Workshop „Alternative Kraftstoffe“
5.-6.06.2019 Hamburg und Leer

Dr.-Ing. Janusz Wanot

Reduzierung des Treibstoffverbrauchs durch Leistungs- und Emissionsoptimierung

Methoden der Emissionsreduzierung von Schiffen

1. Neue Kraftstoffe (LSHFO, LNG, Hydrogen, Methanol, …)
2. Abgasfilter (Katalysator, Scrubber, SCR, …)
3. Reduzierung des Treibstoffverbrauchs (technische Verbesserungen, Monitoring und Navigationsmaßnahmen)

Überprüfungskriterien für Treibstoffverbrauch von Schiffen

1. **EEDI** – Energy Efficiency Design Index (IMO)
2. **EEOI** – Energy Efficiency Operational Index (IMO)
3. **SEEMP** – Ship Energy Efficiency Management Plan (IMO)
4. **MRV** – regional Monitoring, Reporting and Verification system (EU)
5. **ESI** – Environmental Ship Index (IAPH)
6. **GHG** – Green House Gas Emission Rating (RightShip)
7. **EVDI** – Existing Vessel Design Index (RightShip)
8. **VEEMS** – Visma Energy Efficiency Management System
9. **IEEC** – International Energy Efficiency Certificate
10. **MBM** – Market Based Measures (IMO)

IMO Initiativen bei Reduzierung der Schiffsemissionen

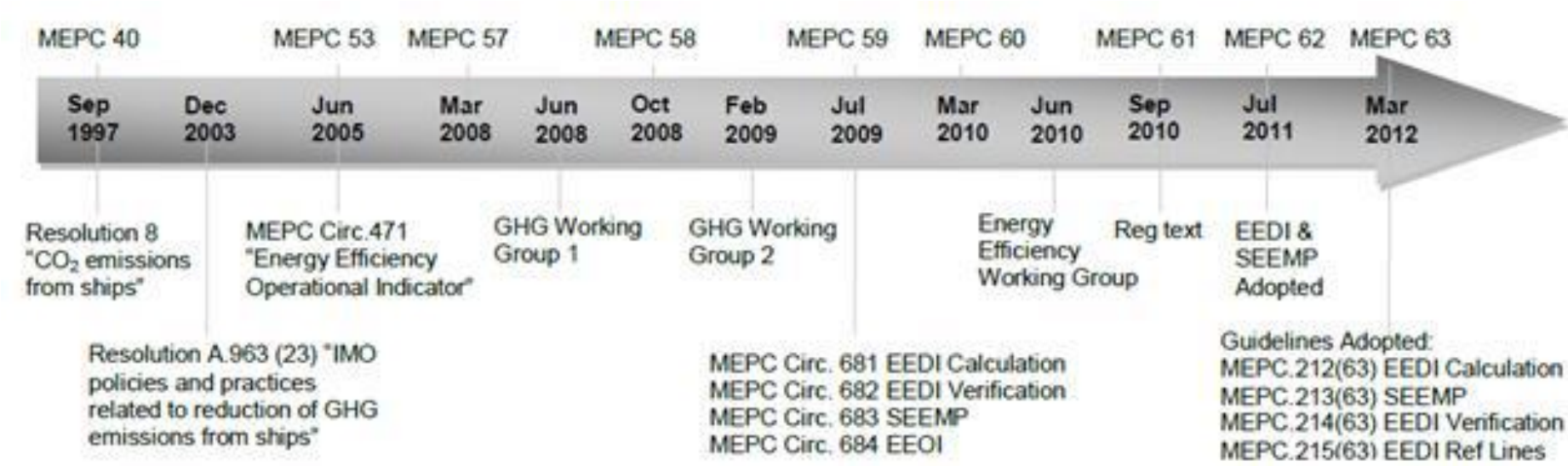


Figure 1: MEPC and Working Group Timeline

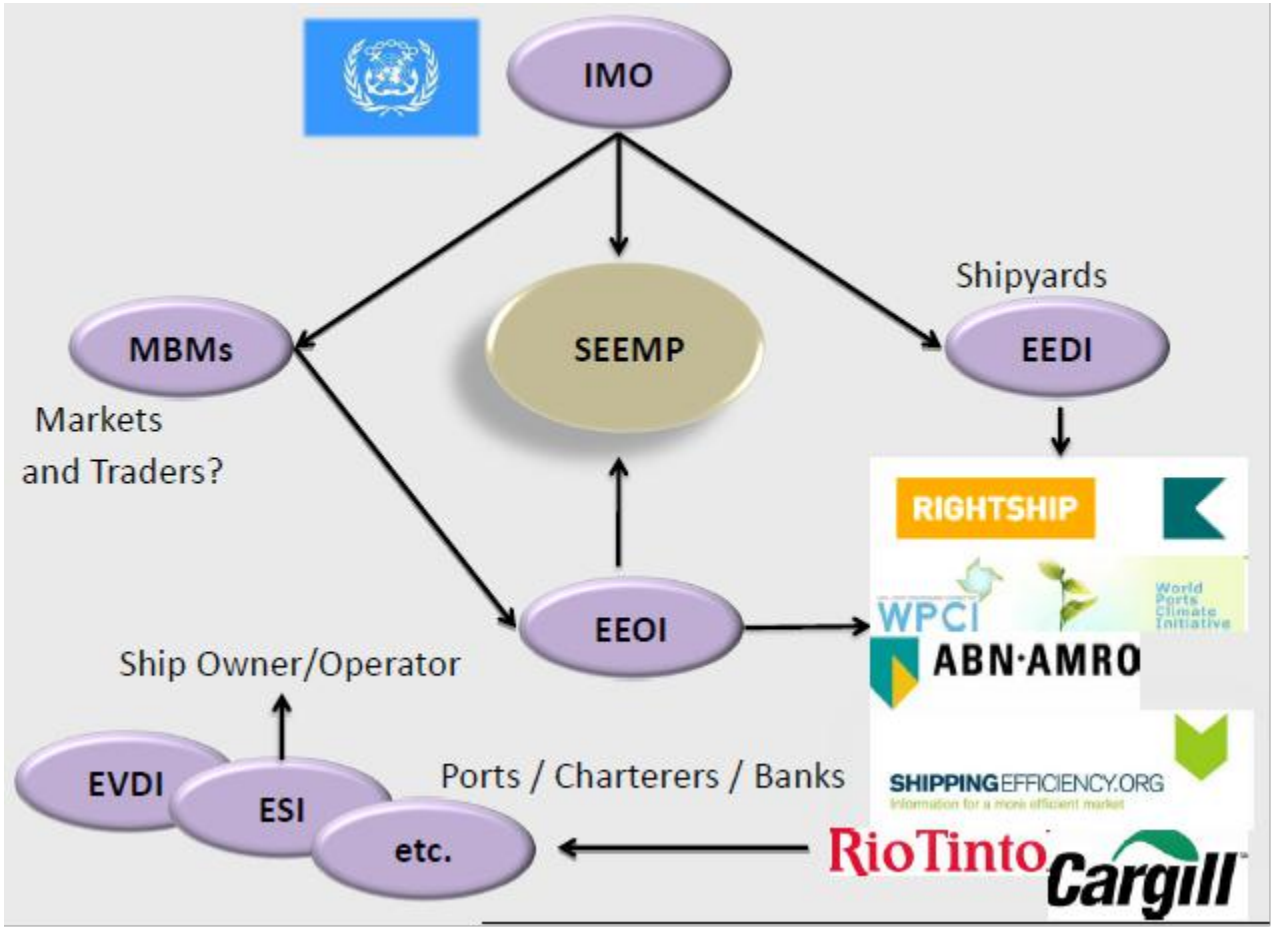
EEDI – nur für neue Schiffe

SEEMP – für existierende Schiffe und Flotten

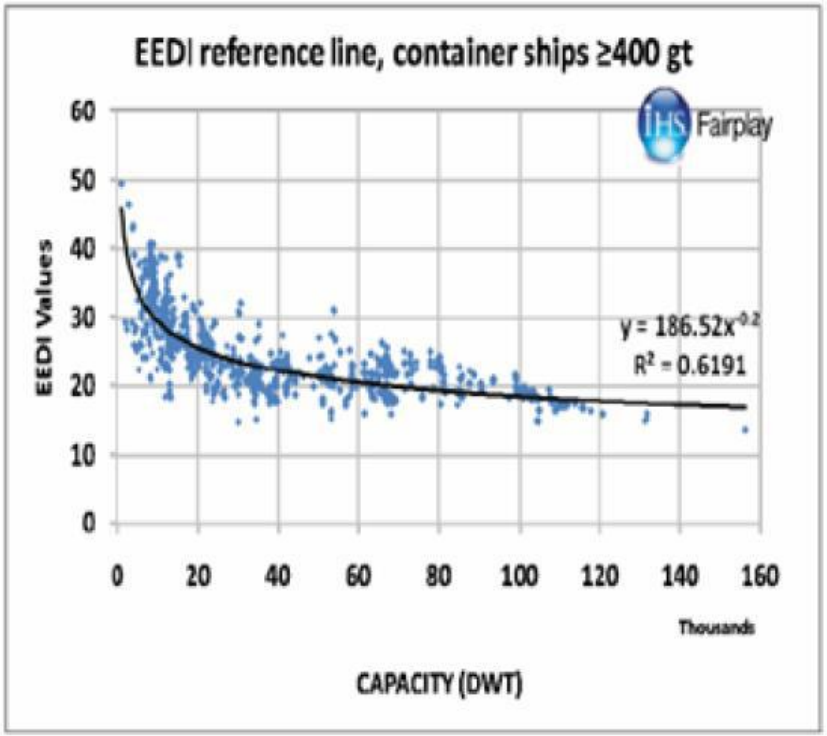
EEOI – für existierende Schiffe

MBM – neue IMO Initiative

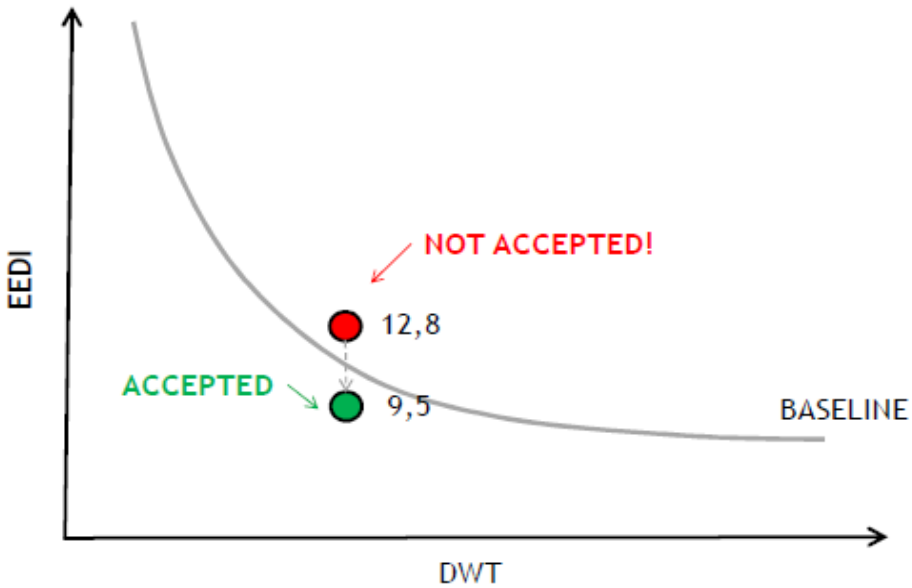
IMO Konzept bei Reduzierung der Schiffsemissionen



EEDI – Energy Efficiency Design Index

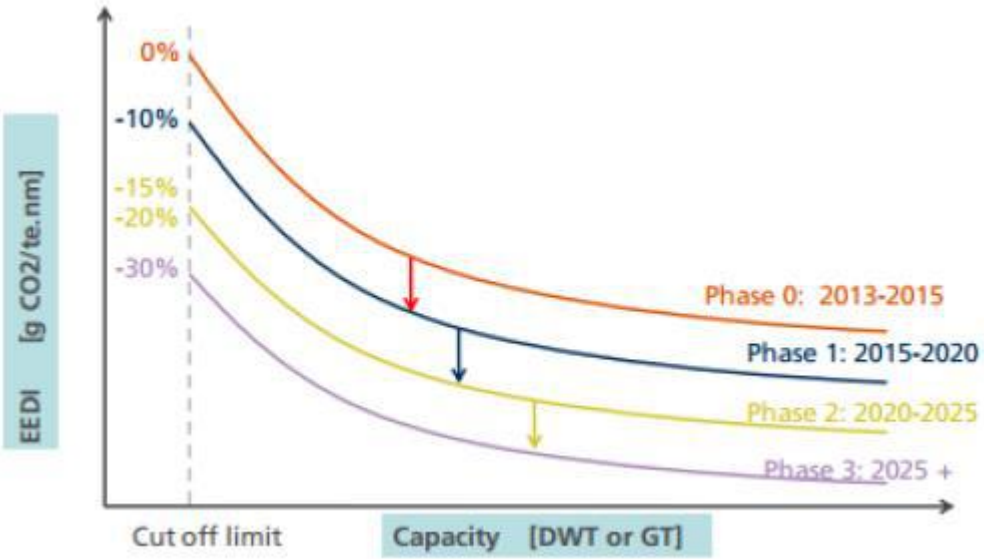


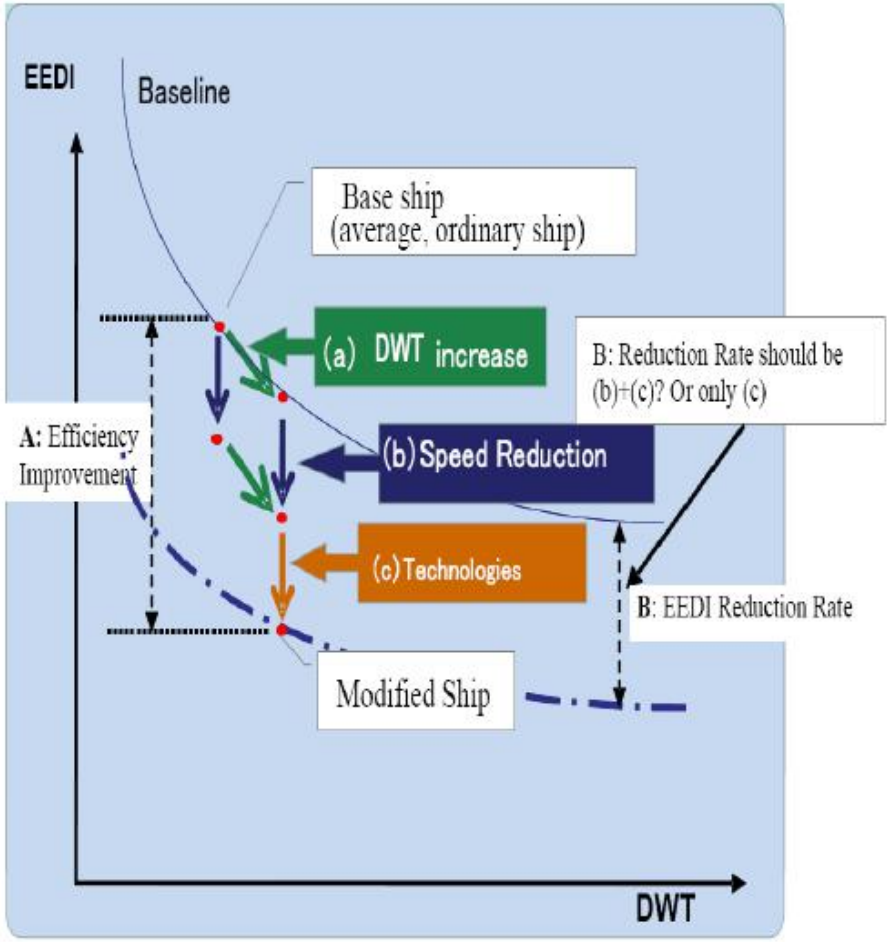
EEDI Legislative Principle



Die durch IMO entwickelten Referenzlinien