



Design und Auslegung von Flettnerrotoren

SCHOTTEL GmbH
Siegbert Beltz

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Inhalt

- Lastannahmen
- Bewertung
- Antriebskonzeption



Lastannahmen

- Welche Lasten treten auf?
- Wie treten Lasten auf?
- Wovon sind die auftretenden Belastungen abhängig?
- Sind Grenzbelastungen bekannt?
- Wie können Grenz- oder Designbelastungen definiert werden?



Lastannahmen



• Excel-basierte Berechnungssoftware für Lastermittlung

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Main input data	Einzelbereich																				
2																						
3	diameter of rotor	3,00 m																				
4	length of rotor	18,00 m																				
5	rotating speed	380,00 rpm																				
6	L Rule	85,00 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
7	B	15,00 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
8	D	7,25 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
9	T SC	6,55 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
10	L LC	6,55 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
11	insulated displacement of the ship at draught T SC	1178,21 t	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
12	type of ship	bulk carrier	Auswahl Loading conditions																			
13	loading conditions (only for bulk carrier)	alternate heavy cargo, partially filled	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
14	loading conditions (only for tankers)	normal condition	DNV-ST-0511																			
15	service area	80	DNV-RU-SHIP Pt.1 Ch.1 Sec.4 symbols																			
16	single keel	no																				
17	x from AE	80,80 m																				
18	y from CL	0,00 m																				
19	z from BL	17,35 m	bei Klasse nachfolgend																			
20	M (position of meta-centrum from BL)	7,95 m																				
21	mass of rotating parts	5000,00 kg																				
22	U10 (mean wind speed acc. DNV)	20,7 m/s	DNV-RP-C205 (Bem.)																			
23	z (wind shear exponent)	DNV																				
24	height of center of area of WAPs above waterline	13,60 m																				
25	density of seawater (default DNV = 1025 kg/m³)	1025 kg/m³																				
26																						
27																						
28	design speed of vessel	10 kn																				
29																						
30	design wind force for regular service	0,87																				
31	gust factor (default 1.45 BV N0206)	1,45																				
32	max. design wind speed for regular service	30,0 m/s																				
33	air density (default 1,225 kg/m³)	1,225 kg/m³																				
34																						
35																						
36	distance from baseline to freeboard deck considered at side, z _{fb}	8,2 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
37	distance from baseline to lowest point of the exposed deck considered z _d	10,2 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
38	distance from baseline to load point z	11,6 m	DNV-RU-SHIP Pt.3 Ch.1 Sec.4 symbols																			
39																						
40																						
41																						
42																						
43																						
44																						
45																						
46																						
47																						
48																						
49																						
50																						
51																						
52																						
53																						
54																						
55																						
56																						
57																						
58																						
59																						
60																						
61																						
62																						
63																						
64																						
65																						
66																						
67																						
68																						
69																						
70																						
71																						
72																						
73																						
74																						
75																						
76																						
77																						
78																						
79																						
80																						
81																						
82																						
83																						
84																						
85																						
86																						
87																						
88																						
89																						
90																						

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	DNV-ST-0511														
2	3.2.2.2 Inertia loads - IR														
3															
4	Load combination of envelope accelerations														
5	For the local point														
6	Load combination	a x-U	a y-U	a z-U											
7		m/s²	m/s²	m/s²											
8	Head sea 1	2,66	0	4,88											
9	Head sea 2	-2,66	0	-4,88											
10	Beam sea 1	0	9,49	3,32											
11	Beam sea 2	0	-9,49	-3,32											
12	Oblique sea 1	1,69	5,69	4,88											
13	Oblique sea 2	1,69	5,69	-4,88											
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															

Diagram (a) illustrates the coordinate system for the ship's hull. The x-axis points towards the bow, the y-axis points towards the starboard, and the z-axis points downwards. The center of gravity (COG) is marked at the origin.

Diagram (b) illustrates the coordinate system for the ship's hull. The x-axis points towards the bow, the y-axis points towards the starboard, and the z-axis points downwards. The center of gravity (COG) is marked at the origin.

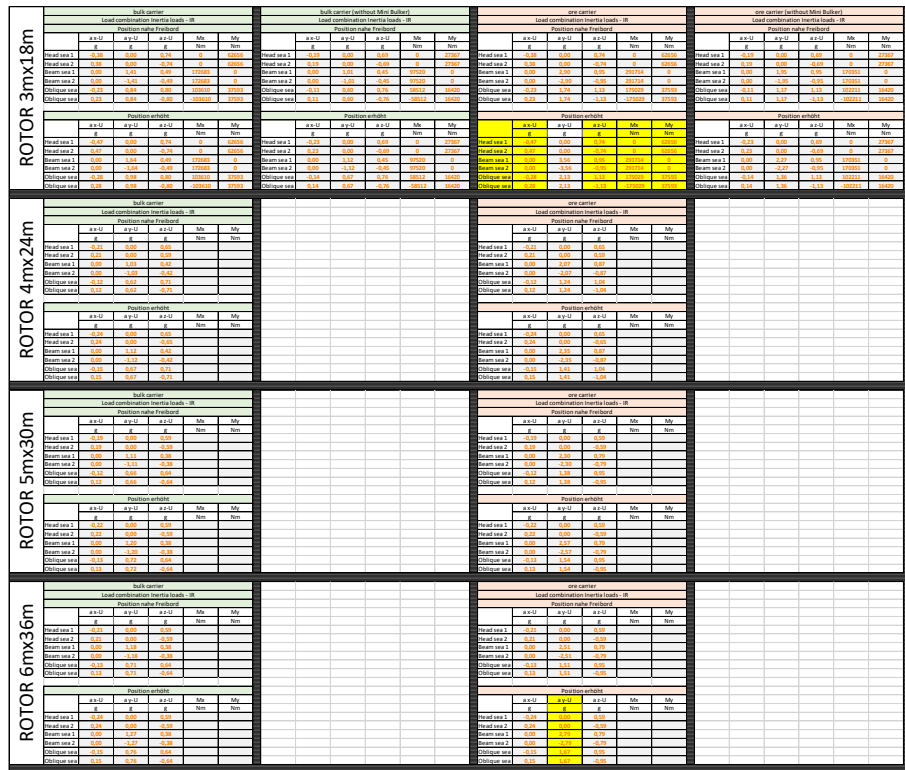
Diagram (c) illustrates the coordinate system for the ship's hull. The x-axis points towards the bow, the y-axis points towards the starboard, and the z-axis points downwards. The center of gravity (COG) is marked at the origin.

Die in den Fußnoten (a), (b) und (c) gegebenen Zahlenwerte stellen im Prinzip die Beschleunigungen in Vertikalkrichtung dar. Diese sind bei Stampf- und Rollbewegungen besonders groß und können an exponierten Stellen bis sehr schiefen Werten durchaus 1 g erreichen. Die CTU-Richtlinien setzen hier das Maximum bei 0,6 g. Die vertikalen Beschleunigungen verringern die Reibungskräfte und erhöhen den Stapeldruck.

Übersicht über Beschleunigungen an Bord eines Schiffes

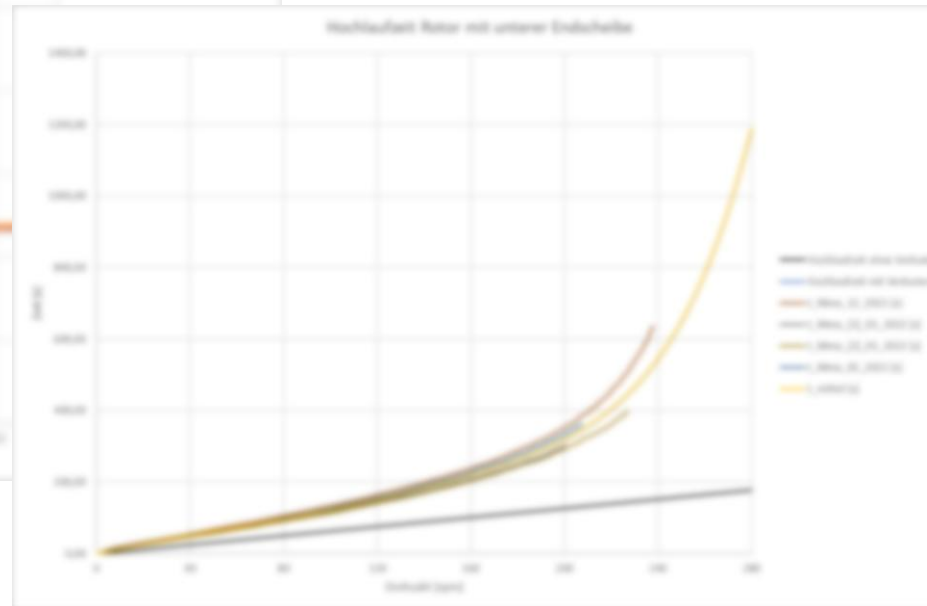
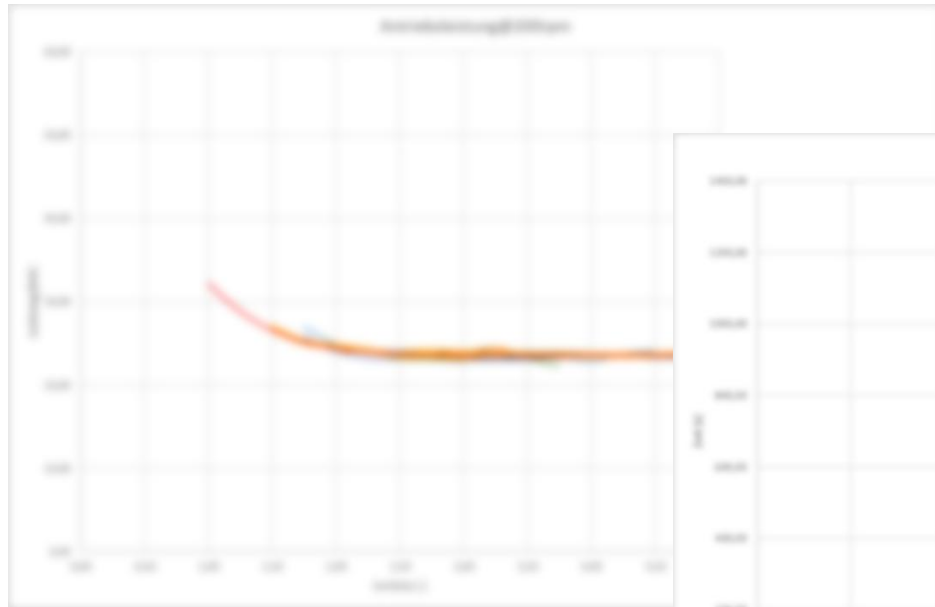
Im Annex 13 zu CSS-Code sind Tabellen zur Ermittlung von Beschleunigungen in Abhängigkeit vom Stapelplatz an Bord, der Schiffslänge und -geschwindigkeit enthalten. Doch diese Tabellen sind nicht für den Gebrauch beim Docken von CTUs und dem Scheren

- Definieren von Designlasten



Lastannahmen

- Excel-basierte Berechnungssoftware für Antriebsleistung



Inputs of rotor				
diameter of rotor	D=	3	m	
length of rotor	L=	18	m	(without discs)
moment of inertia rotating parts	Jz=	15600	kgm ²	(rotating axis)
nominal speed of rotor	n=	280	1/min	
nominal torque drive	Mn=	485	Nm	
Reduction ratio between drive and rotor?		yes		
Reduction ratio	i=	5,29		
Reduction ratio	i=	5,29	-	
max. lambda	λ=	1,5	-	
air temperature	T=	15	°C	
air density (default 1,226kg/m³)	ρ=	1,225	kg/m³	
number of end discs	ndisc=	1		
Calculate data				
Results				
nominal power	Pn	1,2	kW	
nominal speed with disc	n _d	190,2	1/min	
nominal torque with disc	M _d	11,2	Nm	
nominal speed with disc and disc	n _{dd}	190,2	1/min	
nominal torque with disc and disc	M _{dd}	11,2	Nm	

Bewertung

- Statisch und dynamisch
- Wie kann dynamisch ausgewertet werden?
- Welche Lasten werden wie kombiniert?
- Wieviel Lastwechsel werden angesetzt?
- Wie kann die Lastwechselzahl errechnet werden?



Bewertung

- Bewertung nach DNV-ST-0511

3.3 Load combinations

Loads shall be considered to occur in combination, as listed in Table 3-3, and shall encompass all operational conditions as per [3.1.2].

If further load combinations are relevant, those shall be considered.

Table 3-3 Load combinations

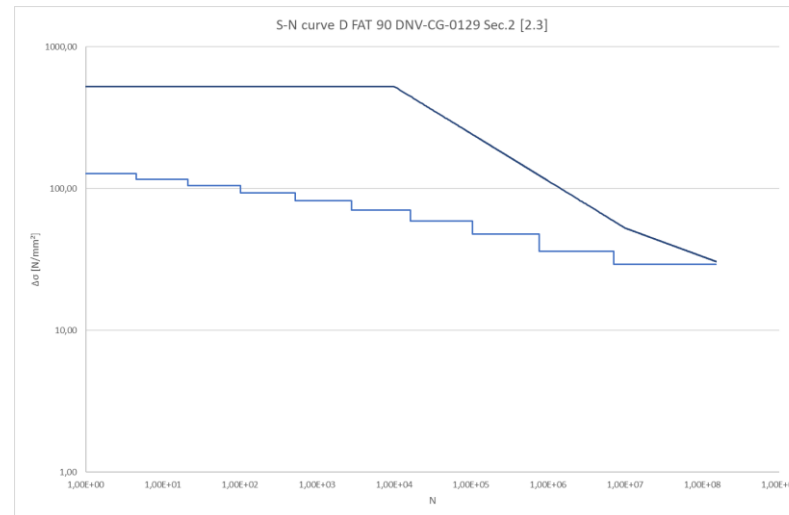
<i>Loads</i>	<i>Regular loads (ULS)</i>	<i>Extreme loads (ULS)</i>						<i>Fatigue loads (FLS)</i>	
Load combination case	R1	E1	E2	E3	E4	E5	E6	F1	F2
Wind	WR	WE	WE	WE ¹⁾	WE			WF	
Inertia	IR		IE	IE				IF	
Ice and snow				SE					
Temperatures					TE				
Green sea and spray						GE			
High frequency									HF
Others	OR						OE	OR	

¹⁾ = In load combination E3, the wind speed defined as 'WE', may be reduced to 26 m/s, similar to the value underlying the IMO weather criteria for intact stability.

Bewertung

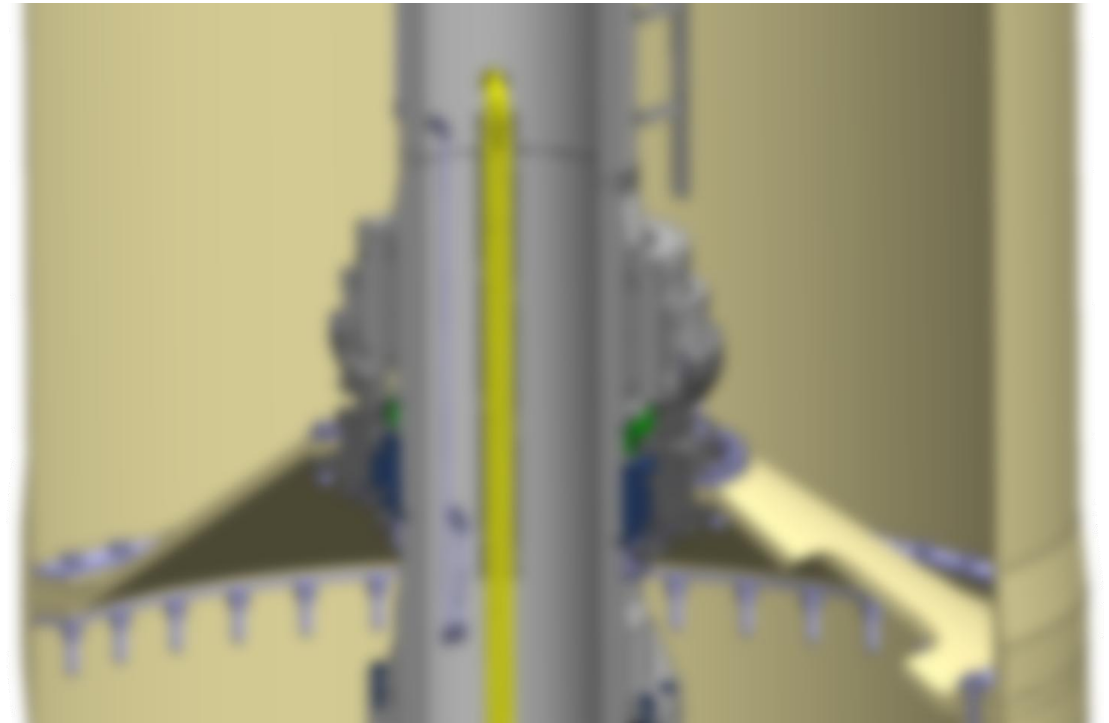
- Excel-basierte Berechnungssoftware für Bewertung

Stresses documentation point 6						
Stress block	$\Delta\sigma_i$ FS	$\Delta\sigma_i$ tot	Ni	ni	Nrel [%]	D
1	127,70	104,96	4,50E+00	4,50E+00	0,000003	6,47E-06
2	116,27	95,56	2,10E+01	1,65E+01	0,000011	1,79E-05
3	104,84	86,17	1,02E+02	8,12E+01	0,000054	6,46E-05
4	93,40	76,77	5,22E+02	4,19E+02	0,000280	2,36E-04
5	81,97	67,37	2,82E+03	2,30E+03	0,001533	8,74E-04
6	70,54	57,98	1,64E+04	1,36E+04	0,009055	3,29E-03
7	59,11	48,58	1,05E+05	8,86E+04	0,059036	1,26E-02
8	47,67	39,18	7,70E+05	6,65E+05	0,443466	4,10E-02
9	36,24	29,79	7,12E+06	6,35E+06	4,236445	9,93E-02
10	29,15	23,96	1,50E+08	1,43E+08	95,250118	7,52E-01
				1,50E+08	100,0	9,09E-01



Antriebskonzept

- Analyse des Referenzrotors und Identifikation von Optimierungspotentialen





Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!

Kontakt

Siegbert Beltz

Tel. 03841 - 204215

Mail: sbeltz@schottel.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages