Die Märchen von Reichweite und Hubkraft

Grundlagen der Geometrie von Forstkranen

Die Verständlichkeit technischer Angaben ist fast nirgends so schwierig wie bei Forstkranen. Die Bezugspunkte und Leistungswerte sind mitunter so willkürlich gewählt oder schwammig angegeben, daß ein objektiver Vergleich verschiedener Modelle kaum möglich ist. HOLZ*machen* erklärt, worauf es bei Ladekranen für Rückewagen ankommt.

Reichweite, Hubkraft, Schwenk- und Hubmoment, Metertonnen – diese Leistungsangaben und Begriffe sind entscheidende Kriterien bei der Bewertung von Forstkranen. Hohe Leistungen sind aber nur mit einer ausgefeilten Krangeometrie möglich. Sie gewährleistet im Idealfall an allen Bauteilen gleiche Belastungen – und damit eine optimale Kraftverteilung, mehr Reichweite und schnelle Arbeitsgeschwindigkeiten.

Forstkrane besitzen grundsätzlich eine sehr einfache Geometrie: Oberhalb der Kranabstützung befindet sich die Kransäule mit dem integrierten Schwenkgetriebe (Schwenkwerk), darauf an einem Gelenk der Hauptarm des Krans und daran an einem weiteren Gelenk ein Knickarm (Ausleger) mit dem Greifer. Beide Kranarme werden über Hydraulikzylinder gesteuert, wobei der Hauptarm in der Regel der stärkere ist. Die Hubkraft des Krans wird durch die Durchmesser und den Betriebsdruck der Hubzylinder bestimmt. Ihre Kraft bleibt in jeder Position der Kranarme immer konstant. Nur das sogenannte Hubmoment verändert sich in Abhängigkeit von der Stellung der Kranarme zueinander, weil die Hubzylinder nicht in jeder Position den gleichen Wirkungsgrad erreichen. Das Hubmoment errechnet sich aus der Zylinderkraft multipliziert mit der Länge des Hebelarms; die Hebelkräfte wirken je nach Kranstellung unterschiedlich.

Am größten ist das Hubmoment, wenn die Hubzylinder mit beiden Kranarmen einen rechten Winkel bilden. Am kleinsten ist es, wenn beide Kranarme mit dem voll eingefahrenen Zylinder des Knickarms in einer Linie stehen, beispielsweise bei maximaler Auslage. Diese Position wird als Strecklage bezeichnet.

Teleskop mit Eilgang

Die Reichweite des skizzierten Kranaufbaus läßt sich weiter erhöhen, beispielsweise mit einem hydraulischen Ausschub (Teleskop) am Knickarm. Das Teleskop besitzt einen Telezylinder, der jedoch das Problem des geringsten Hubmoments bei maximaler Auslage im wahrsten Sinne des Wortes nur verlängert. Je länger das Teleskop ist, desto höher also die Reichweite wird, umso geringer ist das Netto-Hubmoment bei voller Auslage. Diese Aussage trifft be-

In dieser waagerechten Strecklage verteilen sich die Hubmomente eines Krans sehr ungleich: Der Hauptarm (1) steht im rechten Winkel zur Kransäule (2) und erreicht damit ein sehr hohes Hubmoment an diesem Gelenk, während sich der Knickarm (3) fast parallel mit dem Hauptarm befindet und dadurch – mit einem herkömmlichen Gelenk – nur das niedrigste Hubmoment erreicht. Um diese übliche, aber technisch ungünstigste Ladeposition auszugleichen, verbaut die Firma Pfanzelt als Verbindung beider Arme einen Kniehebel (4). Die für das Hubmoment aussagekräftige Angabe des Metertonnenwertes wird bei der Kranprüfung in dieser Position gemessen. Der Pfanzelt-Kran LK 4272 kann 4,05 Meter (Pfeil) entfernt von der Kransäule genau eine Tonne heben.

Ein zuzugsstarkes Teleskop kann geringe Hubmomente bei voller Auslage ausgleichen und Arbeitsgeschwindigkeiten erhöhen. *Werksfotos*

sonders auf Forstkrane zu, die aufgrund ihrer Mobilität besonders leicht gebaut werden müssen. Als Durchschnittswert hebt ein Kran mit sieben Meter Auslage rund 480 Dekanewton (daN), das entspricht 480 Kilogramm.

Die in den technischen Daten eines Krans genannte Angabe zur Hubkraft bei maximaler Reichweite wird deshalb der tatsächlichen Leistungsfähigkeit nicht wirklich gerecht. Denn entscheidend ist nicht, wieviel der Kran auf weite Entfernung heben kann, sondern wie viel Gewicht er tatsächlich über die Rungen nah am Rückewagen heben kann.

Ein Teleskop zur Verlängerung der Reichweite dient vorrangig dazu, die Last am Boden näher an den Rückewagen heranzuziehen und erst danach anzuheben. Ein starkes Teleskop mit einer hohen Zuzugskraft kann deshalb bei weiter Auslage schwächere Kranarme sehr hilfreich ausgleichen.

Viele Krane sind so konstruiert, daß sie Holz in höheren Lagen nicht nah am Prallgitter ablegen können, weil der Greifer nicht hoch genug kommt. Für Meterholz sind das schlechte Voraussetzungen. Ein Kniehebelsystem (Pfeil) zwischen Haupt- und Knickarm löst dieses Problem und sorgt für Kraftverstärkung und Gelenkigkeit. Auch für eine Ladestellung sehr nah am Rückewagen, wie sie auf dem Bild auf der linken Seite zu sehen ist, ist ein Kniehebel ideal.

Beim Schwenken der Last gegen einen Hang erhöht sich der Drehmomentbedarf des Schwenkwerks enorm. Für solche Arbeiten sollte der Kran immer Reserven besitzen. Eine A-Säulen-Abstützung (Pfeil) ist schwierigen Geländeverhältnissen von Vorteil: Sie läßt sich platzsparender nutzen als andere Abstützungsvarianten.

Der Pfanzelt-Kran LK 4272 ist am Kniehebel mit einem ziehenden Hubzylinder ausgestattet, der über dem Hauptarm montiert ist. Mit dieser Bauart ist der Zylinder besser geschützt als mit einem Zylinder unterhalb des Hauptarms, der durch unbeabsichtigte Treffer mit dem Holz schneller beschädigt werden kann.

Als Faustregel gilt: Wenn die Kranarme im rechten Winkel zueinanderstehen, ist das Hubmoment am größten. Zu den Endlagen des Krans nach oben und nach unten wird das Hubmoment immer geringer.

Pfanzelt Kran LK 4272

Kranlänge:	7.200 mm
Hubmoment netto:	40,5 kNm (vier Metertonnen)
Hubkraft bei max. Auslage:	480 daN (entspricht 480 Kilogramm)
Schwenkmoment:	15,2 kNm (vier Schwenkzylinder)
Kransteuerung:	8-fach mechanisch / zwei Kreuzhebel mit zwei elektrischen Funktionen (Wippe) für Greifer und Teleskop
Anbauvarianten:	Dreipunkt, Schlepper, Rückewagen
Preis (inkl. MwSt.):	18.207 Euro (für Dreipunkt)
Hersteller:	Pfanzelt Maschinenbau GmbH 87675 Rettenbach am Auerberg/Allgäu ***www.pfanzelt-maschinenbau.de***

Der in diesem Bericht abgebildete Pfanzelt-Forstkran LK 4272 mit einem innenliegenden Teleskopzylinder besitzt ein Eilgangventil. Die ganze Zuzugskraft von 24,7 Kilonewton steht dem Teleskop nur beim Einschub zur Verfügung. Beim Ausfahren erreicht es dagegen weniger Kraft, aber durch einen nahezu doppelten Ölmengenfluß etwa die 1,5fache Geschwindigkeit. Dadurch sind schnellere Arbeitsabläufe bei größerer Reichweite möglich.

Hubmomente in Metertonnen

Als vergleichbare Werte für Hubmomente dienen Angaben in sogenannten Metertonnen. Sie besagen, bei wieviel Metern der Kran in Strecklage eine Tonne heben kann. Die Einheit dafür sind Kilonewtonmeter (kNm) als Größe für mechanische Dreh- und Hubmomente. Ein Hubmoment von 40,5 kNm besagt beispielsweise, daß ein Vier-Metertonnen-Kran in Vollauslage in 4,05 Meter Entfernung eine Tonne heben kann, und umkehrt vier Tonnen in einem Meter Entfernung. Die Angabe bezogen auf einen Meter ist aber nur ein theoretischer Wert, der in der Praxis durch die Krangeometrie nicht erreicht werden kann.

Die Hubmomente werden von den Herstellern unterschiedlich bezeichnet: als Brutto- oder Netto-Hubmoment, Lastmoment oder als vergleichbare Angaben am Meßpunkt bei vier Meter Auslage. Die Angaben gelten meistens ohne Greifer und Rotator, weil diese Komponenten vom Kunden oft selbst ausgewählt werden und der Hersteller darauf somit keinen Einfluß hat. Wichtiger ist, daß der Hersteller den Nettowert nennt, der bereits das Eigengewicht des Krans berücksichtigt. Bruttoangaben sind für den Kunden wenig aussagekräftig und beim Kauf eines Krans irreführend. Ein Bruttowert von 45 kNm kann als tatsächliches Netto-Hubmoment nur 30 kNm betragen.

Intelligente Gelenke

Für Krane gilt: Je mehr Ausschübe und Gelenke, umso schwerer wird der Kran und umso mehr verringern sich die Hubmomente. Eine Ausnahme bildet das sogenannte Kniehebelsystem. Kniehebel statt eines einfachen Gelenks zwischen Haupt- und Knickarm bieten viele Vorteile für die Krangeometrie, denn sie gleichen Hubmomentverluste bei der Kraftübertragung aus. Der wesentliche Vorteil ist, daß der Hubzylinder nicht direkt an dem Ausleger befestigt ist, sondern die Zylinderkräfte über zwei Kniegelenke auf den Ausleger umgelenkt werden. Dadurch bleibt die Zylinderstellung zwischen den Kranarmen stets nahezu konstant im rechten Winkel, so daß unabhängig vom tatsächlichen Stellungswinkel der Arme ein hohes Hubmoment erreicht wird. Endlagen des Krans, in denen das sogenannte Drehmoment stark abfällt, werden dadurch vermieden beziehungsweise so ausgeformt, daß ein höheres Drehmoment zur Verfügung steht als ohne Kniehebel. In diesem Fall lassen sich die Kranarme fast völlig aneinanderklappen.

Paul Pfanzelt, Gründer und Inhaber von Pfanzelt Maschinenbau, kann die Geometrie eines Forstkrans mit einem Meterstock anschaulich erklären. Er weiß aber auch, wie schwierig es ist, die dem Kranbau zugrundeliegenden, physikalischen Gesetze miteinander in Einklang zu bringen. Foto: Riemann

Das Schwenkmoment

Während die Kranarme Lasten heben und senken können, sorgt das Schwenkgetriebe für seitliche Bewegung. Die Leistung des Schwenkwerks, das sogenannte Moment, wird ebenfalls in Kilonewtonmeter angegeben und als Dreh- oder Schwenkmoment bezeichnet. Die Hub- und Schwenkmomente eines Krans müssen aufeinander abgestimmt sein, damit der Kran im praktischen Einsatz zusammenpaßt. Sonst lassen sich entweder schwere Lasten heben aber nicht schwenken oder umgekehrt. Doch diese Abstimmung funktioniert oft nur in ebenem Gelände. In Hanglagen benötigt ein Schwenkwerk erheblich mehr Kraft, um tiefer liegende Lasten gegen den Hang auf den Rückewagen zu schwenken. Bei einer Kranlänge von sieben Metern und einem Kran der Vier-Metertonnen-Klasse sollte das Schwenkmoment im optimalen Fall etwa 15 kNm betragen.

Das Märchen der Reichweite

Die Reichweite zählt zu den Basisdaten eines Krans. Sie wird von der Mitte der Kransäule bis zur Mitte des Greifers gemessen. Manche Hersteller schummeln aber bei der Reichweite, indem sie den parallel zum Kran gestellten Greifer mit einrechnen. Bei einer Öffnungsweite von 1,20 Meter verlängert sich die Reichweite somit um satte 60 Zentimeter. Mit der Greiferspitze läßt sich Holz zwar näher heranziehen, aber die tatsächliche Reichweite erhöht sich dadurch nicht. Ähnliches gilt für die Art der Abstützung: Sie wird als A- oder H-Säule mit ausfahrbaren, innenliegenden Zylindern oder als Flap-Down-System mit ausklappbaren Stützen angeboten. Flap-Down-Stützen besitzen jedoch offenliegende Zylinder und ragen relativ weit vom Rückewagen ab. Der Abstand zu einem Holzpolter oder schlecht befestigten Weg muß deshalb mitunter über einen Meter betragen – und dieser verschenkte Meter fehlt dem Kran letztlich an Reichweite. Auch bieten Flap-Down-Stützen in Hanglagen nicht immer optimale Stabilität.

Die Teleskopstützen der A-Säule ragen dagegen, je nach Modell, nur etwa 50 Zentimeter hinaus, so daß der Kran platzsparend und mit hoher Standsicherheit nah am Polter positioniert werden kann. Das erhöht die nutzbare Reichweite. Statt der Reichweite sind Herstellerangaben der Kranlänge deshalb ehrlicher, weil sich die Reichweite je nach Gelände verändert.

Die Quadratur des Kreises beschreibt das unlösbare mathematische Problem, aus einem Kreis in endlich vielen Schritten ein Quadrat mit demselben Flächeninhalt zu konstruieren. Übertragen auf die Krangeometrie bedeutet das: Der optimale Forstkran wurde noch nicht gebaut. Weitere Innovationen sind zu erwarten. **Max Riemann**

*Dieses Thema wird in **HOLZmachen** Herbst fortgeführt: Belastungsklassen von Forstkranen.*