für unterschiedliche Schiffstypen

EEDI – Energy Efficiency Design Index

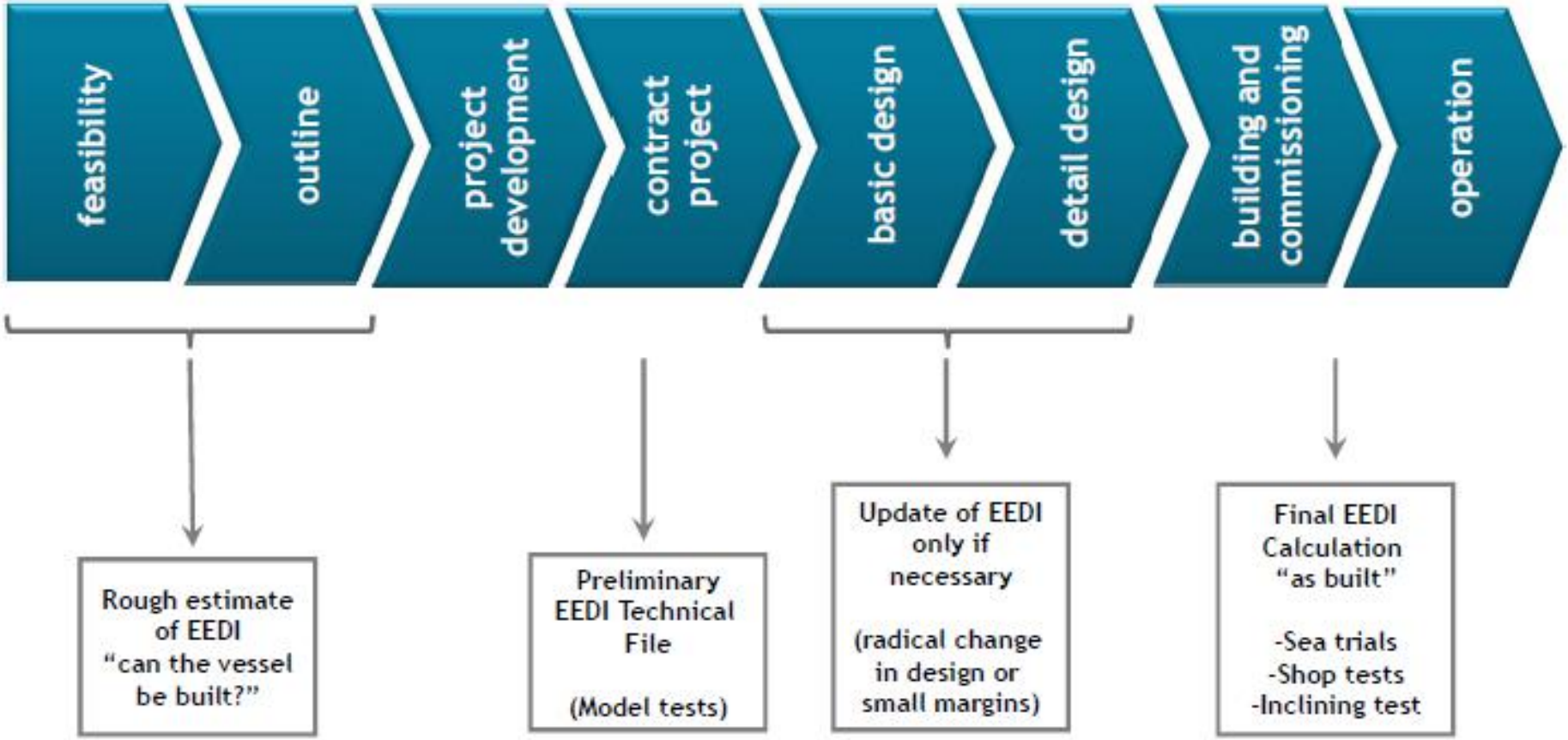




IMO Konzept der Referenzlinienreduktion

Wie kann man EEDI verbessern?

EEDI – Energy Efficiency Design Index



EEDI-Berechnung in den Schiffsprojektetappen

SEEMP - Ship Energy Efficiency Management Plan

SEEMP ist gültig ab 2013 für alle neuen oder wesentlich umgebauten Schiffe über 400 GT.

SEEMP (MEPC Circ.683) besteht aus:

1. **Planung**
2. **Durchführung**
3. **Überwachung**
4. **Bewertung**

der Benutzung eines Schiffes oder einer Flotte.
Das Ziel: Die Treibstoff- und die Emissionen-Verringerung.

Die SEEMP-Realisierung erfolgt durch:
Reedereien, Charterfirmen, Schiffsbesatzungen, Logistikfirmen und …

SEEMP - Ship Energy Efficiency Management Plan

SEEMP-Planung:

- **Seereiseplanung** (Wetternavigation, Geschwindigkeitsoptimierung, …)
- **Schiffsnutzung** (Trimm, Ballast, Ladung, Rudersteuerung, Steuerung des Verstellpropellers, …)
- **Maschinenutzung** (Maschinen-Wartung und –Regulierung, Parametermonitoring, Restwärmenutzung, …)
- **Rumpf und Propeller Instandhaltung** (Reinigung und Konservierung)
- **Energie-Management und -Reporting** (Restwärmenutzung, Treibstoffauswahl, …)
- **…**

EEOI – Energy Efficiency Operational Index

EEOI – freiwilliges Instrument zur Kontrolle der Effizienz im laufenden Schiffsbetrieb.

EEOI bestimmt die Menge an emittiertem Kohlenstoffdioxid in Abhängigkeit der Transportleistung eines Schiffes. Damit ist der EEOI ein Indikator für die Effizienz des Schiffbetriebs.

Der Index kann zur Überwachung und Bewertung des SEEMP Plans benutzt werden.

EEOI – Energy Efficiency Operational Index

EEOI für einen Reiseabschnitt:

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \cdot C_{Fj}}{m_{Cargo} \cdot D}$$

Ein Mittelwert des EEOI für eine Rundreise:

$$EEOI = \frac{\sum_i \sum_j FC_j \cdot C_{Fj}}{\sum_i m_{Cargo,i} \cdot D_i}$$

j: Brennstoffsorte

i: Reisenummer

FC_{ij}: Masse an verbrauchten Brennstoff der Sorte j auf Reise i

CF_j: Von der Brennstoffsorte j abhängige Kohlenstoffgehalt

m_{cargo}: Anzahl TEU oder Masse Ladung in t

D: Zurückgelegte Strecke in nautischen Meilen zugehörig zu der jeweils transportierten Ladung

EEOI – Energy Efficiency Operational Index

Kohlenstoffgehalt für verschiedene Brennstoffsorten:

Type of fuel	Reference	Carbon content	C_F (t-CO_2/t-Fuel)
1. Diesel/Gas Oil	ISO 8217 Grades DMX through DMC	0.875	3.206000
2. Light Fuel Oil (LFO)	ISO 8217 Grades RMA through RMD	0.86	3.151040
3. Heavy Fuel Oil (HFO)	ISO 8217 Grades RME through RMK	0.85	3.114400
4. Liquified Petroleum Gas (LPG)	Propane Butane	0.819 0.827	3.000000 3.030000
5. Liquified Natural Gas (LNG)		0.75	2.750000

Einheit des EEOI [g * CO2 / t * Nm]

MBM – Market Based Measures

Das Meeres-Umweltschutzkomitee (MEPC) hat im 2009 beschlossen, dass zusätzlich eine marktbasierte Maßnahme (MBM) nötig ist, um die Emissionen im Schiffsverkehr zu reduzieren.

Es wurden verschiedene marktbasierte Maßnahmen vorgeschlagen:

- **Emissionshandelssystem (EHS)**
- **Treibhausgasfond**
- **…**

EEOI – Beispiel der Berechnung*

Parameter:

Schiffstyp: Bulkcarrier
Tragfähigkeit: 25000 t (DWT)
Distanz : 300 Nm
Treibstoffverbrauch: 30 t HFO und 5 t Diesel Oil (voll beladen)
Treibstoffverbrauch im Haffen: 4 t Diesel Oil

Seereisen:

- **voll beladen: 25000 t**
- **Teilweise beladen: 15000 t**
- **leer**
- **unter Ballast: 9000 t**

*Quelle: Scientific Journal of Gdynia Maritime University, No. 100, September 2017.

EEOI – Beispiel der Berechnung*

EEOI-Werte für die 2.Reise ohne Ladung

Reise		Treibstoffverbrauch		Ladung	Distanz	EEOI	Mitl. EEOI
		HFO (t)	DO (t)	(t)	(Nm)	(t CO2/ t * Nm) * 10**-6	
1	von A nach B	30	9	25000	300	16,30	22,38
2	von B nach A	20	9	0	300	0	
3	von A nach B	30	9	25000	300	16,30	

EEOI-Werte für die 2.Reise nicht voll beladen

Reise		Treibstoffverbrauch		Ladung	Distanz	EEOI	Mitl. EEOI
		HFO (t)	DO (t)	(t)	(Nm)	(t CO2/ t * Nm) * 10**-6	
1	von A nach B	30	9	25000	300	16,30	18,50
2	von B nach A	25	12	15000	300	25,85	
3	von A nach B	30	9	25000	300	16,30	

EEOI-Werte für die 2.Reise unter Ballast

Reise		Treibstoffverbrauch		Ladung	Distanz	EEOI	Mitl. EEOI
		HFO (t)	DO (t)	(t)	(Nm)	(t CO2/ t * Nm) * 10**-6	
1	von A nach B	30	9	25000	300	16,30	19,31
2	von B nach A	22	9	9000	300	36,06	
3	von A nach B	30	9	25000	300	16,30	

EEOI bei der Geschwindigkeitsreduzierung

Bei 20% Reduzierung der Schiffsgeschwindigkeit Vo

↓

Leistung der Hauptmaschine wird ca. 51,2% No

↓

Reisezeit verlängert sich um ca. 25%

↓

51,2% x 1,25 = 64%
Treibstoffverbrauch wir ca. 64%.
EEOI-Wert wird um ca. 36% kleiner.

↓

Bei der Annahme, dass nur 75% Energie wird für die Propulsion benutzt und Rest der Energie konstant bleibt, dann
36% x 0,75 = 27%
EEOI-Wert wird real um ca. 27% kleiner.

Schlussfolgerungen

1. Alle Index-Formeln sind noch nicht optimal definiert.
2. Alle Index-Formeln sind für Optimierungen nur noch begrenzt geeignet.
3. Bei EEDI liegen einige Wirkungsgrade der technischen Maßnahmen im Fehlerbereich (1%).
4. Das Konzept der Referenzlinienreduktion (EEDI) berücksichtigt nicht die reale technische Schiffsentwicklung.
5. Die wesentliche Verbesserung der EEDI- und EEOI-Werte ist nur durch die Reduktion der Schiffsgeschwindigkeit erreichbar.
6. Ein Schiff mit einer größeren Ladung ist stets energieeffizienter als kleines Schiff.
7. Es ist nicht möglich mit dem EEOI-Index die energetische Effektivität eines Schiffes im Hafen zu berechnen.
8. EEOI-Index besitzt keine Verbindung zur Wirtschaftlichkeit eines Schiffes.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

IBW Engineering + Consulting
Dr.-Ing. Janusz Wanot
dr.wanot@ibw-ec.com