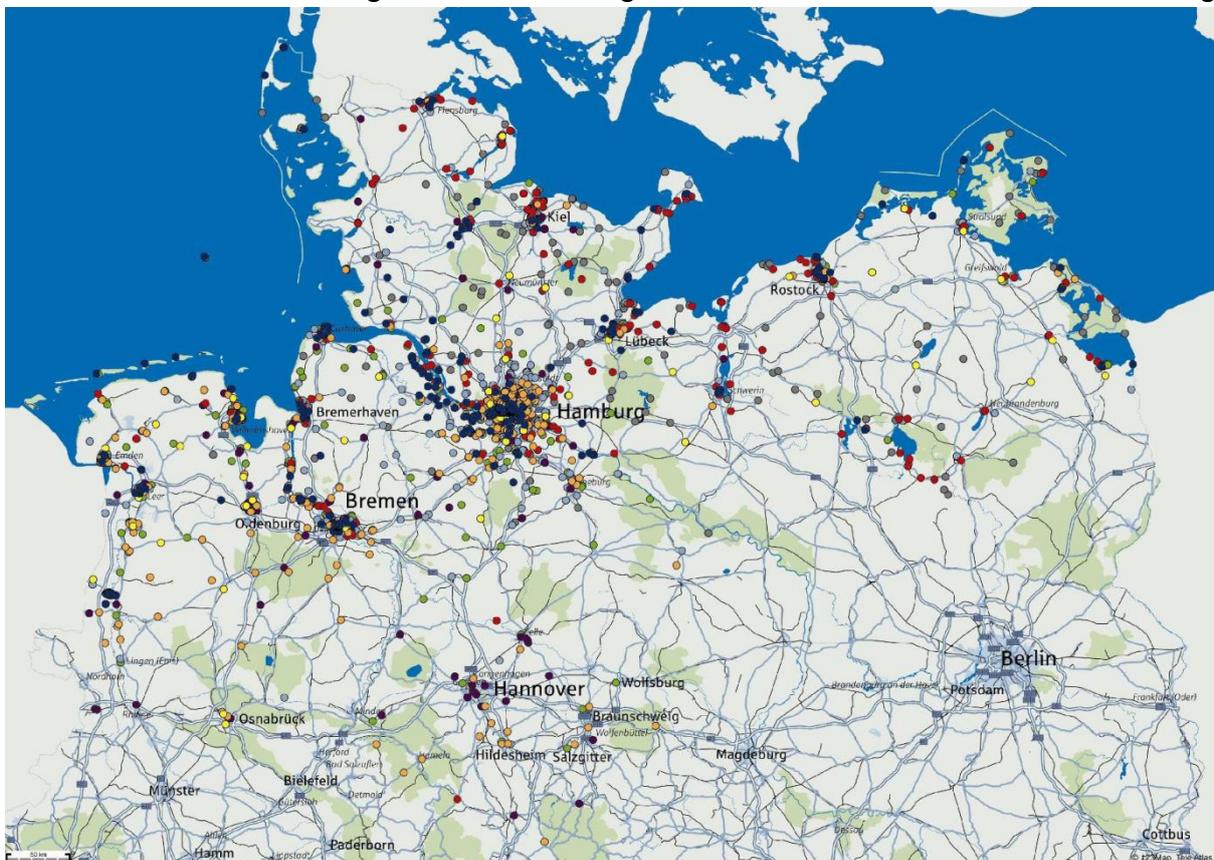
Risiken durch verbesserte Berechnungsmöglichkeiten – die dann aber ausreichend schnell sein müssen – minimiert werden können.

**Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass aufgrund der besonderen Umstände im Schiffbau die frühe Produktentwicklungsphase die strategisch relevante ist. Hier finden die wesentlichen Entscheidungen statt, und es ist keine technische Maßnahme vorstellbar, welche die Eigenschaften des Schiffes nachhaltig verbessern soll, die nicht in die frühe Produktentwicklungsphase integriert ist. Dabei wird die mögliche Innovationsgeschwindigkeit im Schiffbau stark von der Zeitspanne der frühen Produktentwicklungsphase dominiert.**

## 5. Das Paradoxon der schiffbaulichen Produktentwicklung

### 5.1. Grundsätzliches

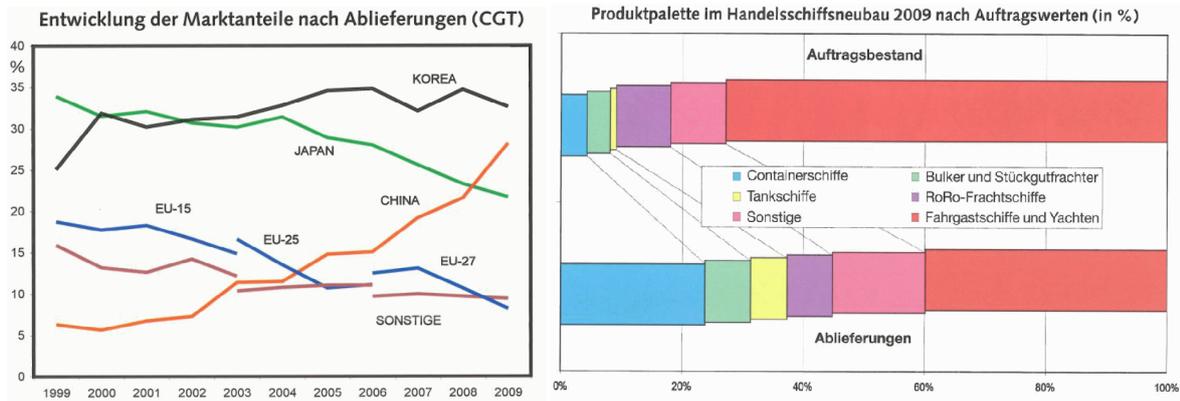
Betrachtet man die oben aufgezeigten Begleitumstände, dann sollten eigentlich gerade die deutschen Seeschiffswerften besonders gut in der Lage sein, mit den geschilderten schwierigen Umständen zurechtzukommen. Denn Deutschland verfügt gerade im technischen Sektor über eine (noch) hervorragende Forschungs- und Bildungslandschaft mit hervorragenden Verbindungen, und gerade im maritimen Sektor sind die wesentlichen Mitspieler extrem gut vernetzt, weil die Szene sehr überschaubar ist. So zeigt eine im Auftrage der Freien und Hansestadt Hamburg



**Abbildung 6: Standortstruktur der Maritimen Wirtschaft in Norddeutschland. Quelle: NORD/ LB 2008.[13]**

durch die Nord/LB [13] durchgeführte Studie eine sehr hohe Dichte an maritimer Kompetenz auf kleinstem Raum (vgl. Abbildung 6) bei gleichzeitig sehr hohem Vernetzungsgrad. Dadurch – und durch die Fortschritte der Informationstechnik – ist es im Prinzip möglich, bei Bedarf sehr schnell bestimmte Forschungsleistungen oder Kompetenzen Dritter in die schiffbauliche Produktentwicklung integrieren zu können. Davon konnte sich der Autor während seiner eigenen Industrietätigkeit selbst überzeugen. Eigentlich ergibt sich also aus der angespannten Situation ein klarer Vorteil gerade für die deutschen Seeschiffswerften. Diese müssten eigentlich in

einem derartigen Umfeld viel höhere Überlebenschancen haben als die Werften in den sich entwickelnden Schwellenländern, die eben (noch) nicht über diese Infrastrukturvoraussetzungen verfügen. Teilweise konnten die deutschen Werften diesen Vorteil bei der der Spezialisierung auf bestimmte Schiffstypen ausspielen, die besonders wissensintensiv und dabei gleichzeitig besonders risikoreich sind. Dies wird in der aktuellen Produktpalette deutlich, vgl. dazu auch Abbildung 7.



**Abbildung 7: Entwicklung der Marktanteile des europäischen Schiffbaus (links) und Produktportfolio der deutschen Seeschiffswerften 2009. Quelle: VSM [15]**

Obwohl der Anteil der europäischen Werften am Weltschiffbau – bezogen in CGT- in der Vergangenheit stark zurückgegangen ist, konnten die deutschen Seeschiffswerften ihren Anteil relativ konstant halten. Dies lag an der Fokussierung auf bestimmte Schiffstypen, bei denen das Risiko technischer Fehlentscheidungen in der frühen Produktentwicklungsphase besonders hoch ist, vgl. Abbildung 7 rechts. So entfielen 2009 bezogen auf den Auftragswert 62 % auf Passagierschiffe, Fähren und Yachten, 16 % auf RoRo- Schiffe und 22 % auf eine Vielzahl unterschiedlichster Spezialschiffstypen [15]. Damit beträgt der Anteil hochwertiger Schiffe 90 % des Auftragsbestandes, womit die von der EU gemachte Feststellung im Grünbuch (s. o.) bestätigt wird. Trotzdem reicht dieses Erklärungsmuster nicht aus, um den grundsätzlichen Abwärtstrend zu begründen, und schließlich ist nicht sichergestellt, dass die fernöstlichen Wettbewerber nicht auch in die Segmente der deutschen Schiffbauer vorstoßen werden.

**Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Werften in Deutschland das Kernproblem der schiffbaulichen Produktentwicklung dadurch lösen, dass sie auf Produkte setzen, bei denen das Problem besonders relevant ist.**

## 5.2. Strategische Überlegungen in Fernost

Grundsätzlich wurde oben herausgearbeitet, dass der Schiffbau insgesamt eine Branche mit hohem technischem Risiko darstellt, in der man nur durch ausreichende technische Kompetenz dauerhaft überleben kann. Trotzdem zeigt Abbildung 7 links, eindeutig einen Trend auf, dass die technisch kompetenteren Volkswirtschaften stetig gegenüber den Entwicklungs- und Schwellenländern an Boden verlieren, obwohl das aufgrund der oben herausgestellten Charakteristika der schiffbaulichen Produktentwicklung eigentlich nicht funktionieren kann. Der Grund, welchen wir identifiziert haben, liegt dann auch nicht im wirtschaftlichen, sondern im strategischen Umfeld.

Schon vor etwa 15 Jahren konnte folgender Trend in Deutschland festgestellt werden: Es war wirtschaftlich für die Besteller der Schiffe außerordentlich attraktiv, die in der schiffbaulichen Produktentwicklung vorhandenen Risiken konsequent für sich auszunutzen. Dabei wurde von den technisch versierten Reedereien bewusst die Unerfahrenheit der fernöstlichen Werften ausgenutzt, die oft die technischen Feinheiten der Bauvorschriften nicht wirklich durchdrungen hatten. Dadurch kam es in der Abwicklung der Schiffe zu technischen Problemen und letztlich zu Zeitverzögerungen. Daraus ließ sich aber unmittelbar ein wirtschaftlicher Vorteil generieren, wenn durch intelligentes Bauvorschriftenmanagement sowie eine technisch versierte und hinreichend aggressive Bauaufsicht entsprechende Strafzahlungen erwirkt werden konnten. Selbst wenn die Schiffe dann in Europa nachgebessert werden mussten, waren durch die hohen Strafzahlungen die Schiffe wirtschaftlich immer noch sehr attraktiv. Aus dieser Gemengelage hat sich dann in Deutschland eine Anzahl von Dienstleistern etabliert, die im Wesentlichen die Konzeption und Bauabwicklung dieser Schiffe begleitet haben. Dadurch war es möglich, das entsprechende Wissen sukzessive nach Fernost zu transferieren.

Weil die Werften dort die hohen Strafzahlungen vermeiden wollten, gingen sie dazu über, erhebliche Reserven in die Schiffe einzubauen, um die Verträge einhalten zu können. Dies war für die deutschen Werften natürlich nicht möglich. Aus Sicht der Werften in Fernost war das Verfahren wirtschaftlich natürlich nicht tragfähig, und unter rein marktwirtschaftlichen Bedingungen hätte sich so niemals eine leistungsfähige Schiffbauindustrie entwickeln können, aber aus Gründen – welche unten noch genauer zu beleuchten sind – haben die Volkswirtschaften in Fernost die wirtschaftlichen Verluste aus strategischen Gesichtspunkten in Kauf genommen, solange damit ein ausreichender Wissenstransfer verbunden war. So konnten sie nacheinander – angefangen von den wenig wissensintensiven Schiffstypen wie Tankern und Bulkern – nacheinander eine Reihe von Märkten erobern. Dabei kam ihnen zugute, dass sie, wenn sie sich erst einmal in einem Marktsegment festgesetzt hatten, sich neue Marktsegmente durch Quersubventionen erschließen konnten, was natürlich mit einer weiteren Anhäufung von Wissen erfolgen konnte. Auf diese Weise ist es den Volkswirtschaften in Fernost gelungen, durch eine strategisch intelligente Industriepolitik das oben beschriebene Entwurfsdilemma auszuhebeln.

Dabei kamen ihnen allerdings die westlichen Volkswirtschaften sehr weit entgegen, weil es ja immer die Steuergelder der westlichen Volkswirtschaften waren, mit welchen die sich aus den wirtschaftlichen Verwerfungen ergebenden Krisen bezahlt werden mussten. Dies konnte man ja bereits in der ersten Asienkrise in den neunziger Jahren sehen. Bevor weiter auf diese wirtschaftlichen Verwerfungen eingegangen wird, muss die Frage erörtert werden, warum ausgerechnet die Schiffbauindustrie von allen Entwicklungsländern zum Aufstieg in die Reihe der Industrienationen genutzt wird.



**Abbildung 8: Nicht alle Produktionsstandards in Fernost wären in freien Märkten wettbewerbsfähig. Quelle IG- Metall [7]**

**Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Werften in Fernost das Kernproblem der schiffbaulichen Produktentwicklung dadurch lösen, dass sie (zunächst) auf Produkte setzen, bei denen das Problem nicht so stark relevant ist und die verbleibenden Restrisiken quersubventionieren. Dabei spielt der Know- How- Transfer in diese Länder eine zentrale Rolle.**

## 6. Zur exponierten Situation der Schiffbauindustrie

### 6.1. Strategische Bedeutung

Im Folgenden soll versucht werden, einmal herauszuarbeiten, warum ausgerechnet die Schiffbauindustrie international derartig stark umkämpft ist, sodass es zu den oben kurz angerissenen Verwerfungen kommt. Dabei geht es um die Frage, was eigentlich die Gründe dafür sind, dass jedes Schwellenland den Anschluss an die Industrienationen genau über den Schiffbau sucht, und gleichzeitig gerade diese Industrie so extrem hartnäckig verteidigt (wie man genau in der Asienkrise sehen konnte und auch derzeit sehen kann). Dies wird im Folgenden kurz angedeutet: Etwa 70 % der Oberfläche unseres Planeten sind mit Wasser bedeckt. Daher gibt es zum weltumspannenden Transport von Gütern schlichtweg keine technische Alternative. Die einsetzende Industrialisierung der Luftfahrt hat zwar den größten Teil des Passagieraufkommens von der Schifffahrt abgezogen, trotzdem wird heute der weitaus größte Teil des Welthandels mit Schiffen abgewickelt. Das war prinzipiell (bis auf die Passagierluftfahrt) schon immer so, und es gibt aus der Geschichte genügend Belege dafür, dass genau die Nationen das Weltgeschehen beherrscht haben, die in der Lage waren, technisch führende Schiffe herzustellen und zu betreiben. Das gilt sowohl für den zivilen als auch für den militärischen Schiffbau. Der Aufstieg Asiens zur wirtschaftlich dominierenden Macht wäre ohne den begleitenden Aufbau einer leistungsfähigen Schiffbauindustrie nicht denkbar gewesen. Nicht umsonst hat China das Primärziel ausgegeben, die führende Schiffbaunation werden zu wollen. Daher sind diese Länder zum Wohle ihrer langfristigen wirtschaftlichen Entwicklung bereit, erhebliche Anstrengungen zum Aufbau einer leistungsfähigen Schiffbauindustrie zu unternehmen. Dabei geht es nicht nur um Investitionen in Anlagen oder direkte Subvention von Bauaufträgen, sondern auch um erhebliche Anstrengungen in Bildung, Forschung und Entwicklung (davon wird unten noch zu reden sein). Auf diese Weise haben sich Japan und Korea einen Spitzenplatz bei den Schiffbaunationen gesichert, und Länder wie China, Vietnam oder Indien werden definitiv folgen. Dabei ist der Schiffbau – neben seiner grundsätzlichen strategischen Bedeutung – auch noch aus folgenden Gründen besonders attraktiv:

- Weil Schiffbau komplexeste Systemtechnik ist, lassen sich die dort gemachten Erfahrungen leicht auf andere, vergleichbare Industrien übertragen.
- Wer den Schiffbau bestimmt, dominiert den Welthandel und beeinflusst damit direkt den Import von wichtigen Industrierohstoffen und den Export seiner Produkte.
- Aufgrund besonderer Umstände, die so nur für den Schiffbau gelten, ist das benötigte technische Wissen weltweit verfügbar und wird den sich anbietenden Schwellenländern ohne Einschränkung zur Verfügung gestellt. Dadurch wurde langfristig erreicht, dass die eigentlichen Hersteller des

Gesamtsystems „Schiff“ nahezu beliebig austauschbar sind. Davon wird weiter unten noch zu reden sein.

Gerade dadurch, dass den fernöstlichen Wettbewerbern das technische Wissen weitestgehend zur Verfügung gestellt wird, werden die mit der schiffbaulichen Produktentwicklung verbundenen Risiken für die Werften in Fernost weitgehend ausgehebelt und fallen aber im Umkehrschluss auf die deutschen Werften zurück. Durch diese aus strategischem Kalkül in den Schwellenländern durchgeführten Maßnahmen ist nicht nur der Schiffbau, sondern in der Folge die gesamte produzierende Industrie in den westlichen Ländern massiv unter Druck geraten. Daraus hat man in den westlichen Ländern – sicherlich auch geprägt durch die angelsächsische Wirtschaftsphilosophie – den sehr voreiligen Schluss gezogen, dass produzierende Industrien in Hochlohnländern nicht dauerhaft wettbewerbsfähig sein können. In vielen Fällen hat man gehofft, stattdessen Dienstleistungen erbringen zu können. Allzu oft musste man dann aber feststellen, dass auch (oder gerade?) Dienstleistungen durch die Entwicklungen der Informationstechnik an jeden Ort der Welt verlagert werden können. Gerade im technischen Bereich hat sich zusätzlich herausgestellt, dass man nicht dauerhaft wettbewerbsfähige technische Dienstleistungen anbieten kann, wenn man die entsprechenden Produkte nicht selbst herstellt (eigentlich eine Binsenweisheit). Anders als in anderen Branchen kommt aber gerade im deutschen Schiffbau neben den oben angesprochenen Aspekten ganz erschwerend hinzu, dass das Bestellverhalten der wesentlichen Akteure in Deutschland die Austrocknung des deutschen Schiffbaus ganz erheblich mit zu verantworten hat, weil über Jahre durch die Politik die falschen finanziellen Anreizsysteme am Markt etabliert wurden. Und das zeigt sich wiederum in den Auswirkungen der aktuellen Wirtschaftskrise, von der die deutschen Reedereien und Schiffsfinanzierer ja ganz besonders betroffen sind.

**Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Schiffbauindustrie eine extrem wichtige strategische Industrie darstellt, deren Bedeutung die Schwellenländer sehr genau verstanden haben. Wer den Schiffbau bestimmt, dominiert letztlich das Welthandelsgeschehen. Die im Schiffbau gemachten Erfahrungen lassen sich gut auf andere Industrien übertragen, wobei die Erfahrungen wesentlich auf Know- How- Transfer beruhen.**

## **7. Strukturelle Probleme der deutschen Schiffbauindustrie**

### **7.1. Die Situation der deutschen Seeschiffswerften**

Betrachtet man die gegenwärtige Situation der deutschen Schiffbauindustrie einmal genauer, dann lässt sich eindeutig folgender Befund ausmachen: Insgesamt teilen sich die Werften in zwei Lager mit einer sehr unterschiedlichen Ausgangssituation und Überlebensperspektive: Das eine Lager hat versucht, im Bau von Standardtonnage zu überleben. Dabei versuchte man, die Produktionsprozesse zu verbessern, hat aber – auch wegen der Kundenstruktur – nie auf echte Produktinnovationen gesetzt. Weil die Finanzierung solcher Schiffe in der Vergangenheit kein Problem darstellte, kamen als Kunden im Wesentlichen Emissionshäuser in Betracht, die aufgrund der Finanzierungsmodelle nur geringe technische Anforderungen an die Schiffe gestellt haben. Dadurch waren Konzeption, Bau und Ablieferung der Schiffe ein zwar solides, aber relativ schlichtes technisches Handwerk. Der Boom der vergangenen Jahre hat dabei verschleppt, dass dieses Geschäftsmodell eigentlich keine Zukunft bieten konnte, vor allem nicht im Wettbewerb mit den hochproduktiven Werften in Korea oder Japan. Von daher verwundert es nicht, dass die meisten Konkurse in diesem Lager stattfanden. Im Gegensatz dazu befindet sich das andere Lager der Werften in einem angesichts der Krise relativ gesunden Zustand, allerdings wird das (bewusst?) nicht so kommuniziert: Diese Werften haben frühzeitig auf Produktinnovationen gesetzt und dafür in erheblichem Maße in Forschung und Entwicklung investiert. Folgerichtig haben diese Werften nach Produktnischen gesucht, und auch stabile Beziehungen zu Kunden für diese Produkte aufgebaut. Dabei handelt es sich jeweils um hoch spezialisierte Produkte, die für Kunden mit ganz besonderen technischen Anforderungen und Kompetenzen maßgeschneidert konzipiert und gebaut werden. Dem allgemeinen Sprachgebrauch folgend, werden diese Schiffe im Folgenden „Spezialschiffe“ genannt (vgl. auch das EU-Grünbuch dazu), eine genaue Definition dazu wird später gegeben. Diese Werften haben noch einen gewissen Auftragsbestand und eine Auslastung, die im Rahmen der gegenwärtig schwierigen Verhältnisse als gut bezeichnet werden kann. Nach Einschätzung der Autoren werden sie die gegenwärtige Krise auch überstehen.

**Zusammenfassend kann gesagt werden, dass sich derzeit die deutschen Seeschiffswerften in zwei Lager mit unterschiedlichen Erfolgsaussichten teilen: Diejenigen, welche rechtzeitig auf Spezialisierung und entsprechenden Wissensgewinn gesetzt haben, haben im Prinzip eine Zukunftschance. Das sind vermutlich auch die Werften, welche die weiter unten genannten Möglichkeiten zur Verbesserung der Energieeffizienz und Sicherheit ihrer Schiffe auch konsequent nutzen können werden (bzw. jetzt schon nutzen), weil sie das dazu nötige Know- How haben.**

## 7.2. Die Rolle der deutschen Besteller

Betrachtet man nun die Werft-Kundenbeziehungen des zweiten Werftenlagers, dann stellt man fest, dass diese Werften in der überwiegenden Anzahl der Fälle für ausländische Kunden bauen. Damit steht man vor der schizophrenen Situation des deutschen Schiffbaus, dass viele der erfolgreichen deutschen Werften überwiegend nicht für deutsche Besteller bauen, und dass umgekehrt die heimischen Reeder überwiegend dem deutschen Schiffbau keine Zukunftsperspektive zubilligen und ihre Schiffe im Ausland bestellen. Es scheint dem Verfasser nötig, diesen Befund zu diskutieren. Es hat sich im Laufe der Zeit das Verhalten der Märkte nämlich sehr stark verändert, und zwar vor allem zum Nachteil gerade genannter Werftengruppe (und auch der systemrelevanten Zulieferer). Denn diese stellen Produkte her, die sich durch ein hohes Maß an innovativer Systemtechnik auszeichnen. Die Stärke dieser Systemtechnik kommt besonders dort zum Tragen, wo die Integration von Einzeltechniken für den Entwurf und die Optimierung von Gesamtsystemen genutzt wird. Nun ist in den letzten Jahren ein eindeutiger Trend zu verzeichnen, dass gerade diese innovativen Produkte von den Märkten bewusst nicht nachgefragt worden sind. Dies liegt an drei wesentlichen Gründen:

- Der Ansatz der Lebenszykluskostenbetrachtung wurde von den Märkten insgesamt nicht aufgenommen. Daher wurde die verfügbare Technik nur dann angenommen, wenn damit keine höheren Erstbeschaffungskosten oder verlängerte Beschaffungszeiten verbunden waren.
- Es war grundsätzlich attraktiver, die gerade benötigten Techniken (oder Teilmengen davon) direkt den fernöstlichen Wettbewerbern zur Verfügung zu stellen. Dieser Trend wurde von wesentlichen Akteuren massiv gefördert.
- Die durch aggressive Finanzierungsmodelle künstlich erzeugte hohe Nachfrage nach Schiffen führte zur Bildung von großen Schiffsserien ohne Berücksichtigung anwendungsspezifischer Unterschiede im Schiffsbetrieb.

Dass die genannten Gründe so in den Vordergrund getreten sind, liegt nach Ansicht der Autoren an einer Eigenart gerade der deutschen Finanzierungsmodelle, und zwar betrifft dies vor allem die steuerlichen Abschreibungsmöglichkeiten für Schiffsfinauzierungen. Damit geht es letztlich um die Verwendung von Steuergeldern. Obwohl es sich bei Schiffen eigentlich um komplexe Investitionsgüter handelt, deren Betrieb mit erheblichen technischen und auch wirtschaftlichen Risiken verbunden ist, fand (und findet) bei der Erstellung der meisten Finanzierungsmodelle keine langfristige, auf technischen Grundlagen beruhende Risiko- und Kostenbewertung statt. Dies betraf besonders die Lebenszykluskosten, und dabei vor allem die Brennstoffkosten. So gerieten schon vor Ausbruch der Krise viele Betreibermodelle in eine wirtschaftliche Schieflage, als kurzfristig die Brennstoffkosten deutlich anstiegen. Weil es wegen der durch die Politik eingeführten wirtschaftlichen Anreizsysteme gerade in Deutschland besonders einfach war, an Kapital für Schiffsfinauzierungen zu gelangen, wurden durch die finanzierenden Institute sehr große Kapitalmengen zur Finanzierung zu günstigen Konditionen bereitgestellt, ohne dass diese an

besondere Bedingungen geknüpft wurden (z. B. eine technische Plausibilitätsprüfung). Die so finanzierten Schiffe wurden dem Chartermarkt zur Verfügung gestellt, sodass der eigentliche Besteller der Schiffe kaum einen Sinn darin sah, ein anderes Differenzierungsmerkmal zu bevorzugen außer einem möglichst attraktiven Neubaupreis. Eine wirtschaftliche Verbesserung der Schiffe – beispielsweise eine Maßnahme zur Verbesserung der Energieeffizienz – hätte nun den Baupreis erhöht, ohne dass der Charterer dieses besonders vergütet hätte (oft konnte er das auch gar nicht bewerten), und damit war eine solche Maßnahme für den Besteller des Schiffes im Wesentlichen uninteressant. Dies gilt auch für alle Maßnahmen, die eine Verbesserung der Schiffssicherheit zu Folge hätten. Es ist grundsätzlich zu beobachten, dass komplexere technische Verbesserungen an Schiffen praktisch nur von den großen Linienreedereien vorgenommen werden, die ihre Schiffe auch selbst betreiben und damit selbst für die Kosten (und damit für ihre Rendite) verantwortlich sind [5].

Die Wirklichkeit der Chartermärkte sieht dagegen völlig anders aus: Weil viele Finanzierungsmodelle auf relativ kurze Laufzeiten ausgelegt waren (und noch sind), spielte der reale Wiederverkaufswert der Schiffe kaum eine Rolle, und damit konnte auch das Argument besserer Effizienz oder Produktqualität gegenüber Billiganbietern nicht punkten. Im Gegenteil, die aggressive und außerordentlich spekulative Bestellpolitik gerade der deutschen Besteller führte wegen der vielen zu bearbeitenden Neubaufträge zu einer massiven Verknappung an kompetentem technischem Aufsichtspersonal, sodass es zu einer bemerkenswerten Erosion der Sicherheits- und Qualitätsstandards kam. So zitiert der Spiegel [2] Schiffbauexperten des Germanischen Lloyds mit der Aussage, dass etwa 30-40 % der von chinesischen Werften gelieferten Schiffe massive Qualitätsprobleme haben, und dass *„dadurch die letzten 15 Jahre in der Entwicklung sicherer Schiffe gefährdet [seien]“*. Auch in anderen Bereichen wird extrem schlechte Qualität aus China bemängelt [1]: *„Risse im Stahl, mangelhafte Schweißnähte, gebrochene Lukenschienen – die China Kaskos sind tickende Zeitbomben für europäische Wasserstraßen ... Es stellte sich nun heraus, dass die betroffenen Schiffe alle ohne irgendeine Bauaufsicht entstanden sind. Das Klassifikationsbüro in China führte demnach nur in fünfzehn Fällen Inspektionen durch und kontrollierte die Zertifikate der Schweißer ...“*. Dabei wurden nicht nur die genannten Fertigungsmängel offensichtlich, auch die Schiffe besser entwickelter Werften zeichneten sich oft durch Mängel im Entwurf aus, die zu teuren, aber im Prinzip leicht vermeidbaren Nachbesserungen führten [8]. Als Folge dieser Bestellpolitik wurde der Markt mit technisch-wirtschaftlich suboptimalen Schiffen von teilweise grauenhafter Qualität (und Sicherheit) regelrecht überschwemmt, bis dann in Folge der Finanzkrise der unausweichliche Zusammenbruch kam und diese Schiffe heute massenhaft aufliegen. In einem derartigen Umfeld, das nur geringe Anforderungen an die langfristige Wirtschaftlichkeit oder Zuverlässigkeit des Investitionsgutes stellt, ist es für die letztgenannte Werftengruppe praktisch nicht möglich, langfristig auskömmlich zu arbeiten. Genau aus diesem Grund bauen sie für Linienreeder, die bereit sind, für

das insgesamt wirtschaftlichere Schiff auch etwas höhere Anfangsinvestitionen zu tätigen, und die diese genau und langfristig bewerten. Aber auch diese Besteller werden zunehmend durch die teilweise minderwertigen Schiffe von Billiganbietern massiv unter Druck gesetzt. Damit ergibt sich ganz automatisch auch die Antwort auf die Frage, was denn nun ein Spezialschiff ist: Es ist ganz einfach ein technisches Investitionsgut, welches ein Betreiber für einen ganz bestimmten, von ihm wohldurchdachten Zweck bestellt, an das er genaue und spezifische Anforderungen hat und das er zu einem vernünftigen Preis zu einer vernünftigen Qualität haben möchte. Kurz gesagt: Ein Schiff, das jemand bestellt, weil er es wirklich für einen bestimmten Zweck braucht.

Trotz dieser hausgemachten Probleme stünde der deutsche Schiffbau sicherlich nicht schlecht dar, wenn nicht noch zwei wesentliche weitere Aspekte mit hineinspielen würden, die so nur im Schiffbau vorhanden sind. Diese stellen ein entscheidendes Innovationshemmnis gerade für den deutschen Schiffbau dar, und die später zu erfolgende Diskussion von technischen Möglichkeiten, die Arbeitsplätze im deutschen Schiffbau durch Verbesserung der Energieeffizienz und der Sicherheit langfristig abzusichern ist nicht verständlich, wenn nicht zuvor auf diesen Aspekt eingegangen wird.

**Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass durch die Struktur der deutschen Schiffsfinanzierungsinstrumente praktisch kaum ein Anreiz besteht, ein technisch hochwertiges – und damit langfristig wirtschaftliches und sicheres – Schiff zu bestellen. Daher fällt es gerade der deutschen Industrie schwer, ihre technisch hochwertigen Produkte im Markt zu platzieren. Dadurch entstehen Innovationshemmnisse.**

### **7.3. Die Rolle der internationalen Regelwerke und der Klassifikationsgesellschaften**

Mit der zunehmenden Industrialisierung des Schiffbaus erkannte man, dass es technische Regelwerke geben muss, um eine ausreichende Sicherheit der Schiffe zu gewährleisten. Dazu mussten bestimmte Mindeststandards gesetzt werden, auch schon deswegen, um die Versicherungsrisiken für die Schiffe kalkulieren zu können. Diese Entwicklungen führten gegen Ende des 19. Jahrhunderts zur Gründung von unabhängigen Klassifikationsgesellschaften. Deren Aufgabe bestand darin, technische Regelwerke zu entwickeln, nach denen die Schiffe klassifiziert werden sollten. Gleichzeitig setzte eine stürmische Entwicklung des Schiffbaus ein – gerade im sich entwickelnden Deutschen Reich – und man erkannte, dass insgesamt nicht ausreichend viele technische Experten vorhanden waren, um den Bau der Schiffe abwickeln zu können. Daraus entstand dann der Ansatz, die technischen Regelwerke der Klassifikationsgesellschaften durch geschickte Kennzahlenbildung auf so einfache mechanische Grundprinzipien herunter zu brechen, dass man zur Konstruktion der Schiffe keine technischen Experten mehr benötigte, weil das

gesamte Wissen über Schiffe in diesen Regelwerken enthalten war. Dabei wurde der einfachen Handhabung oft der Vorzug vor der korrekten Abbildung der Physik gegeben, und die sich entwickelnden Erkenntnisse der naturwissenschaftlich orientierten Technik fanden nur zögerlich Eingang in die Regelwerke, weil man Berechnungen gegenüber Erfahrungswerten eher für unzuverlässig hielt (vgl. dazu auch [9]). Das gleiche Grundprinzip wurde später nach Gründung der IMO auf die internationalen Sicherheitsregelwerke angewendet, und es gilt bis heute noch genau in der gleichen Form. Die heutigen Klassebauvorschriften und IMO-Regeln sind sehr einfach gehalten und ohne besondere Grundkenntnisse leicht anzuwenden, sodass man im Prinzip ohne technisches Know-how ein sogenanntes Kochbuch-Schiff entwickeln und bauen kann, das alle Abnahmedokumente erhält und in Fahrt gehen darf. Ein solches Schiff ist natürlich sehr weit vom aktuellen Stand der Technik entfernt, es darf aber an den Märkten partizipieren. Dieses Kochbuch-Wissen ist international leicht verfügbar, und gerade dadurch erhält der Schiffbau für Schwellenländer eine sehr hohe Attraktivität. Für die hoch industrialisierten Volkswirtschaften entstehen daraus aber erhebliche Wettbewerbsnachteile:

- Forschungsergebnisse, welche die hoch entwickelten Volkswirtschaften mit ihren Ressourcen erarbeitet haben, finden international nur dann eine Akzeptanz, wenn sie in einfach anwendbare Regeln transformiert werden, die dann besonders den Schwellenländern zugutekommen. Auf diese Weise finanzieren die forschenden Länder die Verbesserung der Schiffe in Billiglohnländern direkt mit, und bauen damit ihre eigenen Arbeitsplätze ab.
- Will eine hoch entwickelte Werft einen höheren Standard einführen, der aber nicht zu den Regeln passt, ist dies den genehmigenden Institutionen oftmals unwillkommen (es gibt aber Ausnahmen). Denn daraus resultiert ein höherer Aufwand in der Genehmigung, der gerade vor dem Hintergrund der massenhaften Bestellungen der Schiffe sowie wegen der knappen Margen oft nicht akzeptiert wird.
- Weil die genehmigenden Institutionen für Folgeschäden nicht in Haftung gehen müssen, wird das technische Risiko nicht angemessen bewertet, was dazu führt, eben genau Schiffe zu bevorzugen, die sich exakt an die Kochbuch-Regeln halten. Weil diese Regeln oft als Stand der Technik angesehen werden, ist es im Schadensfalle sehr schwierig, nachzuweisen, dass ein Schaden möglicherweise gerade wegen der Unzulänglichkeit der Regelwerke eingetreten ist.

Diese Situation hat dazu geführt, dass auf einigen Gebieten des Schiffbaus der aktuelle Stand der Wissenschaft nachweislich bis zu 50 Jahre weiter ist als der aktuell angewendete Stand der Technik.

**Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Struktur der im Schiffbau üblichen Regelwerke sich grundsätzlich an den Fähigkeiten der Schwellenländer orientiert, weil internationale Kompromisse gefunden werden müssen. Dabei werden technische Risiken oft nicht angemessen bewertet.**

**Gleichzeitig findet über die Regelstruktur ein stetiger Know-how Abfluss in Richtung der Schwellenländer statt.**

## **7.4. Innovationshemmnisse**

Aus dieser Sicherheitskultur resultiert zunächst für die entwickelten Volkswirtschaften ein starkes Innovationshemmnis, weil Erfolge in Forschung und Wissenschaft nur schwer in Produkte umsetzbar sind, soweit die Regeln betroffen sind. Gleichzeitig findet über diese Regelwerke eine spürbare Wettbewerbsverzerrung statt, weil weniger entwickelte Länder über diese Regelwerke und deren Anwendung einen deutlichen Know-how-Zugewinn erfahren, der manchmal den industriellen Schiffbau dort überhaupt erst möglich macht. So wird in [7] die Rolle der Klassifikationsgesellschaften in Schwellenländern folgendermaßen beschrieben:

*„Den Klassifikationsgesellschaften kommt in Ländern wie Vietnam, wo sich der Schiffbau gerade entwickelt, die wichtige Rolle zu, einen Qualitätsstandard einzuführen, der auch technisch auf dem aktuellen Stand ist.“ [7].*

Gleichzeitig kann die Situation deshalb wettbewerbsverzerrend sein, weil zwar die (IMO-)Regeln internationales Recht sind (Legislative), die Ausführung der Regeln (Exekutive) aber den einzelnen Flaggenstaaten überlassen bleibt, die diese delegieren dürfen. So kommt es durchaus vor, dass eine Regel z. B. vorschreibt, eine wasserdichte Tür einzubauen, diese Tür aber unterschiedlich ausgeführt werden kann, je nachdem wie der jeweilige Flaggenstaat (oder dessen Erfüllungsgehilfe) nun die Frage bewertet, was denn jeweils unter wasserdicht zu verstehen ist. In den westlichen Ländern ist zudem die Anzahl der Werften stark zurückgegangen, und folglich herrscht dort ein erkennbarer Mangel an werfterfahrenen Prüfsingenieuren. Nur durch diese Strukturen ist es überhaupt zu erklären, warum so viele Schiffe mit derart massiven Qualitätsmängeln auf den Markt kommen konnten [1], [2].

Weiterhin ist zunehmend eine besorgniserregende Entwicklung dahin gehend zu beobachten, dass sich neu entwickelte Regelwerke mehr an der politischen Durchsetzbarkeit als an der zugrunde liegenden Physik orientieren. So wurden bzw. werden technische Regelwerke in Kraft gesetzt, bei denen eindeutig eine Verletzung bekannter physikalischer Gesetzmäßigkeiten (z. B. Energieeffizienzindex EEDI, [10]) oder eine nachvollziehbare Absenkung des Sicherheitsstandards (z. B. SOLAS 2009 für bestimmte RoRo-Fahrgastschiffe, [11]) festgestellt werden kann. Aus dieser Situation kann gerade für die Industrie in den hoch entwickelten Volkswirtschaften ein Haftungsproblem entstehen, weil sie natürlich auch nach den Regeln bauen muss, aber gleichzeitig über die technischen Erkenntnisse verfügen kann, dass die Regeln eigentlich nicht funktionieren. Damit bestraft die Unzulänglichkeit der Regelwerke im Grunde genommen genau denjenigen, der über die Voraussetzungen verfügt, diese Unzulänglichkeiten auch erkennen zu können. Solange sich diese Situation nicht grundlegend ändert, haben die Werften in Europa in dieser Sicherheitskultur nur schwerlich eine Überlebenschance. Dabei würde gerade die EU als mächtiger Wirtschaftsraum die Möglichkeit haben, regional höhere und

physikalisch plausible Standards einzufordern (Port of Call Prinzip), und zu überwachen, dass diese Standards auch eingehalten werden. Denn es würde der maritimen Wirtschaft insgesamt helfen, wenn allzu schlechte Schiffe aus Europa ferngehalten werden könnten. Dass das im Prinzip möglich ist, haben die EU-Staaten mit der Beibehaltung der Wasser-an-Deck-Regeln für Fähren bewiesen. Für die Erörterung der technischen Möglichkeiten, die Arbeitsplätze im Schiffbau durch Verbesserung der Umweltverträglichkeit und Sicherheit abzusichern, ist dieses von entscheidender Bedeutung: Denn oben wurde klar herausgearbeitet, dass wegen der Verwerfungen in den Märkten selbst wirtschaftliche Verbesserungen der Schiffe wie Brennstoffeinsparungen von diesen nicht freiwillig aufgenommen werden, weil die entsprechenden Bewertungsstrukturen nicht vorhanden sind. Damit kommt von den Marktteilnehmern selbst nicht der Anstoß, sondern müsste über den Gesetzgeber angeregt werden. Dies kann aber nur funktionieren, wenn sich die gesetzlichen Regeln dazu klar am verfügbaren Stand der Wissenschaft und Technik orientieren müssen, was aber derzeit aufgrund der oben aufgezeigten Strukturen nicht erkennbar ist. Dies wird im Folgenden am Beispiel der Emissionsreduktionen verdeutlicht.

**Die schiffbaulichen Regelwerke bedeuten für die deutsche Volkswirtschaft eine merkliche Wettbewerbsverzerrung, weil technische Fortschritte nur in Form von einfachen Regeln akzeptiert werden, die den Schwellenländern zur Verfügung gestellt werden. Weil komplexe Sachverhalte von den politischen Entscheidungsfindern immer weniger verstanden werden, kommt es zunehmend zu technischen Regeln, die gegen den Stand der Wissenschaft und Technik verstoßen. Damit wird es für die entwickelten Volkswirtschaften zunehmend zum Problem, diese Regeln einzuhalten.**

## **8. Fallbeispiel: Verbesserung des Klimaschutzes durch emissionsreduzierte Schiffe**

### **8.1. Grundsätzliches**

Die oben festgestellten Ausführungen sollen im Folgenden an einem praktischen Fallbeispiel exemplarisch aufgezeigt werden. Dazu wurde durch die Auftraggeber der Studie angefragt, als Fallbeispiel die technischen Möglichkeiten zu untersuchen, durch Verbesserung des Klimaschutzes im Schiffbau die Arbeitsplätze auf den deutschen Werften langfristig sichern zu können. Es wurde vorher herausgearbeitet dass die grundsätzlichen technischen Möglichkeiten nicht isoliert von den wirtschaftlichen und besonders von den politischen Randbedingungen untersucht werden können. Dies kann am Beispiel der Emissionsreduktionsbemühungen besonders gut herausgearbeitet werden, denn das Beispiel zeigt sehr deutlich, dass bei einer rein technisch-wirtschaftlichen Sichtweise des Problems sehr wohl erhebliche Wettbewerbsvorteile für die deutsche Schiffbauindustrie entstehen könnten. Diese werden aber nach jetzigem Sachstand durch eine Reihe von politischen Fehlentscheidungen praktisch zunichte gemacht und sie werden sich – wenn der gegenwärtige Implementierungsfahrplan der CO<sub>2</sub>-Emissionsreduktionswerkzeuge beibehalten wird – in das exakte Gegenteil verkehren und damit gerade der deutschen Schiffbauindustrie einen wesentlichen, noch bestehenden Wettbewerbsvorteil nehmen. Dies wird im Folgenden der Reihe nach ausgeführt werden. Die dazu nötigen technischen Hintergrundinformationen werden in knapper Form an den jeweils erforderlichen Stellen gegeben.

### **8.2. Zusammenhang Emissionen und Kraftstoffverbrauch**

Die für die Klimaentwicklung schädlichen Emissionen können grob ohne Anspruch auf Vollständigkeit in folgende Kategorien unterteilt werden:

- Emissionen durch Schiffsabgase in die Atmosphäre
- Emissionen von Stoffen in die Meere
- Emissionen von Lärm (Über- und Unterwasser)

Derzeit wird besonders heftig über die erste Kategorie von Emissionen diskutiert, weil man diese Emissionen für den sich abzeichnenden Klimawandel verantwortlich macht. Die in diese Kategorie fallenden Emissionen entstehen im Wesentlichen als Folge der Verbrennung von fossilen Rohstoffen. Fossile Rohstoffe bestehen grundsätzlich aus sogenannten Kohlen-Wasserstoffverbindungen mit verschiedenen Beimengungen. Durch die Verbrennung entsteht aus den Kohlenstoffanteilen bei vollständiger Verbrennung immer CO<sub>2</sub> (Kohlendioxid), bei unvollständiger Verbrennung können auch CO-Anteile entstehen (Kohlenmonoxid). Die Wasserstoffanteile verbrennen dabei zu reinem Wasser (H<sub>2</sub>O). Beimengungen, die

im Kraftstoff vorhanden sind, werden zu entsprechenden Verbindungen verbrannt, so z. B. Schwefel zu  $\text{SO}_2$  (Schwefeldioxid). Durch den Stickstoffanteil, welcher in der Verbrennungsluft vorhanden ist, entstehen zusätzlich die sogenannten Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ). Durch die Tatsache, dass im Kraftstoff sowohl Schwefel als auch Wasserstoff vorhanden ist, kann bei der Verbrennung auch Schwefelsäure ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) entstehen. Damit wären in etwa die wichtigsten Emissionen genannt, die in der derzeitigen Diskussion um die Umweltverträglichkeit von Schiffen eine Rolle spielen. Daraus ergibt sich zunächst einmal zwingend, dass die Art und Menge von Emissionen mit der Menge und Art des verbrannten Kraftstoffes zusammenhängt. Daher kann also die gesamte Emissionsmenge immer gesenkt werden, wenn weniger Kraftstoff verbrannt werden muss. Daneben können bestimmte Emissionsarten gesenkt werden, wenn andere Kraftstoffe mit anderer chemischer Zusammensetzung verbrannt werden. So können beispielsweise die Schwefelemissionen dadurch gesenkt werden, dass schwefelärmere Kraftstoffe verbrannt werden (so wie es ja auch teilweise vorgeschrieben wird). Ähnliches gilt für den Einsatz von LNG (Flüssiggas) zur Verringerung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen: LNG enthält weniger Kohlenstoff, dafür mehr Wasserstoff, sodass weniger  $\text{CO}_2$  bei der Verbrennung entsteht.

Grundsätzlich unstrittig ist aber, dass generell alle Emissionen gesenkt werden, wenn weniger Kraftstoff verbrannt werden muss. Weil ein geringerer Kraftstoffeinsatz gleichzeitig geringere Energiekosten ausmacht, bedeutet das gleichzeitig, dass durch die Verbesserung der Umweltverträglichkeit auch die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit bedingt ist. Daher sind alle Maßnahmen, welche den Kraftstoffverbrauch senken, besonders attraktiv. Die Verwendung alternativer Kraftstoffe ist besonders vorsichtig zu beurteilen, weil sie immer im Gesamtzusammenhang gesehen werden muss, denn es ist ja auch Energie aufzuwenden, um diese Kraftstoffe verfügbar machen zu können oder sie an Bord nachzubereiten. Und bei der Verbrennung aller fossilen Brennstoffe entsteht nun einmal ein bestimmter  $\text{CO}_2$ -Anteil. Will man langfristig auf eine  $\text{CO}_2$ -freie Schifffahrt hinaus, dann dürfte man praktisch keine fossilen Brennstoffe mehr verbrennen, und es müssten alternative Energieträger vorhanden sein. Dazu bräuchte man einen sehr langfristigen Fahrplan, weil technische Alternativen derzeit in der breiten Anwendung nicht in Sicht sind. Dieser Fahrplan müsste aber grundsätzlich vorhanden sein, weil es um sehr langfristige Investitionen von großer Tragweite geht. Und für mobile Anwendungen wie die Schifffahrt muss der Energieträger – wie immer er aussehen mag – auch mobil sein oder an Bord zu Verfügung stehen. Weil dieses langfristige Ziel derzeit technisch, wirtschaftlich und politisch schwer erreichbar scheint, wird sich im Folgenden darauf fokussiert, zunächst einmal mit der vorhandenen Technik auszukommen und möglichst viel Energie einzusparen. Denn das wird ohnehin nötig sein, um den Zeitraum bis zur langfristigen Lösung möglichst weit strecken zu können. Daher werden im Folgenden Möglichkeiten der Kraftstoffeinsparung weiter untersucht.

Die Frage, wie viel Kraftstoff für eine bestimmte technische Anwendung verbrannt werden muss, hängt von zwei wesentlichen Faktoren ab:

- Grundenergiebedarf der jeweiligen Anwendung
- Wirkungsgrad der Energieumwandlung

Von diesen beiden Faktoren soll zunächst der Wirkungsgrad betrachtet werden, wobei in diesem Zusammenhang ausschließlich der Wirkungsgrad der Energieumwandlung gemeint ist, der durch die jeweilige Wärmekraftmaschine bestimmt wird. Dabei wird mechanische Energie aus dem im Kraftstoff gebundenen Heizwert erzeugt, in dem dieser zunächst verbrannt wird. Dadurch entsteht als Folge des Verbrennungsprozesses Wärme, und diese Wärme kann dann in mechanische Energie umgewandelt werden. Dabei ist es für alle folgenden Ausführungen besonders wichtig, dass bei der Umwandlung von Wärme in mechanische Energie prinzipbedingt erhebliche Energieverluste entstehen müssen, weil nicht die gesamte Wärme in mechanische Energie umgewandelt werden kann. Dieses regelt der sogenannte 2. Hauptsatz der Thermodynamik: Danach kann der thermische Wirkungsgrad einer Wärmekraftmaschine prinzipbedingt nicht höher sein als  $1 - T_1/T_2$ , wobei  $T_1$  die Verbrennungstemperatur (bezogen auf den absoluten Nullpunkt) und  $T_2$  die Umgebungstemperatur bedeutet (ebenfalls bezogen auf den absoluten Nullpunkt von, dieser liegt bei -273 Grad Celsius bzw. 0 Grad Kelvin). Beispiel: Verbrennt man Kraftstoff bei einer Temperatur von 600 Grad (873 K) und hat eine Außentemperatur von 20 Grad Celsius (293K), dann kann der Wirkungsgrad der Wärmekraftmaschine auf keinen Fall größer sein als  $1 - 873/293 = 0.664$  oder 66 %. Es würden dann also auf jeden Fall 34% der Energie nicht ausgenutzt werden können und müssen in Form von Wärme an die Umwelt abgegeben werden. Dies lässt sich auf keinen Fall ändern, weil es grundlegende Naturgesetze gibt. Und selbst diese 66 % lassen sich von praktisch realisierbaren Maschinen nicht einmal ansatzweise erreichen, weil noch weitere Verlustarten entstehen. Eine Erhöhung des Wirkungsgrades ist nur dann zu erreichen, wenn das Bilanzierungsprinzip geändert wird, und man die prinzipbedingt entstehende Verlustwärme anderweitig nutzen kann (z. B. durch Kraft-Wärme-Kopplung).

Von allen bekannten Wärmekraftmaschinen kommt nun der sogenannte Diesel-Prozess dem theoretisch erzielbaren Maximalwirkungsgrad am nächsten. Das bedeutet, dass der Dieselmotor bis heute die Wärmekraftmaschine ist, welche die beste Ausnutzung der Kraftstoffenergie prinzipbedingt mit sich bringt. Und unter den Dieselmotoren haben gerade die 2-Takt-Großdiesel, welche in Schiffen eingesetzt werden, den besten Wirkungsgrad, dieser liegt etwas über 50 %. Die großen 4-Takt-Motoren liegen etwas darunter. Selbst modernste Landkraftwerke erreichen nicht die Wirkungsgrade von großen Dieselmotoren (solange keine Kraft-Wärme-Kopplung betrieben wird). Diese grundlegenden Kenntnisse sind z. B. in der Anwendung wichtig, wenn es um die Diskussion von Landstromanschlüssen für Schiffe geht.

Weiterhin ist für die Energieeffizienzdiskussion sehr wichtig, zu erkennen, dass aus der reinen Motorentchnik praktisch kaum noch substanzielle Verbesserungen in naher Zukunft kommen können, denn die erreichbaren Wirkungsgrade sind an den

zweiten Hauptsatz der Thermodynamik gekoppelt. Danach wäre eine Effizienzsteigerung nur möglich, wenn man die Verbrennungstemperatur weiter steigern kann. Dem steht aber entgegen, dass hohe Verbrennungstemperaturen deutlich mehr Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) zur Folge haben, sodass diese Emissionen dann überproportional ansteigen würden. Daher geht man schon jetzt – auch wegen bestehender Emissionsforderungen – dazu über, durch innermotorische Prozesse (z. B. Abgasrückführung) die Verbrennungstemperaturen zu senken, um den Ausstoß an Stickoxiden zu reduzieren. Dafür nimmt man geringere Wirkungsgrade der Motoren – und damit einen leicht höheren Kraftstoffverbrauch und höhere  $\text{CO}_2$ -Emissionen – in Kauf. Man erkennt also an diesen Zusammenhängen, dass die Verhältnisse wegen der komplexen technischen Randbedingungen sehr schwierig darstellbar sind, und dass die Klarheit der Darstellung leidet, wenn man sich einseitig fokussiert. Daraus kann man unmittelbar prognostizieren, dass die Motorentechnik selbst kaum noch substanzielle Beiträge zur Senkung der  $\text{CO}_2$ -Emissionen leisten kann, weil

- sich die Motorentechnik am 2. Hauptsatz der Thermodynamik orientieren muss
- sich die Forderungen nach  $\text{CO}_2$ -Reduktion und  $\text{NO}_x$ -Reduktion technisch widersprechen.

Technische Alternativen zum Dieselmotor stehen wegen des hohen Wirkungsgrades dieses Konzeptes nicht zur Debatte, solange fossile Brennstoffe verbrannt werden. Es ist daher nach Ansicht der Autoren dieser Studie nicht zu erwarten, dass aus der Motorentechnik substanzielle Beiträge zur Emissionsreduktion kommen werden, der aus technischer Sicht langfristig mögliche Beitrag würde maximal in der Größenordnung von 5 % liegen, und er würde erhebliche Investitionen bedingen.

Grundsätzlich anders sieht es aus, wenn das Konzept der Abwärmenutzung stärker vorangetrieben wird (das wird weiter unten noch ausgiebig diskutiert werden). Denn nur dann, wenn die prinzipbedingt entstehende Wärme an Bord weiter ausgenutzt werden kann, lässt sich der Gesamtwirkungsgrad der Anlage weiter steigern, weil jetzt anders bilanziert wird und die ohnehin anfallende Wärme weiter genutzt werden kann. Dafür wären dann aber erhebliche Investitionen nötig, weil zusätzliche teure Aggregate eingebaut werden müssen. Daher werden im Folgenden erstrangig diejenigen Maßnahmen behandelt, die ohne teure Zusatzinvestitionen verwirklicht werden können.

Dieses sind – nach obigen Ausführungen – alle diejenigen Maßnahmen, welche den grundsätzlichen Energiebedarf des Schiffes verringern. Diese werden im Folgenden diskutiert, bis dann später das Konzept der Abwärmenutzung wieder aufgegriffen wird.

**Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass die Verringerung der kraftstoffbedingten Emissionen grundsätzlich dadurch bewirkt werden kann, dass weniger Kraftstoff verbrannt wird. Daneben können einzelne Emissionen**

durch die Wahl von anderen Kraftstoffarten gesenkt werden, was aber andere Emissionsarten steigern kann (technischer Zielkonflikt). Weiterhin konnte gezeigt werden, dass sich technische Ansatzpunkte für die Verringerung der kraftstoffbedingten Emissionen im Wesentlichen darauf fokussieren müssen, den Primärenergiebedarf des Schiffes zu senken. Denn wegen der grundlegenden Thermodynamik ist nicht zu erwarten, dass die Effizienz der Motoren noch so deutlich gesteigert werden kann, dass es zu substantziellen Energieeinsparungen kommen wird.

### 8.3. Der Zielkonflikt mit dem Flottenwachstum

Oben wurde herausgearbeitet, dass sich als einer der wesentlichen Ansatzpunkte für die Verbesserung der Umweltverträglichkeit der Schiffe die Minderung des Kraftstoffverbrauches ergibt, und dass dieser nur dadurch substantziell gesenkt werden kann, wenn der Primärenergiebedarf der Schiffe gesenkt wird. Bevor jetzt weitere technische Einzelheiten hierzu diskutiert werden, ist es nützlich, sich einen Überblick darüber zu verschaffen, in welcher Größenordnung eine Verminderung der kraftstoffbedingten Emissionen nötig ist, um überhaupt einen messbaren Anteil auf den Klimawandel haben zu können. Dazu gibt

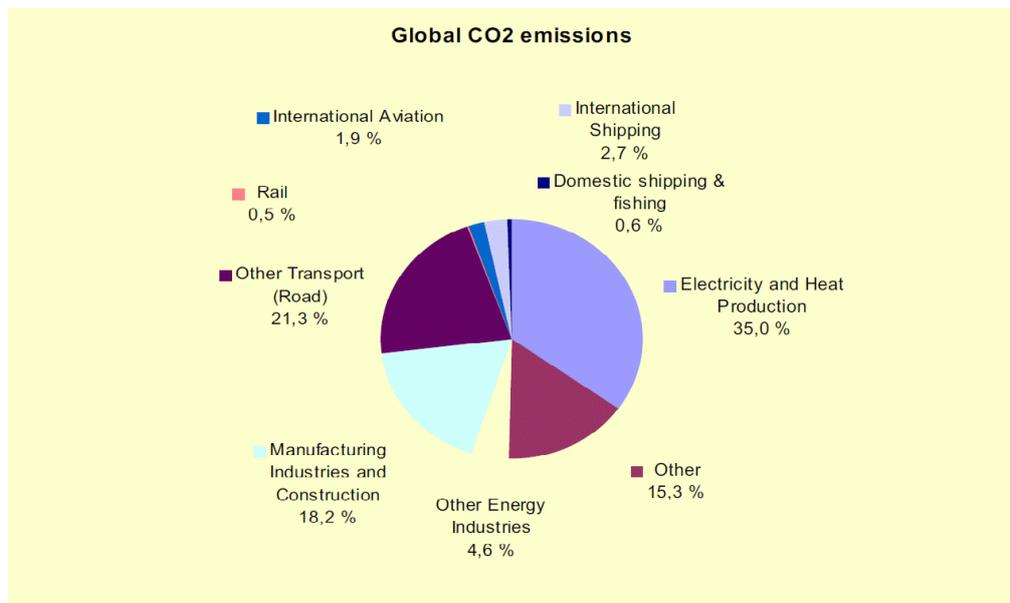
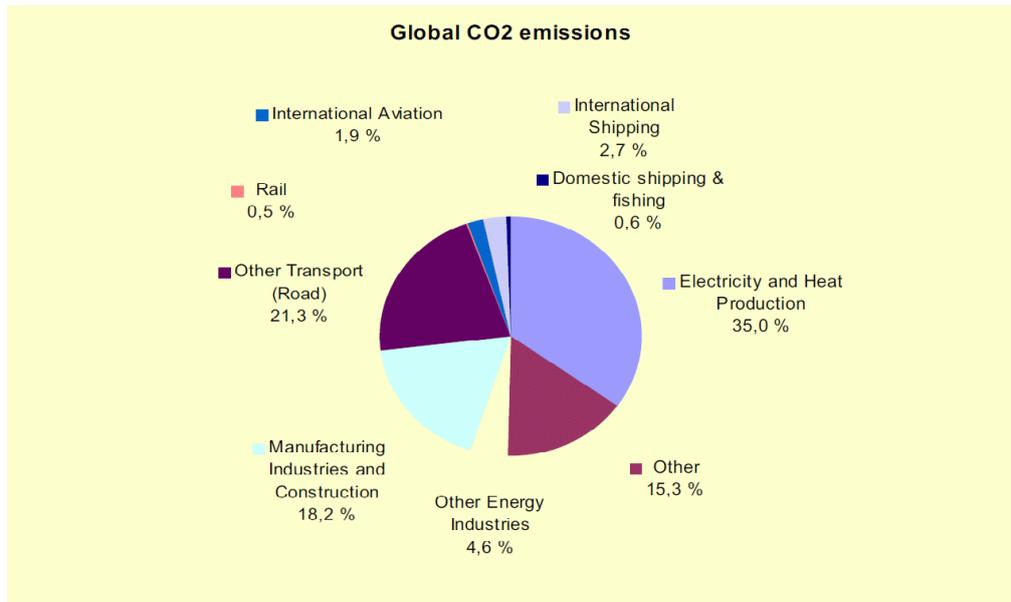


Abbildung 9 zunächst einmal einen Aufschluss darüber, wie groß der Anteil der Schifffahrt an den CO<sub>2</sub>-Emissionen überhaupt ist. Die Abbildung sowie die folgenden wurden Studien der Klassifikationsgesellschaft Det Norske Veritas (DNV) [16], [17] entnommen, die sich nach Auffassung der Autoren dieser Studie sehr gründlich und vor allem neutral mit dem Thema der Nachhaltigkeit in der Schifffahrt auseinandergesetzt haben.



**Abbildung 9: CO2-Emissionen der Schifffahrt im Vergleich zu anderen Branchen. Quelle: DNV [16]**

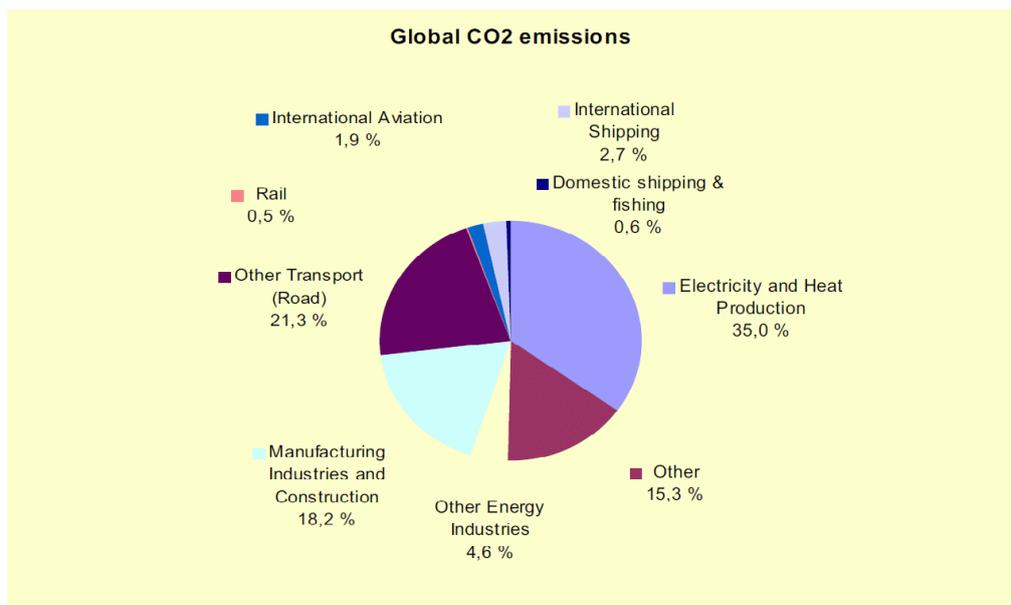


Abbildung 9 (und andere Studien kommen hier zu grob vergleichbaren Ergebnissen) entfällt auf die Schifffahrt prozentual etwa ein CO<sub>2</sub>-Anteil von 3.3 %, wobei etwa 2.7 % auf die Seeschifffahrt entfallen. Bedenkt man, dass durch die Schifffahrt weltweit etwa 90 % der Güter transportiert werden, dann wird zunächst einmal deutlich, wie umweltfreundlich die Schifffahrt grundsätzlich ist. Daher gibt es auch aus Umweltgründen zur Schifffahrt keine Alternative, und jede Verlagerung von Gütern hin zu anderen Verkehrsträgern wäre schon aus Gründen des Umweltschutzes kontraproduktiv. Trotzdem kann die positive Grundsituation nicht verschleiern, dass auch die Schifffahrt ihren Beitrag zum Umweltschutz leisten muss, und zwar aus folgenden Gründen:

- Würde man die gleiche Aufstellung für die Schwefeldioxid-Emissionen machen, würde die Schifffahrt deutlich schlechter dastehen. Denn wegen der derzeit hohen Schwefelgehalte in marinen Kraftstoffen geht die SO<sub>2</sub>-Bilanz deutlich auf die Schifffahrt zurück.
- Weil alle anderen Industrien durch gesetzliche Auflagen (z. B. Emissionshandel, Wärmeschutzverordnung etc.) gezwungen sind, ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren, wird der relative Anteil der Schifffahrt in Zukunft wachsen.
- Weil die Schifffahrt im Vergleich mit anderen Branchen deutlich stärker wächst, nehmen die Emissionen allein durch das Flottenwachstum schon überproportional zu.

Von daher besteht trotz sehr guter Ausgangslage für die Schifffahrt ein erheblicher Handlungsdruck. Dieser manifestiert sich zunächst einmal an gesetzlichen Auflagen für die Kraftstoffqualität. Damit will man vorrangig die Schwefelemissionen reduzieren. Das entscheidende Problem entsteht aber aus dem Flottenwachstum, wie die folgende Abbildung zeigt.

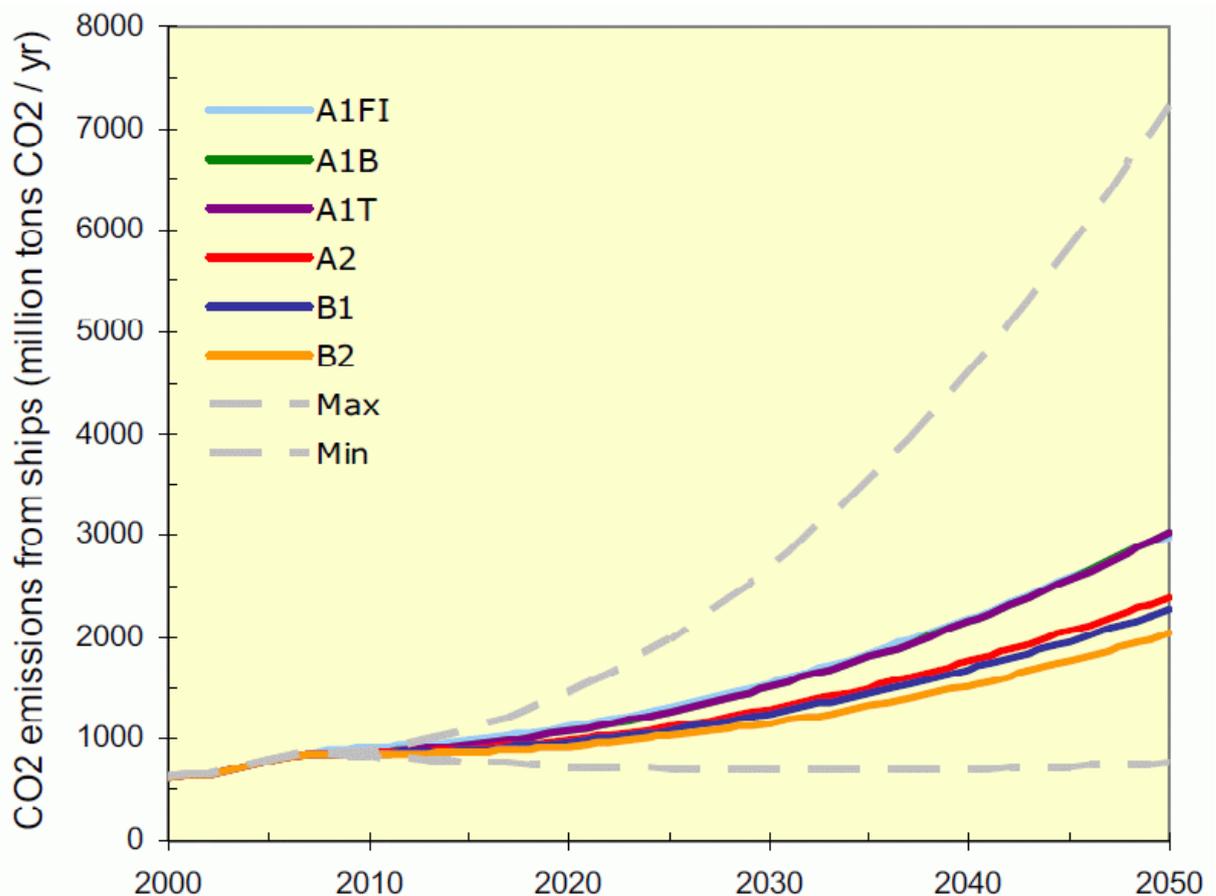
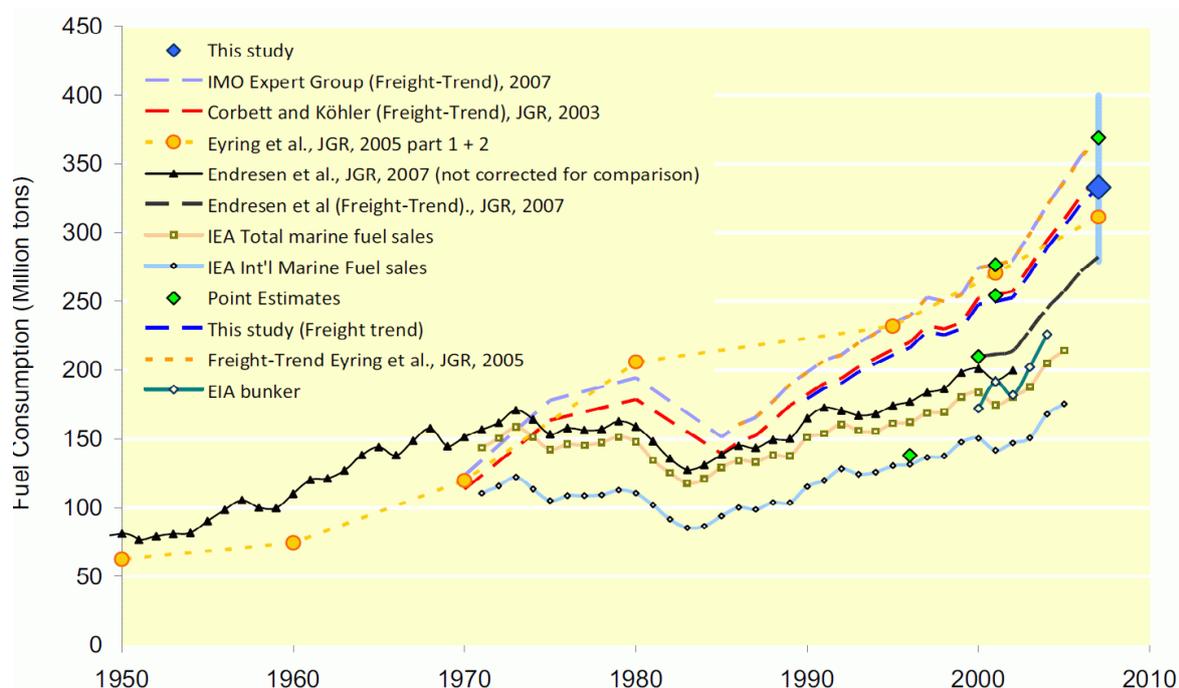


Abbildung 10: Prognostizierte CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schifffahrt nach verschiedenen Wachstumsmodellen. Quelle: DNV [16]

In Abbildung 10 sind verschiedene Wachstumsmodelle der Schifffahrt bezüglich deren Auswirkungen auf die CO<sub>2</sub>-Emissionen durch den DNV ausgewertet und

zusammengestellt worden [16]. Dabei bezeichnet die mit „Max“ angegebene Kurve den Fall „business as usual“ dar. Dort wurde angenommen, dass keine gesetzlichen Regelungen bezüglich der Emissionen in Kraft treten, und es wurde das bisher bekannte Flottenwachstum hochgerechnet. Danach würde der CO<sub>2</sub>-Anteil der Schifffahrt dann im Jahre 2050 etwa bei 14-19 % der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen liegen. Daher wurde auf der Klimakonferenz in Bali das langfristige Ziel ausgegeben, die Emissionen der Schifffahrt um 50 % senken zu wollen. Setzt man die tatsächliche Erreichung dieser Zielvorgabe voraus, dann ergäbe sich etwa der im Szenario „Min“ skizzierte Verlauf. Dabei ist noch völlig offen, wie dieses Ziel technisch erreicht werden kann, denn die Fortschritte der Technik müssten erst einmal jedes Jahr summa summarum den gesamten Flottenzuwachs kompensieren, um überhaupt den weiteren Anstieg der Emissionen durch das allgemeine Flottenwachstum auszugleichen. Dies ist völlig ausgeschlossen. Selbst wenn man einmal annimmt, dass es ab morgen möglich wäre, den Energiebedarf für Schiffsneubauten um 50 % zu reduzieren (was bei unveränderten Rahmenbedingungen völlig illusorisch ist), dann würde man dadurch trotzdem noch keine Reduktion der Gesamtemissionen bewirken, weil sich die Weltflotte vergrößert.

**Damit ist vollkommen klar, dass eine Reduktion der Emissionen der Schifffahrt völlig unmöglich ist, solange nicht die gesamte fahrende Flotte mit zur Emissionsreduktion herangezogen wird. Eine reine Beschränkung auf Schiffsneubauten ist hier keinesfalls zielführend.**



**Abbildung 11: Kraftstoffverbräuche der Schifffahrt nach verschiedenen Berechnungsmodellen. Quelle: DNV [16]**

Dieser Trend wird durch Abbildung 11 noch einmal unterstrichen. Dort ist die Entwicklung der Kraftstoffverbräuche in der Schifffahrt aufgetragen, und man erkennt den extremen Anstieg gerade in den letzten Jahren. Dass der Kraftstoffverbrauch –

und damit die Emissionen – gerade in den letzten Jahren so stark überproportional gestiegen ist, hat vor allem folgende Gründe:

- Die Weltflotte ist insgesamt größer geworden.
- Die Schiffsgößen sind sehr stark gestiegen.
- Die Schiffsgeschwindigkeiten haben deutlich zugenommen, vor allem in der Containerschifffahrt.

Bei genauerer Betrachtung der Abbildung 11, welche sich auf einen Zeitraum von 1950 bis 2010 erstreckt, fällt auf, dass die gesamten Kraftstoffverbräuche in zwei Perioden rückläufig waren: einmal etwa um 1973, dann wiederum um 1983 herum. Betrachtet man hierzu die Entwicklung der Ölpreise, dann fällt auf, dass die Reduktion des gesamten Kraftstoffverbrauches etwa in die Perioden fällt, als der Ölpreis schlagartig angestiegen ist.



Abbildung 12: Entwicklung des Ölpreises seit 1970. Quelle: WELT- Research, Bloomberg

Gleichzeitig hat die Schiffbauforschung in diesen Zeiträumen eine deutliche Nachfrage nach technischen Möglichkeiten erfahren, den Brennstoffverbrauch der Schiffe zu senken. Viele technische Entwicklungen, die auch heute wieder en vogue sind, wurden damals entwickelt oder wieder aufgegriffen, und die Nachfrage sank dann, als die Brennstoffpreise relativ zu den Frachtraten wieder sanken. Dies alleine reicht aber als Erklärungsmuster nicht aus, denn danach hätte sich ja gerade in den letzten Jahren der Kraftstoffverbrauch – und damit die Emissionen – wegen der deutlich gestiegenen Preise verringern müssen, in der Tat ist er aber gestiegen. Auch dieser Trend mag dem Effekt geschuldet sein, dass sich die Frachtraten positiver entwickelt haben als die Brennstoffkosten. Trotzdem bleibt festzuhalten, dass ein hoher Brennstoffpreis generell dazu führen kann, dass der Gesamtkraftstoffverbrauch sinkt, obwohl die Flotte insgesamt größer wird. Dieser Effekt ist nach Ansicht der Autoren dieser Studie sehr wichtig, wenn es später darum

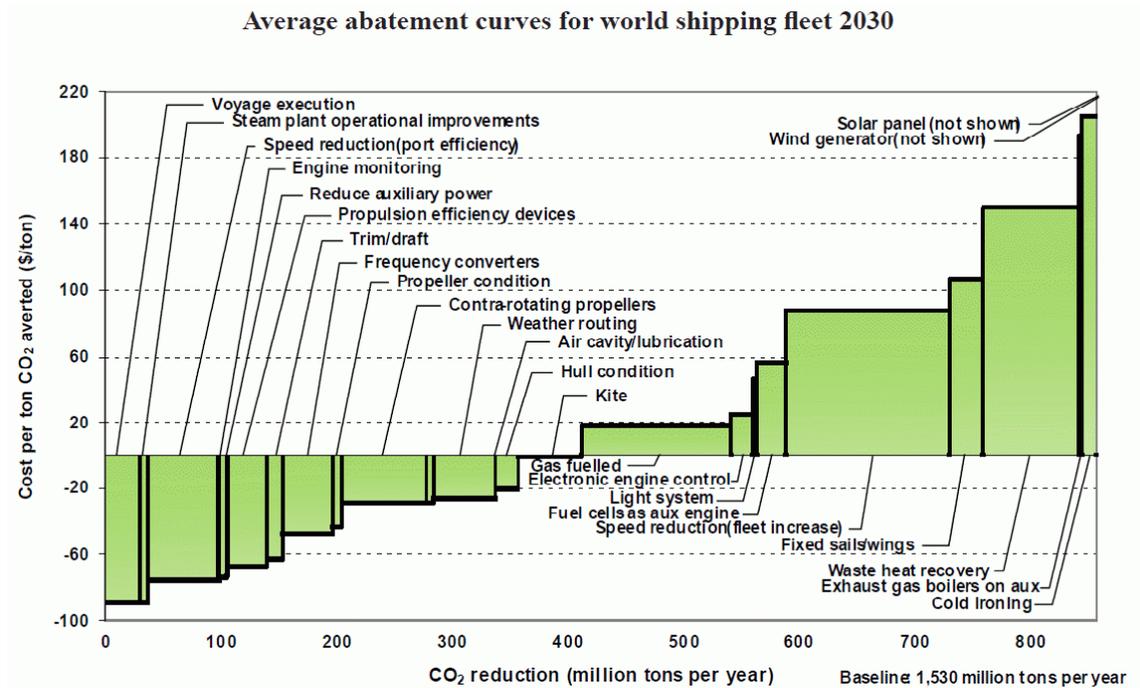
geht, technische Möglichkeiten der Effizienzverbesserung entsprechend zu flankieren.

Unabhängig von der Frage, welche technischen Maßnahmen dazu beitragen könnten, die Emissionen nachhaltig senken zu können, lässt allein das qualitative Wachstum der prognostizierten Emissionen oder der Kraftstoffverbräuche vermuten, dass technische Weiterentwicklungen allein diesen Trend nicht stoppen können. Denn die Technik entwickelt sich nur evolutionär weiter, und extreme Sprünge sind nicht zu erwarten.

**Zusammengefasst lässt sich also feststellen, dass alleine das Wachstum der Weltflotte dazu führt, dass technische Innovationen bei Schiffsneubauten nicht dazu führen können, die gesamte Emissionsmenge der Schifffahrt nachhaltig zu senken. Dies kann nur gelingen, wenn vor allem die fahrende Flotte herangezogen wird. Ein hoher Brennstoffpreis kann stimulierend wirken, den Kraftstoffverbrauch senken zu wollen.**

## **8.4. Wirtschaftliche Bewertung von emissions-senkenden Maßnahmen**

Oben wurde festgestellt, dass eine Senkung der Emissionen prinzipbedingt nur über eine Senkung des Primärenergieverbrauches erfolgen kann. Weiterhin wurde festgestellt, dass eine klimarelevante Senkung der Emissionen nur dann möglich sein kann, wenn die fahrende Flotte mit in die Überlegungen einbezogen wird. Diese Überlegungen erfolgten zunächst auf rein technisch- physikalischem Wege (Senkung des Primärenergieverbrauchs) oder auf rein statistischen Hochrechnungen (erwarteter Kraftstoffverbrauch). Nun soll diskutiert werden, welche Energiereduktionsmaßnahmen auch aus wirtschaftlicher Sichtweise einen besonderen Effekt haben, denn diese wären ja ganz besonders effizient. Dabei ist zu beachten, dass der Brennstoff ja auch bezahlt werden muss, und dass daher alle Maßnahmen, welche den Brennstoffverbrauch reduzieren, letztlich die Wirtschaftlichkeit des Schiffes verbessern. Bei der Bewertung solcher Maßnahmen ist aber zusätzlich zu beachten, dass sie mehr oder weniger großer Investitionen bedürfen, z. B. für Entwicklung, Bau und Wartung technischer Anlagen. Aus der Differenz zwischen Investitionsaufwand und Brennstoffersparnis leitet sich dann die Effizienz einer bestimmten Maßnahme ab. Um sich einen Überblick über die Effizienz bestimmter technischer Maßnahmen zu verschaffen, hat Det Norske Veritas (DNV) verschiedene technische Maßnahmen aus der Sichtweise einer Klassifikationsgesellschaft untersucht und sorgfältig zusammengestellt [17]. Auch wenn unterschiedliche Akteure der maritimen Industrie einige Details leicht anders bewerten würden, so bleiben doch die Grundaussagen uneingeschränkt richtig und gültig.



**Abbildung 13: Wirtschaftliche Bewertung von CO<sub>2</sub>-reduzierenden Maßnahmen. Quelle: DNV [17]**

Abbildung 13 gibt nach Untersuchungen des DNV [17], welche Einsparpotenziale von bestimmten Maßnahmen zu erwarten sind. Die möglichen Einsparungen sind auf der horizontalen Achse des Diagrammes wiedergegeben. Je breiter also ein Balken im Diagramm ist, desto höher ist das ermittelte Einsparpotenzial in CO<sub>2</sub>-Emissionen. Auf der vertikalen Achse des Diagrammes ist aufgetragen, welche Kosten eine solche Maßnahme bedeuten würden. Dabei sind die möglichen Investitionskosten gegengerechnet gegen die Einsparungen an Brennstoffkosten, denn weniger Brennstoffverbrauch bedeutet nicht nur weniger Emissionen, sondern auch geringere Kosten, weil der eingesparte Brennstoff nicht bezahlt werden muss. Negative Kosten bedeuten, dass die Maßnahme tatsächlich Geld einbringt, positive Kosten bedeuten, dass die Investitionen größer sind als die im Betrachtungszeitraum angefallenen Einsparungen. Die den Berechnungen der Abbildung 13 zugrunde gelegten Annahmen und Modelle können der Originalveröffentlichung entnommen werden [17]. Im Rahmen der für die vorliegende Studie nötigen Untersuchungen geht es dabei nicht so sehr um die Details, sondern um die Kernaussagen:

Zunächst fällt sofort ins Auge, dass fast alle Maßnahmen, die die Emissionen reduzieren und gleichzeitig den Gewinn erhöhen, auf der **operativen Seite** zu finden sind. Das sind nämlich in Abbildung 13 genau die Maßnahmen, für welche insgesamt negative Kosten ermittelt wurden. Damit wären die Betreiber der Schiffe diejenige Zielgruppe, welche gleichzeitig ihre Rendite steigern könnten, weil die Schiffe insgesamt wirtschaftlicher fahren und die gleichzeitig die Emissionen reduzieren könnten. In diese Kategorie fallen als besonders wichtig:

- Routenplanung
- Bessere Effizienz der Rundreise durch Verbesserung der Prozesse im Hafen

- Motorüberwachung
- Reduktion der Hilfsmaschinenleistung
- Optimierte Schwimmelage des Schiffes
- Reinigen des Propellers und des Rumpfes
- Vermeidung von Schlechtwetterzonen

Alle genannten Maßnahmen kosten praktisch kaum Geld und würden sich sofort in einer verbesserten Rendite niederschlagen. Dabei stellt sich sofort die Frage, weshalb diese Maßnahmen nicht verstärkt umgesetzt werden, wo sie doch augenscheinlich besonders effizient sind, denn es sind keine großen Investitionen (außer in die Prozessverbesserung) notwendig. Als Erklärungsmuster können hier nur die bereits oben gemachten Erfahrungen herangezogen werden, nämlich dass die Märkte den Ansatz der Lebenszykluskosten grundsätzlich nicht aufgenommen haben. Die Ergebnisse aus Abbildung 13 bestätigen also grundsätzlich die oben beobachtete Grundtendenz mit allen sich daraus ergebenden Konsequenzen. Obwohl alle genannten Maßnahmen darauf abzielen, im Sinne des Untersuchungsgegenstandes dieser Studie die Umweltverträglichkeit der Schiffe zu erhöhen, sind sie nicht geeignet, zukunftsfähige Arbeitsplätze im Schiffbau und in der Schifffahrt zu schaffen. Denn der Schiffbau kann die identifizierten Maßnahmen nicht (oder nur sehr eingeschränkt) umsetzen, und die Märkte nehmen diese offenbar derzeit nicht an.

Weiterhin wird eine Reihe von Maßnahmen durch die DNV-Studie als effizient identifiziert, die sich aus der Nachrüstung von bereits existierenden Schiffen ergeben. Diese sind:

- Propulsionsverbessernde Maßnahmen
- Frequenzgeregelte Hilfsaggregate
- Gegenläufige Propeller
- Luftschmierung
- Segeldrachen

Eine weitere Reihe von Maßnahmen, die die Energieeffizienz erhöhen, ist wegen des hohen Investitionsaufwandes in technisches Gerät zwar effektiv, aber sehr teuer. Dazu gehören:

- Energierückgewinnung aus dem Abgas
- Brennstoffzellen
- Beleuchtung
- Gasbetrieb
- Feste Segel bzw. Finnen

Dabei ist die zugrunde liegende Studie davon ausgegangen, dass es sich um Nachrüstooptionen handelt, und somit die fahrende Flotte betrifft. Dies ist mit dem Hintergrund konsequent, dass die gesamten Emissionen nur gesenkt werden können, wenn besonders die fahrende Flotte mit einbezogen wird. Und der gleiche

Sachverhalt wurde im vorangegangenen Abschnitt auch schon hergeleitet, allerdings aus einem anderen Zusammenhang heraus. Aus diesen Maßnahmen können sich nach Auffassung der Autoren der vorliegenden Studie Ansatzpunkte für die Sicherung von Arbeitsplätzen im deutschen Schiffbau und vor allem bei der Zulieferindustrie ergeben, wenn es gelingt, die Nachrüstungen im Wesentlichen mit Materialpaketen von deutschen Schiffbauzulieferern und auf deutschen Werften abzuwickeln. Das würde dann diejenigen Werften beschäftigen, die sich im Wesentlichen mit Reparatur und Umbau beschäftigen, vorausgesetzt, das Know-How wandert nicht nach Fernost ab.

Aus bereits erwähnten Gründen hat die DNV-Studie besonders Maßnahmen herausgearbeitet, welche durch Verbesserung der fahrenden Flotte die Umweltverträglichkeit der Schifffahrt nachhaltig erhöht. Weil bereits oben herausgearbeitet wurde, dass seitens des Neubaus von Schiffen die Emissionen kurz- und mittelfristig nicht entscheidend beeinflusst werden, wurde dieser Aspekt dort nicht gesondert betrachtet. Dies wäre aber notwendig, um speziell für die deutschen Werften technische Möglichkeiten entwickeln zu können, die Schiffsneubauten mit deutlich besserer Energieeffizienz wettbewerbsfähig zu machen und umso die Arbeitsplätze nachhaltig sichern zu können. Beachtet man in diesem Zusammenhang die oben diskutierten Eigenarten der schiffbaulichen Produktentwicklung, dann wird deutlich, dass es im Schiffsneubau um ganz andere technische Maßnahmen gehen muss, weil sie von vorneherein während der frühen Produktentwicklung in das Gesamtkonzept integriert werden können. Und damit gilt eine ganz andere Kosten/Effizienzpriorität als bei der Betrachtung der fahrenden Flotte, und folglich werden es völlig andersgeartete Maßnahmen sein, welche bei einem daraufhin gezielt projektierten Neubau besonders zur Anwendung kommen. Und umgekehrt fallen bei Neubauten, bei denen man ja ganz zu Anfang noch alle technischen Freiheiten hat, bestimmte Optionen grundsätzlich weg, weil sie dann nicht mehr effizient sind. Bevor aber die Möglichkeiten im Schiffsneubau diskutiert werden, ist es unbedingt nötig, aufzuzeigen, in welche Richtung die Diskussion von der gesetzgebenden Seite getrieben wird. Denn es wird sich sofort herausstellen, dass die Politik exakt die gegenteiligen Impulse setzen will, als sich aufgrund der bisherigen technisch- wirtschaftlichen Gegebenheiten als sinnvoll erweist.

**Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass sich das größte Emissionsreduktionspotenzial beim Betrieb der Schiffe identifizieren lässt. Dieses wäre gleichzeitig am effizientesten umzusetzen, weil praktisch keine nennenswerten Investitionen anfallen. Weil die Märkte aber den Ansatz der Lebenszykluskosten insgesamt nicht aufgenommen haben, werden die Maßnahmen nicht umgesetzt. Für die Schiffbauzulieferer und für die Reparaturwerften könnten sich aus den technischen Möglichkeiten Potenziale ergeben, wenn die Aktivitäten nicht nach Fernost verlagert werden. Für den Schiffsneubau hat das kaum eine Bedeutung, weil für den Neubau andere**

**Maßnahmen sinnvoll sind, die sich ergeben, wenn Energieeffizienz von vorneherein in das Schiff hinein konzipiert wird.**

## **8.5. Die (Fehl-)Entwicklungen der gesetzgeberischen Seite: EEDI**

Allgemein ist – wie oben bereits ausgeführt – unstrittig, dass die Schifffahrt erhebliche Anstrengungen zu leisten hat, um ihren Beitrag zu den Klimaschutzzielen erbringen zu können. Darüber besteht auch innerhalb der Politik – national und EU-weit – Einigkeit. Wie bereits oben ausgeführt wurde, werden die Märkte aufgrund der aufgezeigten Fehlentwicklungen keine freiwilligen Beiträge liefern, weil ja nicht einmal die Maßnahmen, die gleichzeitig wirtschaftliche Vorteile bieten, bisher ausreichend aufgenommen worden sind. Von daher besteht allgemeiner Konsens, dass es gesetzgeberischer Instrumente bedarf, um die zumindest in der EU akzeptierten Klimaschutzziele erreichen zu können. Dabei stehen grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Für andere Industrien wurde für diesen Zweck ein Handel mit Verschmutzungsrechten eingesetzt, der vom Grundsatz her die emittierten CO<sub>2</sub>-Mengen mit einer Art Abgabe belegt. Geht man davon aus, dass die emittierte CO<sub>2</sub>-Menge etwa proportional zur Menge des verbrannten fossilen Brennstoffes ist, kommt dies in etwa einer Verteuerung des Brennstoffes gleich. Wie oben ausgeführt, hätte dieses Konzept für die maritime Industrie durchaus Anreize, den Brennstoffverbrauch senken zu wollen, wenn denn die dadurch bewirkte Verteuerung des Brennstoffes ausreichend hoch wäre. Dabei gäbe es verschiedene Möglichkeiten, dieses Konzept prinzipiell umzusetzen: Entweder durch eine direkte Abgabe auf den Brennstoff beim Bunkern (bunker levy oder bunker tax) oder eine direkte Einbeziehung der Schifffahrt in den Zertifikatehandel. Ganz wichtig dabei ist, dass durch eine solche Maßnahme sofort auch die gesamte fahrende Flotte einbezogen würde, und daraus würden sich sofort positive Effekte für den Klimaschutz einstellen. Denn es wurde ja oben deutlich herausgearbeitet, dass positive Effekte für den Klimaschutz überhaupt nur unter sofortiger Einbeziehung der fahrenden Flotte erreichbar sind.

Nun ist die Schifffahrt bisher von Überlegungen ausgenommen worden, diese in den Zertifikatehandel einzubeziehen. Als Begründung wird angeführt, dass die Schifffahrt eine internationale Branche ist und daher internationale Lösungen benötigt werden. Daher wurde die IMO (International Maritime Organisation) damit beauftragt, eine Lösung für die Schifffahrt zu erarbeiten, weil die IMO als das Gremium angesehen wird, welches internationale Richtlinien für Schiffbau- und Schifffahrtsfragen erarbeiten soll und kann. Dafür hält die IMO verschiedene Unterorganisationen vor, und die Aufgabe wurde an MEPC (Marine Pollution and Emission) delegiert. Dort sollen in internationalem Einverständnis technische Regeln entstehen, welche geeignet sind, die CO<sub>2</sub>-Belastung durch die Schifffahrt insgesamt zu vermindern.

Dies ist also ein grundsätzlich andere Vorgehensweise als eine (direkte oder indirekte) Verteuerung des Brennstoffes: Letztere würde zwar die Vorgehensweise offen lassen, wie Brennstoff (und damit Emissionen) reduziert werden sollen, es würden aber – bei ausreichender Verteuerung – wegen der finanziellen Hebelwirkung – vermutlich sofort die Maßnahmen ergriffen, die effizient umzusetzen sind. Bei der Erarbeitung von technischen Richtlinien steht man aber vor dem Problem, festzulegen, wie viel Brennstoff ein Schiff tatsächlich verbrauchen darf, und diese Aufgabe ist schon – selbst wenn man das Problem sachgemäß angehen würde, nahezu unlösbar. Denn Schiffe sind Unikate – zumindest die von der deutschen Schiffbauindustrie hergestellten – und für spezielle Problemlösungen erdacht worden, und daher hat man aus technischer Sicht immer die Schwierigkeit, das Schiff und nicht die eigentliche Transportaufgabe zu bewerten.

Weil auch wegen der Klimakonferenz in Kopenhagen ein erheblicher politischer Druck auf der IMO lastete – und noch lastet, ist diese gezwungen, zeitnah Ergebnisse zu liefern. So hat die EU klar festgestellt, dass sie eigene Regularien auf den Weg bringen wird, wenn es der IMO nicht gelingt, rechtzeitig mit Ergebnissen aufzuwarten. So stehen alle Entwicklungen der IMO von vornherein unter einem erheblichen politischen Druck.

Nun hat sich die IMO (bzw. MEPC) bereits zu Anfang der Entwicklung darauf festgelegt, eine CO<sub>2</sub>-Indizierung der Schiffe zu erarbeiten, nach denen dann die Schiffe zu bewerten sind. Als Indizes wurden vorgeschlagen:

- Der Energy Efficiency Design Index (EEDI): Dieser soll die Energieeffizienz von Schiffsneubauten bewerten.
- Der Energy Efficiency Operational Index (EEOI): Dieser soll die Energieeffizienz des Betriebs der Schiffe bewerten.

Weil nun die Schiffsbetreiber wegen ihres guten Organisationsgrades innerhalb der IMO sehr starken Einfluss haben, die Werften aber praktisch keinen, wurde relativ schnell die Option verworfen, den EEOI rechtsverbindlich vorzuschreiben. Daher wurde der EEOI auch formal umbenannt in den Energy Efficiency Operational Indicator, um anzuzeigen, dass dieser nicht verbindlich vorgeschrieben wird (mandatory). Damit verbleibt als derzeit einziges Instrument der IMO der EEDI, welcher aber nur für Schiffsneubauten verbindlich vorgeschrieben werden soll. Damit ist auf keinen Fall aus bereits oben genannten Gründen ein positiver Effekt für den Klimaschutz zu erzielen, weil der wesentliche Teil der Flotte ausgeklammert bleibt.

**Zusammengefasst kann man feststellen, dass die IMO durch die einseitige Fokussierung nur auf Schiffsneubauten keinesfalls Beiträge zu den Klimaschutzziele leisten kann, weil der Effekt zu gering ist und bestenfalls langfristig greift. Die Ausklammerung der fahrenden Flotte wurde aus rein politischen Gründen auf Druck der Reedereiorganisationen vorgenommen.**

## 8.6. Die in den EEDI implementierten Fehler

Schon der Effekt des EEDI ist daher aus den genannten Gründen extrem zweifelhaft, es wird aber noch problematischer, wenn man sich das Konstrukt des EEDI genauer ansieht. Denn dieser enthält bewiesenermaßen erhebliche mathematische und auch physikalische Fehler [10], die dazu führen werden, dass praktisch auch bei zukünftigen Schiffsneubauten keinerlei CO<sub>2</sub>- eingespart werden wird. In einer unabhängigen, für die EMSA (European Maritime Safety Agency) durch das renommierte finnische Ingenieurbüro DELTAMARIN durchgeführten Studie zur Wirkung des EEDI wird sogar festgestellt, dass der EEDI eindeutig die europäische Schiffbauindustrie unangemessen benachteiligt. In einer **später nicht veröffentlichten** Vorversion der Studie [19], welche den Autoren dieser Untersuchung vorliegt, heißt es dazu:

*“For other vessel types such as RoRo and RoPax Ships, EEDI will practically mean limitation of the design speeds to a certain level depending on the capacity of the vessel. This could lead to several undesired consequences and finally to suboptimization of complete transport chains. From European point of view the challenges are mainly related to RoRo, RoPax and specialized vessels. Many of the ships currently built in Europe are such that the concept of EEDI will potentially create challenges in the future” [19], liegt den Autoren dieser Studie vor.*

Die genannte Studie kommt also klar zu der Einschätzung, dass durch den EEDI speziell der europäische Schiffbau benachteiligt wird. Diese Studie wurde so aber nicht veröffentlicht und innerhalb der ganzen Diskussion innerhalb MEPC/IMO auch nie referenziert. In der offiziell verfügbaren Version dieser Studie wurde die Zusammenfassung dann deutlich entschärft, es ist aber für technische (!) Fachleute immer noch sehr deutlich, was der EEDI bedeuten wird:

Wörtlich heißt es dazu nun [18], S. 3:

*“Generally speaking, the current EEDI approach is very questionable for short sea shipping. Ships in short sea service are usually designed for a certain route or special purpose and many of them are also sailing in scheduled traffic. Within each ship type the actual design criteria can be very diverse and ships are difficult to categorize for good correlation of EEDI value. This means that in many cases the individual ships are not comparable with each other in index point of view. Therefore, limitation of the index value should not be made as it could finally lead to undesired sub-optimization of bigger transportation chains. It has been concluded that the current EEDI methodology is not suitable for short sea shipping in general, including: all small ships, RoRo-, RoPax- and passenger ships as well as other special ships.”*

Weiterhin heißt es in der gleichen Studie:

*“The current EEDI philosophy is not applicable for schedule defined transport systems. In this kind of ships, application of EEDI could easily lead to sub optimization, and probably also use of oversized vessels. A strict EEDI approach*

*would concentrate the cargo to big hubs thus increasing the size of vessels used.” [18], S. 25.*

Damit zeigt die Studie ganz klar auf, dass das von der IMO derzeit zur Implementierung vorgeschlagene Konzept, das aufgrund von massivem politischem Druck entstanden ist, genau für diejenigen Schiffe nicht funktioniert, welche von der europäischen Schiffbauindustrie hergestellt werden. Genau das haben die Autoren der vorliegenden Studie in einer Untersuchung für den europäischen Werftenverband (CESA) auch schon festgestellt und der IMO vorgelegt [10], und zu vergleichbaren Ergebnissen sind auch andere Fachleute in dieser Frage gekommen. Besonders unangenehm ist dabei noch die Tatsache, dass die IMO außer dem EEDI keine Alternative vorweisen kann und sie diesen daher mit Nachdruck weiter vorantreiben muss. Die EU hat aber die von technisch versierten Fachleuten immer wieder vorgetragenen Probleme nie wirklich ernst genommen, und so vertritt die EU hier klar die Linie [20], den EEDI gegen alle technischen Probleme durchzusetzen. Dazu heißt es in einem EU- Positionspapier [20] ganz eindeutig:

*“In view of the Commission the EEDI needs to be made mandatory as soon as possible for the widest range of ship types and sizes.... Proposals that introduce wider or new elements and/or offer no solutions should not be supported ...”*

Es ist also offensichtlich, dass die Politik diesen Vorschlag verbindlich vorschreiben will, obwohl alle in der Szene anerkannten Fachleute schwere technische Bedenken angemeldet haben, und diese auch vorgebracht haben. Auf nationaler Ebene hat der Verband für Schiffs- und Meerestechnik bereits im März 2009 auf die schweren technischen Probleme des EEDI hingewiesen. In einem Schreiben an das Ministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung heißt es dazu [21]:

*„Der derzeit diskutierte Index beurteilt hochkomplexe Schiffe auf einer fehlerhaften technischen Grundlage, der lediglich eine Geschwindigkeitsreduzierung einfordert, was letztlich zu einer Verlagerung auf andere Verkehrsträger und damit deutlich höheren Emissionen führen wird.“*

Weiterhin heißt es dazu [21]:

*„Der Europäische Werften Verband (CESA), der IMO-Mitglied mit Beobachterstatus ist, hat in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Hamburg-Harburg anhand von wissenschaftlichen Studien nachgewiesen, dass modernste, hydrodynamisch optimierte und auf dem Weltmarkt anerkannte deutsche RoRo-Fährschiffe außerhalb der zulässigen Grenzwerte liegen.“*

Seiten der Politik sind aber keine Reaktionen erfolgt, welche zu Korrekturen der einmal eingeschlagenen Linie geführt hätten.

Daher ist es im Folgenden nötig, die mit dem EEDI verbundenen Probleme klar aufzuzeigen, denn sie bedeuten langfristig eine elementare Gefährdung der europäischen Schiffbauindustrie. Dadurch wird eine eigentlich positive

Ausgangslage, dass nämlich energieeffizientere Schiffe für die gut positionierte deutsche Schiffbauindustrie einen Wettbewerbsvorteil bedeuten, welcher langfristig Arbeitsplätze sichert, in das exakte Gegenteil verkehrt: Nun bedroht die Entwicklung insgesamt das Überleben der europäischen Schiffbau-Industrie.

Zum Verständnis dieser Problematik ist es nötig, darauf einzugehen, wie genau der EEDI die schiffbauliche Produktentwicklung beeinflusst und worin exakt die Probleme liegen. Diese liegen auf drei Ebenen:

- Weil die Formulierung des EEDI aus politischen Gründen schwere mathematische Fehler beinhaltet, gelingt es nicht, stabile Grenzwerte für den EEDI aufzustellen. Daher ist er praktisch für manche Schiffe nicht anwendbar.
- Weil die Formulierung des EEDI aus politischen Gründen schwere physikalische Fehler beinhaltet, ist durch eine technisch durchführbare Energiesparmaßnahme der EEDI kaum zu verbessern. Daher führt der EEDI nicht zu effizienteren, sondern nur zu langsameren Schiffen, die dann aber völlig ineffizient sein können.
- Weil bisher nur vorgesehen ist, dass die EEDI-Zertifizierung durch die Klassifikationsgesellschaften vorgenommen werden darf, geraten Werften und vor allem die Schiffbauversuchsanstalten in die nahezu vollständige Abhängigkeit von den Klassifikationsgesellschaften. Dadurch werden die bisher bestehenden Probleme der Regelwerke extrem verstärkt, und das in der schiffbaulichen Produktentwicklung vorhandene Gleichgewicht der Kräfte wird massiv ausgehebelt.

Diese drei Aspekte werden im Folgenden genauer diskutiert. Dabei sind die mathematischen Fehler des EEDI sofort ohne weiteres technisches Verständnis einsichtig, und daher werden sie unmittelbar im Anschluss diskutiert. Die beiden anderen Aspekte bedingen einige schiffbauliche Grundlagen, welche zuerst herausgearbeitet werden müssen. Das wird in den folgenden Abschnitten geschehen.

**Zusammengefasst kann man feststellen, dass durch die aktuellen Entwicklungen der IMO in Sachen Energieeffizienz gerade der europäische Schiffbau massiv bedroht wird, obwohl die europäischen Werften gerade besonders energieeffiziente Schiffe herstellen. Das liegt an der fehlerhaften Formulierung des EEDI, welcher die Schiffe falsch bewertet. Dies ist von mehreren Fachleuten bereits deutlich angemahnt worden.**

## **8.7. Der mathematische Taschenspielertrick**

Zunächst soll also auf die mit dem EEDI verbundene mathematische Problematik eingegangen werden. Dazu wird das EEDI-Konzept in stark vereinfachter Form erläutert [22].

Die Grundidee des EEDI besteht darin, den durch das Schiff verursachten Schaden für die Umwelt gegenüber dem gesellschaftlichen Nutzen ins Verhältnis zu setzen. Der Schaden für die Umwelt ist im Wesentlichen gegeben durch die im Schiff installierte Leistung, multipliziert mit dem spezifischen Brennstoffverbrauch und einem CO<sub>2</sub>-Umrechnungsfaktor. Das ist zunächst einmal vernünftig und nicht zu beanstanden. Als gesellschaftlicher Nutzen wird die Transportleistung des Schiffes angesehen, diese ist gegeben als Tragfähigkeit (Deadweight, dw) multipliziert mit der Schiffsgeschwindigkeit. Das ist schon nicht mehr so vernünftig, weil die Tragfähigkeit nicht nur die eigentliche Nutzlast des Schiffes beinhaltet (payload), sondern auch die mitzuführende Brennstoffmenge und Ballastwasser. Damit würde ein Schiff, das nur Ballastwasser und Brennstoff mitnimmt, den gleichen gesellschaftlichen Nutzen haben wie ein Schiff, welches nur sinnvolle Ladung transportiert. Das ist natürlich Unsinn, und diese Bewertung trägt ebenfalls nicht der Tatsache Rechnung, dass verschiedene Ladungsarten möglicherweise unterschiedlichen gesellschaftlichen Nutzen haben.

Der Grund für diese Festlegung ist auch nicht in technischen Gründen zu suchen, sondern einzig und allein in der Tatsache begründet, dass die Tragfähigkeit (Deadweight) bei der Erstellung der Klasedokumente von der Klassifikationsgesellschaft festgestellt wird und damit – aus Sicht der Klasse, die ja das Zertifikat ausstellen soll – diejenige Größe ist, welche von ihr jetzt schon zertifiziert werden muss [22].

Damit ergibt sich für den EEDI folgender (stark vereinfachter) Grundansatz:

$$EEDI = \frac{\text{Leistung} \cdot \text{spez. Brennstoffverbrauch} \cdot \text{CO}_2\text{-Faktor}}{\text{DW} \cdot \text{Geschwindigkeit}} \text{ gemessen in gCO}_2 \text{ je Tonne-meile.}$$

Das Konzept ist – wie erwähnt- bezüglich der Definition des Nutzens des Schiffes stark zu hinterfragen, es wäre aber durchaus vernünftig weiterzuentwickeln. Entscheidend wird jetzt, wie viel EEDI denn für ein bestimmtes Schiff zulässig wäre. Denn der nach obiger Formel berechnete Index muss ja einem bestimmten Grenzwert gegenübergestellt werden, und genau jetzt beginnen die latent vorhandenen Schwierigkeiten.

Auf besonderes Betreiben der Delegation aus Dänemark [22] hat nämlich die IMO eine klare politische Vorgabe gemacht, wie ein effizientes Transportsystem auszusehen hat. Danach soll ein Schiff besonders effizient sein, wenn es extrem viel Ladung (DW) mitnehmen kann und gleichzeitig besonders langsam (!! ) fährt. Das ist eine klare politische Vorgabe und entspricht keinesfalls den gängigen technischen Vorstellungen der Schiffbauer. Diese Vorstellung wurde aber von der IMO gegen den klaren Rat vieler Fachleute bis heute durchgesetzt, und das führt zu den nachfolgend aufgeführten (und oben bereits angedeuteten) Problemen.

Nach Vorgabe der IMO soll der zulässige Grenzwert für den EEDI allein von der Nutzlast (DW) des Schiffes abhängig sein. Damit gilt, dass der zulässige EEDI eine Funktion des DW sein soll (f(DW)), wobei die spezifischen Charakteristika der

Funktion  $f$  durch eine statistische Regression aus der fahrenden Flotte für verschiedene Schiffstypen gewonnen werden soll. Der zulässige Wert für den EEDI wird auch als „Baseline“ bezeichnet. Dabei soll nach Vorgaben der dänischen Delegation innerhalb von MEPC die Funktion  $f(DW)$  von folgendem Typ sein [22]:

$$f(DW) = a \cdot DW^{-b}$$

Dabei sind  $a$  und  $b$  beliebige Konstanten, welche durch statistische Regression von Daten aus gebauten Schiffen gewonnen werden. Liegt die Grenzwertkurve einmal fest, dann sollen alle Schiffe oberhalb der Grenzwertkurve nicht mehr möglich sein.

Es gilt also folgende Grundgleichung zwischen erteiltem und zulässigem EEDI:

$$\frac{\text{Leistung} \cdot \text{Faktor}}{\text{Geschwindigkeit} \cdot \text{Deadweight}} = a \cdot \text{Deadweight}^{-b}$$

Es ist nun auch für mathematische Laien sofort einsehbar, dass gerade die Größe Deadweight Deadweight ( $DW$ , also die Zuladung des Schiffes) auf beiden Seiten der Gleichung auftaucht und sich somit im Prinzip herauskürzt. Exakt wäre das mathematisch genau dann der Fall, wenn die Größe  $b$  den Wert 1 annimmt. Weil die Größe  $b$  aber durch einen Vergleich mit der Auswertung gebauter Schiffe gewonnen werden soll, sich diese Größe aber gleichzeitig nahezu aus der Gleichung herauskürzt, ist das gesamte gesamte Verfahren zur Bestimmung der Konstanten  $a$  und  $b$  mathematisch extrem instabil. instabil. Daher gelingt es praktisch nicht, zuverlässige Werte für den Exponenten  $b$  und die und die Konstante  $a$  zu ermitteln. Die Werte streuen extrem stark, was den mathematischen mathematischen Fehlern des Verfahrens geschuldet ist, wie auch exemplarisch aus

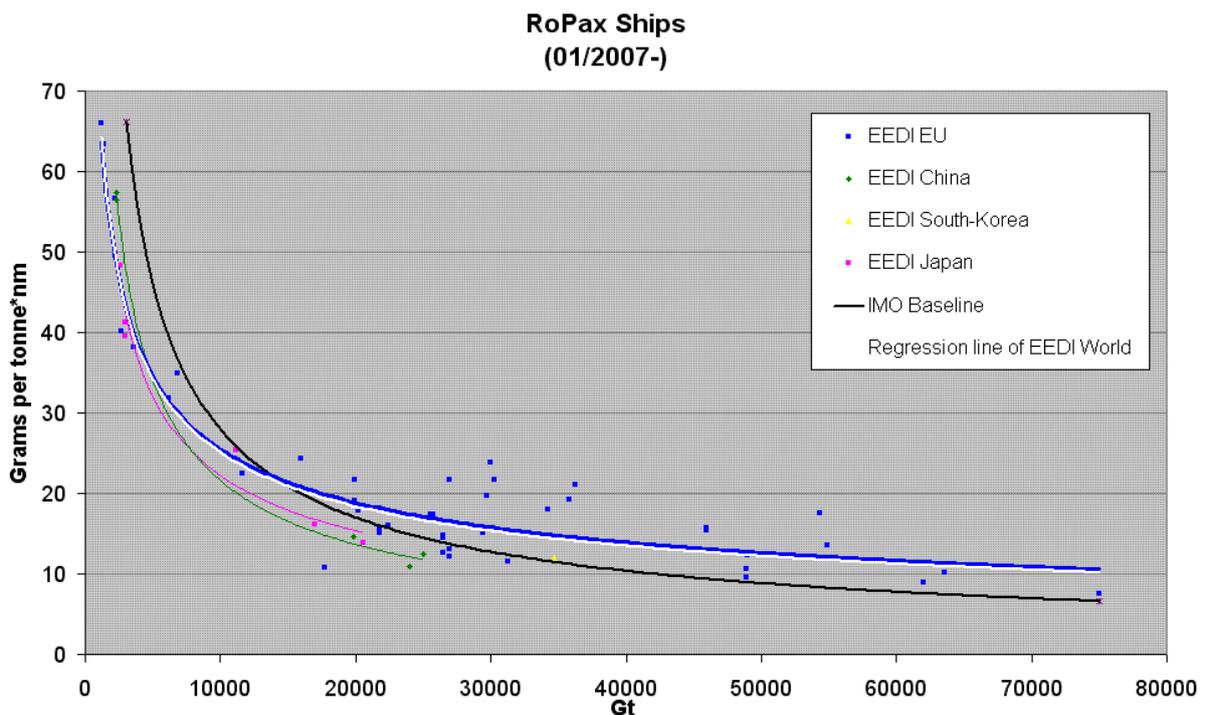
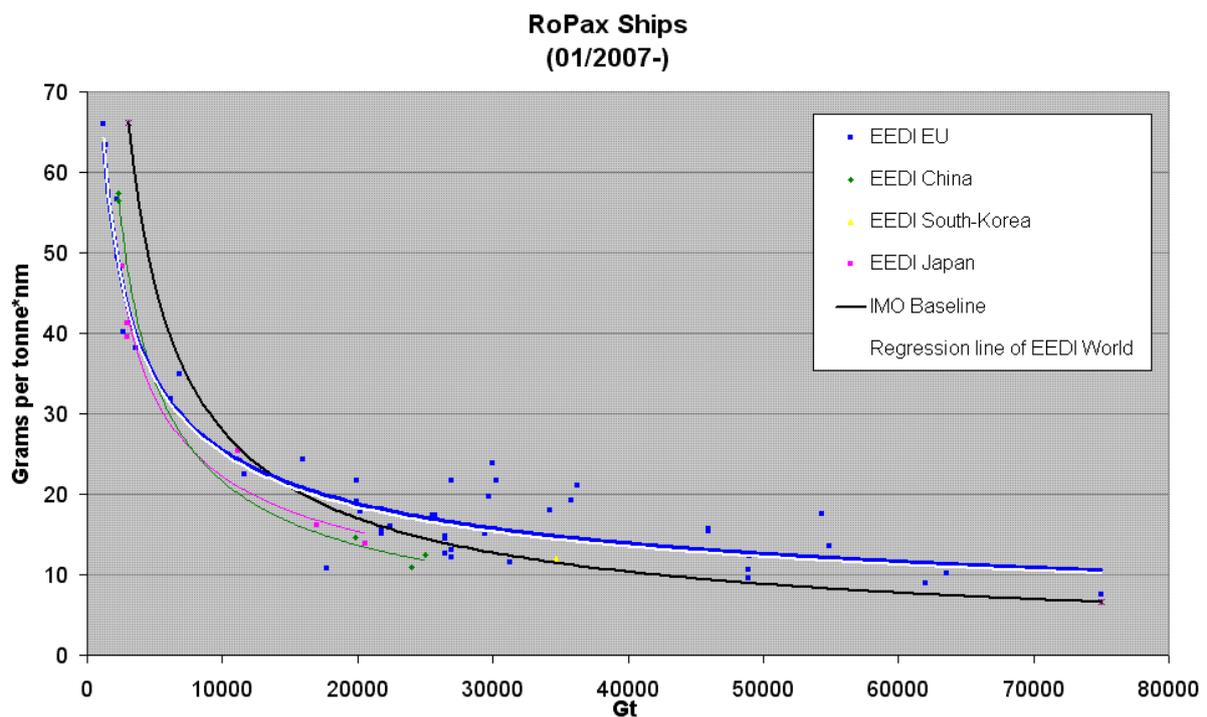


Abbildung 14 zu entnehmen ist. Dort sind aus der EMSA-Studie von Deltamarin die Ergebnisse für RoRo-Fahrgastschiffe abgebildet, und man erkennt die immense Streuung der Daten. Danach kann man natürlich keinen technischen Grenzwert festlegen, und die EMSA-Studie in der ursprünglichen Form [19] kommentiert das für die Schiffe, die für den deutschen Schiffbau extrem wichtig sind, wie folgt:

„The big scattering ... makes the whole EEDI approach to this vessel type very difficult“ [19]. S. 31



**Abbildung 14: EEDI. Werte für RoPax-Schiffe [18]. Man erkennt die extrem große Streuung der Werte. Es ist nicht möglich, einen sinnvollen Grenzwert festzulegen. Alle Schiffe, die über der festgelegten Grenzwertkurve liegen, werden vom Markt entfernt**

Interessanterweise hat bisher noch niemand den mathematischen Fehler bemerkt, obwohl er eigentlich auch für Laien offensichtlich vorhanden ist. Wichtig ist jetzt – und gerade für den deutschen Schiffbau von besonderer Bedeutung – dass sich der mathematisch zweifellos vorhandene Fehler quantitativ verringert, wenn die absolute Zahl für die Nutzlast sehr große Werte annimmt. Wenn nämlich der Exponent  $x$  kleiner ist als 1, dann verbleibt auf der linken Seite der Gleichung anteilig noch etwas von der Größe  $DW$  unter dem Bruchstrich übrig, und man teilt den linken Ausdruck durch eine relativ große Zahl. Dadurch nimmt die Streuung (scheinbar) ab, weil man

durch eine große Zahl teilt. Das erkennt man prinzipiell auch in  
**RoPax Ships  
 (01/2007-)**

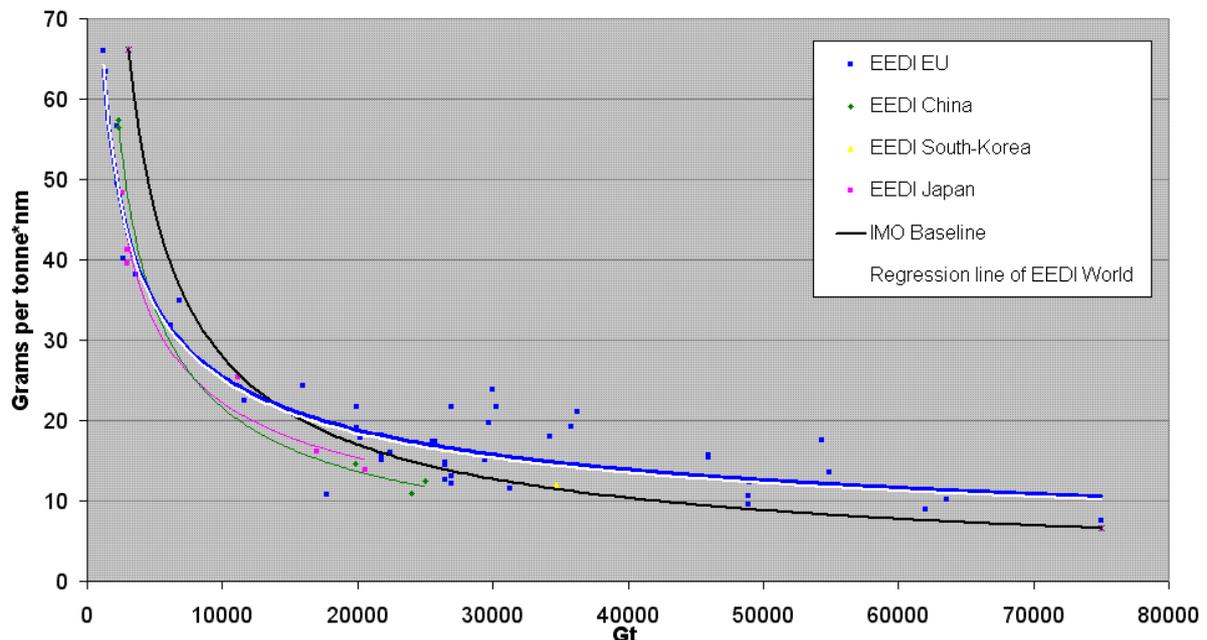


Abbildung 14, wo auf der rechten Diagrammseite sowohl der EEDI als auch dessen Streuung abnimmt. Auf der linken Seite des Diagrammes – also bei kleinen DW-Werten – ist die Streuung relativ groß.

Dieser Effekt beruht aber eindeutig auf einem mathematischen Taschenspielertrick, er wurde aber innerhalb von MEPC/IMO von den Protagonisten des EEDI (im Wesentlichen die Delegation aus Dänemark) bewusst böseartig gegen den europäischen Schiffbau ins Felde geführt: Nach der Interpretation von MEPC/IMO liegt die Streuung bei den kleinen DW-Werten daran, dass die kleinen Schiffe (etwa bis 200m) im Wesentlichen von wenig qualifizierten Werften hergestellt würden, welche wenig Kompetenz in Fragen der Schiffstheorie hätten. Daher wären die Schiffe dieser Werften von eher schlechter technischer Qualität. Die großen Schiffe würden dagegen von sehr qualifizierten Werften in Fernost hergestellt, welche stark auf Energieeffizienz achten und auch die nötige Kompetenz hierfür mitbringen, und daher würden die Werte eben auch nicht sehr streuen. Wenn, so die Argumentation der dänischen Delegation, (der Verfasser dieser Studie hat die entsprechenden Diskussionen bei MEPC selbst miterlebt, und zwar als Berater der CESA) der EEDI erst einmal eingeführt wäre, dann würde man vermittels diesem gerade bei den kleineren Schiffen sehr schnell feststellen, dass diese sich dann in Richtung eines einheitlichen Qualitätsniveaus hinbewegen würden.

Im Klartext bedeutet das Folgendes: Nur um wegen der nachweisbar im EEDI vorhandenen mathematischen Fehler auf dem politischen Feld nicht das Gesicht verlieren zu müssen, sind einige Mitspieler in Europa offensichtlich bereit, wider besseren Wissens ihren eigenen Schiffbau zu opfern. Denn ohne den EEDI steht MEPC/IMO bei Maßnahmen zur Verbesserung der Klimaschutzziele mit leeren

Händen dar, weil aus falschen politischen Rücksichtnahmen alle anderen möglichen Optionen vorher vom Tisch genommen worden sind.

Neben besagtem mathematischem Fehler werden aber auch grundlegende physikalische Zusammenhänge, die mit der schiffbaulichen Strömungsmechanik zusammenhängen, durch den EEDI grob verletzt. Das führt letztlich dazu, dass bestimmte Schiffe nach Einführung des EEDI überhaupt nicht mehr gebaut werden dürfen, und das sind genau die Schiffe, welche in Deutschland hergestellt werden (obwohl diese von der Energieeffizienz her dem absoluten Stand der Technik entsprechen). Bevor jedoch diese Zusammenhänge geklärt werden können, müssen einige technische Grundlagen zu Schiffswiderstand und Propulsion erläutert werden.

**Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass durch die aus politischen Gründen erfolgte Vorgabe, dass nur langsame, große Schiffe energieeffizient seien, ein schwerer mathematischer Fehler in den EEDI eingebaut worden ist. Dieser führt aus mathematischen Gründen dazu, dass bei kleineren Schiffen scheinbar eine höhere Streuung der EEDI-Werte vorliegt, welche sich bei größeren Schiffen aus ebenfalls rein mathematischen Gründen stabilisiert. Aus diesem schweren Fehler haben aber bei der IMO maßgebliche Delegationen den (unzulässigen) Schluss abgeleitet, dass die kleineren Schiffe (welche im Wesentlichen von den europäischen Werften hergestellt werden) im Vergleich mit den großen (in Fernost hergestellten) Schiffen wenig energieeffizient seien, weil ja insgesamt die Streuung größer wäre. Damit wird der europäische Schiffbau nur aufgrund von mathematischen Formelfehlern massiv angegriffen, und zwar vor allem von Mitgliedstaaten aus der EU selbst, und es werden die falschen Schlüsse daraus gezogen. Dadurch ist der europäische Schiffbau massiv in seiner Existenz bedroht, weil nach Einführung des EEDI keines der in Europa hergestellten Spezialschiffe die auf mathematischen Fehlern basierenden Grenzwerte einhalten könnte. Trotzdem wird das Konzept aller Voraussicht nach auf politischen Druck hin implementiert werden, einfach weil die IMO keine Alternative vorweisen kann.**

## **8.8. Über den tatsächlichen Leistungsbedarf der Schiffe**

Es ist im Rahmen dieser Studie nun unerlässlich, wenigstens in Grundzügen auf die physikalischen Probleme und deren Lösungsmöglichkeiten einzugehen, die mit der Energieeffizienz von Schiffen verbunden sind. Dabei läuft es im Wesentlichen darauf hinaus, zu ermitteln, welchen Leistungsbedarf ein Schiff grundsätzlich benötigt, um die ihm zuge dachte Aufgabe erfüllen zu können. Das führt auf extrem komplexe physikalische Zusammenhänge, die nur von wenigen Experten wirklich durchdrungen werden. Solche technischen Experten sind vor allem in den Schiffbau-Versuchsanstalten zu finden, deren Kernaufgabe solche Fragestellungen sind. Aber auch auf den Werften sowie an den Universitäten ist solches Fachwissen vorhanden,

denn die Schiffe müssen ja entworfen werden, und das Wissen muss auch im Rahmen der Ausbildung weitervermittelt werden. Unglücklicherweise werden aber im Rahmen der Energieeffizienzdebatte viele scheinbar attraktive Vorschläge eingebracht, die aber technisch nicht sinnvoll sind. Um diese Dinge wenigstens qualitativ beurteilen zu können, muss im Folgenden versucht werden, wenigstens die wichtigsten technischen Sachfragen soweit zu erörtern, dass man sich ein grobes Bild machen kann und die in den dann folgenden Abschnitten erfolgte weitere Diskussion nachvollziehen kann.

Grundsätzlich wird bei Schiffen für folgende Zwecke Energie benötigt, für welche fossile Brennstoffe verbrannt werden:

- Für den Antrieb der Schiffe
- Für die Versorgung der wichtigen Systeme an Bord

Bis auf Kreuzfahrtschiffe oder große Fährschiffe, bei denen die Hotellast erhebliche Ausmaße annehmen kann, wird der größte Leistungsanteil für den Antrieb verwendet. Im Allgemeinen besteht dort auch das größte Einsparpotenzial, trotzdem gibt es natürlich auch beliebig viele (meist kleinere) Möglichkeiten, die zur Versorgung der Systeme an Bord benötigte Energie zu minimieren. Einige davon werden in der DNV-Studie [17] auch aufgelistet. Es würde aber den Rahmen dieser Studie sprengen, wenn man allen diesen Möglichkeiten nachgehen würde. Und aus schiffbaulicher Sicht sind diese Dinge zunächst einmal weniger relevant, weil sie nicht unmittelbar durch den Schiffsentwurf beeinflusst werden, sondern durch die Wahl oder Auslegung entsprechender Komponenten. Damit fallen sie in den Bereich der Schiffbau-Zulieferer (ohne diesen abwerten zu wollen). Aus schiffbaulicher Sicht interessant ist eher die Fokussierung auf den für den Antrieb der Schiffe nötige Leistung, denn diese wird direkt durch einen intelligenten Schiffsentwurf beeinflusst.

Die für den Antrieb der Schiffe benötigte Leistung ist naturgemäß sehr starken Schwankungen unterworfen. Für ein gegebenes Schiff hängt der Leistungsbedarf bei gegebener Geschwindigkeit von folgenden Parametern ab:

- Aktuelle Schwimmlage bei aktuellem Beladungszustand
- Wind und Seegang
- Kurshalten
- Flachwasser
- Eis

Durch diese Parameter bedingt kann die benötigte Antriebsleistung theoretisch um etwa den Faktor 2-3 je nach Geschwindigkeit schwanken. Weil diese Effekte schwer vorherzusagen sind (und man sie vertraglich auch nicht festlegen kann), beschränkt man sich der Praxis darauf, diese Effekte grundsätzlich nicht zu betrachten. Es wird lediglich die Hauptmaschine um einen bestimmten Faktor größer gewählt, um eine bestimmte Reserve zu haben. Dabei blendet man aber bewusst den gesamten Betrieb der Schiffe aus (es wurde weiter oben schon bemerkt, dass die Märkte den

Ansatz der Lebenszyklusbewertung ja nicht aufgenommen haben) und betrachtet den Energieverbrauch des Schiffes nur unter den sogenannten **Glattwasserbedingungen** (kein Wind, kein Seegang, kein Steuern, tiefes Wasser). Weiterhin beschränkt man sich darauf, den Leistungsbedarf des Schiffes unter diesen Glattwasserbedingungen nur für eine Schwimmelage anzugeben bzw. festzulegen. Dabei schwimmt das Schiff auf einem vertraglich festgelegten Tiefgang (dem sogenannten Entwurfstiefgang oder Design Draft) unvertrimmt. Andere Zustände werden im Allgemeinen nicht betrachtet.

Daher kommt es zu Entwicklungen, bei denen ein Schiff im Allgemeinen nur für eine (virtuelle) Bedingung besonders optimiert wird (Design Draft, kein Trimm, kein Wind, kein Seegang), das Schiff dann aber unter allen realen Bedingungen erheblich schlechter ist und deutlich mehr Brennstoff verbraucht. Es wird also bei allen Betrachtungen – auch bei allen sogenannten Energieeffizienzüberlegungen) nur ein einziger Zustand des Schiffes betrachtet, welcher im realen Betrieb aber nie vorkommt (vgl. dazu auch

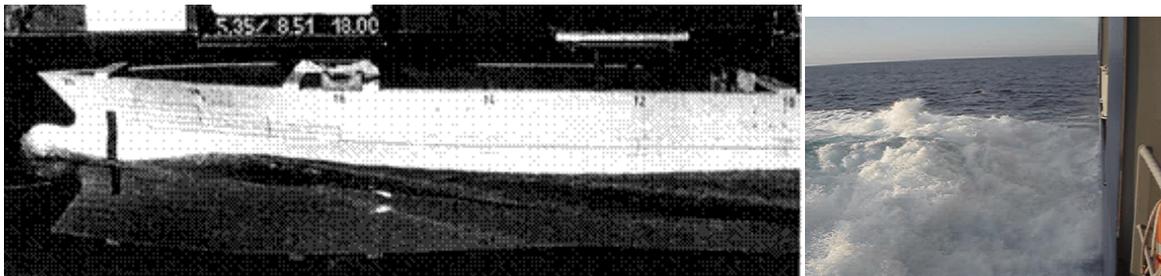
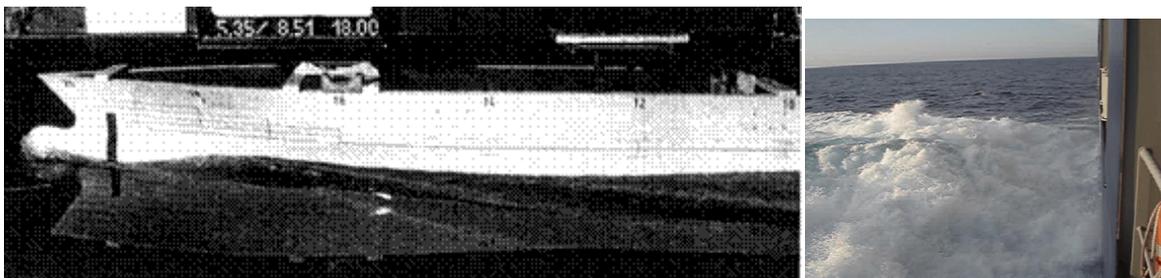


Abbildung 15).



**Abbildung 15: Zwei Beispiele für schlechte Schiffe in anderen Beladungszuständen. Der Bugwulst erzeugt deutliche Wellen, wenn er ausgetaucht ist, und der getauchte Spiegel zieht eine sehr große Heckwelle**

Nun ist es nicht möglich, die für ein Schiff tatsächlich benötigte Antriebsleistung selbst unter den idealen Glattwasserbedingungen rein theoretisch vorhersagen zu können. Das liegt an der technischen Komplexität des Problems an sich. Daher ist man darauf angewiesen, in einer Schiffbauversuchsanstalt mit einem verkleinerten Modell des Schiffes einen Versuch machen zu müssen. Ein solcher Modellversuch ist beispielsweise in Abbildung 15, links zu sehen. An diesem Modell kann man im Prinzip die benötigte Antriebsleistung messen und, wenn man über die nötige Expertise verfügt, nach komplizierten Verfahren unter Einhaltung bestimmter physikalischer Maßstabsgesetze auf das naturgroße Schiff umrechnen. Das dazu

nötige Wissen ist nur in den Schiffbauversuchsanstalten vorhanden, und diese sind die einzigen Experten, welche eine quantitative Bewertung der für das Schiff (unter den oben genannten idealen Umweltbedingungen) überhaupt belastbar vornehmen können. Dieser Zusammenhang ist extrem wichtig, wenn man bedenkt, wer denn später einmal die Zertifizierung nach dem EEDI vornehmen soll. Das ganze Verfahren ist extrem komplex und beruht auf sehr viel Erfahrung, trotzdem kommt es immer wieder vor, dass die Prognose der Versuchsanstalt nicht wie geplant zutrifft. Wenn alles gut läuft, kann man im Mittel eine typische Prognosegenauigkeit von 5 % ansetzen.

In der Praxis muss die Werft nun beweisen, dass das von ihr gebaute große Schiff tatsächlich die Leistung erreicht, welche die Versuchsanstalt vorhergesagt hat. Das geschieht typischerweise auf der Werftprobefahrt. Nun hat die Werft immer das Problem, dass die auf der Probefahrt die vertraglich für die Geschwindigkeit benötigte Schwimmlage nicht einstellen kann, denn dazu müsste sie das Schiff ja entsprechend abladen, was praktisch nicht geht. Daher einigen sich Werft und Versuchsanstalt im Vorfeld auf eine Schwimmlage, die bei der Probefahrt erreicht werden kann, und es wird ein weiterer Modellversuch für diese Schwimmlage durchgeführt. Auf dieser wird dann die Werftprobefahrt durchgeführt, und es wird gemessen, welche Geschwindigkeit das große Schiff bei welcher Leistung erreicht. Nun weichen die Umweltbedingungen auf der Probefahrt von denen im Modellversuch oft erheblich ab, sodass die Werte des naturgroßen Schiffes auf den Zustand des Modells zurückgerechnet werden. Das gesamte Verfahren – Durchführen der Probefahrt und Rückrechnen auf den Modellzustand – kann wiederum nur von relativ wenigen Spezialisten sachgemäß durchgeführt werden, und diese Spezialisten befinden sich im Allgemeinen in den Schiffbauversuchsanstalten. Einige Werften halten sich entsprechende Spezialisten vor und führen die Berechnungen selbst durch.

Wenn sich nun nach Auswertung der Probefahrt herausstellt, dass die Prognose der Versuchsanstalt für den Probefahrtszustand richtig war, dann glauben alle Parteien daran, dass auch die Prognose für den Vertragszustand richtig sein muss und das Schiff kann dann abgeliefert werden. Dabei ist natürlich nicht bewiesen, dass das so sein muss, aber weil die Schiffbauversuchsanstalten (zumindest die Bedeutenden) in der Szene aufgrund ihrer anerkannt hohen Fachkompetenz sehr großes Vertrauen genießen, wird das Verfahren so akzeptiert. Trotz aller physikalischen Schwächen, welche diese Methodik bis heute beinhaltet, gibt es hierzu keine sinnvollen technischen Alternativen. Das ganze Verfahren lebt also hochgradig von der anerkannten Fachkompetenz und der Unabhängigkeit der Schiffbauversuchsanstalten. Es wird also extrem schädlich, wenn dieser wohldurchdachte Prozess nachhaltig gestört wird.

**Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass der tatsächliche Leistungsbedarf der Schiffe unter realen Bedingungen niemals ermittelt wird. Das hängt damit zusammen, dass die Betreiber der Schiffe sich lediglich auf einen virtuellen**

**Vertragspunkt festlegen, um die Qualität des Schiffes zu beurteilen. Unter diesen Bedingungen ist der Modellversuch die einzige Möglichkeit, die Leistung eines Schiffes zu ermitteln, und die Umrechnung auf die Großausführung ist nur möglich, wenn sie auf dem Sachverstand und der unabhängigen Expertise der Schiffbauversuchsanstalt beruht. Dieser Prozess darf nicht zerstört werden.**

Aus dieser Situation entsteht nun für die Werften ein klarer Zielkonflikt: Nur wenn sie das Schiff für den einzigen Zustand optimiert, welcher vertraglich vorgesehen ist, kann sie ein Schiff anbieten, das scheinbar energieeffizient ist. Alle Maßnahmen, welche die Energieeffizienz des Schiffes unter realen Bedingungen verbessern würden (z. B. wenn das Schiff besser gerade ausfahren kann), welche aber den virtuellen Vertragspunkt verschlechtern, werden nicht akzeptiert. Das wiederum liegt an der mangelnden Fähigkeit der Märkte, Lebenszykluskostenbetrachtungen anzustellen. Derartige Verbesserungen werden praktisch nur von Betreibern eingefordert [5], welche ihre Schiffe selbst betreiben, und das sind oft Kunden, für die gerade die deutschen Werften bauen. Es ist wichtig, zu verstehen, dass genau solche Maßnahmen, welche den realen Energiebedarf der Schiffe senken würden, von dem geplanten EEDI-Konzept massiv bestraft werden. Daher wird der EEDI auch keinesfalls unter realen Bedingungen eine CO<sub>2</sub>-Reduktion bewirken. Diesen Zusammenhang zeigt exemplarisch

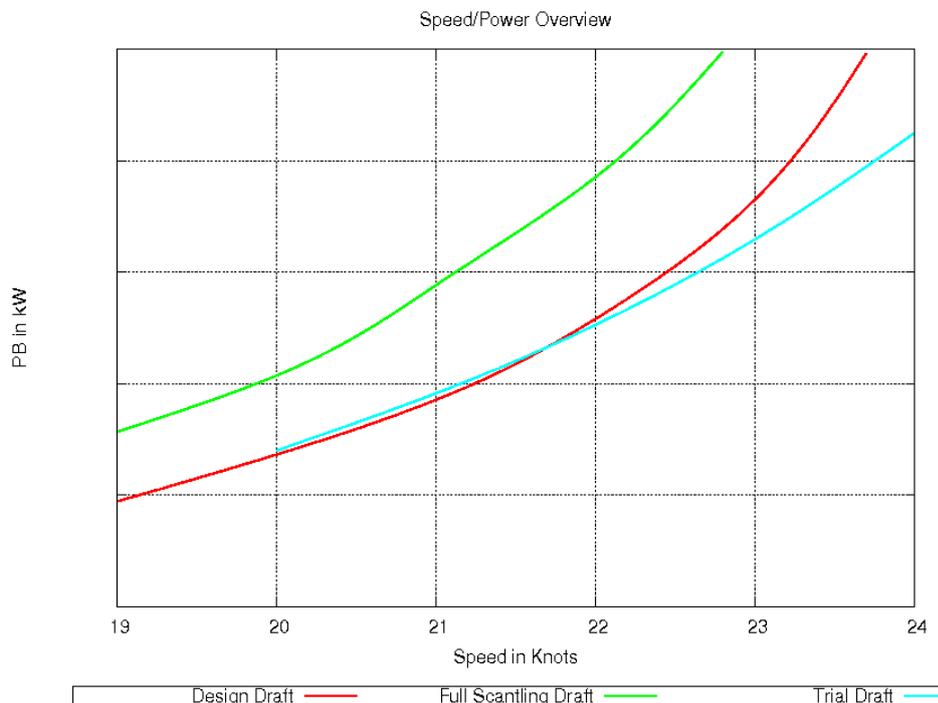
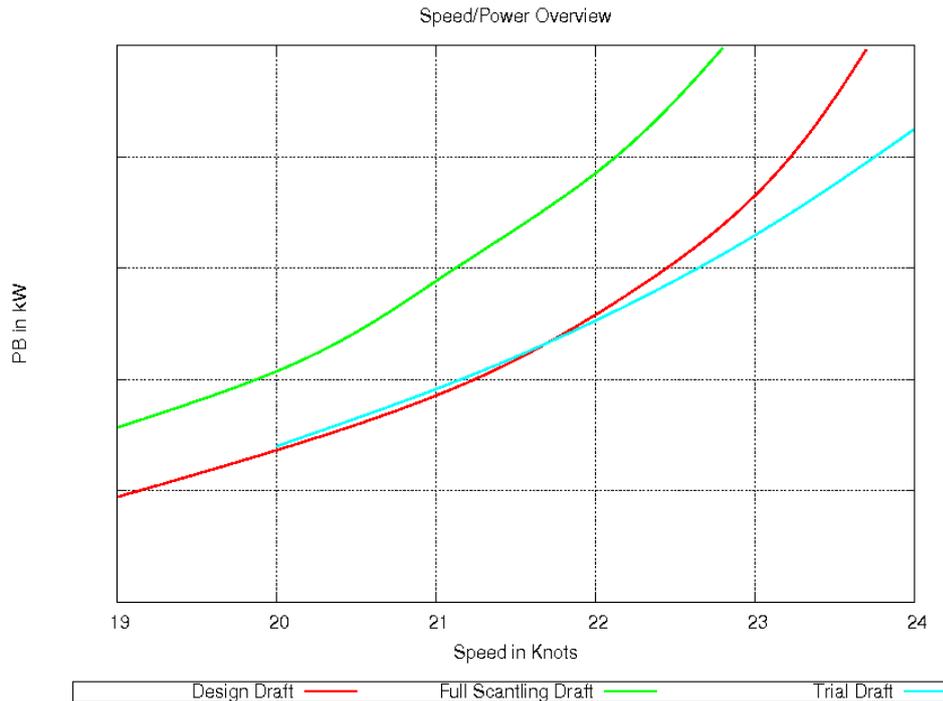
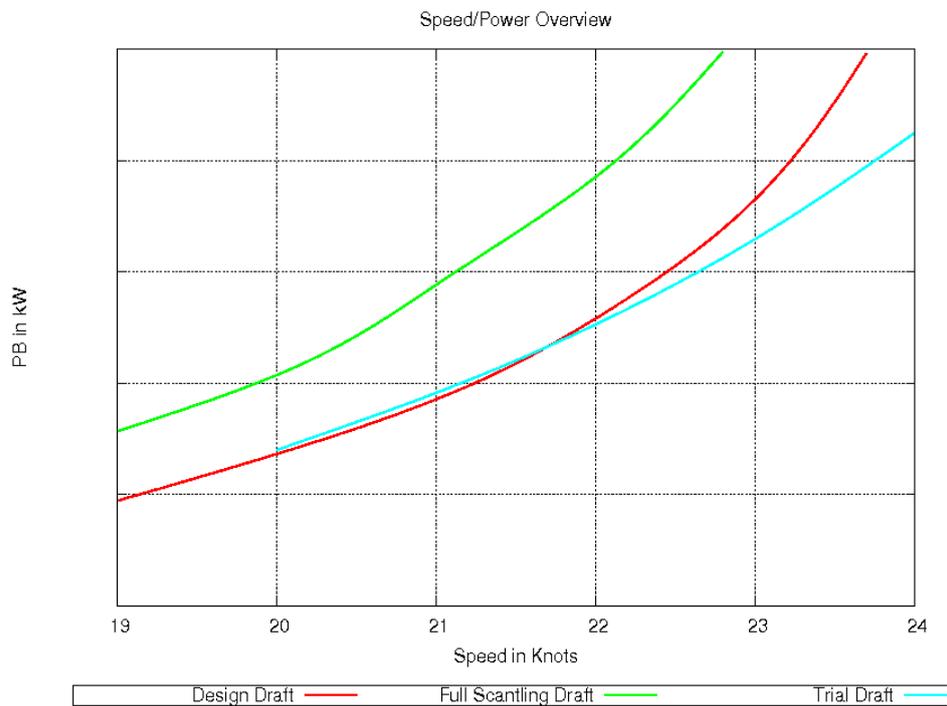


Abbildung 16 für ein modernes Containerschiff, welches als besonders energieeffizient nach den EEDI-Regeln gelten würde.



**Abbildung 16: Leistungskurven eines modernen Containerschiffes, welches völlig fehloptimiert wurde, aber als energieeffizient gilt**



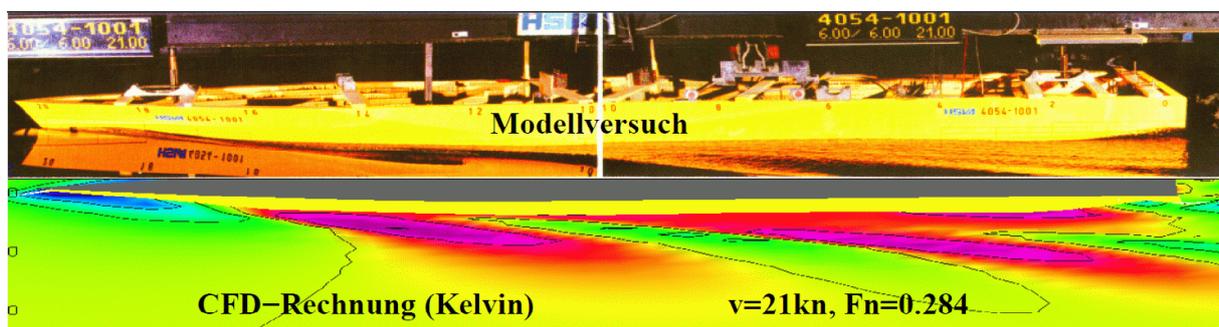
In

Abbildung 16 sind die drei Leistungskurven für ein modernes Containerschiff über der Schiffsgeschwindigkeit aufgetragen. Zum Verständnis ist es dabei nicht nötig, zu verstehen, wie sich jeweils der Kurvenverlauf ergibt, es kommt dabei nur auf die Unterschiede an. Die rote Kurve ist dabei die vertragsrelevante Kurve auf dem sogenannten Entwurfstiefgang. Hier betrage die Verdrängung des Schiffes 100 %, und für diesen Zustand ist das Schiff optimiert. Taucht man nun das Schiff etwas

tiefer (grüne Kurve), dann nimmt die Verdrängung nur marginal zu, auf etwa 112 %. Weil nun der Heckspiegel des Schiffes massiv eintaucht (etwa so wie in Abbildung 15, rechts), nimmt der Leistungsbedarf extrem zu. Fährt man nun auf einen deutlich kleineren Tiefgang (blaue Kurve), dann beträgt die Verdrängung noch 40 %. Weil nun der Bugwulst massiv austaucht (etwa so wie in Abbildung 15, links) nimmt die Leistung kaum ab, obwohl das Schiff praktisch nichts transportiert. Mit Energieeffizienz hat das Ganze eben nichts zu tun, weil ja nur die rote Kurve überhaupt betrachtet wird. Würde man nun eine Maßnahme in das Schiff einbauen, welche die grüne und die blaue Kurve massiv senkt (das wäre praktisch leicht möglich), die rote Kurve aber nur marginal verschlechtert, dann würde dem derzeitigen Bewertungsschema folgend (und erst recht dem des EEDI) diese Maßnahme verworfen werden müssen, weil sie kontraproduktiv für die Energieeffizienz wäre. Daran sieht man auch als technischer Laie, welche Blüten das gegenwärtige Verfahren treiben kann, solange nicht endlich eine sachgemäße Bewertung der Lebenszykluskosten erfolgt, zu der die Märkte aber gezwungen werden müssen.

**Zusammengefasst lässt sich also feststellen, dass die Festlegung auf einen virtuellen Entwurfspunkt dazu führt, dass die Schiffe im realen Betrieb eben nicht energieeffizient werden, weil eine einseitige Optimierung auf genau diesen Punkt das Schiff in allen anderen Zuständen verschlechtert.**

Nun ist es durch den Fortschritt der Wissenschaft möglich geworden, mit geeigneten Computerverfahren (CFD) die Strömung um ein Schiff mit gewissen Einschränkungen tatsächlich berechnen zu können. Diese Berechnungen sind zwar nicht so genau, dass man damit tatsächlich die Antriebsleistung des Schiffes vorhersagen kann, aber sie gestatten einen tiefen Einblick in die physikalischen Effekte und ermöglichen vor allem eine qualitative Beurteilung der Schiffsumströmung (vgl. dazu Abbildung 17).



**Abbildung 17: Vergleich eines Modellversuches mit der Strömungsberechnung**

Mittels solcher Berechnungen ist es nun möglich, die Strömung um das Schiff gezielt so durch geschickte Wahl der Schiffsform zu beeinflussen, dass das Schiff eine besonders geringe Antriebsleistung erhält. Weil man in der frühen Phase der schiffbaulichen Produktentwicklung noch alle Freiheiten hat (siehe dazu auch die oben gemachten Ausführungen), kann man durch Einsatz solcher Verfahren gerade

in der frühen Produktentwicklungsphase ein wirklich energieeffizientes Schiff entwerfen, wenn man alle Randbedingungen ausreichend beachtet. Auch die Verwendung solcher Verfahren benötigt erhebliches Spezialwissen, und daher finden sich die Experten, die solche Berechnungen beherrschen, zunächst einmal auf den leistungsfähigen Seeschiffswerften. Denn nur von diesen wird ja die frühe Produktentwicklungsphase vollständig beherrscht, und daher sind genau dort die größten Einsparpotenziale zu realisieren. Daneben finden sich vergleichbare Experten in fast allen namhaften Schiffbauversuchsanstalten, diese haben aber nur einen sehr eingeschränkten Einblick in die Freiheiten, welche in der schiffbaulichen Projektierung möglich sind. Daher können sie zwar vergleichbare Berechnungen durchführen – und sie tun das auch erfolgreich – sie können aber nur ein deutlich geringeres Energiesparpotenzial realisieren. Daher ist es jetzt auch so wichtig, sich die fundamentalen Zusammenhänge der schiffbaulichen Produktentwicklung zu vergegenwärtigen.

Um nun zu verstehen, wie die Rumpfform gestaltet werden muss, um einen besonders geringen Energiebedarf des Schiffes in allen Bedingungen realisieren zu können, ist es nun nötig, wenigstens ein paar relevante physikalische Grundlagen der Schiffsumströmung zu erläutern, und zwar vor allem in Bezug darauf, welche Einsparmöglichkeiten sich daraus ergeben.

Die für das Schiff benötigte Antriebsleistung setzt sich aus zwei Komponenten zusammen: dem Schiffswiderstand und dem Wirkungsgrad des Propellers. Dazu ist es zunächst notwendig, zu verstehen, aus welchen Komponenten sich der Schiffswiderstand zusammensetzt und wie diese zu beeinflussen sind. Stark vereinfacht besteht der Schiffswiderstand aus zwei Komponenten:

- Wellenbildung
- Reibung

Dabei gilt das Hauptaugenmerk der Schiffbauer im Wesentlichen der **Wellenbildung**. Diese entsteht, weil das Schiff an der Grenzfläche zweier Medien fährt, und die Wellenbildung ist – wenn man nichts dagegen unternimmt – für den Hauptanteil des Widerstandes verantwortlich. Der sogenannte Wellenwiderstand hängt dabei im Wesentlichen von einer dimensionslosen Geschwindigkeit ab, welche man mit der Schiffsgeschwindigkeit geteilt durch die Schiffslänge und die Erdbeschleunigung bildet (genauer: mit der Wurzel aus Schiffslänge und Erdbeschleunigung). Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass längere Schiffe bei gleicher Geschwindigkeit weniger Wellen erzeugen und daher weniger Leistung benötigen (der Volksmund sagt dazu: „Länge läuft“). Diese dimensionslose Geschwindigkeit nennt man – nach Ihrem „Erfinder“ Froude´sche Zahl, bezeichnet mit  $F_n$ . Man kann nun leicht zeigen, dass der Wellenwiderstand etwa mit der vierten Potenz der Froudezahl ansteigt.

Fährt man mit einem Schiff also doppelt so schnell, dann steigt der Wellenwiderstand um das  $2^4 = 16$ fache an. Weil physikalisch Leistung dadurch entsteht, dass man eine Kraft mit einer Geschwindigkeit mal nimmt, würde die dafür benötigte Leistung um

das  $2^5 = 32$ fache ansteigen. Würde man umgekehrt die Länge des Schiffes verdoppeln, dann würde bei gleicher Geschwindigkeit der **Wellenwiderstand** um das 4fache sinken, weil die Länge bei der Froudezahl unter der Wurzel im Nenner steht.

Damit wird klar, dass es extrem wichtig ist, das Phänomen der Wellenbildung zu verstehen und zu beherrschen, weil dadurch – anders als bei allen anderen Verkehrsträgern, die ja keine Wellen kennen – gewaltige Leistungseinsparungen möglich sind.

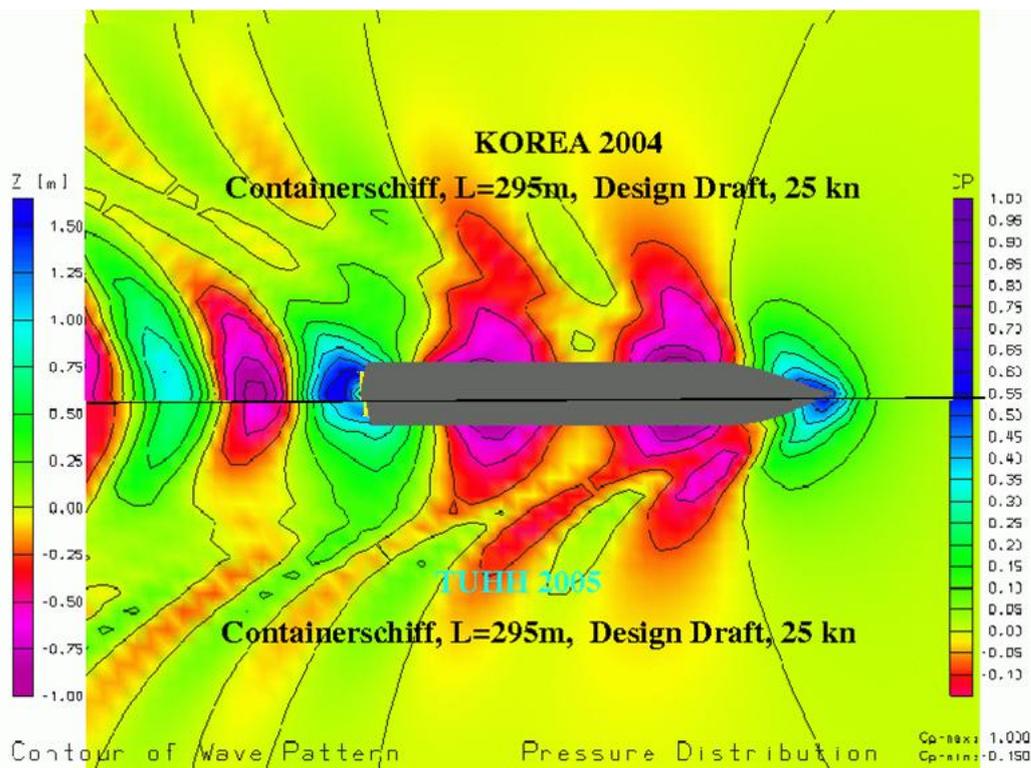
Grundsätzlich kann man – neben der Tatsache, dass man das Schiff einfach nur ausreichend lang machen muss – den Wellenwiderstand vor allem dadurch senken, dass man das Schiff an den Enden extrem anschärft. Dadurch verliert man aber Tragfähigkeit, woraus für die Schiffsentwerfer ein sehr schwieriger Zielkonflikt entsteht.

Nun wird dieser Zielkonflikt von den Schiffbauern dahin gehend gelöst, dass man die Schiffe (stark vereinfacht) in verschiedene Kategorien aufteilt:

- Die eine Sorte Schiff transportiert eher niederwertige Ladung. Dafür muss die Geschwindigkeit nicht sehr hoch sein, und es besteht kein Grund dafür, die Schiffe besonders schlank gestalten zu müssen, die Schiffe realisieren die Transportleistung im Wesentlichen über eine hohe Tragfähigkeit. Das sind im Wesentlichen Tanker und Massengutfrachter, die auf den langen Routen eingesetzt werden.
- Die andere Sorte Schiff transportiert sehr hochwertige Güter, meist Industrieendprodukte oder Passagiere. Weil die Ladung sehr wertvoll oder verderblich ist, muss die Geschwindigkeit relativ hoch sein. Daher sind die Schiffe extrem schlank und haben nur eine geringe Tragfähigkeit. Die Schiffe operieren als Teil einer ausgefeilten Logistikkette in Kurzstreckenverkehren. Das sind im Wesentlichen RoRo-Schiffe, Fähren und Kreuzfahrtschiffe.

Containerschiffe und Mehrzweckfrachter liegen irgendwo dazwischen, aber eher Richtung der ersten Kategorie. Bei der zweiten Sorte wird die Transportleistung auch durch eine entsprechend hohe Geschwindigkeit erreicht, dafür können die Schiffe jetzt weniger mitnehmen. Die Spezialisierung wird im Wesentlichen durch die Physik erzwungen. Betrachtet man nun den absoluten Energiebedarf (oder die dazu gehörigen Emissionen), dann stellt man fest, dass mehr als 90% der gesamten schiffahrtsbedingten Emissionen durch die erste Kategorie der Schiffe verursacht wird. Denn diese stellen die überwiegende Anzahl dar, und benötigen aufgrund ihrer Größe ja absolut gesehen auch eine große Antriebsleistung. Absolut gesehen hat die zweite Kategorie der Schiffe ja relativ geringe Antriebsleistungen, bei einer geringen Anzahl der Schiffe (wenn man einmal von den ganz extrem schnell fahrenden Fähren absieht). Dass die Antriebsleistung so gering ist, wird dadurch erreicht, dass man die Schiffsrümpfe sehr intelligent gestaltet und dadurch bewusst auf Tragfähigkeit verzichtet. Wegen der absolut geringen Antriebsleistungen sowie der geringen Anzahl der Schiffe erzeugt die zweite Kategorie der Schiffe auch praktisch kaum

CO<sub>2</sub>-Emissionen. Genau diese Schiffe werden von den europäischen Werften bevorzugt gebaut, eben weil ein guter Schiffsentwurf in dieser Liga so schwierig ist. Denn es ist durch intelligentes Design des Schiffsrumpfes unter Verwendung der oben beschriebenen Strömungsberechnungen durchaus möglich, bis zu 30 % an benötigter Antriebsleistung einzusparen (vgl. dazu Abbildung 18). Nur dadurch, dass man die Antriebsleistung dieser eigentlich voll durchoptimierten Schiffe ins Verhältnis zur Nutzlast setzt und damit postuliert, dass nur langsame Schiffe, die eine hohe Nutzladung mitnehmen können, energieeffizient sind, kommt es zu den nicht physikalisch begründbaren Verwerfungen bei der IMO.



**Abbildung 18: Durch systematische Optimierung des Rumpfes lassen sich bei den meisten Schiffen erhebliche Einsparungen erzielen, wenn die Wellenbildung reduziert wird**

Der Reibungswiderstand des Schiffes folgt wiederum völlig anderen physikalischen Gesetzmäßigkeiten. Dieser besteht – stark vereinfacht – aus zwei Anteilen:

- Der Flüssigkeitsreibung zwischen Wasser und Schiffsaußenhaut
- Dem Formwiderstand

Dabei kann nach derzeitigem Technikstand die Flüssigkeitsreibung zwischen der Außenhaut und Wasser praktisch nicht beeinflusst werden, denn er hängt im Wesentlichen von den Stoffeigenschaften von Wasser und der Außenhaut ab. Das wäre nur möglich, wenn neue Materialien verwendet werden würden, diese sind aber nicht in Sicht. Es gibt zwar Überlegungen für neue Farbenstriche (Stichwort Lotuseffekt), aber diese werden sich für die allgemeine Anwendung kurzfristig nicht durchsetzen, weil noch viele Probleme gelöst werden müssen. Denn der Anstrich muss Bewuchs und mechanischer Beschädigung standhalten, und wenn der Anstrich beschädigt wird, kommt es in der aggressiven Salzwasserumgebung zu Korrosion,

was wiederum ein Sicherheitsproblem ist. Außerdem würden solche Anstriche vermutlich allen Werften zur Verfügung gestellt werden, und damit hätten die deutschen Werften keinen Wettbewerbsvorteil. Gleiches gilt für Überlegungen zur sogenannten Luftschmierung von Schiffen. Diese ist zwar in der Theorie bei ausgewählten Schiffstypen möglich, bringt aber so viele praktische Nachteile mit sich, dass sie kaum wirtschaftlich einsetzbar ist. Fakt ist auf jeden Fall, dass die Flüssigkeitsreibung selbst durch die schiffbauliche Produktentwicklung nicht zu beeinflussen ist.

Dabei hängt der damit verbundene Widerstandsanteil etwa quadratisch von der Schiffsgeschwindigkeit ab (genauer: etwas weniger als quadratisch), und die entsprechende Leistung nimmt dann etwa mit der Schiffsgeschwindigkeit hoch 3 zu. Diese Widerstandskomponente findet sich auch in vergleichbarer Form bei allen anderen Verkehrsträgern. Der aus der Flüssigkeitsreibung entstehende Widerstand hängt ferner von der Größe der benetzten Schiffsoberfläche ab. Je größer diese ist, desto größer wird der daraus resultierende Leistungsbedarf.

Daraus entsteht schon innerhalb der Widerstandsdiziplin ein Konflikt mit dem Wellenwiderstand: Dieser verlangt nach langen, schlanken Schiffen, die wiederum eine große benetzte Oberfläche haben, und damit möglicherweise einen relativ höheren Reibungswiderstandsanteil. Umgekehrt haben völlige Schiffe einen hohen Wellenwiderstandsanteil und können daher wirtschaftlich nur sehr langsam fahren. Daher muss bei wirklich optimierten Schiffen das Verhältnis der Komponenten sehr ausgewogen sein, wozu es einer erheblichen Expertise bedarf. Vor allem dann, wenn das Schiff – wie bei den in Europa üblicherweise gebauten Schiffen – dieses an bestimmte Randbedingungen angepasst werden muss, z. B. um einen bestimmten Hafen noch anlaufen zu können.

Der reibungsbedingte Formwiderstand des Schiffes hängt nun erheblich von der Schiffsform ab. Die dazu nötige Physik ist extrem kompliziert, und kann im Rahmen dieser Studie nicht vermittelt werden. Es beschäftigen sich z. B. an der TU-Hamburg-Harburg etwa 10 Spezialvorlesungen mit genau diesem Thema. Es reicht in diesem Zusammenhang aber folgendes Grundverständnis: Entscheidend für den Formwiderstand ist die Tatsache, dass die Strömung immer am Rumpf anliegen muss. Tut sie das, dann ist der Formwiderstand extrem gering, und hängt dann auch nicht mehr stark von Details der Form ab. Löst die Strömung dagegen vom Rumpf ab, weil dieser zu stumpf ist, dann steigt der Formwiderstand extrem an.



**Abb. 18:** Beispiele für eine Strömungsablösung. Links erkennt man, dass die Strömung dem stumpfen Körper hinten (rechts) nicht mehr folgt. Im Farbanstrichversuch eines Schiffsmodelles erkennt man das daran, dass die Farbe nicht verlaufen ist (die Strömung steht an der Stelle).

In diesem Zusammenhang reicht es aus, zwischen diesen beiden Strömungszuständen zu unterscheiden: Anliegend oder mit Ablösung. Nun ist bei den durch die deutschen Werften gefertigten Schiffen fast ausnahmslos so, dass der Fall mit Ablösung praktisch nicht vorkommen darf, weil die Schiffe sehr schlank sein müssen. Wenn die Strömung im Modellversuch trotzdem ablöst (wie in Abbildung 18, rechts), dann wird das Problem beseitigt. Denn sonst wäre die Antriebsleistung viel zu hoch und das Schiff wäre nicht wettbewerbsfähig. Bei den völligen Schiffen wie Tankern oder Bulkern ist es anders: Dort nimmt man solche Ablösungen und den damit verbundenen hohen Energieverbrauch grundsätzlich in Kauf, weil durch die hohe Völligkeit eine größere Tragfähigkeit erzielt wird und die Schiffe eben einfach sehr langsam fahren (aber eben nicht effizient, das sieht nur die IMO so). Daher spielt sehr vereinfacht gesagt – der Formwiderstand bei den in Deutschland gebauten Schiffen nur eine sehr geringe Rolle, weil die Ablösung fast immer vermieden werden muss.

**Daraus ergibt sich etwa Folgendes: Wenn das Schiff keine Ablösung hat, und entsprechend der Entwurfsgeschwindigkeit angeschärft ist, sodass der Wellenwiderstand gering ist, dann hängt der Leistungsbedarf des Schiffes etwa von der dritten Potenz der Geschwindigkeit ab. Passt der Anschärfungsgrad nicht zur Geschwindigkeit, dann kann der Leistungsbedarf auch mit der vierten oder gar fünften Potenz der Geschwindigkeit steigen. Bei den in Deutschland gebauten Schiffen, die vernünftig optimiert sind, gilt die dritte Potenz. Aus dieser Gesetzmäßigkeit ergibt sich, dass die deutschen Werften gegenüber Billiganbietern erhebliche Wettbewerbsvorteile aus der Beherrschung der Physik ziehen können.**

Neben dem Schiffswiderstand spielt auch der erzielbare Wirkungsgrad des Propellers (stark vereinfacht, es gibt noch weitere Komponenten, daher heißt er auch Propulsionsgütegrad) eine entscheidende Rolle, denn die für das Schiff benötigte

Antriebsleistung errechnet sich aus Widerstand mal Geschwindigkeit dividiert durch den erzielbaren Propellerwirkungsgrad. Dieser kann nicht beliebig groß sein, sondern es existiert für Propeller eine aus der Theorie festgelegte Grenze, die dieser keinesfalls überschreiten kann. Das ist prinzipiell ähnlich wie bei den oben diskutierten Wärmekraftmaschinen. Bei Propellern kommt es grob vereinfacht auf den Schub an, die der Propeller je Flächeneinheit erzielen muss: Theoretisch kann der Wirkungsgrad 1 werden, aber dann erzeugt der Propeller keinen Schub mehr. Typische Wirkungsgrade, die man heute erzielen kann, liegen bei fast 80 % für voll durchoptimierte Zweischraubenschiffe. Bei den besten Containerschiffen schafft man etwa 75 %. Bei Tankern und Bulkern liegt dieser etwa bei 60-70 %. Bei sehr langsamen, völligen Schiffen mit kleinen Propellern liegt der Wirkungsgrad auch bei nur 50 %. Daraus ergibt sich zunächst einmal, dass der Wirkungsgrad des Propellers immer dann automatisch hoch wird, wenn der Widerstand klein ist. Umgekehrt kommt selbst der beste Propeller nur auf einen schlechten Wirkungsgrad, wenn der Widerstand hoch ist. Schafft man es, zusätzlich bei einem optimierten Schiff noch einen sehr großen Propeller anzubringen, dann erreicht man vielleicht die oben angegebenen besonders hohen Wirkungsgrade. Diese sind dann auch durch Zusatzeinrichtungen (die sogenannten propulsionsverbessernden Maßnahmen) nicht mehr zu steigern. Das energieoptimale Schiff hat also einen sehr geringen Widerstand und einen großen Propeller. So einfach ist das im Prinzip.

Wenn nun der Widerstand des Schiffes sehr hoch ist, dann entstehen zusätzlich am Propeller erhebliche Verluste. Diese kann man durch Zusatzmaßnahmen – die sogenannten propulsionsverbessernden Maßnahmen – welche auch nachrüstbar sind, ein wenig lindern. Es kann aber nie so effizient werden wie ein von vorneherein in der frühen Projektphase konsequent durchoptimiertes Schiff. Wenn man diese Zusammenhänge einmal grundsätzlich verinnerlicht hat, dann versteht man auch, warum der Markt für die sogenannten propulsionsverbessernden Maßnahmen (Düsen, Mewis- Duct, Finnen, Contra- Rotierende Propeller, Segeldrachen usw. usf.) so boomt: Die Schiffe sind im Prinzip schlecht entworfen, es entstehen wegen der hohen Widerstände hohe Verluste, und diese können zum Teil durch solche Maßnahmen wieder zurückgewonnen werden.

Das ist natürlich viel weniger vernünftig, als das Schiff von vorneherein richtig zu entwerfen, der Anbau der einzelnen Maßnahmen wird aber in der Öffentlichkeit (und leider auch von der Politik) als besonders innovativ angesehen, der Entwurf eines optimierten Schiffes durch eine kompetente Werft dagegen nicht.

**Zusammenfassend kann man sagen, dass sich bei einem guten Schiff ein optimaler Propulsionsgütegrad automatisch einstellt. Die effizienteste Propulsion ist also die, welche keiner weiteren Zusatzmaßnahmen bedarf.**



**Abbildung 19: Kavitationsbildung an einem Propeller. Quelle: HSVA**

Ein ganz wichtiger Teilaspekt darf dabei auf keinen Fall außer Acht gelassen werden, und das betrifft die Geräuscentwicklung von Propellern. Propeller neigen wegen der starken Unterdrücke auf der Saugseite zur Dampfblasenbildung (Kavitation). Das ist in Abbildung 19 prinzipiell gut zu sehen. Ohne nun auf physikalische Details des Problems einzugehen, ist es so, dass diese Kavitationserscheinungen zu erheblichem Vibrations- und Geräuscheintrag in das Schiff führen. Dabei ist es so (eine genaue Begründung kann hier nicht gegeben werden, weil die hinterlegte Physik extrem komplex ist), dass der Wunsch nach Kavitationsarmut entgegen der Forderung steht, einen guten Wirkungsgrad erzielen zu wollen. Fast alles, was für den Wirkungsgrad gut ist, ist für die Vibrationen und Geräusche kontraproduktiv. Lediglich ein geringer Schiffswiderstand und eine damit verbundene Propellerzuströmung ohne Ablösung helfen beiden.

Nun ist die mit Propellern verbundene Geräuscentwicklung speziell für die Produkte der deutschen Werften ein Problem (das die leistungsfähigen Werften aber durchaus im Griff haben). Denn deren Kunden fordern - ganz im Gegensatz zu den Kunden der Billiganbieter – einen hohen Komfortstandard auf den Schiffen. Dadurch muss extrem viel Mühe aufgewendet werden, um das Kavitationsproblem zu lösen (bei den Schiffen, welche der Autor dieser Studie hydrodynamisch zu verantworten hatte, wurden etwa 80 % des vorgesehenen Modellversuchsbudgets für Kavitationsversuche im HYKAT der HSVA verbraucht). Bei den meisten Schiffen, die in Fernost – hier vor allem China – abgeliefert werden, werden diese Fragestellungen überhaupt nicht untersucht, und die Schiffe vibrieren teilweise erheblich.

Bei den hier im Rahmen der Studie zu diskutierenden Problemen ist das insofern ganz wichtig, weil unter Beachtung der Randbedingung, dass das Schiff ein

bestimmtes Komfortniveau erreichen muss, viele Vorschläge, welche die Energieeffizienz des Schiffes erhöhen könnten, deswegen für die deutschen Werften nicht durchführbar sind, weil damit das geforderte Komfortniveau nicht erreicht werden kann. Das gilt für jede Art von Gegenlaufpropellern, das gilt für Kappel- oder vergleichbare Propeller und weiterhin für fast jedes Zusatzgerät, welches vor dem Propeller montiert wird. Dies kann nur dann installiert werden, wenn man nicht auf Schwingungen Rücksicht nehmen muss (und es mit den Grenzwerten nicht ganz so genau halten muss). Es werden aber durch die Öffentlichkeit und die Politik genau die Maßnahmen als innovativ bezüglich der Energieeffizienz angesehen, welche sich gerade für die Produkte der deutschen Seeschiffswerften eben nicht eignen.

**Zusammenfassend kann man sagen, dass die Vermeidung von Vibrationen und Geräuschen durch den Propeller dazu führt, dass man nicht die Wirkungsgrade erzielen kann, welche bei Weglassen der Komfortforderungen erzielbar sind. Fast alle sogenannten propulsionsverbessernden Maßnahmen verschlechtern aber das Komfortverhalten als Gegenleistung für einen Effizienzgewinn. Daher muss die Beurteilung solcher Konzepte auf seriöser Basis erfolgen, was leider derzeit nicht der Fall ist. Bei dem durch die IMO vorgelegten Maßnahmenkatalog zur Effizienzverbesserung der Propulsion handelt es sich fast ausschließlich um Maßnahmen, welche für die deutschen Werften aus Komfortgründen nicht akzeptabel sind. Dadurch wird die ganze Energiedebatte stark verfälscht.**

## 8.9. Die wettbewerbsverzerrende Wirkung des EEDI

Nachdem nun die wesentlichen Grundlagen diskutiert worden sind, welche für den Leistungsbedarf eines Schiffes verantwortlich sind, kann aufgezeigt werden, wie schädlich der EEDI für den deutschen Schiffbau wirklich ist. Dazu wird in zwei Stufen vorgegangen (vgl. Abbildung 20)

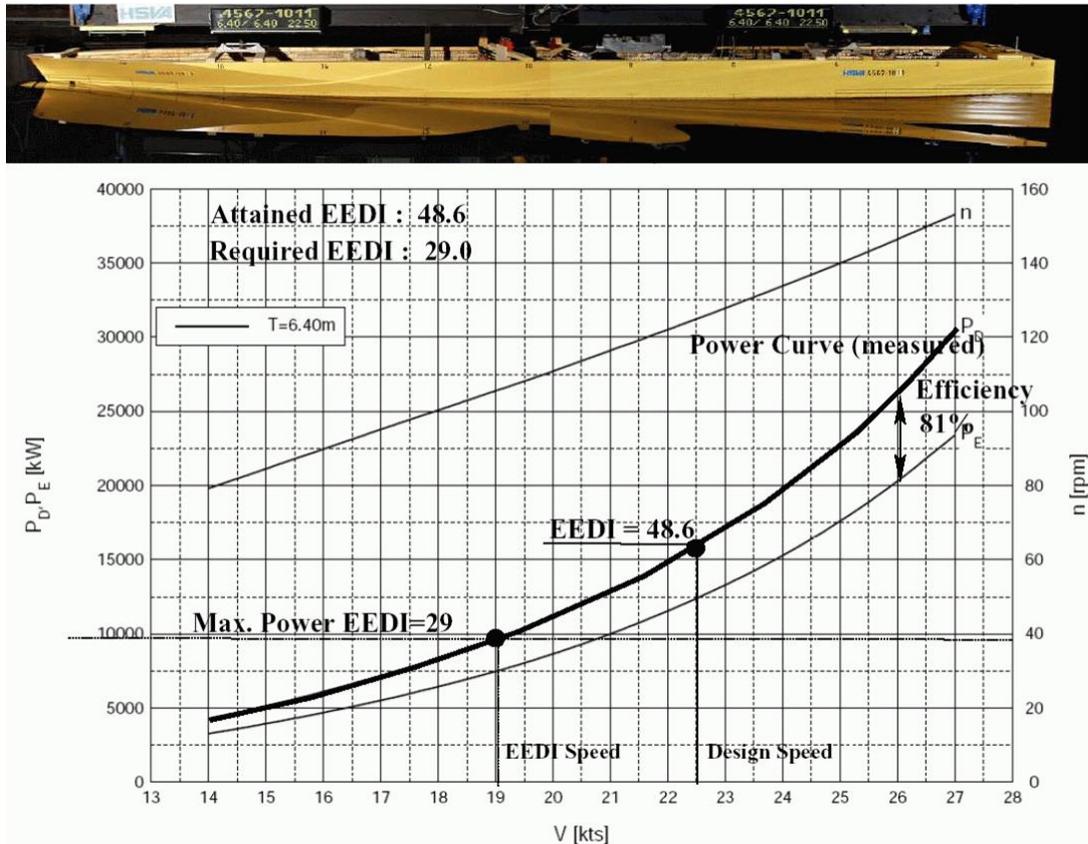


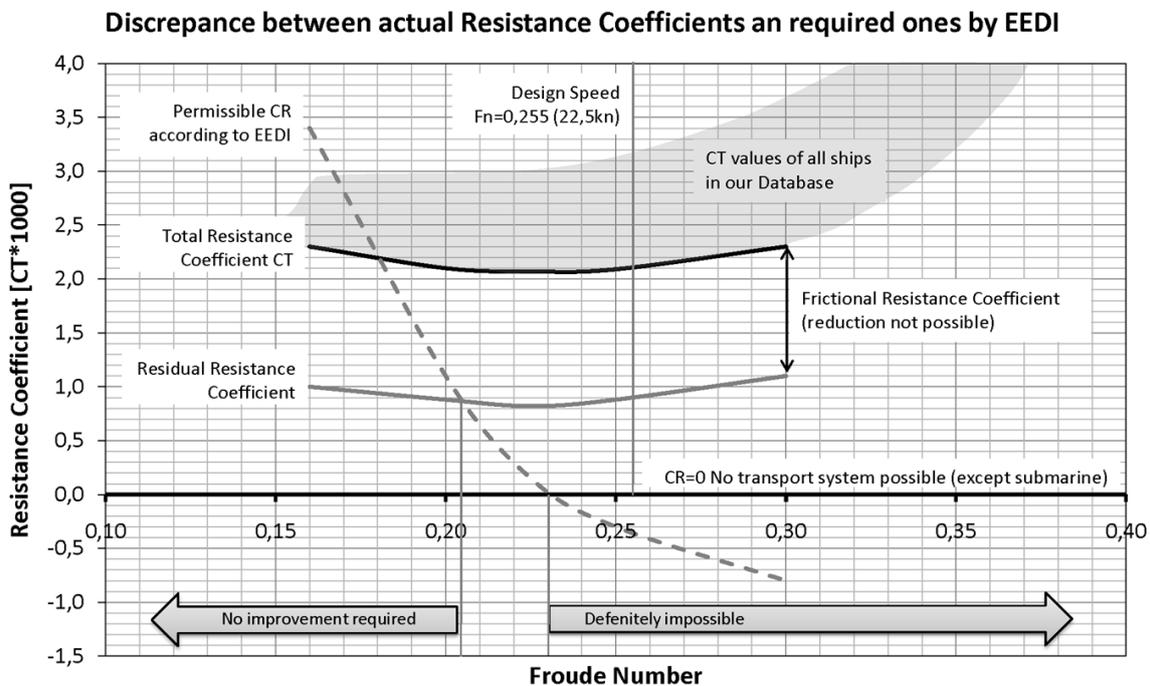
Abbildung 20: Die Berechnung des EEDI für das Beispielschiff

Untersucht wird das am besten optimierte RoRo-Schiff, welches wir in unserer Datenbasis haben. Der Schiffsentwurf ist sehr ausgefeilt und wurde in vielen Schritten sorgfältig optimiert. Der Modellversuch ergab geringstmögliche Widerstände, es findet kaum eine Wellenbildung statt. Der Propulsionsgütegrad des Schiffes liegt bei 81 % (!). Das Schiff ist für eine Geschwindigkeit von 22.5 kn entworfen und braucht dafür eine Leistung von 15700 kW. Es wird weiter unten gezeigt werden, dass dieses Schiff mit der gegenwärtigen Technik (also keine widerstandsreduzierende Farbe o. dergl.) praktisch nicht mehr zu verbessern ist. Dafür ist das Schiff extrem angeschärft worden. Es erreicht genau die Tragfähigkeit, die es erreichen soll.

Berechnet man für dieses Schiff den EEDI, dann findet man nach der oben angegebenen Formel heraus, dass das Schiff einen EEDI von 48.6 zugewiesen bekommt. Es darf aber nach der Baseline nur einen EEDI von 29.0 haben und fällt damit komplett durch. Nun wurde behauptet, dass das Schiff nicht mehr zu verbessern ist, und damit kann die Relation zwischen Geschwindigkeit und Leistung

nicht verändert werden. Somit verbleibt nur eine Geschwindigkeitsreduktion, um den geforderten und den erteilten EEDI auf das gleiche Niveau zu bekommen. Denn im EEDI tritt die Geschwindigkeit linear auf, in der echten Physik aber in dritter Potenz. Man stellt dann fest, dass das Schiff nur noch so viel Leistung erhalten darf (tatsächlich deckelt der EEDI die erlaubte Motorleistung), dass das Schiff nur noch 19 kn fahren darf. Der EEDI führt also zu einem dramatischen Geschwindigkeitsverlust von 3.5 kn.

Nun würden die Erfinder des EEDI – vor allem die dänische Delegation bei MEPC – anhand dieses Sachverhaltes sofort behaupten, dass das Schiff eben nicht energieeffizient wäre und nur vernünftig optimiert werden müsste, um den EEDI schaffen zu können. Daher haben wir einmal dieses unterstellt und untersucht, was denn herauskommen müsste, um den EEDI mit diesem Schiff bestehen zu können. Das ist in Abbildung 21 dargestellt.



**Abbildung 21: Die Berechnung des EEDI für das Beispielschiff**

In Abbildung 21 haben wir die entsprechenden Verhältnisse zusammengestellt. Die horizontale Achse zeigt dabei die Froudezahl  $F_n$  (also die dimensionslose Geschwindigkeit für den Wellenwiderstand, s. o). Auf der vertikalen Achse ist der dimensionslose Schiffswiderstand aufgetragen (weil er dimensionslos ist, wäre er dann eine Parallele zur horizontalen Achse, wenn der Widerstand exakt quadratisch von der Schiffsgeschwindigkeit abhängen würde).

Die graue Wolke zeigt die dimensionslosen Widerstände aller Schiffe, die wir haben, und man erkennt zunächst einmal, dass wirklich das beste Schiff mit dem geringsten (dimensionslosen) Widerstand ausgewählt wurde. Die schwarze Kurve zeigt den

gesamten Widerstand des Schiffes an, die graue Kurve nur den Wellenwiderstand. Die Differenz zwischen der schwarzen Kurve und der grauen Kurve ist also der Reibungswiderstand des Schiffes. Wir haben diese Aufteilung deswegen vorgenommen, weil ja der Reibungswiderstand der Schiffe praktisch kaum beeinflusst werden kann. Damit gibt die graue Kurve die real vorhandene Physik wieder.

Nun haben wir rückwärts gerechnet, welchen Wellenwiderstand das Schiff denn haben dürfte, wenn es die EEDI-Forderung der IMO erfüllen müsste. Das ist die gestrichelte graue Kurve in Abbildung 21. Man erkennt nun zunächst einmal, dass die beiden Verläufe sehr unterschiedlich sind. Damit ist zunächst einmal bewiesen, dass der EEDI die Physik auf keinen Fall richtig wiedergibt, wie vorher schon herausgearbeitet wurde.

Gleichwohl enthält Abbildung 21 eine Reihe von pikanten Details, welche hier diskutiert werden müssen: Geht man davon aus, dass das Schiff seine Geschwindigkeit wirklich benötigt, um seinen Fahrplan einhalten zu können, dann gehört dazu eine Froudezahl von etwa 0.28. Dann müsste das Schiff aber einen negativen Wellenwiderstand haben, um den EEDI-Forderungen zu genügen, sprich das Schiff muss Energie aus den Wellen erzeugen können. Es ist klar, dass das physikalisch völlig unmöglich ist. Damit bestraft der EEDI aber nicht das Schiff, sondern die Transportidee, denn es gibt ja für die gewählte Transportidee keine physikalisch mögliche Lösung.

Theoretisch möglich wäre es gerade noch, das Schiff als Unterseefahrzeug zu konzipieren, dann hätte es einen Wellenwiderstand von genau 0. Damit erreicht das Schiff dann noch eine Froudezahl von 0.225 entsprechend einer Geschwindigkeit von etwa 19.7 kn. Vermutlich wäre ein Reeder mit dieser gerade noch physikalisch möglichen Transportidee nicht sehr glücklich.

Würde man aber umgekehrt davon ausgehen, dass das Schiff langsamer fahren soll, z. B. mit einer Geschwindigkeit von 18 kn, dann könnte man den Wellenwiderstand verdoppeln und das Schiff damit künstlich verschlechtern. Trotzdem wäre es nach Auffassung der IMO sehr energieeffizient. Das heißt, dass die ganzen mühsam in das Schiff durch eine deutsche Werft mit modernsten Methoden eingebrachten Verbesserungen genau dann völlig unnützlich sind, wenn man beschließt, das Schiff einfach nur etwas langsamer fahren zu lassen.

Damit ist wohl aus technischer Sicht eindeutig bewiesen, dass der Vorschlag der IMO zu physikalischem Schwachsinn führt, der zulasten gerade des europäischen Schiffbaus geht.

**Zusammengefasst kann man nun feststellen, dass die Wirkung des EEDI nichts weiter ist als ein schlecht formuliertes Geschwindigkeitslimit, welches sich besonders nachteilig auf die Schiffe auswirkt, die von den europäischen Werften hergestellt werden. Bedenkt man, dass die ganze Entwicklung eigentlich initiiert worden ist, um dem Klimawandel entgegenzuwirken, dann**

wird der ganze Irrsinn dieser Entwicklung deutlich. Es wird keine einzige Tonne an CO<sub>2</sub> gespart (auch schon deswegen nicht, weil die Reeder natürlich solange wie möglich mit den jetzigen Schiffen weiterfahren werden), und es werden genau die Schiffe vom Markt genommen werden, die besonders energieeffizient sind. Schlimmer konnte man einen eigentlich vorhandenen Standortvorteil nicht in sein genaues Gegenteil verwandeln, und hier hat die Politik eindeutig über lange Zeit die falschen Weichen gestellt.

## 8.10. Über die wettbewerbsverzerrende Wirkung einer Geschwindigkeitsreduktion

Bis jetzt ist als einziger Punkt noch nicht diskutiert worden, welchen Effekt eine Geschwindigkeitsreduktion tatsächlich hätte. Denn von ganz vielen schiffbaulichen Auguren wird als wesentlicher Lösungsansatz vorgeschlagen, einfach die Geschwindigkeit zu reduzieren und so das CO<sub>2</sub>-Problem zu lösen. Dieser Vorschlag ist aber sehr verfälschend, und er soll im Weiteren diskutiert werden. Denn Begriffe wie Slow Steaming, Super Slow Steaming etc. werden ja gegenwärtig heiß diskutiert, und es ist denkbar, dass wiederum politisch die falschen Weichen gestellt werden.

Dazu ist zunächst einmal ganz nüchtern anzumerken, dass der Begriff des "Slow Steaming" exakt zeitgleich mit der einsetzenden Wirtschaftskrise aufgekommen ist. Die Schiffe hatten ohnehin keine Ladung mehr und lagen massenhaft auf, und von daher war es völlig logisch, die noch vorhandenen Schiffe deutlich langsamer zu betreiben. Somit haben die Schiffsbetreiber und deren Dienstleister zunächst die ohnehin gebotene Geschwindigkeitsreduktion als nützlichen Umweltbeitrag hingestellt.

Betrachtet man aber gegenwärtig die wirtschaftlichen Eckdaten, dann kostet der Brennstoff etwa genau so viel wie zu den Zeiten, als alle Welt noch größere Hauptmotoren gefordert hat, weil die Schiffe aus wirtschaftlichen Gründen eben noch viel schneller fahren müssten. Es ist daher nicht einzusehen, weshalb man bei sonst gleichen Eckdaten heute ganz langsam fahren muss, und warum man gleichzeitig bis etwa Mitte 2008 noch die technisch erreichbaren Geschwindigkeiten extrem steigern musste. Damals waren ja allen Ernstes Zweischrauben- Containerschiffe in der Diskussion, um eben noch viel schneller fahren zu können, und jeder Betriebswirtschaftler konnte einem glaubhaft vorrechnen, dass die Schiffe einfach so schnell fahren müssten, um wirtschaftlich zu sein.

Mit technischer Vernunft hat das alles nichts zu tun. Trotzdem mag es vernünftig sein, die benötigten Schiffsgeschwindigkeiten im Einzelfalle nachzjustieren, bloß müsste dies eben auf der Basis von sauber durchgerechneten Lebenszykluskostenmodellen (!) geschehen und nicht aus dem Bauchgefühl der Märkte heraus. Fakt ist natürlich, dass man weniger Kraftstoff braucht, wenn man langsamer fährt, nur dann sinkt ja auch die Transportleistung.

Ganz anders sieht es dagegen bei den für uns so wichtigen europäischen **Kurzstreckenverkehren** aus: Hier fahren die Schiffe auf kurzen Routen in Konkurrenz zu anderen Verkehrsträgern. Bei einer Produktionsgesellschaft, die das „Just- in Time“- Prinzip zum Credo erhoben hat, ist eben auch die Transportgeschwindigkeit von ausschlaggebender Bedeutung. Und die Schiffe müssen auf kurzen Distanzen einen bestimmten Fahrplan halten, daher können sie eben nicht so flexibel die Geschwindigkeit ändern wie auf den langen Seerouten. Ganz entscheidend ist aber, dass bei den Kurzstreckenverkehren der Kunde die Wahl hat, das Verkehrssystem wechseln zu können. Damit würde eine einseitige Schwächung der Schifffahrt durch unsinnige Geschwindigkeitsreduktionen dazu führen, dass der Verkehr von den Schiffen verlagert werden wird: Passagiere nehmen den Billigflieger und Spediteure dann eben den LKW. Das Prinzip „From Road To Sea“ wird in das Gegenteil verkehrt, und das trifft dann nicht nur die Schiffbauer auf den Werften, sondern auch die Reedereien, die Hafenwirtschaft sowie letztlich die Umwelt, denn es wird ja mehr CO<sub>2</sub> emittiert.

Das Problem der Verkehrsverlagerung wurde auch bei der IMO/MEPC auf dem Intersessional Meeting im März 2009 diskutiert (der Autor war selbst zugegen). Aus Sicht einiger IMO-Delegationen wäre das Problem mit einer Verkehrsverlagerung durchaus gelöst (der Autor war bei der Diskussion im Plenum selbst dabei), weil ja dadurch die Emissionen der Schifffahrt reduziert würden, und exakt das wäre das Mandat der IMO.

**Dem ist nach unserer Ansicht nach nichts mehr hinzuzufügen.**

## **8.11. Die Rolle des EEDI- Verifiers**

Durch die IMO ist geplant, dass die spätere Zertifizierung des EEDI durch die Klassifikationsgesellschaften vorgenommen werden soll. Es liegt zwar im Ermessen des jeweiligen Flaggenstaates, wen er mit der Zertifizierung betraut, aber derzeit sieht es auf jeden Fall so aus, dass die Klassifikationsgesellschaften die natürlichen EEDI-Zertifizierer werden sollen (Verifier). Ob noch andere Organisationen als Verifier vorgesehen sind, ist derzeit völlig offen. Wenn es so kommt, dass ausschließlich die Klassifikationsgesellschaften als EEDI-Zertifizierer akzeptiert werden, dann wird das derzeitige Kräfteverhältnis extrem gestört, und zwar zum Nachteil der Seeschiffswerften und der Schiffbauversuchsanstalten, welche die eigentlichen Know- How- Träger der nötigen Expertise sind.

Denn die Klassifikationsgesellschaft als Zertifizierer kann die Arbeit der Versuchsanstalten aus fachlicher Sicht nicht wirklich bewerten. Außerdem besteht die Wettbewerbsfähigkeit der Versuchsanstalt genau in den wohl gehüteten Geheimnissen, wie sie nun genau von den Modellwerten auf das naturgroße Schiff umrechnet. Konsequenterweise muss die Versuchsanstalt ihr gesamtes Know- How dem Zertifizierer offenlegen, wenn dieser das Zertifikat ausstellen soll. Und genau so

steht es in den Ausführungsbestimmungen der IMO zur Implementierung des EEDI. Damit wäre die Wettbewerbsfähigkeit der Versuchsanstalt nachhaltig zerstört.

Für die Seeschiffswerften wird die Lage extrem kompliziert: Sie haben nicht mehr – wie bisher – einen Partner, mit dem sie ihr Know- How teilen, sondern es kommt der Verifier als weitere Instanz mit ins Spiel, der alle Verabredungen und Entwicklungsschritte zwischen Werft und Versuchsanstalt bezüglich EEDI-Kompatibilität überwachen muss, ohne dass er das wirklich fachlich leisten kann. Ferner muss der Verifier die gesamte Werftprobefahrt und deren Auswertung nach bestimmten Standards überwachen, auch das kann eine Klassifikationsgesellschaft fachlich typischerweise nicht leisten.

Besonders problematisch wird es, wenn Forderungen sich widersprechen (wie es immer in der Technik ist) oder wenn das Schiff den EEDI nicht erreichen kann (wie es für fast alle Produkte der deutschen Werften der Fall ist, wegen der mangelhaften Physik des EEDI). Weil die Werft ihre gesamten Unterlagen an den Verifier geben muss, legt sie diesem ihr weiterhin gesamtes Know- How offen, mit ungewissem Ausgang. Völlig unklar ist, wie vor diesem Hintergrund überhaupt eine Weiterentwicklung stattfinden soll.

Und ganz heikel wird es, wenn einzelne (privatisierte) Klassifikationsgesellschaften die gleichen Leistungen, die sie im hoheitlichen Auftrag zertifizieren sollen, als private Ingenieurdienstleistungen erbringen dürfen. Das schafft ein erhebliches Konfliktpotenzial und schadet letztlich massiv den deutschen Seeschiffswerften. Und besonders problematisch ist es dann noch, wenn einzelne Klassifikationsgesellschaften als offizielle Berater der Politik auftreten, und sich damit genau die Regeln schaffen dürfen (EEDI), zu welchen sie dann erst Beratungen und dann Zertifizierungen durchführen dürfen. Und das I-Tüpfelchen auf dem Problem ist dadurch gegeben, dass es für die Regeln (EEDI) im Bereich der realen Physik keine technische Lösung gibt, sodass man fast zwangsläufig eine Beratung in Anspruch nehmen muss, um ein Zertifikat erhalten zu können.

**Zusammengefasst kann man eindeutig feststellen, dass die schiffbaulichen Entwurfsprozesse extrem gestört werden, wenn einzig und allein die Klassifikationsgesellschaften als Verifier zugelassen werden. Von daher muss es eine politische Minimalforderung sein, vor allem die Schiffbauversuchsanstalten als Verifier einzusetzen, denn diese haben die natürliche Kompetenz bei gleichzeitiger Unabhängigkeit. Es ist weiterhin zu prüfen, inwieweit es zu unverhältnismäßigen Überschneidungen zwischen hoheitlichen Zertifizierungsaufgaben und privatwirtschaftlichen im Rahmen der EEDI- Verifizierung kommen wird.**

## 8.12. Technische Möglichkeiten zur Energieeffizienzverbesserung

Im Grunde genommen wurden die wesentlichen Punkte, die tatsächlich zu einer verbesserten Umweltverträglichkeit der Schiffe führen werden, schon genannt. Das betrifft aus schiffbaulicher Sicht ganz einfach alle Fragestellungen, die mit geeigneten Werkzeugen in der frühen Produktentwicklungsphase des Schiffsentwurfes abgearbeitet werden können. Das sind im Prinzip folgende:

- Optimierung der Schiffslinien bezüglich minimalen Wellenwiderstandes
- Optimierung der Schiffslinien bezüglich stetiger Druckverteilung
- Optimierung des Propellerzustromes bezüglich Gleichmäßigkeit und Druckimpulse
- Optimierung der Schiffsanhänge wie Wellenleitungen etc.
- Optimierung der Propeller bezüglich Wirkungsgrad und Druckimpulse
- Optimierung der Ruder und der Rumpf-Propeller-Ruder-Interaktion

Alle diese Dinge kann man jetzt schon tun, und von den leistungsfähigen Werften wird das jetzt auch schon so gemacht. Dadurch entstehen nachweislich gegenüber den Werften in Fernost Reduktionen von bis zu 25 % im direkten Kraftstoffverbrauch. Entscheidend dabei ist, dass diese Dinge von den Werften in der frühen Produktentwicklungsphase gemacht werden können, damit diese die Produkthoheit behalten.

Das ist der wesentliche Schlüssel zur Energieeffizienz, allerdings ist er sehr unspektakulär und daher schlecht zu greifen. Wenn man aber die oben genannten Dinge anfasst, entstehen gegenüber Billiganbietern erhebliche Wettbewerbsvorteile. Diese sind alleine von der Werft durch rein schiffbauliche Dinge zu bewerkstelligen, und sie werden alle von den derzeitigen Bewertungsschemata für Schiffe auch erfasst (z. B. in Bauverträgen), zumindest bei den Kunden, für die deutsche Werften bauen.

Mehr ist aber bei der derzeitigen Bewertungslandschaft nicht zu machen, und selbst das würde extrem gefährdet, wenn der EEDI kommt.

Würde die Politik nun durch geeignete Maßnahmen den Brennstoff erheblich verteuern, aber allmählich steigend, dass die Branche sich langfristig darauf einstellen kann, dann würden die Märkte gezwungen werden, den Ansatz der Lebenszykluskostenrechnung aufzunehmen. Dabei muss die Erhöhung – z. B. im Rahmen eines Zertifikatehandels oder einer Zusatzbesteuerung – stetig erfolgen und mit anderen Verkehrsträgern gut abgestimmt sein. Würde das passieren, dann hätten die Märkte ein erhebliches Interesse daran, wirklich Kraftstoff sparen zu wollen und würden entsprechende Maßnahmen umsetzen wollen (wie z. B. das vom DNV vorgeschlagene Maßnahmenpaket).

Aus Sicht des Schiffsentwurfes kommen aber viele weitere Optionen hinzu, welche der DNV nicht im Fokus hatte und welche die Werft natürlicherweise auch nicht im Fokus hat: Es geht um die Gesamtsystemoptimierung. Denn es werden in Schiffen sehr viele optimierte Aggregate verbaut, aber deren Zusammenwirken ist eben nicht optimal, weil jeder nur an sein Problem denkt. An den Schnittstellen wäre aber noch extrem viel herauszuholen. Die Autoren dieser Studie gehen davon aus, dass man auch bei wirklich durchoptimierten Schiffen den realen Energieverbrauch ausgehend vom jetzigen Niveau noch einmal um 25 % senken könnte, wenn das Schiff mit seinen Systemen entsprechend für den Betrieb optimiert würde und dann auch optimal betrieben würde.

Und als strategisch wichtigen Nebeneffekt hätte man den Umstand, dass ein solches optimales Schiff nur durch eine Symbiose von kompetenter Werft, kompetenten Zulieferern sowie einem kompetenten Betreiber entstehen und betrieben werden könnte. Dann hätte die derzeit zu oft geübte Bestellpraxis, auf Billigwerften einfach nur technisches Equipment zu einem Schiff zusammenstellen zu lassen, keine Überlebenschance mehr und der Markt würde sinnvoll auf die Mitspieler bereinigt werden, welche wirklich wettbewerbsfähige Arbeitsplätze in der Realwirtschaft schaffen.

**Zusammengefasst lässt sich feststellen, dass Energieeffizienz nur durch das Zusammenwirken kompetenter Partner (Werft, Betreiber, Zulieferer) in der frühen Produktentwicklungsphase geschaffen werden kann. Hier kann die Politik unterstützen, in dem entsprechende Forschung gefördert wird, welche die schiffbauliche Produktentwicklung und Systemtechnik stärkt. Handeln muss die Politik aber zur Regulierung der Märkte: Der Brennstoff muss soweit verteuert werden, dass die Märkte gezwungen werden, den Ansatz der Lebenszykluskostenrechnung aufzunehmen. Dies kann durch eine stetig steigende CO<sub>2</sub>-Abgabe erfolgen. Wenn die Märkte gezwungen werden, den Ansatz der Lebenszykluskostenrechnung wirklich aufzunehmen, dann stellen sie fest, dass die Schiffe der leistungsfähigen deutschen Werften extrem wettbewerbsfähig sind, vor allem dann, wenn gemeinsam mit den Zulieferern weiteres Optimierungspotenzial erschlossen wird. Dadurch werden wettbewerbsfähige Arbeitsplätze in der schiffbaulichen Realwirtschaft erschlossen.**

### **8.13. Übertragbarkeit auf andere Bereiche**

Die ausführlichen Überlegungen, durch politische Rahmenbedingungen und technische Möglichkeiten langfristig wettbewerbsfähige Arbeitsplätze auf den deutschen Seeschiffswerften zu sichern, wurden am Beispiel der Energieeffizienz von Schiffen durchgeführt. Es zeigte sich, dass eine nahezu unendliche Vielfalt von sich ergänzenden technischen Möglichkeiten existiert, die Energieeffizienz von Schiffen verbessern zu können. Diese technischen Möglichkeiten würden in einer weit überwiegenden Anzahl der Fälle sogar die langfristige Wirtschaftlichkeit der

Schiffe steigern. Es konnte gezeigt werden, dass diese Möglichkeiten aber von den Märkten insgesamt nicht aufgenommen werden, weil langfristige Denkansätze in den Märkten derzeit nicht erkennbar sind. So mangelt es vor allem an einer ganzheitlichen wirtschaftlichen Betrachtungsweise. Um diese zu stimulieren, bedarf es unserer Auffassung nach einer staatlichen Lenkung. Dies hat man im Grundsatz auch erkannt, allerdings zielen die für die Implementierung vorgesehenen Instrumente in die gegenteilige Richtung.

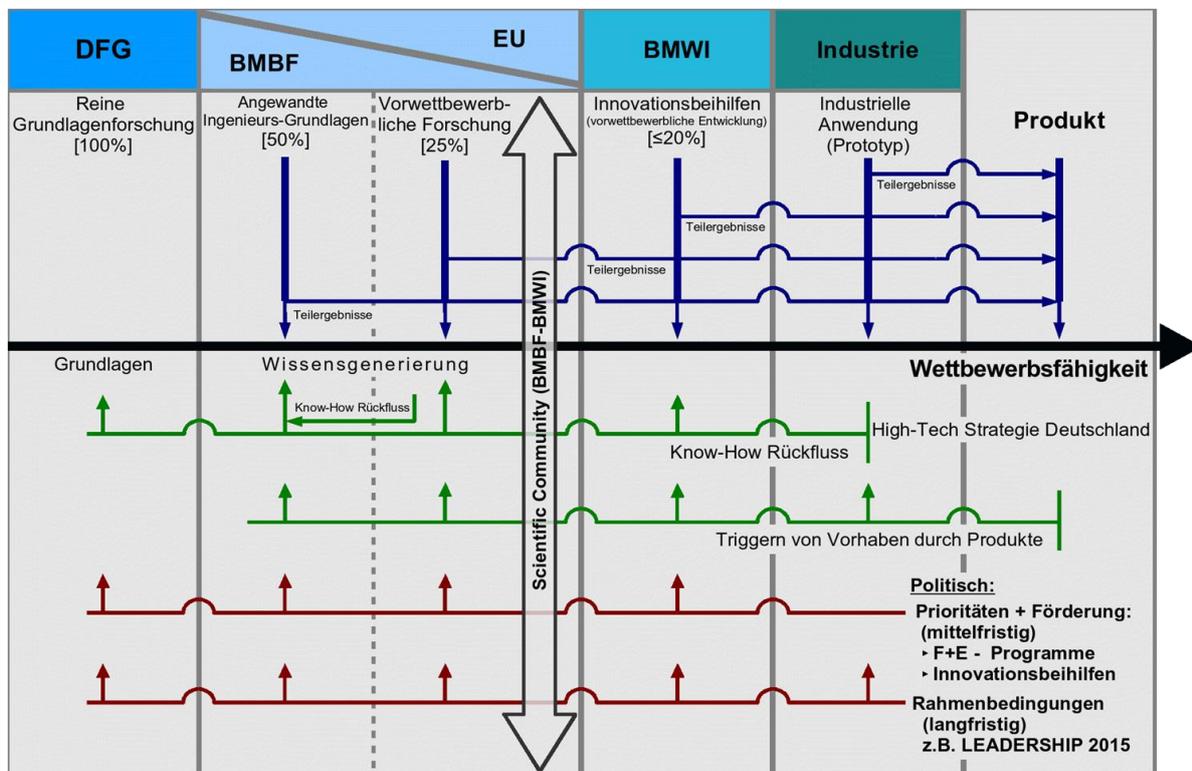
Man kann nun leicht zeigen, dass eine exakt vergleichbare Situation auch auf anderen, strategischen wichtigen Feldern von Schiffbau und Schifffahrt vorliegt. Als Beispiel seien hier Fragen zur Schiffssicherheit angeführt. Denn genau so, wie die Umwelt vor zu großen Belastungen durch die Schifffahrt geschützt werden muss, so muss auch ein ausreichender Schutz menschlichen Lebens gewährleistet sein. Auch auf diesem Gebiet haben sich die deutschen Seeschiffswerften einen Wettbewerbsvorteil erarbeitet, welcher aber wegen nicht zielführender Entwicklungen im Vorschriftenbereich nicht punkten kann. Es wäre daher ohne Weiteres möglich, eine vergleichbare Kausalkette wie für Energieeffizienz auch für Sicherheitsfragen aufzubauen, mit in etwa vergleichbaren Ergebnissen. Im Rahmen der hier vorliegenden Studie kann das allerdings nicht erfolgen, sonst würde der Rahmen gesprengt. Es ging ja im Wesentlichen darum, anhand eines Beispiels aufzuzeigen, welche Möglichkeiten aus Sicht der Technik existieren, und welche flankierenden Randbedingungen nötig wären, um diese Möglichkeiten zur nachhaltigen Sicherung unserer Arbeitsplätze zu nutzen.

## 9. Die Rolle von Forschung und Ausbildung

Zum Abschluss dieser Studie müssen noch einige grundsätzliche Bemerkungen zur Frage von Forschung, Entwicklung und Ausbildung gebracht werden. Denn der derzeit vielleicht noch vorhandene technische Vorsprung der deutschen Schiffbauindustrie gründet sich einzig und allein auf gut ausgebildetes Personal und auf eine leistungsfähige Infrastruktur. Diese ist durch verschiedene Entwicklungen sowohl in der Politik als auch in der Industrie gefährdet, wenn es nicht gelingt, hier massiv gegenzusteuern.

Im globalen Wettbewerb der Gesellschaften spielt die Erarbeitung von Wissen eine entscheidende Rolle. Nur wer technische Prozesse intellektuell beherrscht, kann sich auf Dauer in einem stark umkämpften Markt behaupten. Diese Erkenntnis haben gerade die Volkswirtschaften in Fernost sehr genau verstanden, und sie wenden erhebliche Anstrengungen auf, um Erfolge in Bildung und Forschung zu erzielen. Dies konnten wir selbst eindrucksvoll an der Entwicklung in Korea nachvollziehen: Vor noch etwa 10 Jahren war es so, dass auf den wichtigsten internationalen Schiffbaukonferenzen technisch- wissenschaftliche Beiträge aus Korea sehr selten waren, und dann waren sie oft von zweifelhafter Qualität. Heute ist es dagegen so, dass fast alle strategisch wichtigen Themengebiete wie Strukturmechanik, Hydrodynamik und Fertigungstechnik eindeutig von Beiträgen aus Korea dominiert werden, und zwar vor allem aus der Industrie. Die Beiträge sind extrem professionell und von sehr hoher Qualität, wohingegen die deutsche Schiffbauforschung nur noch sporadisch vertreten ist, und Industriebeiträge fast gar nicht mehr kommen. Es wird zwar oft behauptet, dass die deutsche Schiffbauindustrie einen erheblichen Know-How- Vorsprung habe, aber das kann der Verfasser aufgrund der gemachten Erfahrungen nicht generell bestätigen. Zumal die Schiffbauindustrie auf den wichtigen internationalen Konferenzen nicht vertreten ist und es ihr daher schwerfallen dürfte, einzuschätzen, wieweit die Wettbewerber in realiter sind. Gleichzeitig ist festzustellen, dass zunehmend gute Beiträge aus China kommen, und man erkennt, dass eine sehr hohe Motivation und sehr hoher Druck dahinter stehen. Positiv ist allerdings zu erkennen, dass auch die sehr guten Beiträge sehr schmalpurig angelegt sind, und das trägt der zunehmenden Taylorisierung der schiffbaulichen Ingenieursprozesse Rechnung: In Fernost verfolgt man offenbar den Ansatz, sehr schnell sehr viele Ingenieure auszubilden, die jeweils ein Fachgebiet exzellent beherrschen, aber eben das Umfeld nicht. So kommt es dazu, dass in Fernost viele Probleme mit einem sehr großen Aufwand angegangen werden, die man durch Betrachtung aus einer größeren Distanz vielleicht effizienter hätte lösen können. Insofern ist das gelebte deutsche Ausbildungsmodell, welches eine sehr breit angelegte Palette von Grundwissen vermittelt, durchaus wettbewerbsfähig. Trotzdem sollte man beherzigen, dass viele Hunde letztlich auch des Hasen Tod bedeuten. Denn in Deutschland sind Forschung und Entwicklung tendenziell rückläufig, wie z. B. Lehmann [4] ausführt:

“Die gefährlichste Schwachstelle ist allerdings unser Gesamtengagement im Bereich Forschung und Entwicklung. Die FuE-Aktivitäten in den OECD-Ländern wurde seit Mitte der 90er Jahre stark vorangetrieben, abgeschwächt nur zur Jahrtausendwende durch eine FuE-Stagnation in den USA. Weltwirtschaftlich beinahe gewichtiger ist der „Überholkurs“ seitens aufstrebender, wachstumsstarker Schwellenländer wie China und Indien. Diese Länder haben ihre FuE-Kapazitäten erheblich aufgestockt, auch in Israel, Singapur, Taiwan und vor allem Korea wird ausgesprochen FuE- intensiv produziert. Diese Länder haben seit Mitte der 90er Jahre über ein Drittel aller zusätzlichen FuE-Ausgaben in der Welt bestritten. Deutschland hingegen liegt auf diesem Gebiet seit längerer Zeit nicht mehr in der Spitzenposition... Damit vergeblich der Staat die Chance einer entscheidenden Hebelwirkung. Als Faustregel gilt nämlich: Die FuE-Finanzierungshilfe des Staates erbringt zusätzlich mindestens denselben Betrag an FuE im privaten Sektor.“



**Abbildung 22: Übersicht über die verschiedenen Forschungsträger in der maritimen Industrie in Deutschland**

Generell ist die Schiffbauforschung in Deutschland noch relativ gut aufgestellt, dies dokumentiert auch Abbildung 22. Dort erkannte man einen nahtlosen Übergang von der eigentlichen Grundlagenforschung, die im Wesentlichen durch die DFG finanziert wird, bis hin zum Werkzeug der Innovationsbeihilfen, welche vom BMWi gewährt werden. Zentraler Baustein der schiffbaulichen Forschung ist aber das BMWi-Förderprogramm (ehemals BMBF) „Schifffahrt und Meerestechnik für das 21. Jahrhundert“. Hier findet ein wesentlicher Teil der schiffbaulichen Forschung in enger Abstimmung mit der Industrie statt, und daraus wird dann das schiffbauliche Wissen generiert, das dann in der Industrie in wettbewerbsfähige Produkte umgesetzt wird.

Beide Programme - Innovationsbeihilfen und das BMWi-Forschungsprogramm - müssen unbedingt für den Schiffbau in bisheriger Form erhalten bleiben, denn sonst haben wir den Anstrengungen der aufstrebenden Schwellenländer insgesamt zu wenig entgegensetzen. Ein Beweis für die Leistungsfähigkeit beider Programme kann darin gesehen werden, dass zumindest diejenigen Werften vermutlich relativ gut durch die Wirtschaftskrise kommen werden, welche in der Vergangenheit stark an den Programmen partizipiert haben. Damit ist zumindest der kausale Nachweis erbracht, dass Anstrengungen in FuE tatsächlich helfen, das Überleben zu sichern. Binahe noch kritischer als der Bereich FuE scheinen uns die Entwicklungen im Bereich der Bildung zu sein. Bisher war die Ingenieurausbildung in Deutschland international allgemein anerkannt, beruhte sie doch auf zwei wesentlichen Säulen: Ein ausreichendes Maß an theoretischen Grundlagen kombiniert mit einem ausreichenden praktischen Verständnis für Problemlösungen. Genau dieser Ingenieurstyp wird von der Schiffbauindustrie benötigt, denn der überwiegend mittelständische Charakter der Industrie gepaart mit der Konstruktion von Unikaten bringt es mit sich, dass die Berechnungen eines Ingenieurs sofort in die Produktion gehen und Geld verdienen. Dafür werden breit und gut ausgebildete Ingenieure benötigt. Nun hat vermutlich kaum ein Studiengang so sehr unter der Umstellung auf das angelsächsisch geprägte Bachelor/Master- System gelitten wie die deutschen Ingenieurwissenschaften, und hier leidet ganz besonders der oben beschriebene Ingenieurstypus, der aber von den Werften dringend benötigt wird. Während die aufstrebenden Schwellenländer ihre technischen Kompetenzen aufbauen, bauen wir dieselben erschreckend schnell ab, und dauerhaft kann das nicht gut gehen. Hier sehen wir ernsthaft die Zukunft des deutschen Schiffbaus bedroht, weil es schwer sein wird, in Zukunft ausreichend kompetente Fachleute (in auch noch ausreichender Zahl) bereitzustellen.

## 10. Schlussfolgerungen

Aus unseren Untersuchungen, welche wir am Beispiel der Möglichkeiten durchgeführt haben, durch verbesserte Umweltverträglichkeit der Schiffe langfristig wettbewerbsfähige Arbeitsplätze auf den deutschen Seeschiffswerften zu sichern, kommen wir zu folgenden Kernaussagen, die neben der Umweltverträglichkeit prinzipiell auf weitere Sektoren erweitert werden können. Grundsätzlich gilt für den Schiffbau das, was für jede andere produzierende Industrie in einem Hochlohnland gilt:

**Wer überleben will, muss so viel besser sein, wie er teurer ist.** Für die deutsche Schiffbauindustrie gilt daher, dass erheblich mehr Anstrengungen in Forschung und Entwicklung geleistet werden müssen als bisher, denn es muss ein nachvollziehbarer Wettbewerbsvorteil gegenüber den teilweise hocheffizient arbeitenden Werften in Fernost entstehen. Diese können erfolgreich Serienprodukte herstellen, in der Unikatfertigung wären sie aber bei gegenwärtigen Strukturen nicht wettbewerbsfähig, einfach weil der enorme Durchsatz mit Unikaten in Entwurf und Konstruktion nicht zu schaffen wäre. Hier liegt eine erhebliche Chance für deutsche Werften, wenn es gelingt, die Marktchancen für Unikate (oder Kleinserien) weiter zu erhöhen und deren Baukosten weiter zu senken.

**Zentrale Fragestellungen wie Energieeffizienz und Sicherheit bieten hier erhebliche Chancen gerade für die deutschen Seeschiffswerften,** wenn es gelingt, die Chancen auch zu nutzen. Dazu muss aber flankierend ein Umdenken in der Politik stattfinden: Es muss deutlich werden, dass die eigentlich systemrelevanten Akteure in der maritimen Industrie die leistungsfähigen Handelsschiffswerften sowie deren Hauptzulieferer sind, denn hier wird im Verbund mit Hochschulen das systemrelevante technische Wissen generiert. Von daher darf es nicht sein, dass mit staatlicher Unterstützung finanzielle Anreizsysteme am Markt existieren, die gerade den nicht technisch kompetenten Mitspielern die meisten Vorteile bieten und diese besonders fördern.

**Bau und Betrieb technischer Investitionsgüter mit hohen technischen und finanziellen Risiken bedürfen gewisser staatlich festgesetzter Mindeststandards,** insbesondere vor dem sich abzeichnenden Klimawandel, und staatliche Unterstützung (wenn diese überhaupt gewährt wird) darf generell nur dem zuteilwerden, der nachweislich diese Standards vorantreibt. Denn die Märkte nehmen ohne Regulierung wegen der Orientierung auf nur kurzfristiges spekulatives Gewinnstreben technische Verbesserungen der Schiffe auch dann nicht an, wenn sie eine wirtschaftliche, allerdings mittelfristige, Verbesserung bedeuten. Wenn hier nicht gegengesteuert wird, würde langfristig die gesamte produzierende Industrie völlig ausgehöhlt werden, und wir haben ja in der Finanzkrise gut beobachten können, wie stark gerade die Volkswirtschaften in Mitleidenschaft gezogen worden sind, die eben keine leistungsfähige produzierende Industrie (mehr) haben.

**Weiterhin muss der ständige Know- How- Abfluss durch die internationalen Regelwerke konsequent unterbunden werden.** Dies kann am besten dadurch geschehen, dass innerhalb der EU höhere Standards durchgesetzt und konsequent überwacht werden, die sich am verfügbaren Stand der Wissenschaft orientieren müssen.

**Gleichzeitig müssen alle Anstrengungen unternommen werden, die erkennbaren Fehlentwicklungen in der internationalen Regelentwicklung abzustellen,** selbst wenn das Sonderlösungen für die EU bedeuten würde. Denn eine technisch vernünftige EU- weite Sonderregelung, an die sich letztlich jeder Mitspieler, der in der EU Handel treiben will, zu halten hat, ist unserer Ansicht nach allemal besser als technisch unausgereifte internationale Regeln, die nur den Schwellenländern zugutekommen. Letztlich profitiert auch die Industrie von höheren Standards, weil diese letztlich deren Wettbewerbsfähigkeit erhöht. Auf diese Weise würde es weiterhin den kompetenten Mitspielern durch intellektuelle Durchdringung ihrer Prozesse und Produkte gelingen, langfristig eine höhere Rendite zu erzielen als solche, die das Geschäft eben nicht beherrschen, und die daraus resultierende Marktberreinigung wäre in der Tat sinnvoll. Wer komplexe technische Systeme und Prozesse besser beherrscht, muss daraus in einer vernünftig strukturierten Welt einen Vorteil ziehen können. Wichtig ist in diesem Zusammenhang auch, die Rolle der Klassifikationsgesellschaften zu hinterfragen: Zumindest beim Themenkomplex „Energieeffizienz“ wurde nachgewiesen, dass es für den Schiffbau nachteilig wäre, wenn das Zertifizierungsmonopol ausschließlich bei den Klassifikationsgesellschaften liegen würde.

**Weiterhin müssen die staatlichen FuE-Förderprogramme für die Schiffbauforschung aus – und nicht zugunsten vermeintlich innovativerer Industrien abgebaut werden,** und es muss ganz besonders darauf geachtet werden, besonders den Know- How- Aufbau der Seeschiffswerften und deren wesentlicher Zulieferer zu stärken. Denn alleine deren Überleben sichert in Deutschland eine zukunftsfähige maritime Industrie mit sicheren Arbeitsplätzen.

**Schließlich wäre es wünschenswert, im Interesse der maritimen Industrie die Auswüchse der Fehlentwicklungen im Bildungssystem zumindest zu lindern,** denn nur durch qualifizierte Ingenieure ist dauerhaft ein überlebensfähiger Schiffbau zu gewährleisten. Und die essenziellen Zukunftsfragen wie Schutz von Menschenleben und unserer Umwelt, Energiesicherheit und Klimawandel sowie erneuerbare Energien können überhaupt nur von qualifizierten Ingenieuren gelöst werden.

## Quellenangaben

- [1] Binnenschifffahrt 11/2009 S. 27. Miserable Kaskos.
- [2] Der Spiegel: Schiffbau – Teure Qualitätsmängel. Spiegel 31/2008
- [3] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Grünbuch: Die künftige Meerespolitik der EU: Eine Vision für Ozeane und Meere:SEK 2006 689
- [4] Lehmann, E.: Ingenieure sichern die Zukunft. Festrede zum 22. Deutschen Ingenieurtag in Magdeburg. In: E. Lehmann VDI 2004-2007 Vorträge und Reden. TU Hamburg Harburg, 2007
- [5] Jin, C., Posborg, T., Richards, J.: Hydrodynamic optimization of a container vessel for a broad operation profile. In: Proc 7<sup>th</sup> Annual Green Ship Technology, Copenhagen, 2010
- [6] Zamponi, R.: Der Retter der Sietas- Werft. Hamburger Abendblatt vom 21.05.2010.
- [7] IG Metall- Bezirksleitung Küste: Schiffbaunation Vietnam- Ein Land sucht seinen Weg, Delegationsreise der AG Schiffbau. Interview mit Dr. Josten/GL S. 35. Hamburg.
- [8] Krüger, S.: Ein Ansatz für zusätzliche Ausbildungsinhalte im Schiffbau. HANSA 9/2004, S. 68
- [9] Lehmann, E.: Schiffbautechnische Forschung in Deutschland: Konstruktionen und Berechnungen. Edition Schiff& Hafen Bd.7, Seehafen- Verlag Hamburg, S. 36 unten.
- [10] CESA: CONSIDERATION OF THE ENERGY EFFICIENCY INDEX FOR NEW SHIPS.IMO MEPC SUBMISSION GHG- WG\_2/2/22. IMO. London.
- [11] Valanto, P.: Research for the Parameters of the Damage Stability Rules including the Calculation of Water on Deck of RoRo- Passenger Vessels, for the amendment of the Directives 2003/25/EX and 98/18/EC. HSVA Report No. 1669, H
- [12] Der Bundesanzeiger. Amtlicher Teil, Nummer 81, Seite 1947, 2. Juni 2010
- [13] Brandt, A. und Dickow, M.C.: Regionale Standortstrukturen in der maritimen Wirtschaft in Norddeutschland. Zeitschrift für Regionalwirtschaft eins 2009, NORD/LB, Hannover
- [14] Barusco, P.: Recent Evolution of Shipbuilding in Brazil and New Challenges. PRADS 2010, Keynote Lecture, Rio de Janeiro
- [15] Verband für Schiffbau und Meerestechnik. Jahresbericht 2009, VSM, Hamburg
- [16] Rysst, J, Hyhus, E.: Climate change regulations – consequences for ship design in a challenging business environment. In: Proc. IMDC 2009, Trondheim

[17] DNV: Pathways to low carbon shipping. Abatement potential towards 2030. Det Norske Veritas, Høvik, Norwegen 2009.

[18] DELTAMARIN: EEDI Tests and Trials for EMSA. Report for Project 1098. European Maritime Safety Agency (EMSA) 2009, Brüssel. Offizielle Version vom 11.12.2009

[19] DELTAMARIN: EEDI Tests and Trials for EMSA. Report for Project 1098. European Maritime Safety Agency (EMSA) 2009, Brüssel. Vorversion vom 27.10.2009

[20] General Secretariat of the Council, Shipping: IMO- Energy efficiency measures (London, 28 June -2 July 2010 EU Coordination meeting)

[21] Verband für Schiffs- und Meerestechnik: IMO- Vorschriften gefährden die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Schiffbaus und der europäischen Küstenverkehre. Brief des VSM an das Ministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, März 2009

[22] IMO, GHG- WG 1/2/1: Development of a CO<sub>2</sub>- Design Index for New Ships. Submitted by Denmark. Mai 2008

# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiele für katastrophale Tankerunfälle, bei denen die Ölverschmutzung durch Auseinanderbrechen des Schiffes verursacht wurde. Hier hätte eine Doppelhülle nichts geholfen. .... 7

Abbildung 2: Entwicklung des Weltschiffbaus vor und in der Krise. Links: Auftragseingänge, rechts: relative Neubaupreise. Quelle: VSM [15]..... 9

Abbildung 3: Stapellauf eines Schiffes auf einer sogenannten „Greenfield“- Werft. Quelle:www.shiptank.com..... 10

Abbildung 4: Spezifika des Produktes „Schiff“ ..... 12

Abbildung 5: Spezifika der schiffbaulichen Produktentwicklung. .... 15

Abbildung 6: Standortstruktur der Maritimen Wirtschaft in Norddeutschland. Quelle: NORD/ LB 2008.[13] ..... 19

Abbildung 7: Entwicklung der Marktanteile des europäischen Schiffbaus (links) und Produktportfolio der deutschen Seeschiffswerfen 2009. Quelle: VSM [15] ..... 20

Abbildung 8: Nicht alle Produktionsstandards in Fernost wären in freien Märkten wettbewerbsfähig. Quelle IG- Metall [7] ..... 22

Abbildung 9: CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schifffahrt im Vergleich zu anderen Branchen. Quelle: DNV [16] ..... 36

Abbildung 10: Prognostizierte CO<sub>2</sub>-Emissionen der Schifffahrt nach verschiedenen Wachstumsmodellen. Quelle: DNV [16] ..... 38

Abbildung 11: Kraftstoffverbräuche der Schifffahrt nach verschiedenen Berechnungsmodellen. Quelle: DNV [16]..... 39

Abbildung 12: Entwicklung des Ölpreises seit 1970. Quelle: WELT- Research, Bloomberg..... 40

Abbildung 13: Wirtschaftliche Bewertung von CO<sub>2</sub>- reduzierenden Maßnahmen. Quelle: DNV [17] ..... 42

Abbildung 14: EEDI. Werte für RoPax-Schiffe [18]. Man erkennt die extrem große Streuung der Werte. Es ist nicht möglich, einen sinnvollen Grenzwert festzulegen. Alle Schiffe, die über der festgelegten Grenzwertkurve liegen, werden vom Markt entfernt..... 52

Abbildung 15: Zwei Beispiele für schlechte Schiffe in anderen Beladungszuständen. Der Bugwulst erzeugt extreme Wellen, wenn er ausgetaucht ist, und der getauchte Spiegel zieht eine extreme Heckwelle ..... 55

Abbildung 16: Leistungskurven eines modernen Containerschiffes, welches völlig fehloptimiert wurde, aber als energieeffizient gilt ..... 58

Abbildung 17: Vergleich eines Modellversuches mit der Strömungsberechnung ..... 59

Abbildung 18: Durch systematische Optimierung des Rumpfes lassen sich bei den meisten Schiffen erhebliche Einsparungen erzielen, wenn die Wellenbildung reduziert wird..... 62

Abbildung 19: Kavitationsbildung an einem Propeller. Quelle: HSVA..... 65

Abbildung 20: Die Berechnung des EEDI für das Beispielschiff ..... 68

Abbildung 21: Die Berechnung des EEDI für das Beispielschiff ..... 69

Abbildung 22: Übersicht über die verschiedenen Forschungsträger der in der maritimen Industrie in Deutschland ..... 78

