

# Solarschiffe –

## Wege zum nachhaltigen Seetransport

Eine Studie für die

**Lighthouse Foundation (LF)**

und den

**Bundesverband Wind Energie  
(BWE) e.V.**

Vortrag für

**GAUS-Workshop in  
Bremen am  
Freitag, 16.5.2008**

**Von Jürgen Isensee  
Dipl.-Ing. (Schiffbau)**

**juergen-isensee@  
t-online.de**

**D 30161 Hannover,  
Gretchenstr. 36**

# Voraussetzungen für EE<sup>1)</sup> in der Schifffahrt

1. Verteuerung der Treibstoffe und so Anreiz zum Sparen und geringere Geschwindigkeit durch:
  - Qualitätsverbesserungen
  - CO<sub>2</sub> – Handel
2. F + E - Projekte
3. Anpassung des internationalen Regelwerkes

---

1) **E**rneuerbare **E**nergie: Sonnenlicht / Wärme, Wind, Wellen

# Angestrebte Standards für diese LF<sup>1)</sup> -Studie

- **Nur Verfahren und Standards der normalen Schiffs- und Umwelttechnik benutzen**
- **Als Güte-Kriterien für Entwürfe nur die üblichen Verfahren der Betriebswirtschaft und der Nachhaltigkeit benutzen:**
  1. **Energie – Einsparung**
  2. **Minimierung der Externen Kosten**
  3. **Standard- Betriebswirtschafts- Kenngrößen wie RFR (Erforderliche Frachtrate)**
  4. **Kenngrößen suchen, die Nachhaltigkeit in einer Ziffer ausdrücken**

-----  
1) Lighthouse Foundation, Kiel

# Welcher Schiffstyp eignet sich für EE

Schiffstyp Beisp	Anforderung schnell/pünktl. 1)	Eignung Route 2)	Eignung Wind 3)	Eignung 4) Photovoltaik / Wärme	Summe
<b>Ropax - Fähre</b>	<b>V</b> +++ <b>pü</b> +++++	schlecht	schlecht	schlecht	schlecht
Kreuzfahrt lang	<b>V</b> ++ <b>pü</b> ++	Kann gut sein	mittel	mittel	mittel
Container lang	<b>V</b> +++ <b>pü</b> +++	Kann gut sein	schlecht	gar nicht	schlecht
Bulker Tanker	<b>V</b> + <b>pü</b> +	gut	gut	gut	gut
Fischfabrik	<b>V</b> + <b>pü</b> +	gut	mittel	mäßig	mittel

- 1) hohe Geschwindigkeit und Pünktlichkeit sind mit EE schwer zu erreichen
- 2) lange Routen mit stetigen Winden und viel Sonne eignen sich besser.
- 3) 3 Kriterien: Überwasser- Lateralplan, Querstabilität, Decksladung + Struktur
- 4) 2 Kriterien: Eignung der Decks- / Lukenfläche, Decksladung + Struktur

# Photovoltaik auf Hochseeschiffen ???

**Üblich:** 3 Hilfsdiesel mit  
zusammen 1500 kW in  
Bulkern von 74000 tdw

**Verbrauch:** Auch am  
heutigen Betrieb könnte man  
Sparen. Z.Z. folgende Werte:

Fahrzust.	Auslast.	Leistung
	-	kW
Auf See	0,17	255
Revier	0,27	400
Manövrier	0,45	680
Liegen	0,22	330

**Ernten Solarstrom ->  
Verbrauchen in 24 h**

**>> mit 15% Lichtausbeute**

DE Sonnentag 20,0 kW

DE Wintertag 0,7 kW

DE maximal 52,0 kW

**>> mit 30% Lichtausbeute**

Tropen maximal 176,0 kW

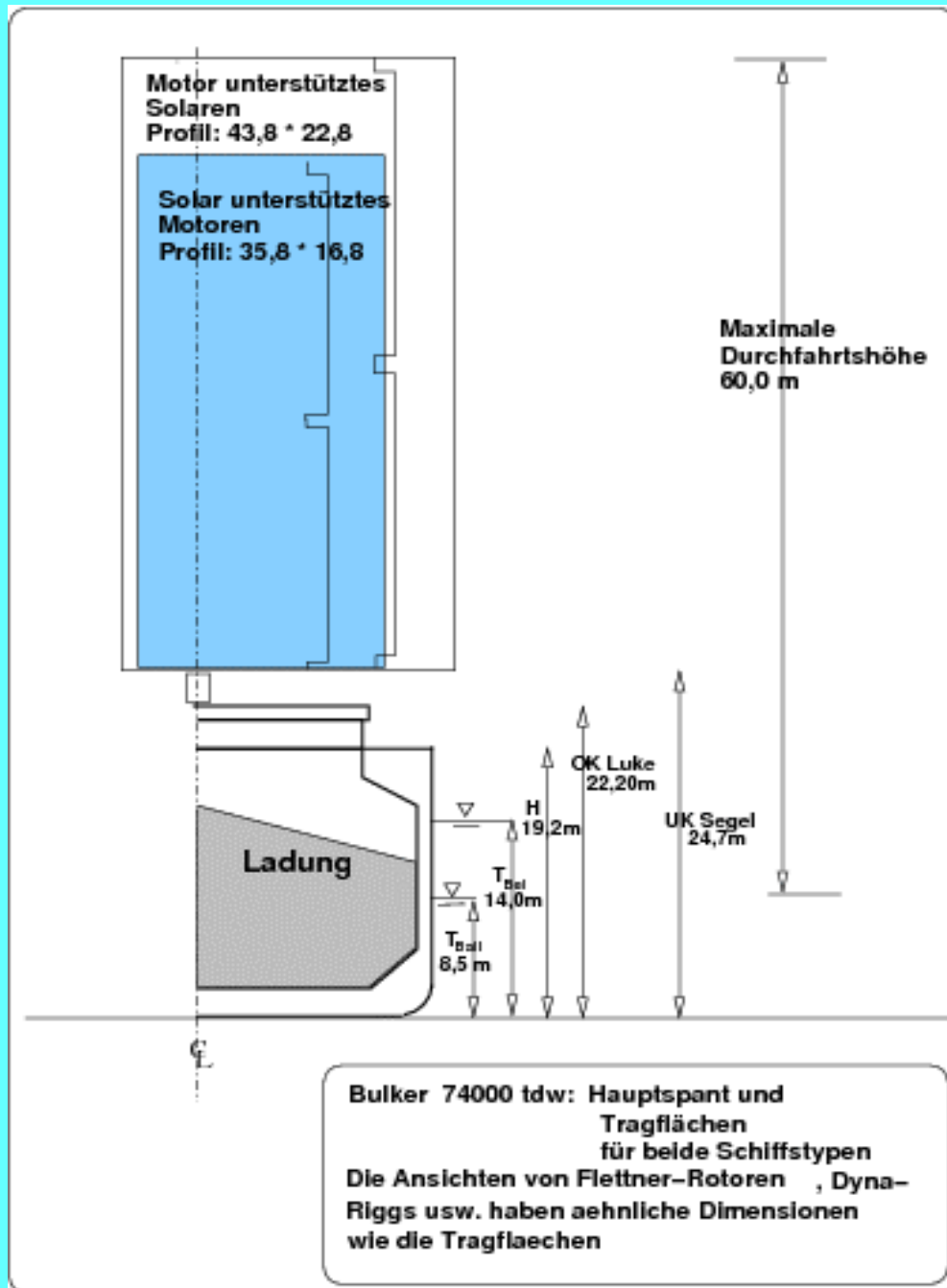
# Hauptspant mit Tragflügel- Rigg der beiden Entwürfe

Die Rigg- Höhe über Ballast- Wasserlinie ist beschränkt durch Brücken: 60m über WL

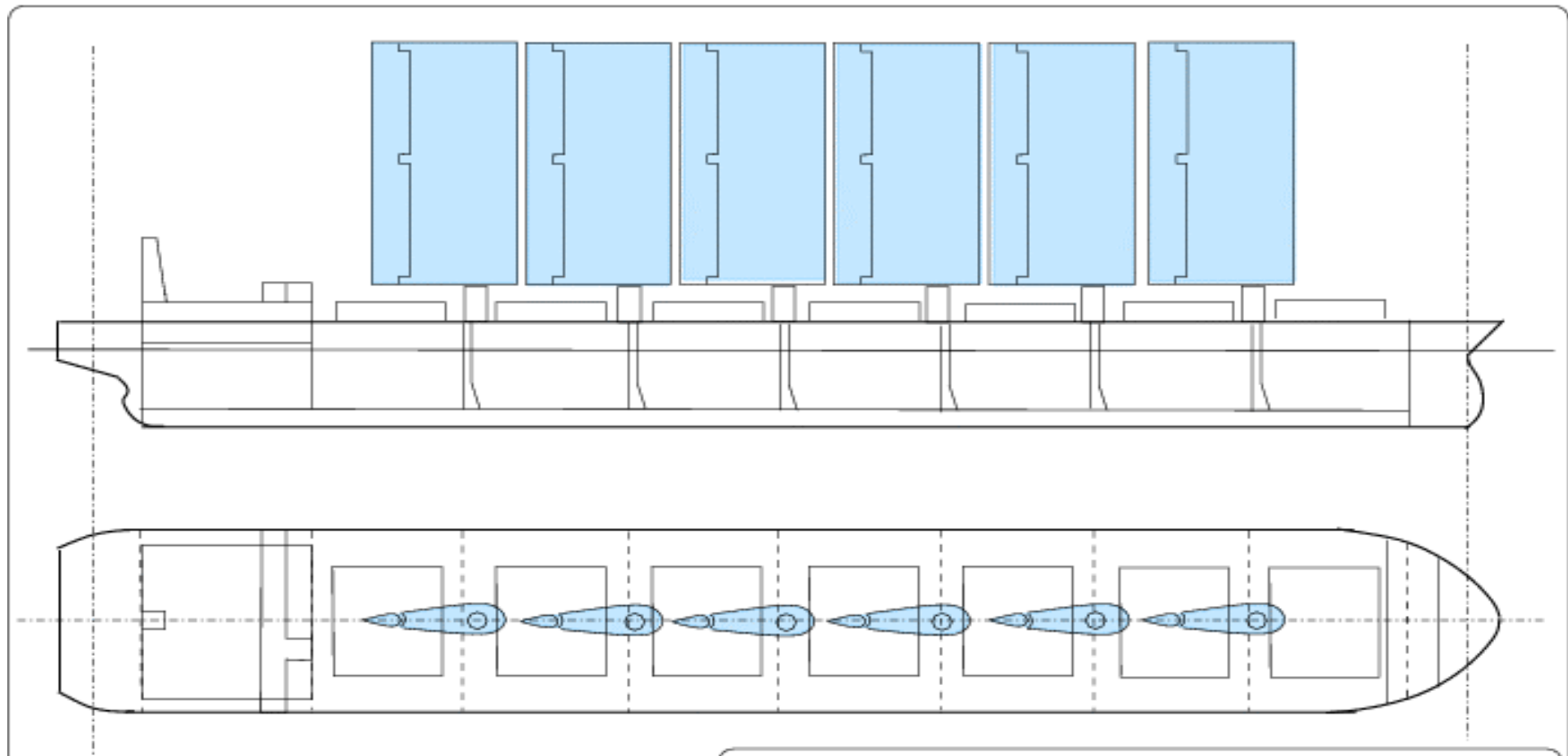
2 Entwürfe:

**SuM:** Solar unterstütztes Motoren (= normale Maschinenanlage + Zusatz - EE)

**MuS:** Motor unterstütztes „Solaren“ (= EE - Nutzung + deutlich kleinere Maschinenanlage)



# Längsschnitt und Deckspan



## **Bulker 74000 tdw, motor unterstütztes Solaren**

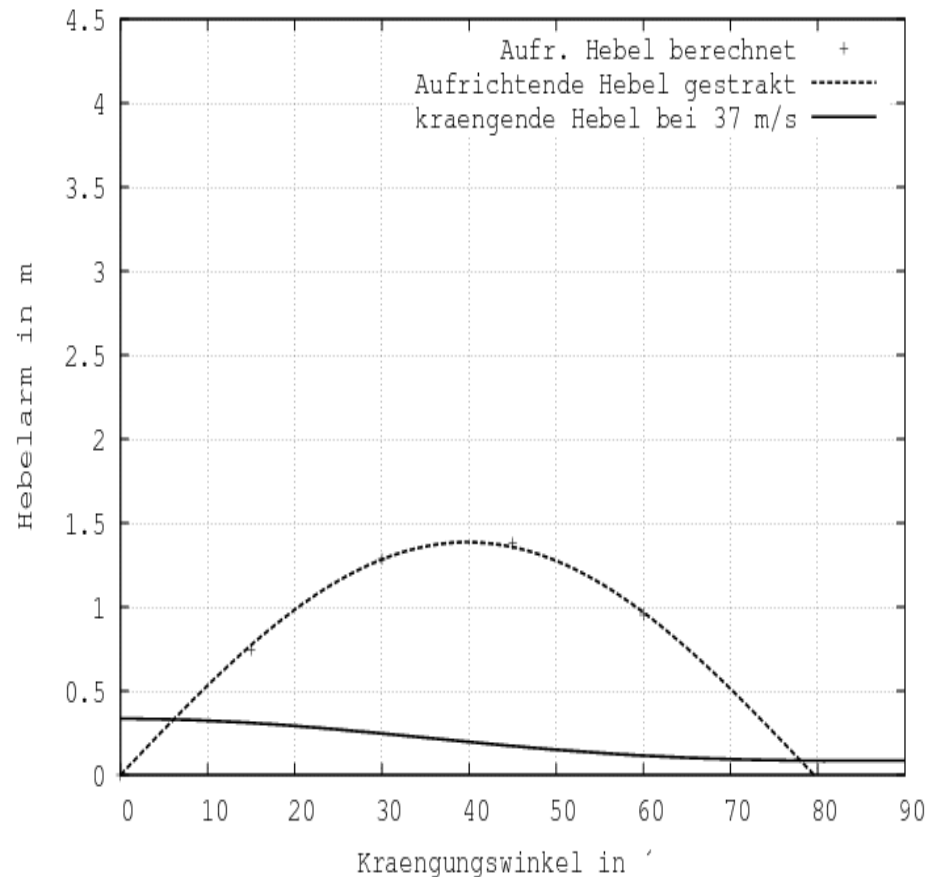
Feste Flügelprofile Solarzellen auf Flügeln und Lukendeckeln

Motorleistung	4500 kW	Länge zw. L.	218,00 m
Segelfläche	6000 m <sup>2</sup>	Breite a. Sp.	32,20 m
Photovolt. Fläche	4300 m <sup>2</sup>	Tiefgang	14,00 m
		Seitenhöhe	19,20 m

# Krängungswinkel bei starkem Wind

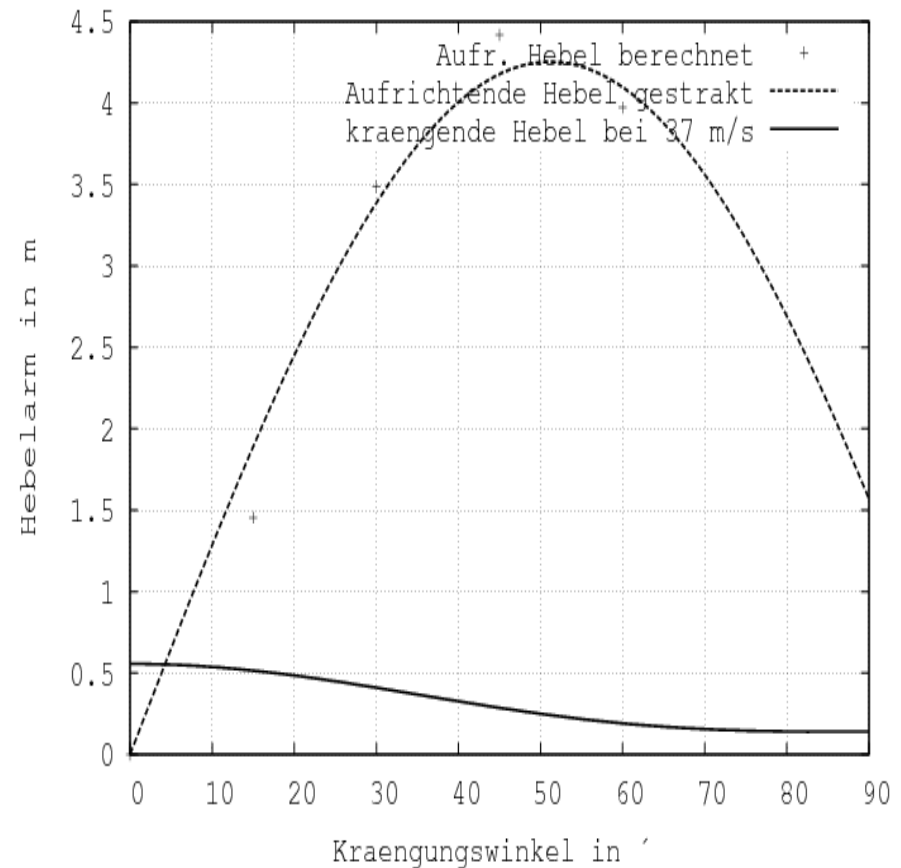
Der Krängungswinkel bei „**voll beladen**“ bleibt klein

Stab. Bulker 74000tdw voll bel., MuS Tragfl.-Rigg, 05.08, J.I.



Der Krängungswinkel bei „**Ballast**“ ist noch kleiner

Hebel Bulker 74000tdw Ball.: MuS Tragfl.-Rigg, 05.08, J.I

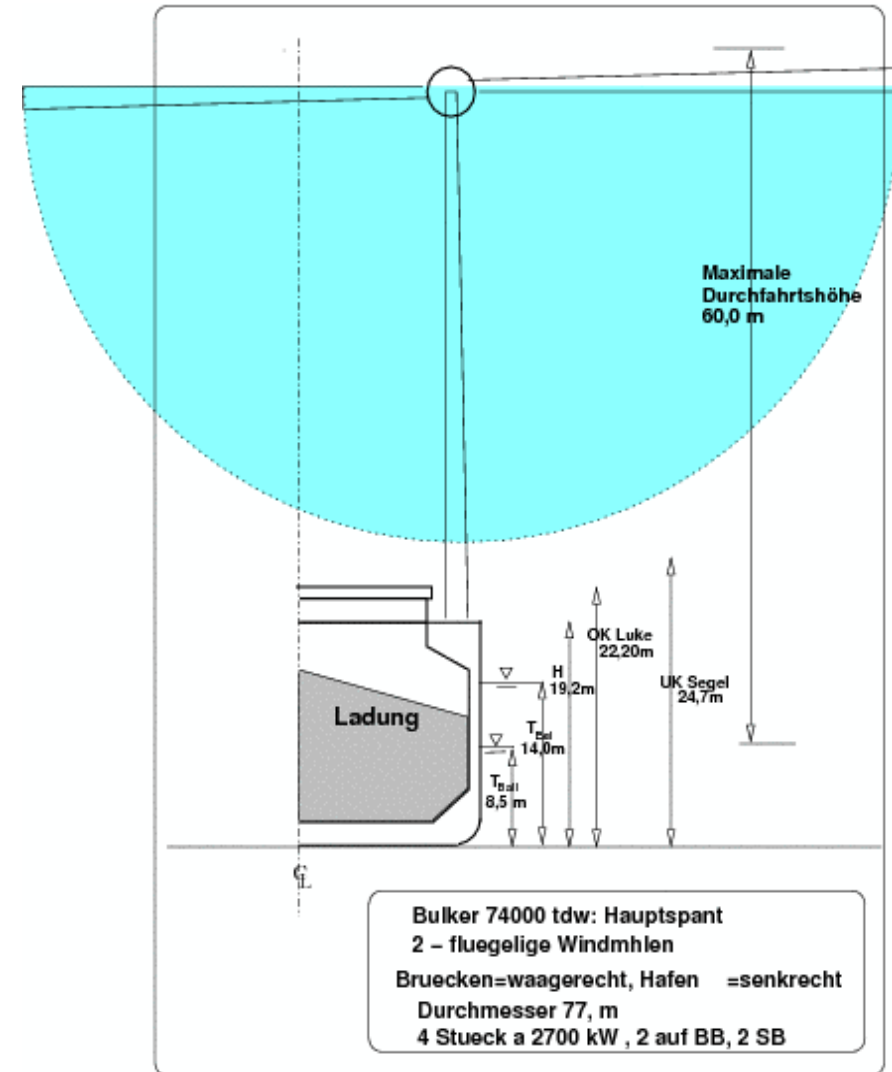
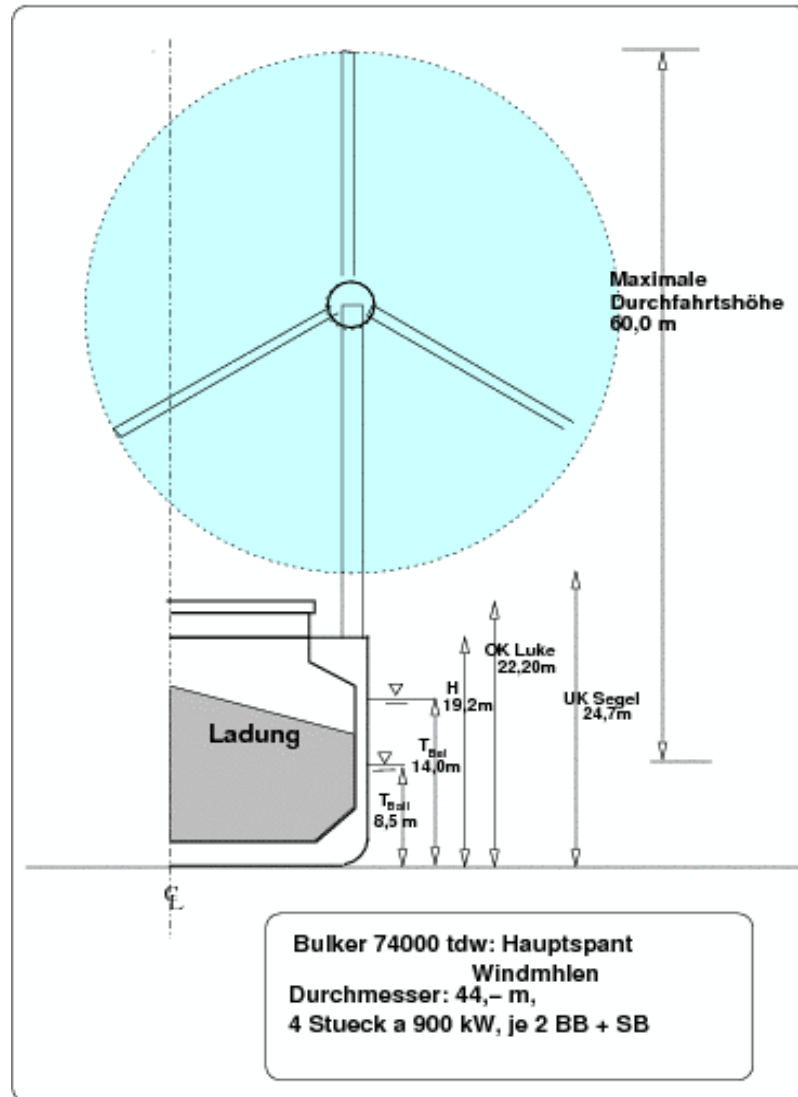


# Die Intaktstabilität dieser Bulker ist ausreichend

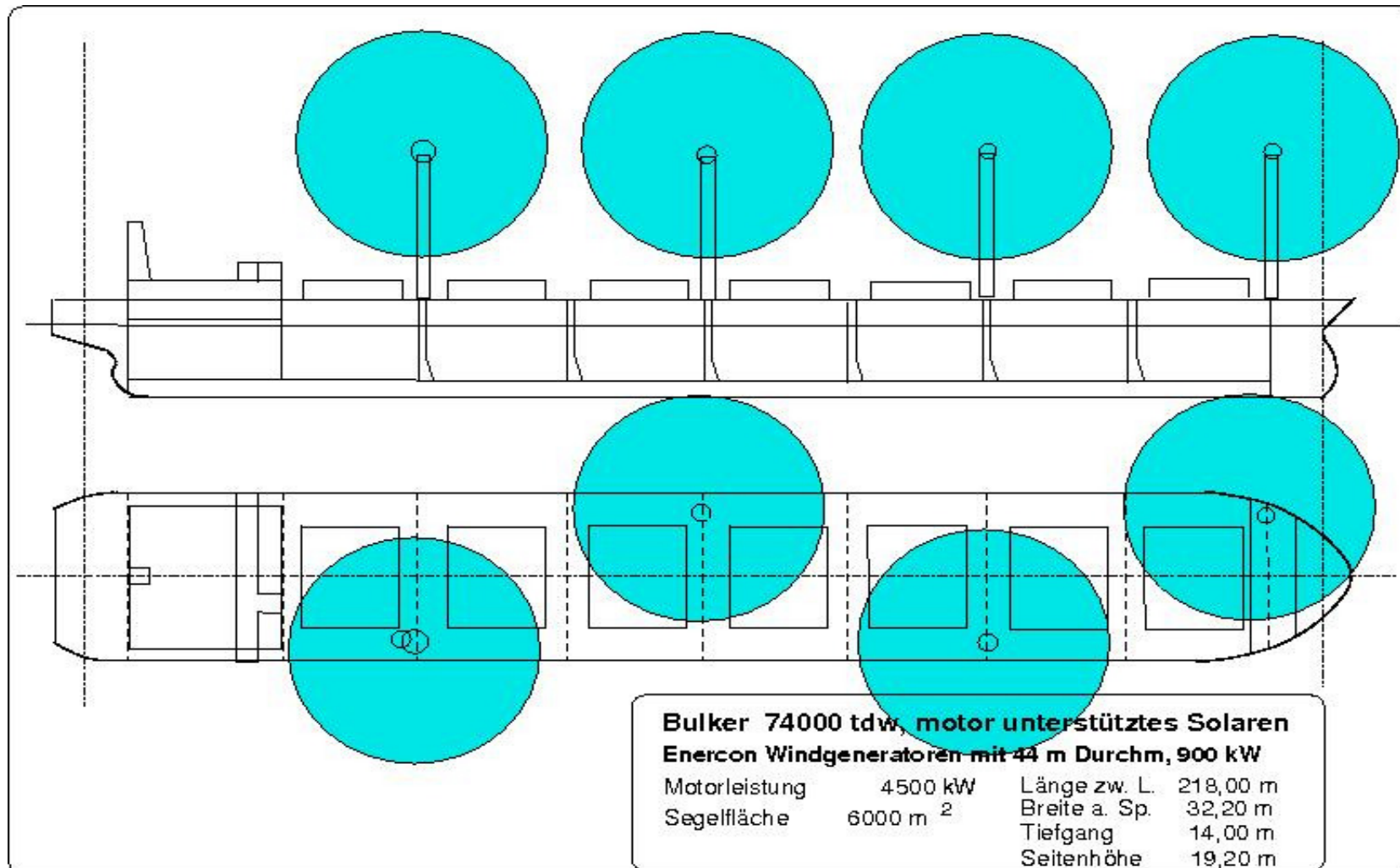
<b>Kriterien für Intaktstabilität</b>		
Schiffstyp <b>SuM</b> Starre Segel voll beladen		
<b>GL-Krit.</b> $v_S=37$ m/s	$F_{HA} = 1,05$ °m	<b>sehr gut</b>
	$F_{HK} = 0,10$ °m	
<b>IMO-Kriterium</b>	$FH,a' = 0,10$ rad · m	<b>gut</b>
	$FH'b' = 0,18$ rad · m	
Schiffstyp <b>MuS</b> Starre Segel voll beladen		
<b>GL-Krit.</b> $v_S=37$ m/s	$F_{HA} = 1,00$ °m	<b>sehr gut</b>
	$F_{HK} = 0,19$ °m	
<b>IMO-Kriterium</b>	$FH,a' = 0,104$ rad · m	<b>gut</b>
	$FH'b' = 0,138$ rad · m	
<b>Im Ballast-Zustand sind alle Schiffe noch stabiler</b>		

# Eine alte Idee neu durchrechnen ??

## Schiffe mit Windmühlen



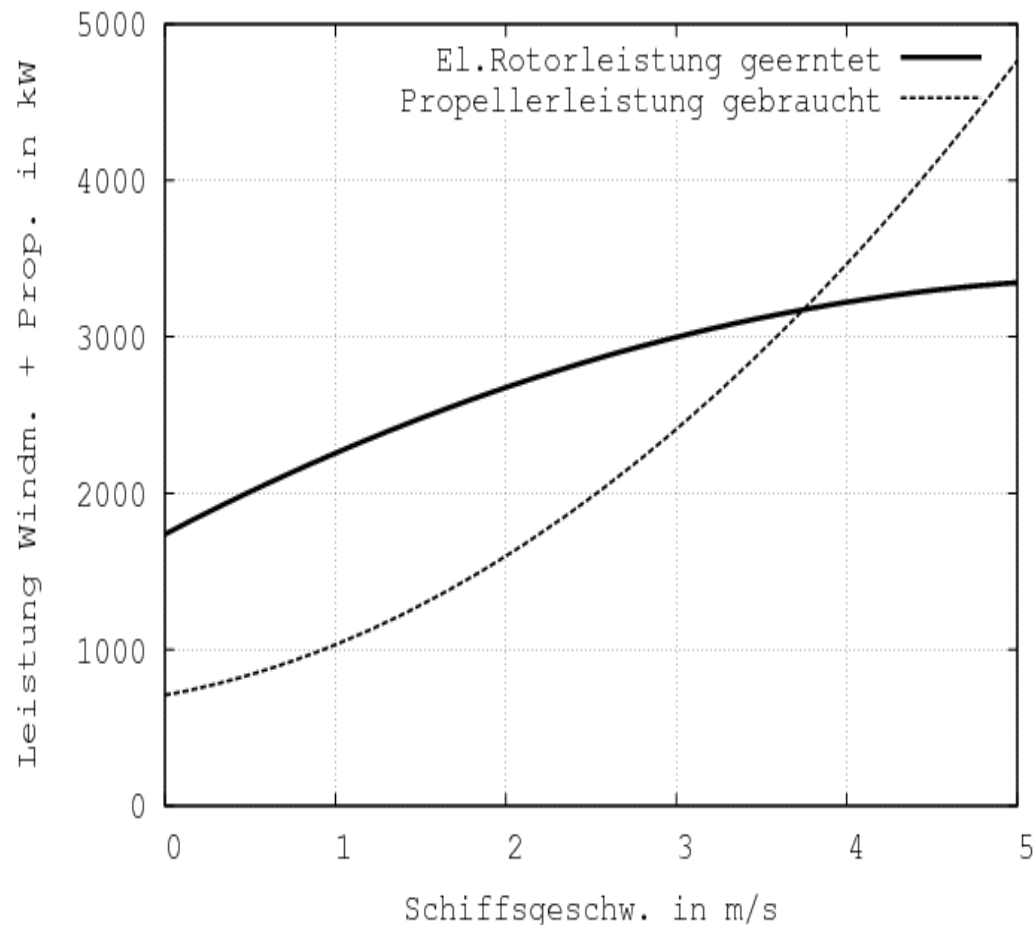
# Längsschnitt und Deckspan



# Gegen den Wind segeln

-- für richtige Segler klingt das absurd –  
es könnte möglich sein

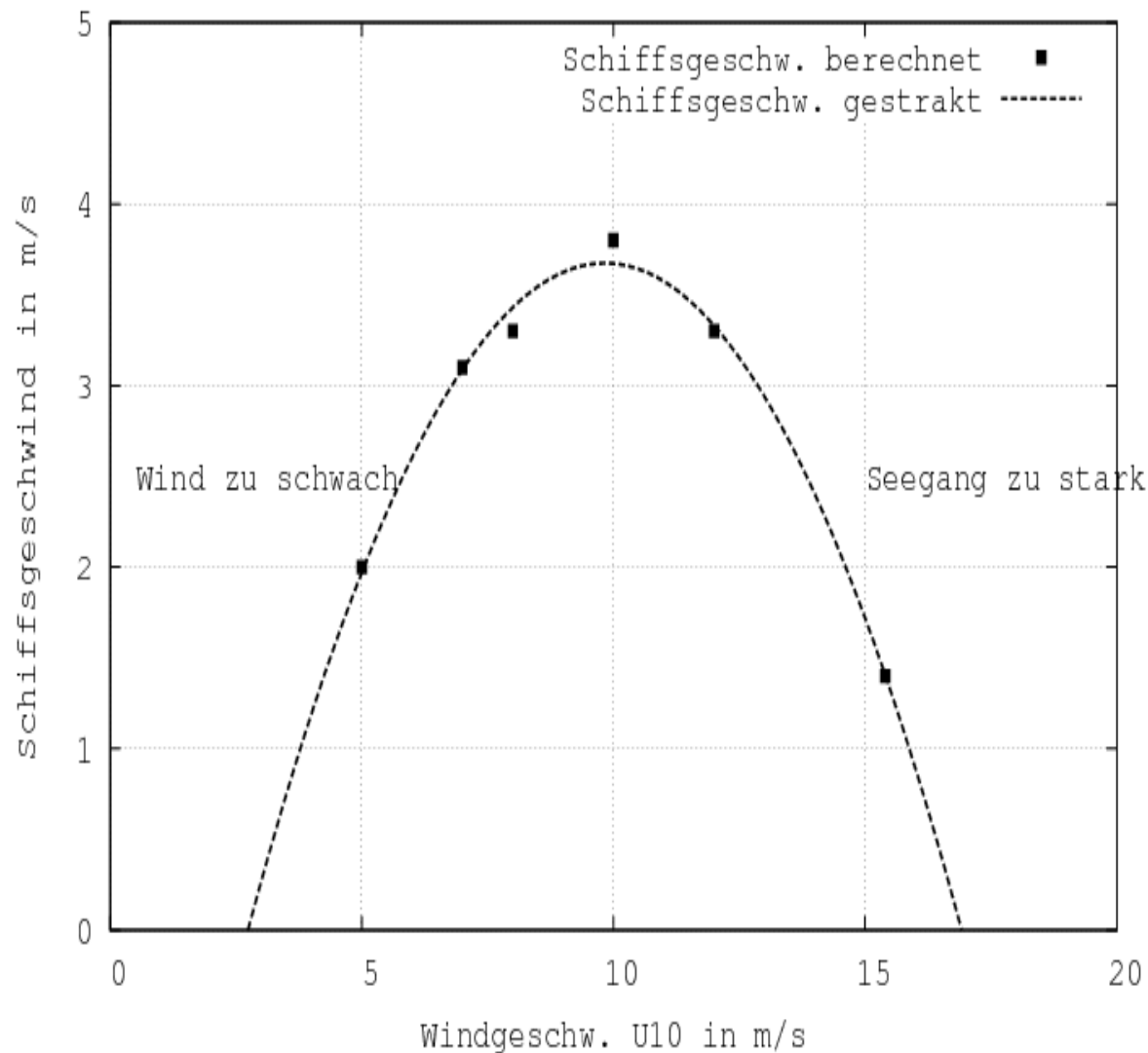
Segeln mit Windmuehlen gegen Wind 10 m/s 05.08, J.I.



- Die folgenden Rechnungen wurden mit Daten der Firmen: Enercon, Aurich und Windwärts, Hannover angestellt.
- Das Diagramm zeigt, dass der Bulker mit 4 Mühlen bei  $U_{10} = 10$  m/s Wind und Wellen von  $H_{1/3} = 2,5$  m von vorn etwa 7 kn läuft.

# Das „Segeln gegen den Wind ist“ auf einen kleinen Geschwindigkeitsbereich beschränkt

Schiffsgeschwind. mit Windmuehlen geg. Wind, 05.08, J.I.



- Die Geschwindigkeit gegen den Wind ist gering

- Ähnliches könnte man theoretisch mit einer einzigen sehr großen Mühle auf der Back erreichen.

# Wären Windkonverter wirklich eine Möglichkeit ???

- Schon stationäre Windmühlen müssen wegen der ständig notwendigen Richtungsänderungen ihrer Rotorachsen zum Wind große Kreiselkräfte ertragen. Durch die starken Roll- und Stampfbewegungen der Schiffe entstehen zusätzliche Kräfte >> Schiffs-Windmühlen müssten anders dimensioniert werden.
- Ich habe die Windkonverter allzu dicht angeordnet (Abstand sollte an Land 2 bis 3 Rotordurchmesser sein. Auch auf See?
- Bevor wir nicht Windmühlen an Bord mit richtiger Anordnung für alle Kurswinkel zum Wind durchgerechnet haben, kann man diese Anlagen nicht beurteilen.
- Zwei- flügelige Konverter werden trotz ihrer hohen Wirkungsgrade (siehe Schiffspropeller) von den Firmen wegen der großen Vibrationen und wegen der noch größeren Kreiselkräfte nicht gebaut.
- An Land optimiert man für maximale E-Leistung. An Bord brauchen wir das **Maximum „Rotorleistung / Rotorwiderstand“**

## Konstruktionen + Ideen, die uns noch reizen, über die wir aber zu wenig wissen:

- Wärmekollektoren mit Stirling-Motor koppeln:
  - + Kollektoren können Sonnenenergie besser nutzen als Photozellen
    - Ich weiß nicht, von welcher Temperaturdifferenz ab (heiß – kalt) Stirlingmotoren gut laufen
- Tauch- und Stampfbewegungen mit Wal – Schwanz zum Vortrieb nutzen: wer kann die Hydrodynamik einer elastischen Flosse rechnen?
- Wie formuliert und berechnet man das im folgenden Bild zitierte ökologische Bewertungskriterium „Nachhaltigkeit“ ???

# Nachhaltigkeitskriterien

- **Definition von Carl von Carlowitz (1645 – 1714) ) in „Sylvicultura Oeconomica“, (1713, Dresden) ein Forst- Lehrbuch aus einer Zeit, in der Deutschland durch Raubbau entwaldet war.**
- **Neue Definition aus dem Brundland-Report (1987): „Nachhaltig sind Bedarfsdeckungssysteme, die auf alle Menschen ausdehnbar (globalisierbar) und beliebig lange fortsetzbar sind, ohne die Tragfähigkeit der Ökosysteme zu überfordern und die Ressourcenbasis kommender Generationen zu schmälern.“**
- **Konkretere Verfahren hoffentlich bei:**  
**Ökologische Ökonomie** - Eine Einführung, Von Holger Rogall, Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften,