



Windeinflüsse bei Kranbetrieb

Rauigkeitsklasse	Typen von Geländeoberflächen
0	Wasserflächen
0,5	Offenes Gelände, glatte Oberflächen z.B. Landebahnen.
1	Offenes Gelände ohne Zäune und Hecken, evtl. mit weitläufig verstreuten Gebäuden und sehr sanfte Hügel.
1,5	Gelände mit einigen Häusern und 8 m hohen Hecken im Abstand von mehr als 1 km.
2	Gelände mit einigen Häusern und 8 Meter hohen Hecken im Abstand von ca. 500 m.
2,5	Gelände mit vielen Häusern, Büschen und Pflanzen, oder 8 m hohe Hecken im Abstand von ca. 250 m.
3	Dörfer, Kleinstädte, Gelände mit vielen oder hohen Hecken, Wälder und sehr raues und unebenes Terrain.
3,5	Größere Städte mit hohen Gebäuden.
4	Großstädte mit sehr hohen Gebäuden.

Tabelle 2: Rauigkeitsklassen

In Städten mit hohen Gebäuden liegt die Rauigkeit bei 4 (vgl. Tabelle 2). Dadurch entsteht der Eindruck, dass der Wind dort nicht so stark ist. Jedoch sind in großen Städten mit hohen Gebäuden auch große Häuserschluchten vorhanden. Die Luft wird auf der Windseite der Häuser komprimiert, und ihre Geschwindigkeit steigt beträchtlich an, während sie zwischen der Häuserschlucht hindurchbläst. Dieses Phänomen wird als „**Düsen-Effekt**“ bezeichnet.

Wenn die normale Windgeschwindigkeit in offenem Terrain z.B. 6 m/s beträgt, kann sie in einer Häuserschlucht durchaus 9 m/s erreichen.

Rauigkeitsklassen im Überblick



Das Phänomen „Düsen-Effekt“



2. 3 Wind- und Wetterinformationen

Bei Kranbetrieb und speziell beim Heben von großflächigen Lasten sind die Windeinflüsse unbedingt zu beachten.

Der Kranführer hat sich vor Beginn der Arbeit beim zuständigen **Wetteramt** über die zu erwartende maximale Windgeschwindigkeit zu informieren. Sind unzulässige Windgeschwindigkeiten zu erwarten ist es verboten, die Last zu heben.

Aktuelle Wetterdaten finden Sie auch über das **Internet** (z.B. www.windfinder.com unter dem Reiter „Super Forecast“). **Beachten Sie jedoch dabei, dass die Böengeschwindigkeit, wie hier im Beispiel, auf eine Höhe von 10 Metern über Grund bezogen ist.**

Windwerte aus dem Internet

Ändern der Einheit von [m/s] in [knt]

Ort

Anzeige der Windstärke bzw. Windböe in [m/s] oder [knt]

Datum

		Donnerstag, Jul 08														
		07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h
Windrichtung		↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘	↘
Windstärke (m/s)		3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	1	2
Windböen (m/s)		5	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	3	3	2	2

Bild 11: Bildschirmansicht von der Seite www.windfinder.com



Windeinflüsse bei Kranbetrieb

2. 3. 1 Höhenabhängige Windgeschwindigkeit

Um die höhenabhängige Windgeschwindigkeit für die max. Hubhöhe definieren zu können gilt nachfolgende Tabelle.

Sie erhalten z.B. vom Wetteramt eine über 10 Minuten gemittelte Windgeschwindigkeit von $6,2 \frac{m}{s}$ in 10 Metern über dem Grund. Laut Tabelle 1 (siehe Seite 13) entspricht diese Windgeschwindigkeit dem Beaufortwert 4.

Sie haben z.B. eine max. Hubhöhe von 50 Metern. An Hand der Tabelle 3 (siehe unten) kann nun die Böengeschwindigkeit in 50 Metern Höhe ermittelt werden.

Sie beträgt **13,1 $\frac{m}{s}$** . Bei einer maximal zulässigen Böengeschwindigkeit von $9 \frac{m}{s}$ laut Traglasttabelle darf der Lasthub **nicht** durchgeführt werden.

Beaufortwert	3	4	5 ^a	5	6	7 ^a	7	8	9	10
\bar{v} m/s ^b	5,4	7,9	10,1	10,7	13,8	14,3	17,1	20,7	24,4	28,4
z m	v(z) m/s									
10	7,6	11,1	14,1	15,0	19,3	20,0	23,9	29,0	34,2	39,8
20	8,1	11,9	15,2	16,1	20,7	21,5	25,7	31,1	36,6	42,7
30	8,5	12,4	15,8	16,8	21,6	22,4	26,8	32,4	38,2	44,5
40	8,7	12,8	16,3	17,3	22,3	23,1	27,6	33,4	39,4	45,8
50	8,9	13,1	16,7	17,7	22,8	23,6	28,3	34,2	40,3	46,9
60	9,1	13,3	17,0	18,0	23,3	24,1	28,8	34,9	41,1	47,9
70	9,3	13,5	17,3	18,3	23,6	24,5	29,3	35,5	41,8	48,7
80	9,4	13,7	17,6	18,6	24,0	24,8	29,7	36,0	42,4	49,4
90	9,5	13,9	17,8	18,8	24,3	25,1	30,1	36,4	42,9	50,0
100	9,6	14,1	18,0	19,1	24,6	25,4	30,4	36,9	43,4	50,6
110	9,7	14,2	18,2	19,2	24,8	25,7	30,8	37,2	43,9	51,1
120	9,8	14,3	18,3	19,4	25,1	25,9	31,1	37,6	44,3	51,6
130	9,9	14,5	18,5	19,6	25,3	26,2	31,3	37,9	44,7	52,0
140	10,0	14,6	18,7	19,8	25,5	26,4	31,6	38,2	45,1	52,5
150	10,0	14,7	18,8	19,9	25,7	26,6	31,8	38,5	45,4	52,9
160	10,1	14,8	18,9	20,1	25,9	26,8	32,1	38,8	45,7	53,2
170	10,2	14,9	19,1	20,2	26,0	27,0	32,3	39,1	46,0	53,6
180	10,3	15,0	19,2	20,3	26,2	27,1	32,5	39,3	46,3	53,9
190	10,3	15,1	19,3	20,4	26,4	27,3	32,7	39,5	46,6	54,2
200	10,4	15,2	19,4	20,6	26,5	27,4	32,8	39,8	46,9	54,6

^a Windstufen für den Kran in Betrieb:
 1 leicht $\bar{v} = 10,1 \text{ m/s} \Rightarrow$ bei $z = 10 \text{ m} \Rightarrow$ Böengeschwindigkeit = $14,1 \text{ m/s} \Rightarrow q(z) = 125 \text{ N/m}^2$
 2 normal $\bar{v} = 14,3 \text{ m/s} \Rightarrow$ bei $z = 10 \text{ m} \Rightarrow$ Böengeschwindigkeit = $20,0 \text{ m/s} \Rightarrow q(z) = 250 \text{ N/m}^2$

^b Obergrenze der Beaufort-Stufe

Höhenabhängige
Windgeschwindigkeit

Tabelle 3: 3-Sekunden-Böengeschwindigkeit in Abhängigkeit von der mittleren Windgeschwindigkeit nach Beaufort-Skala und der Höhe

Quelle: DIN EN 13000

\bar{v} [m/s]: über 10 Minuten gemittelte Windgeschwindigkeit in 10 m Höhe (Obergrenze der Beaufort-Stufe)

z [m]: Höhe über ebenem Boden

v(z) [m/s]: in der Höhe z wirkende, für die Berechnung maßgebende Geschwindigkeit einer 3-Sekunden-Böe

q(z) [N/m²]: in der Höhe z wirkender quasistatischer (näherungsweise) Staudruck, ermittelt aus v(z)



2. 4 Übungen

Übung 4

Ermitteln Sie aus „Tabelle 1: Beaufortwerte“ die Auswirkungen des Windes auf das Binnenland und den zugehörigen Beaufortwert für eine Windgeschwindigkeit von 42 km/h.

Antwort:

Übung 5

Bestimmen Sie an Hand der „Tabelle 2: Rauigkeitsklassen“ welche Rauigkeit in den beiden unten aufgeführten Bildern besteht!

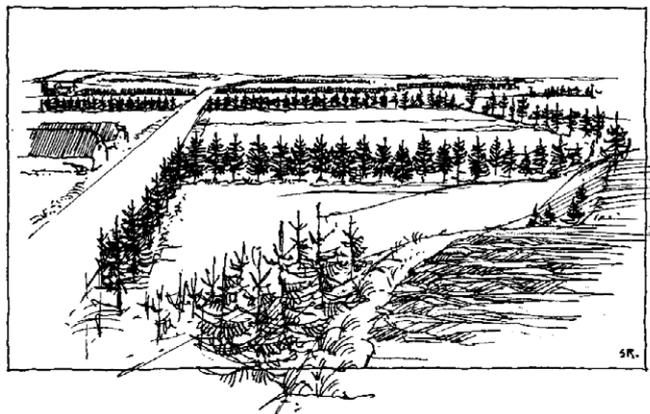


Bild 12: Bestimmen Sie die Rauigkeitsklasse!

Antwort:

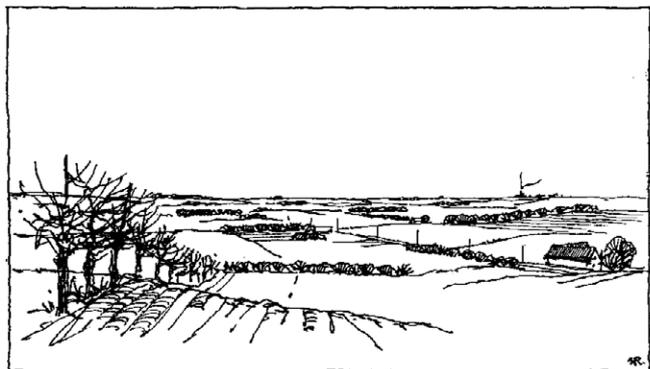


Bild 13: Bestimmen Sie die Rauigkeitsklasse!

Antwort:

Übung 6

Was versteht man nach EN 13000 unter einer „Windböe“?

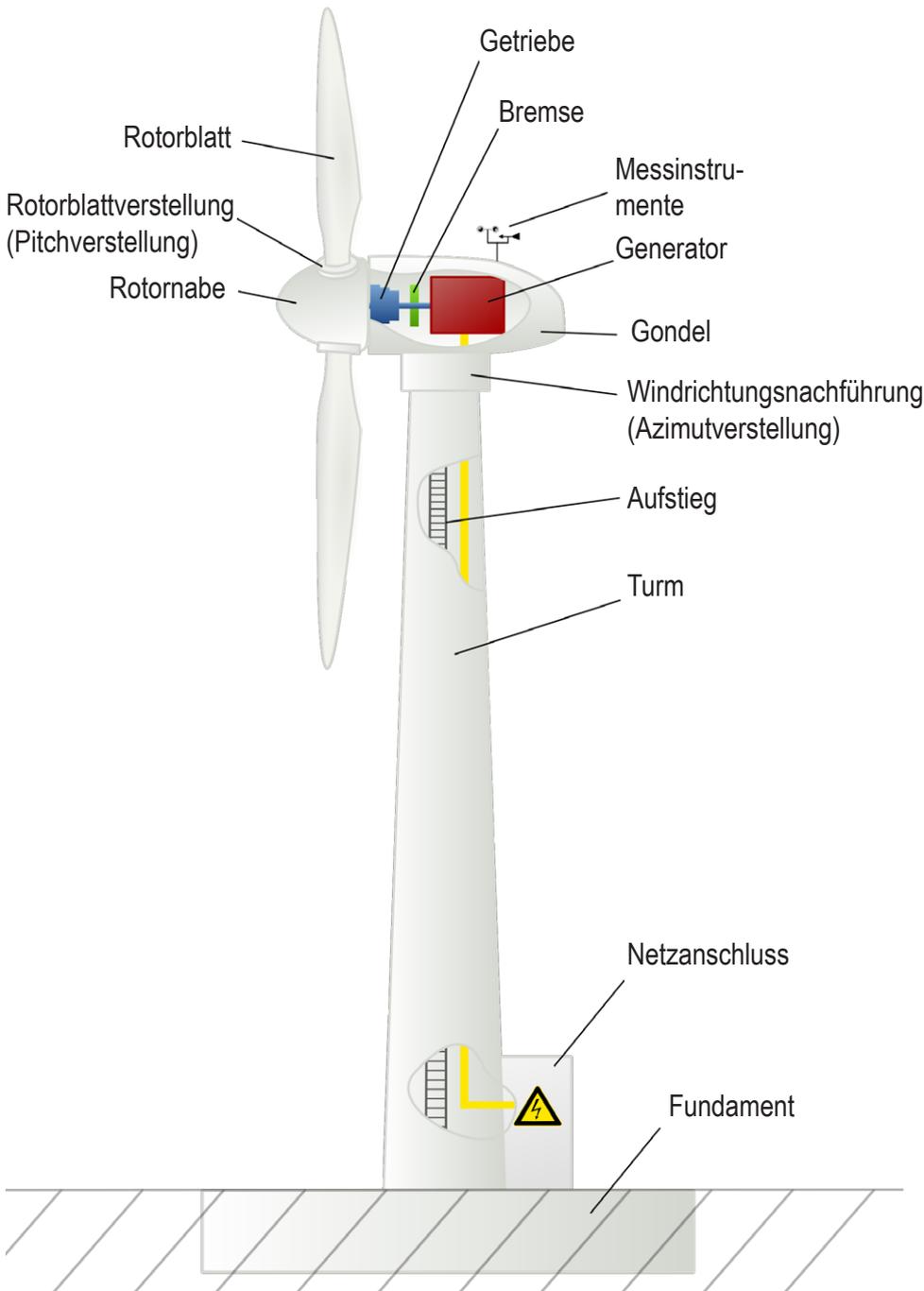
- schwacher Wind auf Grund einer Luftdruckdifferenz
- heftiger Windstoß von kurzer Dauer
- heftiger Windstoß über einen Zeitraum von 3 Sekunden, höher als die durchschnittliche Windgeschwindigkeit



3. Exkurs – Schema einer Windkraftanlage

In diesem Kapitel lernen Sie den schematischen Aufbau einer Windanlage kennen. Ebenfalls zeigen wir Ihnen wie sich Windgeschwindigkeiten in den verschiedenen Höhenlagen verhalten.

Die Nutzung der Windenergie ist seit Jahrhunderten bekannt. Die Entwicklung immer leistungsstärkerer **Windkraftanlagen** wird vorangetrieben. Die Höhe der Türme, auf denen die Anlagen betrieben werden, nimmt zu. Neue Anlagen sind atemberaubend in ihren Ausmaßen. Bei einer Nabenhöhe von bis zu 135 Metern dreht sich der Rotor mit einem Durchmesser von 126 Metern. Zum Vergleich: Die Spannweite des Airbus A380 beträgt knapp 80 Meter.



Bauteile einer Windkraftanlage



Windeinflüsse bei Kranbetrieb

Aufbau von Luftschichten

Werden einzelne Windkraftanlagen oder ganze Windparks erstellt, geschieht das meist dort wo der Wind am heftigsten bläst. Jeden Meter, den sie höher in die Atmosphäre vordringen können, wird mit einer besseren Ausbeute belohnt. Bei einer Betrachtung der vertikalen **Unterteilung der Atmosphäre** ist alleine deren untere Schicht für eine Nutzung der Windenergie geeignet. Das hat mit dem Aufbau der erdnahen Luftschichten zu tun. Bei steigender Höhe hat die Rauigkeit des Erdbodens weniger Einfluss auf die Windgeschwindigkeit. Daher bläst der Wind in großen Höhen gleichmäßiger und ist im wesentlichen durch weniger Turbulenzen geprägt. Diese Tatsache kommt den Herstellern von Windkraftanlagen sehr entgegen.

Wo kommen welche Turbulenzen vor

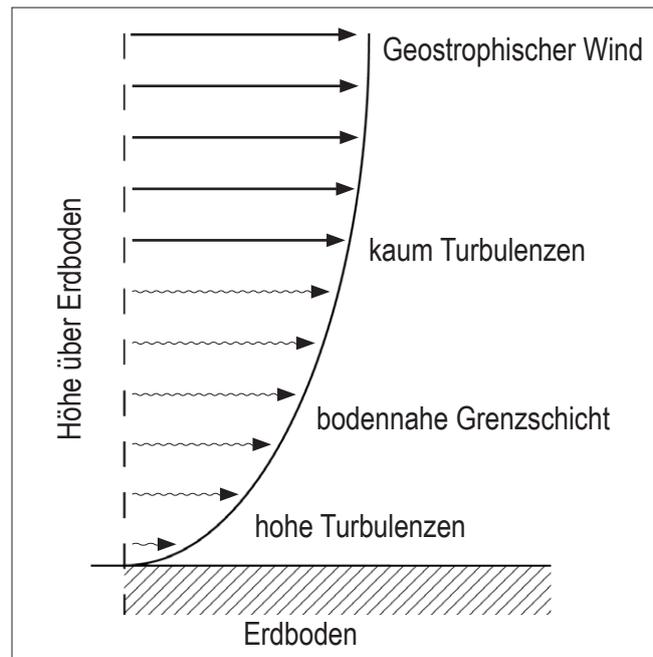


Bild 14: Turbulenzen in verschiedenen Höhenlagen

Eine weitere Tatsache besagt, dass die Windgeschwindigkeit abnimmt, je weiter man sich dem Boden nähert. Betrachtet man eine Anlage mit einer Nabenhöhe von 40 Metern und einem Rotordurchmesser von 40 Metern, wird die Spitze eines Rotorblattes mit z.B. 9,3 m/s angeströmt, wenn es sich in der **höchsten Position** befindet. Die Windgeschwindigkeit in der **niedrigsten Position** am Rotorblatt beträgt nur 7,7 m/s. Das bedeutet, daß die Kräfte auf das Rotorblatt (Lagerbelastung) in der höchsten Position weitaus größer sind als in der niedrigsten.



4. Faktoren der Windkraftberechnung

In diesem Kapitel erlernen Sie die Fachbegriffe und Berechnungsgrundlagen, die für die Berechnung von Windeinflüssen bei Kranbetrieb notwendig sind. Ebenfalls lernen Sie die zulässige Windgeschwindigkeit aus einem Diagramm abzulesen.

Folgende Faktoren sind bei der Berechnung der Windlasten von zentraler Bedeutung:

- Gewicht der Last
- maximale Projektionsfläche
- c_w -Wert
- maximale Windgeschwindigkeit
- Windangriffsfläche
- Staudruck

4. 1 Vorhandene Werte abfragen

Folgende Werte müssen Sie im Vorfeld der Kranarbeiten erfragen:

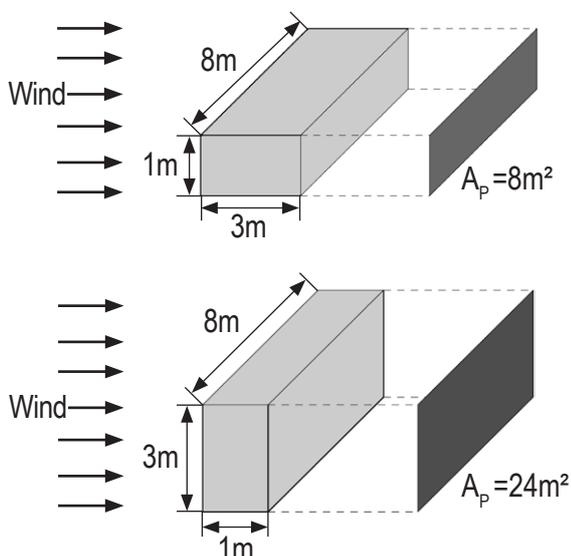
- das **Gewicht der Hublast** (m_H) (vgl. Kap. 4.1.1)
- die **maximale Projektionsfläche** (A_p) der Last, (vgl. Kap. 4.1.2)
- den **Widerstandsbeiwert** (c_w -Wert), (vgl. Kap. 4.1.3)
- die aktuelle **Windgeschwindigkeit** (v_{act}), (vgl. Kap. 4.1.4)

4. 1. 1 Gewicht der Hublast (m_H)

Das **Gewicht** der zu hebenden Hublast (Last und Haken) wird in Kilogramm (kg) oder Tonnen (t) gemessen. Das Gewicht der Last kann der Kranfahrer aus dem Lieferschein bzw. direkt an der Last ablesen oder beim Hersteller erfragen. Eine Last, von der das Gewicht, der c_w -Wert und die Projektionsfläche nicht bekannt ist, darf nicht gehoben werden.

4. 1. 2 maximale Projektionsfläche (A_p)

Wird ein Körper durch eine Lichtquelle angestrahlt, so wirft der Körper einen Schatten. Dieser Schatten ist die **Projektionsfläche** A_p des Körpers. Wird der Körper an Stelle von Licht nun durch Wind beströmt entsteht derselbe Schatten (Projektionsfläche). Je nach Windrichtung kann der Schatten größer oder kleiner werden. Die maximale Projektionsfläche erhalten Sie vom Hersteller der Last.

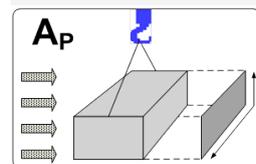


Anhand des Beispiels auf der linken Seite soll verdeutlicht werden, dass ein Gegenstand verschiedene Projektionsflächen haben kann. Darum muss immer die maximale Projektionsfläche einer Last oder eines Körpers angenommen werden.

Je größer die Projektionsfläche desto größer ist die Angriffsfläche für den Wind.

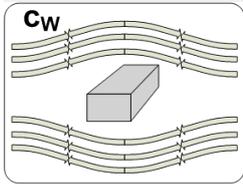
Definition Gewicht der Hublast

Definition Projektionsfläche





Definition Widerstandsbeiwert



4. 1. 3 c_w -Wert

Wird ein Körper von Luft an- oder umströmt, wird die Luft dadurch gebremst. Der Körper bildet für die Luft ein Hindernis (Strömungswiderstand). In Abhängigkeit von der Form des Körpers ändert sich der Strömungswiderstand. Um die Form des Körpers zu beschreiben wird der **Widerstandsbeiwert** definiert.

Der Widerstandsbeiwert (c_w -Wert) eines Körpers gibt an, wie groß das Hindernis durch den Körper für die Luft ist. Den c_w -Wert erhalten Sie vom Hersteller der Last.

Körper	Widerstandsbeiwert c_w
Platte/ Quader 	1,1 bis 2,0
Zylinder 	0,6 bis 1,0
Kugel 	0,3 bis 0,4
Halbkugel (vorne) 	0,2 bis 0,3
Halbkugel (hinten) 	0,8 bis 1,2
Rotor einer Windkraftanlage 	ca. 1,6

Tabelle 4: c_w -Werte von gängigen Körpern

4. 1. 4 aktuelle Windgeschwindigkeit (v_{act})

Die aktuelle **Windgeschwindigkeit** wird in [m/s] oder [km/h] angegeben. Vor Beginn der Arbeit müssen Sie sich beim zuständigen Wetteramt oder im Internet (z.B. www.wetterfinder.com) über die zu erwartende Windgeschwindigkeit erkundigen. Sind unzulässige Windgeschwindigkeiten zu erwarten darf die Last nicht gehoben werden!

Ebenfalls können Sie die aktuelle Windgeschwindigkeit mit Hilfe des **Windgebers** am LICCON-Computersystem ablesen.

Woher bekomme ich die aktuelle Windgeschwindigkeit?



Der aktuelle Wert des Windgebers am Kran darf nicht als alleinige Berechnungsgrundlage für den Lasthub verwendet werden. Vor Beginn des Lasthubes muss immer bei dem zuständigen Wetteramt oder im Internet die aktuelle Windgeschwindigkeit für den Zeitraum des Lasthubes eingeholt werden.



Windeinflüsse bei Kranbetrieb

Windgeber (Anemometer)

An einem Kran können bis zu **zwei Windgeber** angebaut sein. Die Windwarnung erfolgt im Betriebsbild des LICCON-Computersystems. Übersteigt der aktuelle Wert der Windgeschwindigkeit den angezeigten Maximalwert, beginnt das Symbol „Windwarnung“ zu blinken und der akustische Alarm >>KURZE HUPE<< ertönt. Es erfolgt jedoch keine Abschaltung der Kranbewegungen. Der Lasthub ist so schnell wie möglich zu beenden und der Ausleger ist ggf. abzulegen.



Der **obere Wert** im Symbol „Windwarnung“ des Betriebsbildes zeigt den Wert des Windgebers an der festen Spitze an.

Der **untere Wert** im Symbol „Windwarnung“ des Betriebsbildes zeigt den Wert des Windgebers am Hauptausleger an.

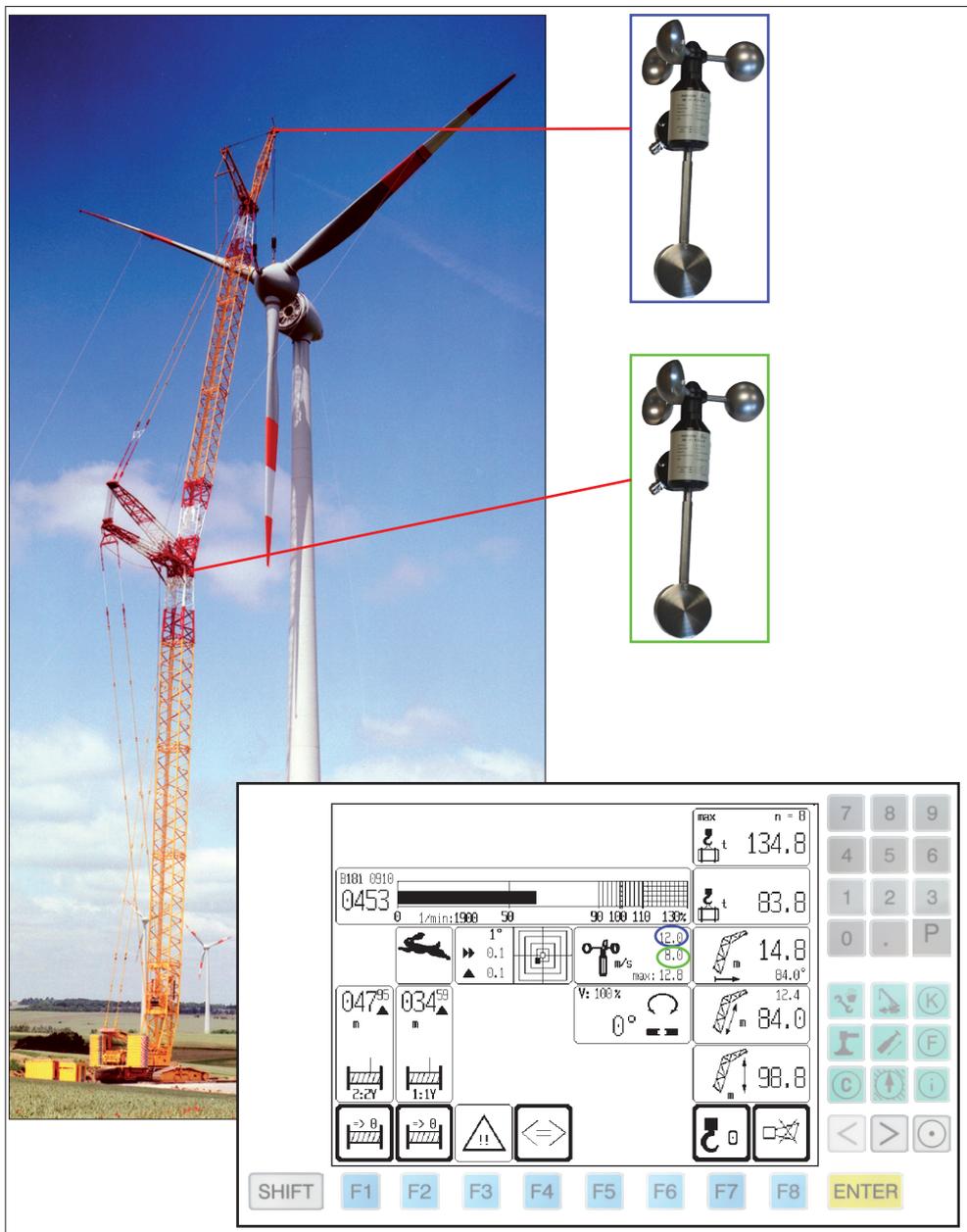


Bild 15: Anbauposition der Windgeber und Betriebsbild LICCON

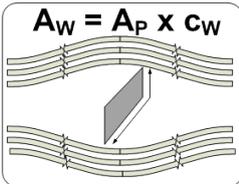


4. 2 Nicht vorhandene Werte ermitteln bzw. berechnen

Möglicherweise sind folgende Werte mit den bekannten Faktoren zu ermitteln oder zu berechnen:

- die Windangriffsfläche, (vgl.Kap. 4.2.1)
- die zulässige Windgeschwindigkeit aus Traglasttabellenbuch, (vgl. Kap. 4.2.2)
- der Staudruck, (vgl. Kap. 4.2.3)
- die Windbelastung, (vgl. Kap. 4.2.4)

4. 2. 1 Windangriffsfläche (A_w)



Die **Windangriffsfläche** A_w gibt an wieviel Angriffsfläche der Wind unter der Berücksichtigung von dem Widerstand des Körpers hat. Sie setzt sich aus der Projektionsfläche A_p und dem c_w-Wert zusammen.

Formel Windangriffsfläche (A_w):

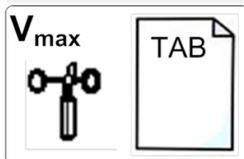
$$A_w = A_p \cdot c_w$$

4. 2. 2 Zulässige Windgeschwindigkeit aus Traglasttabellenbuch

zulässige Windgeschwindigkeit aus Traglasttabellenbuch

Im **Traglasttabellenbuch** gibt es für jede Traglasttabelle des Kranes eine berechnete maximal zulässige Windgeschwindigkeit. Diese ist jedoch von der Auslegerlänge und der Krankonfiguration abhängig. Für die Berechnung wurden die Standardwerte aus der EN 13000 (Bezugsgröße der Last 1,2 m² pro Tonne) verwendet.

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.



	1	92 -	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	92 -
	2	46 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +
	3	46 +	0 +	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
	4	0 +	0 -	46 -	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +	46 +
	5	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +	0 +
	m/s	11,1	14,3	14,3	14,3	12,8	12,8	12,8	12,8	11,1	11,1



Bild 16: Auszug aus dem Traglasttabellenbuch mit den zulässigen Windgeschwindigkeiten je Teleskopkonfigurationen



Windeinflüsse bei Kranbetrieb

4. 2. 3 Staudruck (p)

Trifft Wind auf eine federunterstützte Platte (siehe Grafik rechts), so wird diese mit Luft umströmt. Dabei staut sich ein Teil der Luft an der Oberfläche der Platte. Diese Stauung hat eine Druckerhöhung zur Folge, die die Platte gegen die Feder drückt. Dieser Druck wird **Staudruck** genannt.

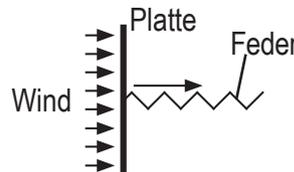
Erhöht sich die Windgeschwindigkeit (v) um das doppelte, so erhöht sich der Staudruck um das vierfache.

Formel Staudruck (p):

$$p = F_w : A_w$$

oder

$$p = 0,5 \cdot \rho \cdot v^2$$



Definition
Staudruck

Luftdichte:
 $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

4. 2. 4 Windbelastung (F_w)

Um ein Windrad anzutreiben wird starker Wind benötigt. Das heißt, der **Staudruck** des Windes muss so groß sein, dass der Rotor zu drehen beginnt. Je größer die Windangriffsfläche des Rotors ist, desto kleiner muss der Staudruck des Windes sein, um ihn anzutreiben.

Formel Windbelastung (F_w):

$$F_w = A_w \cdot p$$

Definition Kraft

4. 3 Übungen

Übung 7

Sie müssen mit Ihrem Kran eine Fensterscheibe an einer Glasfassade austauschen. Die Fensterscheibe hat eine Projektionsfläche von 2,6 m² und einen c_w-Wert von 1,2. Berechnen Sie die Windangriffsfläche.

Antwort:

$$A_w = \quad \text{m}^2$$

Übung 8 (Ergänzen Sie den Lückentext!)

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

Übung 9

Berechnen Sie die Kraft des Windes, welche auf die Fensterscheibe aus der Übung 7 wirkt, wenn ein Staudruck von 19 N/m² vorhanden ist.

Antwort:

$$F_w = \quad \text{N}$$





5. Bestimmung der zulässigen Windgeschwindigkeit

Mit folgenden Möglichkeiten kann die maximal zulässige Windgeschwindigkeit bestimmt werden:

- Methode (1): Windkraftdiagramm (vgl. Kap. 5.1)
- Methode (2): Formel (vgl. Kap. 5.2)
- Methode (3): Die Bestimmung der maximal zulässigen Windgeschwindigkeit aus den älteren Traglasttabellenbüchern (Diagramme 1 und 2) wird nicht mehr verwendet.

5.1 Methode (1): Windkraftdiagramm

Diese Form zur Ermittlung der zulässigen Windgeschwindigkeit ist Bestandteil des Traglasttabellenbuchs. Wir möchten Sie in diesem Kapitel über diese Methode informieren.



Ist die **Windangriffsfläche** der Last **größer** als die **1,2 m² pro t Last** so sind die maximal zulässigen Windgeschwindigkeiten der Traglasttabelle **nicht** mehr gültig. Vergleichen Sie in diesem Fall die maximal zulässige Windgeschwindigkeit der Traglasttabelle mit der Windgeschwindigkeit auf dem **Winkraftdiagramm**. Diese beiden Werte müssen übereinstimmen, da Sie sonst eine falsche Windgeschwindigkeit aus dem falschen Windkraftdiagramm auslesen. In diesem Fall könnte dies zu einem Unfall führen.



Windeinflüsse bei Kranbetrieb

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

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**. Teilt man die Windangriffsfläche durch die Last, erhält man einen Wert von 0,71 m² pro t. Die Traglasttabelle hat in diesem Beispiel eine maximale Windgeschwindigkeit von 9 m/s. Aus diesem Grund muss das Windkraftdiagramm mit 9 m/s verwendet werden.

Zeichnen Sie nun auf dem **Windkraftdiagramm 9,0 m/s** (siehe Bild 19 Seite 31) bei dem Wert **60 m²** Windangriffsfläche eine **Linie 1** senkrecht nach oben. Anschließend zeichnen Sie bei der zuhebenden Last von **85 t** eine waagrechte **Linie 2** nach rechts ein. Am Schnittpunkt treffen sich die beiden Linien vor der 9 m/s – Geraden.

Dies bedeutet, dass die Last bis zu einer maximalen Windgeschwindigkeit von 9 m/s, wie in der Traglasttabelle angegeben, gehoben werden kann.

5. 1. 2 Beispiel zur Ermittlung der maximal zulässigen Windgeschwindigkeit für einen speziellen Lastfall

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**. Teilt man die Windangriffsfläche durch die Last erhält man einen Wert von 4,31 m² pro t. Dieser Wert übersteigt die maximale Windangriffsfläche der Last von 1,2 m² pro t. Für den benötigten Rüstzustand ist laut Traglasttabelle eine maximale Windgeschwindigkeit von 11,1 m/s zulässig.

An Hand des Windkraftdiagramms 11,1 m/s (siehe Bild 22 Seite 32) muss nun die maximal zulässige Windgeschwindigkeit ermittelt werden.

Die maximal zulässige Windgeschwindigkeit beträgt für die Last **5,9 m/s**.

Die ermittelte maximal zulässige Windgeschwindigkeit von 5,9 m/s wird nicht in das LICCON-Computersystem übernommen. Bei Überschreitung der ermittelten maximal zulässigen Windgeschwindigkeit von 5,9 m/s erfolgt keine Warnung. Daher muss der Kranfahrer selbständig den Windgeschwindigkeitswert im LICCON-Computersystem beobachten. Wird die ermittelte maximale zulässige Windgeschwindigkeit erreicht, muss er den Lasthub abbrechen.

Beispiel 1

Windangriffsfläche:

$$1,2 \cdot 50 \text{ m}^2 = 60 \text{ m}^2$$

Beispiel 2

$$280 \text{ m}^2 / 65 \text{ t} = 4,31 \text{ m}^2/\text{t}$$





Windkraftdiagramm 7,0 m/s

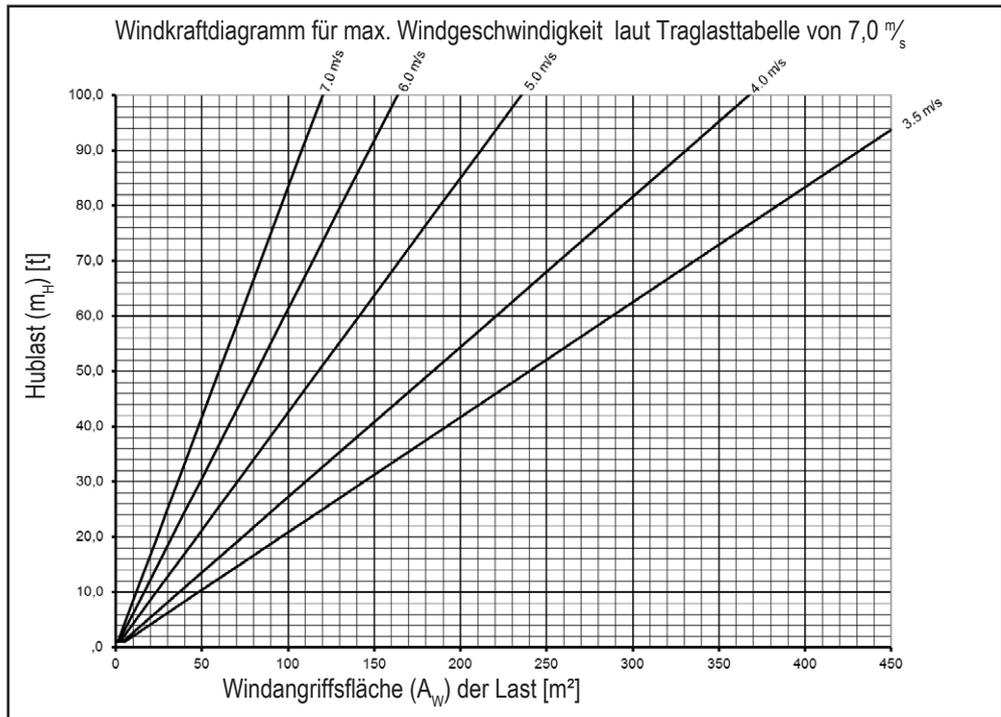


Bild 17: Windkraftdiagramm 7,0 m/s (nur gültig für Tabellen mit max. Windgeschwindigkeit von 7,0 m/s)

Windkraftdiagramm 8,6 m/s

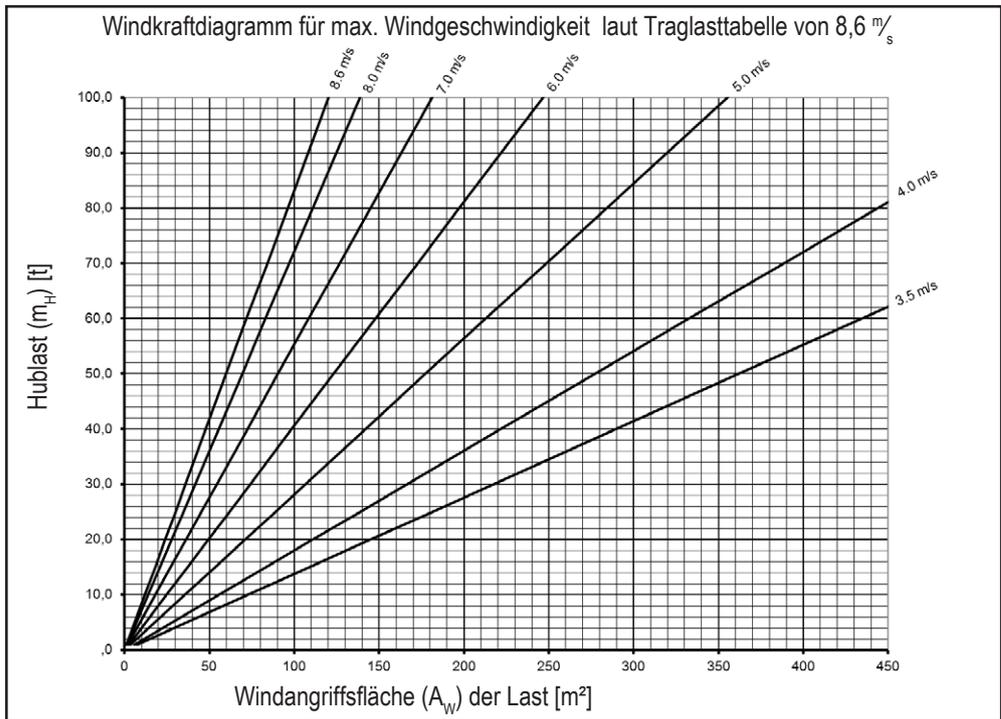
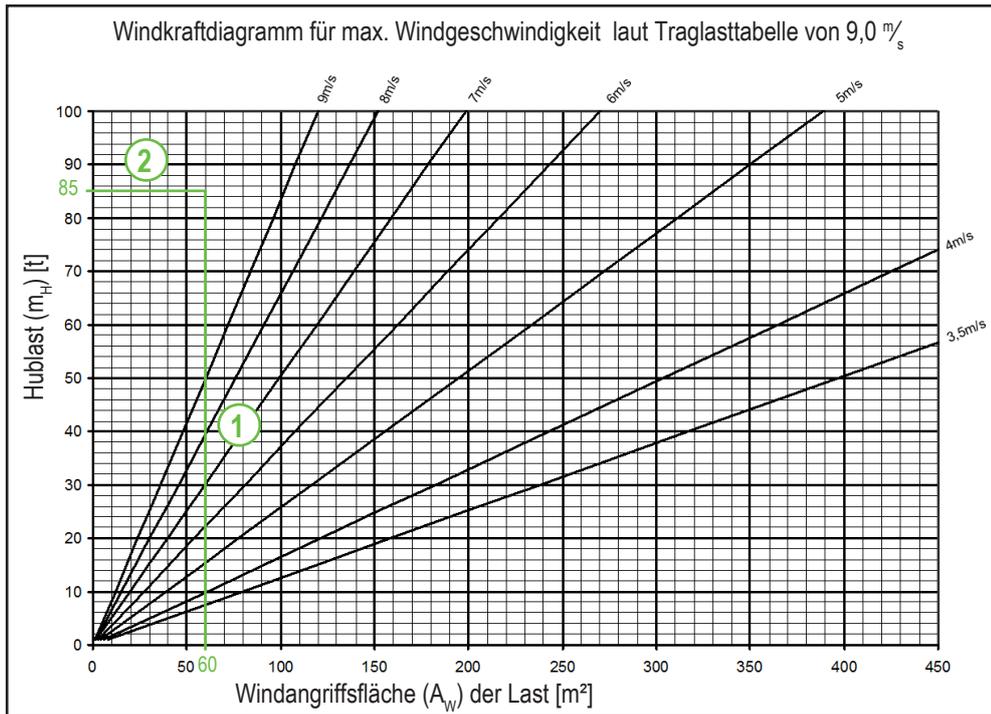
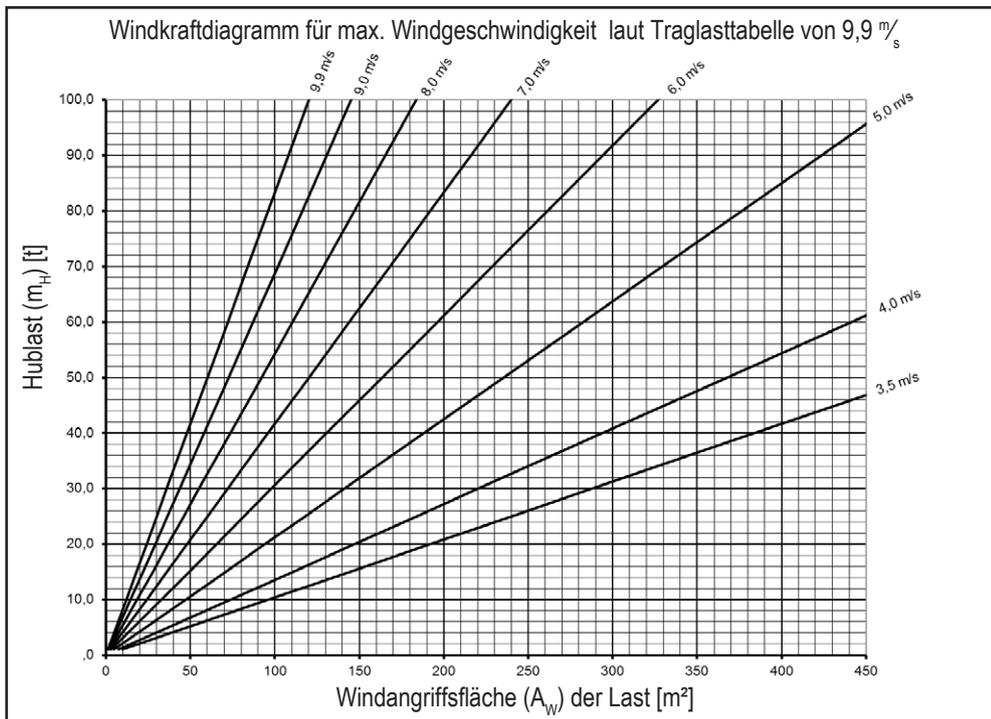


Bild 18: Windkraftdiagramm 8,6 m/s (nur gültig für Tabellen mit max. Windgeschwindigkeit von 8,6 m/s)



Windkraftdiagramm 9,0 m/s

Bild 19: Windkraftdiagramm 9,0 m/s (nur gültig für Tabellen mit max. Windgeschwindigkeit von 9,0 m/s)



Windkraftdiagramm 9,9 m/s

Bild 20: Windkraftdiagramm 9,9 m/s (nur gültig für Tabellen mit max. Windgeschwindigkeit von 9,9 m/s)



Windkraftdiagramm 11,1 m/s

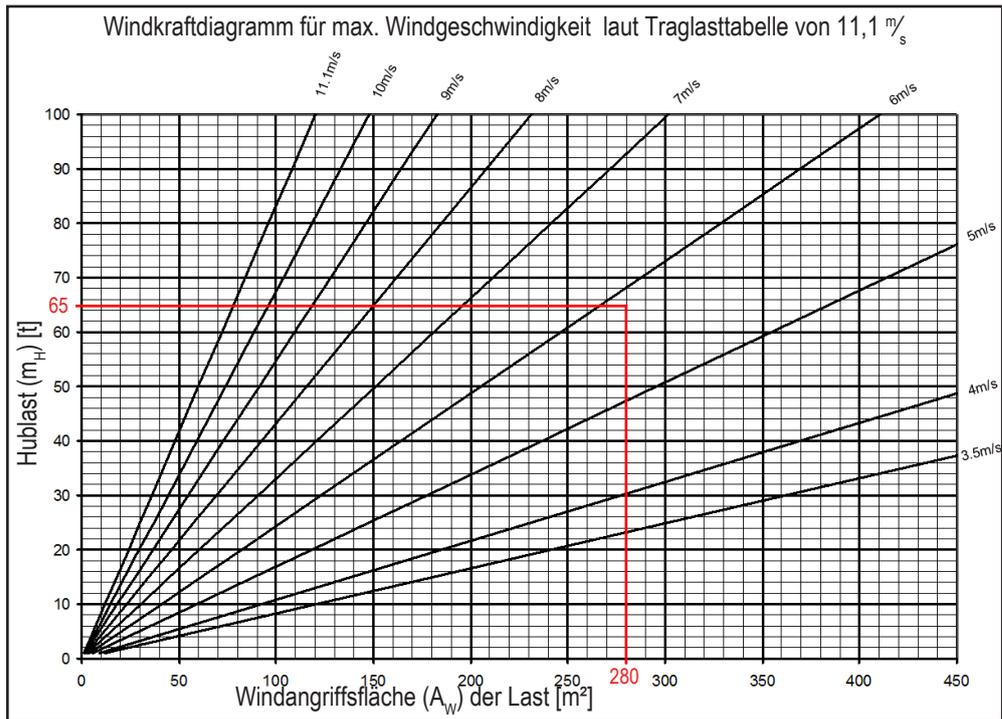


Bild 22: Windkraftdiagramm 11,1 m/s (nur gültig für Tabellen mit max. Windgeschwindigkeit von 11,1 m/s)

Windkraftdiagramm 12,8 m/s

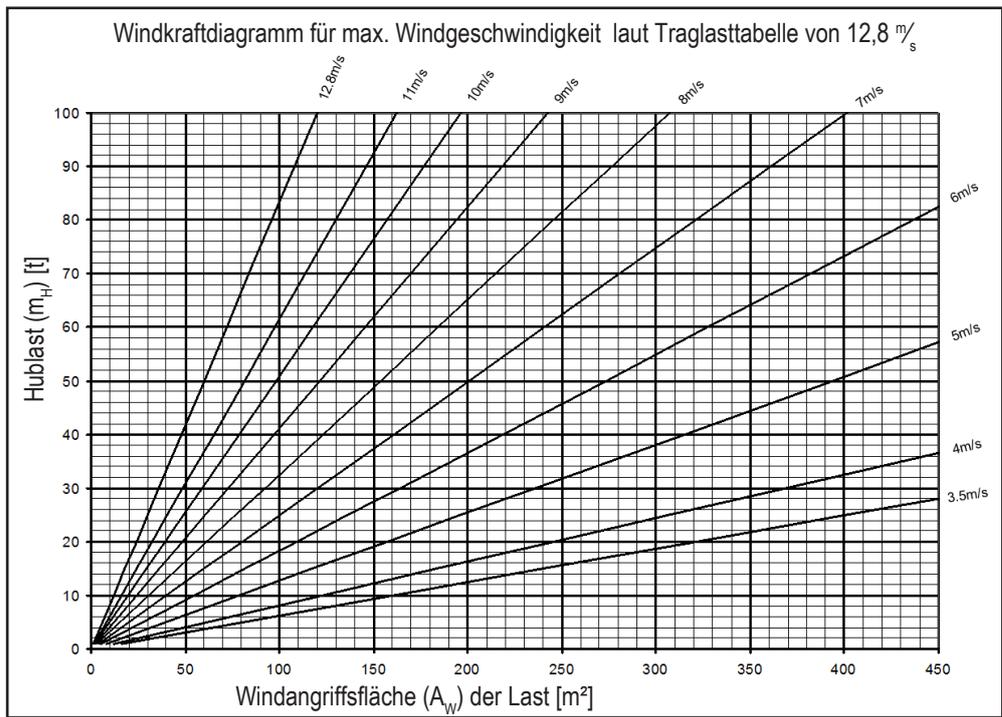
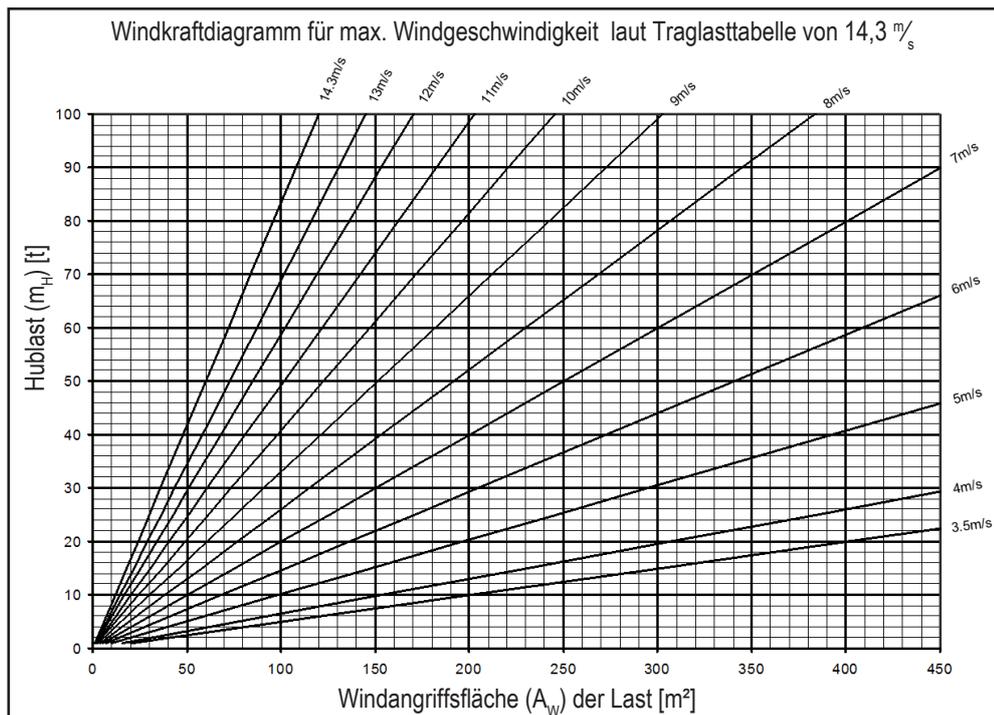


Bild 21: Windkraftdiagramm 12,8 m/s (nur gültig für Tabellen mit max. Windgeschwindigkeit von 12,8 m/s)



Windkraft-
diagramm
 $14,3 \frac{m}{s}$

Bild 23: Windkraftdiagramm $14,3 \frac{m}{s}$ (nur gültig für Tabellen mit max. Windgeschwindigkeit von $14,3 \frac{m}{s}$)