

Der LTM 11200-9.1 bei der Rotorblattmontage. Bei der Einzelblattmontage ist unter anderem darauf zu achten, dass der Schwerpunkt des Blattes nicht mit dem Windangriffspunkt übereinstimmt und es damit zu einer unkontrollierten Bewegung des Blattes kommen kann.



„Der Wind, der Wind, ...“

... das höllische Kind“ hat Dr. Rudolf Saller in KM 100 einen viel beachteten Aufsatz überschrieben, in dem auf die Windproblematik bei Kraneinsätzen verwiesen wurde. In dieser Ausgabe nimmt die KM-Redaktion dieses Thema noch einmal auf.

Dass der Wind Einfluss auf Kranarbeiten nimmt, ist nicht erst seit dem Windkraftboom in Deutschland bekannt. Aber Montage- und Wartungsarbeiten an Windenergieanlagen sind natürlich ein hervorragendes Beispiel dafür, wie Umgebungsbedingungen und das Design einer Last Kraneinsätze bestimmen.

Das Beispiel Windenergie zeigt aber auch die Grenzen von Regelwerken auf. Die für alle CE-Fahrzeugkrane verbindliche Norm ist die EN13000, und in dieser wird unter anderem festgelegt, wie der Windeinfluss auf eine zu hebende Last zu bewerten ist. So heißt es:

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 v_i (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 v_i (max. z) ist auf den Tragfähigkeitstabellen und in der Betriebsanleitung anzugeben. Die hierbei zugrunde gelegte Bezugsgröße für die Last (Windangriffsfläche je Masseneinheit (Gewichteinheit) der Tragfähigkeit) ist ebenfalls anzugeben. Soweit nicht anders festgelegt, beträgt sie $1,2 \text{ m}^2/\text{t}$.

ANMERKUNG 1

Der Wert $1,2 \text{ m}^2/\text{t}$ basiert auf C_w 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 ($>1,2 \text{ m}^2/\text{t}$) ist von Fall zu Fall erforderlich.

ANMERKUNG 2

Da ein sicherer Kranbetrieb nur im Bereich bis zur zulässigen Windgeschwindigkeit v_i (max. z) im Betrieb möglich ist, sollte die Geschwindigkeit in der größten Höhe durch ein Anemometer überwacht werden. Zur Vermeidung

Dass aber ein 2 t schwerer Bleiklumpen deutlich weniger Windangriffsfläche bietet, als ein gigantischer Sack voller Federn leuchtet ein.

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.

(Quelle: Windeinflüsse bei Kranbetrieb _V03_DE_EN_FR_NL_ES_IT_BR, S. 45, Originalauszug aus der EN13000)

Schon aus diesem Ausriss zum Thema Wind wird deutlich, dass

die EN 13000 tatsächlich eine Norm ist, die – wie bei Normen üblich – sich auf DEN Normalfall bezieht. Mit einem solchen Regelwerk wird versucht, den größten Teil der tatsächlichen Einsatzfälle zu erfassen. Sonderfälle und auch das kommt hier klar zum Ausdruck, müssen gesondert betrachtet werden.

Natürlich ist es im Sinne der Sicherheit richtig, die in der größten Höhe ermittelte Windgeschwindigkeit „Vereinfacht“ für das gesamte System anzunehmen.

Allerdings bleibt dabei dann die „Rauigkeit“ noch unberücksichtigt. Fünf Rauigkeitsstufen von Rauigkeit 0 – zum Beispiel über dem Meer – bis Rauigkeit 4 – zum Beispiel in Städten – werden unterschieden und müssen bei der Beurteilung der Windgeschwindigkeit bedacht werden. So kann es bei Kraneinsätzen in Städten vorkommen, dass

Wo die Lastmomentbegrenzung an ihre Grenzen stößt, da ist nun das Fachwissen des Kranbedieners gefragt.

der Wind am Boden wegen des Tunneleffekts stärker ist als in „größter Höhe“. Hinzu kommt, dass sich die Windgeschwindigkeiten der Windvorhersagen auf eine Umgebung der Rauigkeit 2 beziehen, also dem „freien Feld“ beziehungsweise einer typischen Kulturlandschaft.

Auch am Beispiel des Windeinflusses auf die Last offenbart

sich, dass der Normenausschuss eine Annahme zugrunde legt, die zwar für sehr viele, aber bei Weitem nicht für alle Lastfälle zutrifft. So wird die Windangriffsfläche pro Gewichtseinheit der Last mit $1,2 \text{ m}^2/\text{t}$ basierend auf einem C_w -Wert von 1,2 angenommen.

Dieser Wert also liegt nun aber, falls nicht anders angegeben, der Tragfähigkeitsberechnung eines Krans bis zu der in den Tragfähigkeitstabellen angegebenen maximalen Windstärke zugrunde. Was aber geschieht, wenn eine Last einen höheren C_w -Wert aufweist?

2 t Blei wiegen mehr als 1 t Federn. Dass aber ein 2 t schwerer Bleiklumpen deutlich weniger Windangriffsfläche bietet, als ein gigantischer Sack voller Federn leuchtet ein. Und was in diesem Beispiel Blei und Federn, sind im Windkraftbereich Gondel und Rotor. Hier die verhältnismäßig kompakte Gondel, das schwerste zu hebende Teil einer Windenergieanlage. Dort das Rotorblatt oder der gesamte Rotorstern, der zwar verhältnismäßig leicht ist, aber eben auf Windanfälligkeit optimiert wurde.

Während also die Gondel vielleicht noch von der oben beschriebenen Grundannahme der Norm erfasst wird, weicht der Rotor eben davon ab. Die Konsequenz: Die Annahmen für die Berechnung der Tragfähigkeit des Krans treffen für diesen Lastfall nicht mehr zu. Doch die Lastmomentbegrenzung lässt den Hub trotzdem zu.

Wo die Lastmomentbegrenzung an ihre Grenzen stößt, da ist nun das Fachwissen des Kranbedieners gefragt. Liebherr ver-

mittelt mit umfangreichen und sehr anschaulichen Schulungsunterlagen, wie die maximal zulässige Windgeschwindigkeit in

Abhängigkeit von der „Projektionsfläche“, dem CW-Wert und dem Gewicht einer Last grafisch in einem Diagramm oder rechnerisch

ermittelt werden kann. Als Grundlage dient die Formel:

KEINE ANGST VOR FORMELN:

$$v_{max} = v_{max Tab} \times \sqrt{\frac{1,2m^2/t \times m (Hublast)}{A_w}}$$

- v_{max} : die zu ermittelnde maximale Windgeschwindigkeit für die Durchführung des Hubs.
- $v_{max Tab}$: die durch den Hersteller angegebene maximale Windgeschwindigkeit, die der Tragfähigkeitstabelle zugrunde liegt.
- $1,2 m^2/t$: Konstante, die nicht verändert werden darf.
- m : Hublast, Gesamtlast inklusive Anschlagmitteln. **Das Lastgewicht, das der Hersteller des zu hebenden Teiles angeben muss.**
- A_w : Windangriffsfläche: $A_w = A_p \times C_w$
- A_p : Projektionsfläche, **muss vom Hersteller des zu hebenden Teiles angegeben werden.**
- C_w : Luftwiderstandswert der Last, **muss vom Hersteller des zu hebenden Teiles angegeben werden.**

In einem konkreten Fall mit

$v_{max Tab}$: 11 m/s, m : 85 t, A_p : 200 m², C_w : 1,4

ergibt sich:

A_w : $A_w = 200 m^2 \times 1,4 = 280 m^2$

und

$$v_{max} = v_{max 11 m/s} \times \sqrt{\frac{1,2m^2/t \times 85t (Hublast)}{280 m^2}} = 6,6$$



LTR 1220 als zusätzlicher Ballast zum Aufrichten und Ablegen des Ausleger-systems.

DIE RECHENSCHRITTE:**1. Auflösen der Wurzel (die Maßeinheiten können vernachlässigt werden, da sie sich wegkürzen lassen)**

- a) $1,2 \times 85 = 102$
 b) $102 : 280 = 0,364$
 c) $= 0,603$

2. Ermitteln von v_{\max} !

$$v_{\max} = 11 \text{ m/s} \times 0,603 = 6,6 \text{ m/s}$$

Aus der nebenstehenden Beispielrechnung geht hervor, dass die durch den Hersteller für die Ermittlung der maximalen Tragfähigkeit zugrunde gelegte maximal zulässige Windgeschwindigkeit – im Beispiel 11 m/s – bei Lasten, die bezüglich der Windangriffsfläche von der in der EN 13000 angegebenen „Norm“windangriffsfläche von 1,2 m²/t Last abweichen, reduziert werden muss – im Beispiel auf 6,6 m/s.

Darum heißt es in der EN 13000 ja auch: Eine spezielle Prüfung für das Heben großflächiger Lasten (>1,2 m²/t) ist von Fall zu Fall erforderlich. Doch da die rechnerisch oder grafisch ermittelte maximale zulässige Windgeschwindigkeit nicht durch die Lastmomentbegrenzung erfasst wird, sind die Umsicht und das Fachwissen

des Kranbedieners gefragt! Die LMB schaltet eben nicht ab, da diese die Windangriffsfläche einer konkreten Last nicht berücksichtigen kann! Darum muss der Kranbediener die für jeden konkreten Lastfall ermittelte maxi-

Die intensive Verfolgung der Windgeschwindigkeitsvorhersage ist für die gesamte Hubzeit des Rotors sicherheitsrelevant. Und dieser ist bei den aktuellen Nabenhöhe eine geraume Zeit unterwegs. Sobald der Rotor an-

Doch nicht nur der Windeinfluss auf die Last muss berücksichtigt werden. Insbesondere bei Windkraftbaustellen ist auch der Wind außer Betrieb zu beachten: Krane mit extrem langen Auslegern für Nabenhöhen von 130 m und mehr können bereits bei Windgeschwindigkeiten über 14 m/s kipppgefährdet sein. Hier ist es ausgesprochen wichtig, die Wetter- und Windvorhersagen für die Zeiten, in denen der Kran abgestellt wird, einzuholen. Die Ausleger sind hierbei entsprechend der Vorgaben des Kranherstellers zu positionieren.

Die intensive Verfolgung der Windgeschwindigkeitsvorhersage ist für die gesamte Hubzeit des Rotors sicherheitsrelevant.

mal zulässige Windgeschwindigkeit für den Hub ständig im Blick haben – und das gilt für 3.000-Tonner genauso wie für 30-Tonner!

Das Einsatzfeld „Windenergie“ zeigt sehr schön, wie umsichtig das gesamte Montageteam und insbesondere der Kranbediener mit dem Thema Wind umgehen müssen.

gehoben ist oder sich bereits in Nabenhöhe befindet, ist an ein schnelles Absetzen der Last nicht mehr zu denken.

Bei der Einzelblattmontage ist außerdem darauf zu achten, dass der Schwerpunkt des Blattes nicht mit dem Windangriffspunkt übereinstimmt und es damit zu einer unkontrollierten Bewegung des Blattes kommen kann.

Überschreiten die vorhergesagten Windgeschwindigkeiten die zulässigen Werte, wie sie der Hersteller in den Betriebsanleitungen mitliefert, ist der Ausleger rechtzeitig abzulegen. Hierbei sind die maximal zulässigen Windgeschwindigkeiten für den



Ein LTM 11200-9.1 der Senn AG nach Wartungsarbeiten an einer Windenergieanlage.

Das zweithöchste Wohnhaus in den Niederlanden ist 132 m hoch und steht in Rotterdam. Auf dessen Dach befindet sich ein 8 m hoher Buchstabe. Das „M“ steht für „Montevideo“, den Namen des Gebäudes. Ein Liebherr-Mobilkran LTM 11200-9.1 vom Kranbetreiber Van Marwijk Kraanverhuur B.V. hob im Februar das neu restaurierte Symbol auf das Dach des Wohnhauses. Die Gesamthöhe inklusive „M“ beträgt 147 m. Bei Einsätzen in städtischen Umgebungen ist die Rauigkeitsstufe 4 anzunehmen, was bei der Einschätzung der Windgeschwindigkeiten zu berücksichtigen ist.





Nützliche Informationen zum Thema „Windeinflüsse auf Krane und Lasten“

Die Liebherr-Werk Eching GmbH hat zu diesem sensiblen Thema eine umfangreiche Schulungsbroschüre herausgebracht, die auch zum Selbststudium ausgezeichnet geeignet ist. Der Themenbereich „Wind im Kranbetrieb“ wird systematisch in mehreren Abschnitten aufgearbeitet. Am Ende eines jeden Themenkomplexes stellen Fragen, für die im hinteren Teil die Antworten mitgeliefert werden, den Lernerfolg sicher.

Die Broschüre ist als Download erhältlich:
http://www.liebherr.com/AT/de-DE/default_at.wfw/measure-metric/tab-94354



Außerdem ist zu diesem Thema noch ein sehr informativer Film verfügbar, der durch rasante filmische Passagen aufgelockert wird. Diese wirken nicht ablenkend, sondern stellen vielmehr die Kernaussage in den Mittelpunkt. Wie v_{max} für jeden noch so unterschiedlichen Lastfall ermittelt werden kann, hat die KM-Redaktion durch diesen Film gelernt.

Der Film ist unter www.youtube.com abrufbar.



Aufrichte- und Ablegevorgang zu berücksichtigen. Sollte aber die Windgeschwindigkeit den Vorhersagewert überschreiten, dann kann der Ausleger nicht mehr abgelegt werden. In diesem Fall kann der Kran nur noch so gedreht werden, dass der Wind von hinten kommt, falls vorhan-

sich anderer Lösungen, wie zum Beispiel jener, bei der ein LTR 1220 als zusätzlicher Ballast angehängt wird. In diesem Fall, so meldete Liebherr unlängst, kann auf den Derrickballast verzichtet werden.

Doch ob so oder so: Das Moment beim Aufrichten oder Ab-

Krane mit extrem langen Auslegern für Nabenhöhen von 130 m und mehr können bereits bei Windgeschwindigkeiten über 14 m/s kippsgefährdet sein.

den sollte der Derrickballast angehängt werden.

Da bei der Montage von hohen Windkraftanlagen in der Regel zum Aufrichten des Auslegers Derrickballast erforderlich ist, muss dieser von Anlage zu Anlage mit transportiert werden, um bei vorhergesagten hohen Windgeschwindigkeiten den Kran schnell ablegen zu können. Oder aber man bedient

legen des Auslegersystems eines Gittermastraupenkrans zum Errichten einer Windenergieanlage erfordert ein zusätzliches Gegenmoment, zum Beispiel zusätzlichen Ballast. Diese Einrichtung muss auf jeden Fall verfügbar und greifbar sein, denn den Ausleger bei entsprechend vorhergesagten Windgeschwindigkeiten nicht abzulegen, kann böse Folgen haben. **KM**



GLEICH
FAHRZEUGBAU

GLEICH FAHRZEUGBAU GMBH
 Justus-von-Liebig-Straße 4 · 64584 Biebesheim
 Telefon: 06258/80361-0 · Telefax: 06258/80361-20
www.gleich-fahrzeugbau.de · info@gleich-fahrzeugbau.de

SCHNELLMONTAGEKRAN

für Dachdecker · Zimmereien · Hallenbauer

von 23 bis 30 m Ausladung

DRAUT BAUMASCHINEN GMBH

Tel.: 06258/80361-17 · Fax: 06258/80361-20
 Justus-von-Liebig-Straße 4 · 64584 Biebesheim
www.draut-baumaschinen.de · info@draut-baumaschinen.de