

# DIPLOMARBEIT Master Thesis

## **Kraneinsatz auf Baustellen**

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades  
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

**Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg JODL**

und als verantwortlich mitwirkender Betreuer

**Dipl.-Ing. Lukas STEINSCHADEN**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement  
E 234-1

eingereicht an der Technischen Universität Wien  
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

**Jean-Charles CHAPUIS**

1327825

Argentinerstraße 28/21  
A – 1040 Wien

Wien, am

eigenhändige Unterschrift



## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich während meines Studiums und bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Ich möchte mich zuerst bei Herrn Em.O.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Dr.h.c. Hans Georg Jodl und Herrn Dipl.-Ing. Lukas Steinschaden für die Betreuung meiner Masterarbeit bedanken. Während meines ganzen Masterstudiums, war die Belegschaft des Instituts für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement immer sehr nett, hilfsbereit, geduldig und verständnisvoll mit mir. Die interessanten und umfassenden Lehrveranstaltungen des Instituts haben mir viele Kenntnisse und Methoden für die Zukunft gelehrt.

Ich möchte mich auch bei den Herren Univ.Lektor Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger und Dipl.-Ing. Manfred Schoiswohl bedanken, die mir erlaubt haben, bei der Firma Swietelsky als Praktikant zu arbeiten. Ohne dieses Praktikum hätte ich nie meine Masterarbeit schreiben können. Einen riesigen Dank richte ich auch an Herrn Alfred Plöchl, Leiter der Kranabteilung, und an alle meine Kollegen der Werkstatt Swietelsky in Trumau. Ich danke ihnen für ihre Antworten auf alle meine Fragen, für die gute Stimmung, die sie dort erzeugt haben und, dass sie mich in ihre Gemeinschaft aufgenommen haben.

Vielen Dank auch an Angelika Lebrun, Elisabeth de Parcevaux und Branko Velimirov für ihr sorgfältiges Korrekturlesen meiner Arbeit.

Zum Schluss möchte ich mich auch bei all meinen Freunden für die schöne Studienzeit in Wien bedanken. Besonders bedanken möchte ich mich auch bei meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht und immer an mich geglaubt haben.

# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| Abkürzungsverzeichnis .....                                  | VII       |
| Kurzfassung .....  | VIII      |
| Abstract .....   | IX        |
| <b>1 EINLEITUNG .....</b>                                    | <b>1</b>  |
| 1.1 Motivation .....   | 1         |
| 1.2 Zielsetzung .....  | 1         |
| <b>2 GESCHICHTE DER KRÄNE .....</b>                          | <b>3</b>  |
| 2.1 Antike Kräne .....                                       | 3         |
| 2.1.1 Das Prinzip der Hebel (Archimedes – 200 v. Chr.) ..... | 4         |
| 2.1.2 Das Prinzip der Riemenscheibe .....                    | 7         |
| 2.1.3 Die mechanische Übersetzung .....                      | 8         |
| 2.2 Moderne Kräne .....                                      | 9         |
| <b>3 AUSGEWÄHLTE EUROPÄISCHE KRANPRODUZENTEN .....</b>       | <b>13</b> |
| 3.1 Liebherr .....   | 13        |
| 3.1.1 Mobilbaukräne .....                                    | 13        |
| 3.1.2 Fahrzeugkräne .....                                    | 14        |
| 3.1.3 Raupenkräne .....                                      | 15        |
| 3.1.4 Schnelleinsatzkräne .....                              | 16        |
| 3.1.5 Obendreherkräne .....                                  | 18        |
| 3.2 WolffKran .....  | 21        |
| 3.2.1 Laufkatzen- und Biegebalkenauslegerkräne .....         | 22        |
| 3.2.2 Wippkräne .....  | 23        |
| 3.3 Potain .....   | 24        |
| 3.3.1 Untendreherkräne .....                                 | 24        |
| 3.3.2 Obendreherkräne .....                                  | 26        |
| 3.4 Terex .....  | 30        |
| 3.4.1 All-Terrain-Kräne .....                                | 30        |
| 3.4.2 Rough-Terrain-Kräne .....                              | 31        |
| 3.4.3 Raupenkräne .....                                      | 32        |
| <b>4 KRANEINSATZPLANUNG VON MOBILKRÄNEN .....</b>            | <b>34</b> |
| 4.1 Raupenkräne .....  | 34        |
| 4.1.1 Montage .....  | 35        |
| 4.1.2 Auslegersystem .....                                   | 35        |
| 4.1.3 Sonderausführungen .....                               | 38        |
| 4.2 Fahrzeugkräne .....                                      | 40        |
| 4.2.1 Logistik .....   | 41        |
| 4.2.2 Auslegersystem .....                                   | 44        |
| 4.2.3 Mobilbaukräne .....                                    | 46        |
| 4.3 Mobilkräne im Vergleich .....                            | 46        |
| <b>5 KRANEINSATZPLANUNG VON TURMDREHKRÄNEN .....</b>         | <b>48</b> |
| 5.1 Aufstellort und Krananzahl .....                         | 48        |
| 5.1.1 Spielzeit .....  | 49        |
| 5.1.2 Krananzahl .....                                       | 49        |
| 5.1.3 Standort .....   | 53        |
| 5.2 Anordnung des Schwenkwerks .....                         | 55        |
| 5.2.1 Untendreher .....                                      | 55        |
| 5.2.2 Obendreher .....                                       | 58        |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 5.3       | Ausführung des Auslegers .....  | 59         |
| 5.3.1     | Nadelausleger .....   | 60         |
| 5.3.2     | Laufkatzausleger .....  | 64         |
| 5.3.3     | Biegebalkenausleger .....   | 68         |
| 5.3.4     | Knickausleger .....   | 71         |
| 5.3.5     | Teleskopausleger .....  | 77         |
| 5.3.6     | Untendreherausleger .....   | 78         |
| 5.3.7     | Gegenausleger .....   | 79         |
| 5.4       | Ausführung des Kranunterbaus .....                                    | 80         |
| 5.4.1     | Erklärung der einwirkenden Kräfte .....                               | 80         |
| 5.4.2     | Der Unterwagen .....  | 82         |
| 5.4.3     | Das Fundamentkreuz .....  | 87         |
| 5.4.4     | Die Fundamentanker .....  | 89         |
| 5.4.5     | Kranportal .....  | 90         |
| 5.5       | Länge, Höhe und maximale Traglast .....                               | 91         |
| 5.5.1     | Kranhöhe .....  | 91         |
| 5.5.2     | Traglast und Auslegerlänge .....                                      | 91         |
| 5.6       | Ausführung des Kranturms .....  | 97         |
| 5.6.1     | Klappbare Türme .....   | 97         |
| 5.6.2     | Teleskopierbare Türme .....   | 97         |
| 5.6.3     | Zerlegte Türme .....  | 99         |
| 5.7       | Logistik .....  | 111        |
| 5.7.1     | Transport .....   | 111        |
| 5.7.2     | Montage .....   | 112        |
| 5.7.3     | Demontage .....   | 114        |
| 5.7.4     | Helimontage .....   | 114        |
| 5.8       | Betriebssicherheit .....  | 115        |
| 5.8.1     | Windstärke .....  | 115        |
| 5.8.2     | Schutzeinrichtungen .....   | 118        |
| 5.8.3     | Wartung, Instandhaltungsmaßnahmen und Sicherheitsabstände .....       | 121        |
| <b>6</b>  | <b>KRANAUSWAHLPROZESS .....</b>                                       | <b>125</b> |
| 6.1       | Wirtschaftliche Analyse .....   | 125        |
| 6.1.1     | Unterwagen oder Fundamentkreuz versus Fundamentanker .....            | 125        |
| 6.1.2     | Montage Turmdrehkran: Klettern versus Montage mittels Mobilkran ..... | 125        |
| 6.1.3     | