5. 2 Methode (2): Formel

Die zulässige Windgeschwindigkeit kann mit einer einzigen Formel berechnet werden. Hierzu sind folgende Daten im Voraus zu ermitteln:

- die Hublast (m_H) (inkl. Anschlagmittel, Hakenflasche und evtl. Hubseilanteil)
- die Windangriffsfläche (A_W)
- die maximale Windgeschwindigkeit laut Traglasttabelle

Formel zur Berechnung der zulässigen Windgeschwindigkeit:

$$v_{max} = v_{max_TAB} \cdot \sqrt{\frac{1{,}2\ ^{m^2}/_t \cdot m_H}{A_W}}$$

Der Wert 1,2 unter der Wurzel entspricht einer Konstanten und **nicht** dem c_W-Wert! Dieser Wert darf **nicht** verändert werden!

5. 2. 1 Beispiel zur Berechnung der maximal zulässigen Windgeschwindigkeit für einen Standard-Lastfall

Beispiel 1

Windangriffsfläche:
1,2 · 50 m² =
60 m²

Eine **Last** wiegt **85 t**, hat einen **c_w-Wert** von **1,2** und eine **Projektionsfläche** von **50 m²**. Bei einem c_W-Wert von 1,2 und einer Projektionsfläche von 50 m² ergibt sich eine Windangriffsfläche von 60 m². Die Traglasttabelle hat in diesem Beispiel eine maximale Windgeschwindigkeit von 9 $^m/_s$.

$$v_{max} = 9\ ^m/_s \cdot \sqrt{\frac{1{,}2\ ^{m^2}/_t \cdot 85\ t}{60\ m^2}}$$

$$v_{max} = \mathbf{11{,}73\ ^m/_s}$$

Ist das Ergebnis von v_{max} **größer** als v_{max_TAB}, kann die Last bis zu der angegebenen maximalen Windgeschwindigkeit aus der Traglasttabelle, hier 9 $^m/_s$, gehoben werden.

5. 2. 2 Beispiel zur Berechnung der maximal zulässigen Windgeschwindigkeit für einen speziellen Lastfall

Beispiel 2

Windangriffsfläche:
1,4 · 200 m² =
280 m²

Die zu hebende Last wiegt **65 t**, hat einen c_W-Wert von **1,4** und bei einer Projektionsfläche von **200 m²** eine Windangriffsfläche von **280 m²**. Für den benötigten Rüstzustand ist laut Traglasttabelle eine maximale Windgeschwindigkeit von 11,1 $^m/_s$ zulässig.

$$v_{max} = 11{,}1\ ^m/_s \cdot \sqrt{\frac{1{,}2\ ^{m^2}/_t \cdot 65\ t}{280\ m^2}}$$

$$v_{max} = \mathbf{5{,}86\ ^m/_s}$$

Die Windgeschwindigkeit aus der Traglasttabelle reduziert sich von 11,1 $^m/_s$ auf 5,86 $^m/_s$. Die Last darf bis zu einer maximalen Windgeschwindigkeit von 5,86 $^m/_s$ gehoben werden.

Die ermittelte, maximal zulässige Windgeschwindigkeit von 5,86 $^m/_s$ wird nicht in das LICCON-Computersystem übernommen. Bei Überschreitung der ermittelten, maximal zulässigen Windgeschwindigkeit von 5,86 $^m/_s$ erfolgt keine Warnung. Daher muss der Kranfahrer selbständig den Windgeschwindigkeitswert im LICCON-Computersystem beobachten. Wird die ermittelte, maximal zulässige Windgeschwindigkeit erreicht, muss der Kranfahrer den Lasthub abbrechen.

5. 3 Übungen

Übung 10

Sie müssen mit einem LTM 1150-6.1 (CODE 0050) eine Last mit 47 t und einer Windangriffsfläche von 235 m² auf 21 m Höhe bei einer Ausladung von 6 m heben. Der Kran ist mit einer Abstützbasis von 9,30 m x 8,30 m abgestützt. Das Gegengewicht beträgt 46,8 t.

Bestimmen Sie die richtige Telekonfiguration aus dem Auszug des Traglasttabellenbuches (siehe unten). Ermitteln Sie außerdem die zulässige Windgeschwindigkeit für diesen Hub mittels zuständigem Windkraftdiagramm (vgl. Kap. 5.1).

m >< t CODE > 0050 < T186.00301x(x)

m	13,7	18,5	18,5	18,5	23,3	23,3	23,3	23,3	28,1	28,1	28,1	28,1	28,1	32,9
3,0	96,4	81,8	61,6	57,5	71,6	61,2	58,4	41,2						
3,5	92,3	82,1	62,2	56,0	71,0	61,6	58,6	39,5	54,0	56,1	53,9	40,1		
4,0	85,6	82,5	62,7	54,6	70,0	62,0	58,3	37,8	53,5	55,6	53,4	38,3	37,2	
4,5	79,6	79,7	63,2	52,7	68,6	62,5	56,1	36,0	53,1	55,0	52,8	36,4	35,5	41,0
5,0	74,2	74,3	63,8	50,5	67,1	62,9	54,0	34,1	52,5	54,3	52,3	34,5	33,8	40,3
6,0	64,9	65,1	64,0	45,9	63,1	63,5	49,6	30,6	50,4	52,1	49,9	31,5	31,0	38,9
7,0	57,1	57,4	57,8	42,3	56,9	57,7	46,1	28,1	48,1	49,8	47,1	28,7	28,4	37,5
8,0	51,0	51,1	51,5	39,3	51,0	51,7	42,6	25,7	45,9	47,6	44,2	26,2	26,0	36,1
9,0	45,6	45,7	46,2	36,3	45,7	46,4	39,4	23,7	43,6	45,5	41,2	24,4	24,2	34,7
10,0	41,1	41,2	41,7	34,0	41,2	41,9	36,8	22,2	40,6	41,7	38,2	22,5	22,5	33,0
11,0	35,9	37,4	37,9	32,0	37,3	38,1	34,2	20,6	36,9	37,9	35,4	20,8	20,8	31,0
12,0		34,0	34,6	30,2	33,9	34,7	31,6	19,1	33,5	34,5	33,5	19,6	19,7	29,0
14,0		28,0	28,6	27,3	27,9	28,8	28,0	17,0	27,4	28,6	29,5	17,3	17,5	25,4
16,0		21,1	21,6	22,0	23,4	24,3	24,9	15,2	22,9	24,1	25,1	15,3	15,6	22,3
18,0					19,9	20,8	21,6	13,8	19,4	20,6	21,6	13,8	14,1	18,9
20,0					17,1	18,0	18,8	12,7	16,6	17,8	18,8	12,5	12,8	16,1
22,0									14,4	15,5	16,5	11,5	11,8	13,8
24,0									12,5	13,7	14,7	10,6	11,0	12,0
26,0														10,4
28,0														9,1
30,0														7,6
32,0														
34,0														
36,0														
38,0														
40,0														
42,0														
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
* n *	12!	10	8	7	9	8	7	5	7	7	7	5	5	5
1	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	0 +	0 +	92 +
2	0 +	0 +	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	0 +	46 +	46 +	0 +	0 +	0 +	46 +
3	0 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	46 +	0 +	0 +	46 +
4	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	0 +	0 +	46 +	46 +	92 +	46 +	0 +
5	0 +	0 +	0 +	46 +	0 +	0 +	46 +	92 +	0 +	0 +	46 +	46 +	92 +	0 +
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1

Bild 24: Auszug aus dem Traglasttabellenbuch vom LTM 1150-6.1

LIEBHERR

Übung 11

Sie müssen mit einem LTM 11200-9.1 (CODE 0016) eine Last mit 45 t und einer Windangriffsfläche von 112 m² auf 42 m Höhe bei einer Ausladung von 18 m heben. Der Kran ist mit einer Abstützbasis von 13 m x 13 m abgestützt. Das Gegengewicht beträgt 22 t.

Bestimmen Sie die richtige Telekonfiguration aus dem Auszug des Traglasttabellenbuches (siehe unten). Ermitteln Sie außerdem die zulässige Windgeschwindigkeit für diesen Hub mittels zuständigem Windkraftdiagramm (vgl. Kap. 5.1).

m >< t — CODE > 0016 < V178 0F00.x(x)

m	18,3	24,1	24,1	30,0	30,0	30,0	35,8	35,8	41,6	41,6	41,6	47,5	47,5	47,5
3,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0								
3,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	190,0						
4,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	183,0	213,0	213,0	92,0			
4,5	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	176,0	213,0	213,0	88,0			
5,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	170,0	213,0	213,0	84,0	213,0	161,0	110,0
6,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	158,0	213,0	213,0	78,0	213,0	150,0	101,0
7,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	209,0	213,0	148,0	213,0	213,0	72,0	207,0	140,0	94,0
8,0	213,0	213,0	213,0	213,0	213,0	189,0	213,0	139,0	213,0	198,0	67,0	194,0	131,0	87,0
9,0	213,0	213,0	213,0	211,0	213,0	174,0	194,0	130,0	181,0	186,0	63,0	171,0	123,0	81,0
10,0	211,0	192,0	196,0	171,0	184,0	158,0	160,0	121,0	151,0	159,0	59,0	144,0	116,0	76,0
12,0	143,0	134,0	137,0	120,0	131,0	135,0	114,0	105,0	109,0	117,0	52,0	106,0	103,0	67,0
14,0	100,0	98,0	100,0	89,0	99,0	104,0	85,0	92,0	83,0	90,0	46,0	82,0	93,0	60,0
16,0	73,0	72,0	74,0	68,0	78,0	81,0	65,0	81,0	64,0	71,0	41,0	64,0	77,0	54,0
18,0		55,0	57,0	53,0	60,0	63,0	51,0	70,0	51,0	57,0	37,0	51,0	64,0	48,0
20,0		42,0	44,5	40,0	47,5	51,0	39,5	57,0	40,0	46,5	33,5	41,0	54,0	44,0
22,0		32,0	34,5	29,7	38,0	41,0	30,5	47,5	31,5	37,5	31,0	32,5	45,0	40,0
24,0				21,8	29,9	33,5	23,6	40,0	24,6	30,5	28,4	26,0	38,0	36,0
26,0				15,5	23,4	26,8	17,2	33,5	19,0	24,9	26,0	20,6	32,5	33,5
28,0					18,2	21,6	12,1	28,3	14,4	19,8	24,4	16,0	27,6	28,8
30,0							7,8	23,8	10,3	15,4	22,7	12,2	23,1	24,2
32,0								20,1	6,0	11,8	21,1	9,0	19,3	20,4
34,0								17,1		8,7	20,0	5,3	16,1	17,1
36,0										5,8	17,5		13,4	14,4
38,0										3,0	15,0		11,0	11,9
40,0											13,0		8,9	9,8
42,0													7,1	8,0
44,0														
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
56,0														
58,0														
* n *	14	14	14	14	14	14	14	13	14	14	6	14	11	7
1	0+	0+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	0+
2	0+	50+	0+	50+	0+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	0+	0+
3	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	0+
4	0+	0+	0+	0+	50+	50+	0+	0+	50+	50+	0+	50+	50+	100+
5	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	0+	50+	50+	50+
6	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
7	0+	0+	0+	0+	0+	0+	0+	50+	0+	0+	100+	0+	50+	50+
%														
m/s	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1	11,1
TAB ***	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019	0019

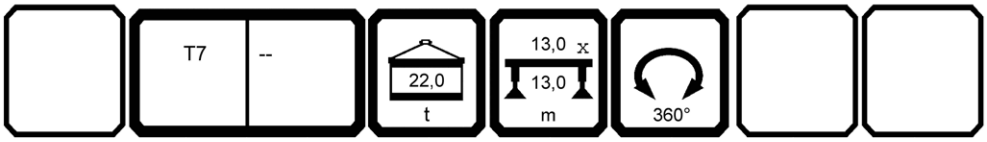

Bild 25: Auszug aus dem Traglasttabellenbuch vom LTM 11200-9.1

LIEBHERR

6. Schlussbemerkung

Der Windkraftboom der letzten Jahre hat viele Innovationen bei Kranherstellern hervorgebracht. Niemals zuvor wurden so viele Großgeräte in Betrieb genommen, um den wachsenden Anforderungen neuer Windkraftanlagen und den damit verbundenen Technologien gerecht zu werden, wie heute.
Beim Errichten einer modernen Windkraftanlage muss stets darauf geachtet werden, dass die Größe des Kranes nach dem Gewicht des Maschinenhauses und nach der Windangriffsfläche des Rotors in Abhängigkeit der Nabenhöhe bestimmt wird. Bei Reparaturarbeiten und Wartungsarbeiten muss dies ebenso berücksichtigt werden.
Der Einfluss des Windes auf Kran und Last ist stärker in den Fokus der Kranbetreiber bei der Montage der Windkraftanlagen gerückt, da Krane hier an Stellen eingesetzt werden, bei denen mit erhöhtem Wind gerechnet werden muss.
„Doppelte Windgeschwindigkeit bedeutet 4-fache Windbelastung auf Ausleger und Last“, so lautet die Regel.
Damit das Unfallrisiko besser eingeschätzt und somit Unfälle bei der Arbeit mit dem Kran vermieden werden können, haben wir mit vorliegendem Skript umfangreich zum Thema „Windeinflüsse bei Kranbetrieb“ informiert. Darüber hinaus stehen dem Leser bei weiteren Fragen kompetente Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der **LIEBHERR-Werk Ehingen GmbH** zur Verfügung.

7. Anhang

7. 1 Liebherr-Krane in der Windenergie

7. 1. 1 Aktuelle Mobilkrane (2012)

LTM 1350-6.1

Technische Daten LTM 1350-6.1	
Maximale Traglast	350 t bei 3 m
Teleskopausleger	70 m
Max. Hubhöhe	134 m
Fahrmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 440 kW
Kranmotor Leistung	Liebherr 4 Zylinder Turbo-Diesel 180 kW
Antrieb, Lenkung	12 x 8 x 10
Fahrgeschwindigkeit	80 km/h
Gewicht	72 t (6 x 12 t Achslast)
Windkraftanlagen - Größe	< 1 MW*

LTM 1400-7.1

Technische Daten LTM 1400-7.1	
Maximale Traglast	400 t bei 3 m
Teleskopausleger	60 m
Max. Hubhöhe	130 m
Fahrmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 440 kW
Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 240 kW
Antrieb, Lenkung	14 x 8 x 14
Fahrgeschwindigkeit	80 km/h
Gewicht	84 t (7 x 12 t Achslast)
Windkraftanlagen - Größe	< 1,5 MW*

LTM 1500-8.1

Technische Daten LTM 1500-8.1	
Maximale Traglast	500 t bei 3 m
Teleskopausleger	50/84 m
Max. Hubhöhe	145 m
Fahrmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 440 kW
Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 240 kW
Antrieb, Lenkung	16 x 8 x 12
Fahrgeschwindigkeit	77 km/h
Gewicht	96 t (8 x 12 t Achslast)
Windkraftanlagen - Größe	< 2 MW*

* Die angegebenen Windkraftanlagen-Größen sind nur Beispiele. Durch eine detaillierte Einsatzplanung unter Berücksichtigung der Windbelastung muss die richtige Krangröße bestimmt werden!

Technische Daten LTM 1750-9.1	
Maximale Traglast	750 t bei 3 m
Teleskopausleger	52 m
Max. Hubhöhe	155 m
Fahrmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 500 kW
Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 270 kW
Antrieb, Lenkung	18 x 8 x 18
Fahrgeschwindigkeit	75 km/h
Gewicht	108 t (9 x 12 t Achslast)
Windkraftanlagen - Größe	2 MW*

LTM 1750-9.1

Technische Daten LTM 11200-9.1	
Maximale Traglast	1200 t bei 2,5 m
Teleskopausleger	100 m
Max. Hubhöhe	188 m
Fahrmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 500 kW
Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 270 kW
Antrieb, Lenkung	18 x 8 x 18
Fahrgeschwindigkeit	75 km/h
Gewicht	108 t (9 x 12 t Achslast)
Windkraftanlagen - Größe	2 - 3 MW*

LTM 11200-9.1

7. 1. 2 Aktuelle Teleskop-Raupenkrane (2012)

Technische Daten LTR 11200	
Maximale Traglast	1200 t bei 3 m
Bodenpressung	~ 14 t/m²
Max. Hubhöhe	189 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 270 kW
zul. Steigfähigkeit	17,6 %
Gesamtgewicht	~ 380 t
Fahrgeschwindigkeit	max. 1,8 km/h
Gesamtballast	202 t
Windkraftanlagen - Größe	2 - 3 MW*

LTR 11200

* Die angegebenen Windkraftanlagen-Größen sind nur Beispiele. Durch eine detaillierte Einsatzplanung unter Berücksichtigung der Windbelastung muss die richtige Krangröße bestimmt werden!

7. 1. 3 Aktuelle Raupenkrane (2012)

LR 1350

Technische Daten LR 1350	
Maximale Traglast	350 t bei 6 m
Max. Ausladung	100 m
Max. Hubhöhe	150 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 270 kW
Spurbreite	7,2 m
Drehbühnenballast	max. 125 t
Zentralballast	max. 38 t
Derrickballast	max. 200 t x R 15 m
Windkraftanlagen - Größe	< 1,5 MW*

LR 1400

Technische Daten LR 1400/2	
Maximale Traglast	400 t bei 4,5 m
Max. Ausladung	120 m
Max. Hubhöhe	162 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 300 kW
Spurbreite	8,4 m
Drehbühnenballast	max. 155 t
Zentralballast	max. 43 t
Derrickballast	max. 260 t x R 15 m
Windkraftanlagen - Größe	< 2 MW*

LR 1400-W

Technische Daten LR 1400/2-W	
Maximale Traglast	400 t bei 4,5 m
Max. Ausladung	112 m
Max. Hubhöhe	132 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 300 kW
Spurbreite	3,6 m
Drehbühnenballast	max. 155 t
Derrickballast	max. 260 t x R 15 m
Windkraftanlagen - Größe	< 2 MW*

* Die angegebenen Windkraftanlagen-Größen sind nur Beispiele. Durch eine detaillierte Einsatzplanung unter Berücksichtigung der Windbelastung muss die richtige Krangröße bestimmt werden!

Windeinflüsse bei Kranbetrieb

LR 1600/2

Technische Daten LR 1600/2	
Maximale Traglast	600 t bei 10 m
Max. Ausladung	144 m
Max. Hubhöhe	188 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 370 kW
Spurbreite	7,5 m
Drehbühnenballast	max. 190 t
Zentralballast	max. 65 t
Derrickballast	max. 350 t x R 18 m
Windkraftanlagen - Größe	2 - 3 MW*

LR 1600/2-W

Technische Daten LR 1600/2-W	
Maximale Traglast	600 t bei 11 m
Max. Ausladung	144 m
Max. Hubhöhe	160 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 370 kW
Spurbreite	3,8 m
Drehbühnenballast	max. 190 t
Derrickballast	max. 350 t x R 18 m
Windkraftanlagen - Größe	2 - 3 MW*

LR 1750

Technische Daten LR 1750	
Maximale Traglast	750 t bei 7 m
Max. Ausladung	136 m
Max. Hubhöhe	191 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 400 kW
Spurbreite	8,8 m
Drehbühnenballast	max. 245 t
Zentralballast	max. 95 t
Derrickballast	max. 400 t x R 20 m
Windkraftanlagen - Größe	3 MW*

* Die angegebenen Windkraftanlagen-Größen sind nur Beispiele. Durch eine detaillierte Einsatzplanung unter Berücksichtigung der Windbelastung muss die richtige Krangröße bestimmt werden!

LR 11350

Technische Daten LR 11350	
Maximale Traglast	1350 t bei 12 m
Max. Ausladung	132 m
Max. Hubhöhe	197 m
Fahrmotor/ Kranmotor Leistung	Liebherr 6 Zylinder Turbo-Diesel 640 kW
Spurbreite	11 m
Drehbühnenballast	max. 340 t
Zentralballast	max. 30 t
Derrickballast	max. 660 t x R 30 m
Windkraftanlagen - Größe	5 - 6 MW*

7. 1. 4 Aktuelle Gittermastkrane (2012)

LG 1750

Technische Daten LG 1750	
Maximale Traglast	750 t bei 7 m
Max. Ausladung	136 m
Max. Hubhöhe	191 m
Fahrmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 440 kW
Kranmotor Leistung	Liebherr 8 Zylinder Turbo-Diesel 400 kW
Antrieb, Lenkung	16 x 8 x 16
Fahrgeschwindigkeit	80 km/h
Gesamtballast	650 t
Windkraftanlagen - Größe	3 - 5 MW*

* Die angegebenen Windkraftanlagen-Größen sind nur Beispiele. Durch eine detaillierte Einsatzplanung unter Berücksichtigung der Windbelastung muss die richtige Krangröße bestimmt werden!

7. 2 Lösungen zu den Übungen

Lösung zu Übung 1:

- ☒ **Windlast**
- ◯ **Windenergie**
- ◯ **Verdunstung**
- ☒ **Wind von hinten**
- ☒ **Wind von vorne**
- ☒ **Wind von der Seite**

Lösung zu Übung 2:

Wind von hinten:	Die LMB-Abschaltung erfolgt schon bei einer Last, die kleiner ist als die max. zulässige Traglast in der Traglasttabelle.
Wind von vorne:	Abschaltung erfolgt erst bei einer Last, die größer ist als die max. zulässige Traglast.
Wind von der Seite:	Es erfolgt keine LMB-Abschaltung.

Lösung zu Übung 3:

- ◯ **gar nicht**
- ☒ **die Last kann pendeln**
- ☒ **die Last dreht sich am Seil**
- ☒ **der Radius der Last kann sich vergrößern**

Lösung zu Übung 4:

Ein Wind mit der Windgeschwindigkeit von 42 km/h bringt starke Äste in Bewegung und Regenschirme sind schwierig zu benutzen.
Der Beaufortwert für 42 km/h beträgt, laut Tabelle, 6 Bft.

Lösung zu Übung 5:

- Auf dem Bild 12 sind Wälder und unebenes Land zu sehen, was der Rauigkeitsklasse von **3** entspricht.
- Auf dem Bild 13 ist eine Landschaft mit einigen Häusern und Bäumen mit Freiflächen zu sehen, was der Rauigkeitsklasse von **2** entspricht.

Lösung zu Übung 6:

- ◯ schwacher Wind auf Grund einer Lufdruckdifferenz
- ◯ heftiger Windstoß von kurzer Dauer
- ☒ heftiger Windstoß über einen Zeitraum von 3 Sekunden, höher als die durchschnittliche Windgeschwindigkeit

Lösung zu Übung 7:

2,6 m² x 1,2 = **3,12 m²**

Lösung zu Übung 8:

Überschreitet die aktuelle Windgeschwindigkeit die zulässige Windgeschwindigkeit der Traglasttabelle, muss der Kranbetrieb eingestellt und der Ausleger abgelegt werden falls die zulässige Windgeschwindigkeit laut Windgeschwindigkeitstabelle des Krans überschritten wird.

Lösung zu Übung 9:

3,12 m² x 19 N/m² = **59,28 N**

Lösung zu Übung 10:

Eine mögliche Telekonfiguration wäre, das Teleskop 4 und 5 bei 46 % zu verbolzen. Gemäß Windkraftdiagramm 12,8 $^{m}/_{s}$ beträgt die zulässige Windgeschwindigkeit **6,2** $^{m}/_{s}$.

Lösung zu Übung 11:

Eine mögliche Telekonfiguration wäre, das Teleskop 4 bei 100 % und die Teleskope 5 - 7 auf 50 % zu verbolzen. Gemäß Windkraftdiagramm 11,1 $^{m}/_{s}$ beträgt die zulässige Windgeschwindigkeit **7,7** $^{m}/_{s}$.

7. 3 Originalauszug aus der Norm: EN 13000

4.1.2.2 Windlasten
4.1.2.2.1 Windgeschwindigkeiten und -drücke
Zur Berechnung der Windlasten wird angenommen, dass der Wind horizontal aus der ungünstigsten Richtung, aber mit höhenabhängiger Geschwindigkeit weht.
Die Geschwindigkeit einer 3-Sekunden-Böe v(z) [m/s], die auf einen Punkt in der Höhe z [m] wirkt und für die Berechnung ausschlaggebend ist, basiert auf einer über 10 min gemittelten Windgeschwindigkeit v [m/s] in 10 m Höhe über dem Boden oder über dem Meeresspiegel.

Die zulässige Windgeschwindigkeit für den Kran in und außer Betrieb wird abgeleitet aus der in der größten Höhe wirkenden Böengeschwindigkeit v(z), die in den Nachweisen berücksichtigt wurde.

4.1.2.2.2 Windlasten aus Wind im Betrieb
Für die Berechnung der Lasteinwirkungen aus Wind im Betrieb kann vereinfacht angenommen werden, dass die am höchsten Punkt ermittelte Böengeschwindigkeit vi (max. z) für die gesamte Höhe des Krans und des Auslegers gilt. Genauere, höhenabhängige Berechnungen der auf den Ausleger wirkenden Windkräfte sind zulässig, z. B. mit 10-m-Höhenintervallen.
Die mit dem zugehörigen Staudruck ermittelten, auf den Kran und seine Bauteile wirkenden Windkräfte sind mit den anderen betrieblichen Lasten zu kombinieren.
Die zulässige Windgeschwindigkeit vi (max. z) ist auf den Tragfähigkeitstabellen und in der Betriebsanleitung anzugeben. Die hierbei zu Grunde gelegte Bezugsgröße für die Last (Windangriffsfläche je Masseneinheit (Gewichtseinheit) der Tragfähigkeit) ist ebenfalls anzugeben. Soweit nicht anders festgelegt, beträgt sie 1,2 m²/t.
ANMERKUNG 1
Der Wert 1,2 m²/t basiert auf Cw 1,2.

Die auf die hängende Last wirkenden Windkräfte sind für die maximale Hubhöhe der Last zu ermitteln. Eine spezielle Prüfung für das Heben großflächiger Lasten (>1,2 m²/t) ist von Fall zu Fall erforderlich.
ANMERKUNG 2
Da ein sicherer Kranbetrieb nur im Bereich bis zur zulässigen Windgeschwindigkeit vi (max. z) im Betrieb möglich ist, sollte die Geschwindigkeit in der größten Höhe durch ein Anemometer überwacht werden. Zur Vermeidung von Gefahren, insbesondere durch plötzliche Änderung der Windgeschwindigkeit und -richtung beim Durchzug von Wetterfronten, sollten Wetterberichte bei der Planung von Hebevorgängen berücksichtigt werden. In der Betriebsanleitung sollten Anordnungen für geeignete Maßnahmen angegeben werden, um den Kran (Ausleger) in eine sichere Position abzulassen.
ANMERKUNG 3
Fahrzeugkrane haben üblicherweise Auslegersysteme, die schnell und auf einfache Weise abgelassen werden können. Dadurch können Gefährdungen durch plötzliche Änderungen der Windgeschwindigkeit und Zunahme der Böengeschwindigkeit in kurzer Zeit (z. B. innerhalb von 5 min) gemindert werden.

4.1.2.2.3 Windlasten infolge Wind außer Betrieb (Kran nicht im Einsatz)
a) Sturmwind außer Betrieb
Zur Berechnung der Lastwirkung aus Wind außer Betrieb kann eine mittlere, regional unterschiedliche Bezugs-Windgeschwindigkeit angenommen werden. Die Bezugs-Windgeschwindigkeit vref wird über 10 min in 10 m Höhe über Grund oder über dem Meeresspiegel ermittelt. In Europa gelten folgende Werte (siehe Anhang N.3):
Region A B C D E
vref [m/s] 24 24 28 32 36
Ein Kran gilt als konstruktiv sicher, wenn alle erforderlichen Nachweise, auch die Wirkungen aus den höhenabhängigen 3-Sekunden-Böengeschwindigkeiten, basierend auf einer Bezugswindgeschwindigkeit geführt werden (siehe Gleichungen in 4.1.2.2.1. und Anhang N.1 und N.2).

b) Grenzgeschwindigkeit außer Betrieb
Zur Berechnung der Lastwirkung aus Wind außer Betrieb ist die 3-Sekunden-Böengeschwindigkeit in der größten Höhe va (max. z) zu berücksichtigen (siehe Anhang N.1 und N.2). Die geforderte Sicherheit muss für alle zulässigen Rüstzustände und/oder Stellungen des Kranes nachgewiesen werden.
Eine genauere höhenabhängige Berechnung der in einer solchen Konfiguration und/oder Stellung bei einer ausschlaggebenden Windböe (3-Sekunden-Windböe) auf den Ausleger wirkenden Windkräfte ist zulässig, z. B. in einer Abstufung in 10-m-Höhenintervallen.
Die mit dem zugehörigen Staudruck ermittelten, auf den Kran und seine Bauteile wirkenden Kräfte sind mit den Eigenlasten und, wo erforderlich, mit anderen geometrischen Einflussgrößen (z. B. Unebenheit des Geländes) zu kombinieren.
ANMERKUNG 1
Ein Kran, der für die Wirkung der aus kranspezifischen Grenzwerten ermittelten Windgeschwindigkeiten va (max. z) sicher ist, sollte nur bis zu der daraus abgeleiteten Böengeschwindigkeit in diesem Rüstzustand und/oder in dieser Stellung verbleiben.
In der Betriebsanleitung ist anzugeben, welche Maßnahmen durch den Kranführer zu treffen sind, um den Kran vor einer Überschreitung von va (max. z) durch geeignete Sicherungsmaßnahmen z. B. Ablassen oder einteleskopieren des Auslegers in einen wieder sicheren Zustand zu überführen. In der Betriebsanleitung sind Anordnungen für geeignete Maßnahmen zur Sicherung des Kranes zu geben.
ANMERKUNG 2
Da die Sicherheit eines Kranes nur im Bereich bis zur zulässigen Windgeschwindigkeit va (max z) (im Betrieb oder) außer Betrieb sichergestellt ist, sollte durch eine vorausschauende Einsatzplanung, die Wetterberichte mit einschließt, sichergestellt werden, dass eine Überschreitung dieses Grenzwertes ausgeschlossen wird.

Quelle: EN13000

P 345.D:01.12

Änderungen vorbehalten

Liebherr-Werk Ehingen GmbH
Postfach 1361, D-89582 Ehingen/Do.
www.liebherr.com, E-Mail: Schulungszentrum.LWE@liebherr.com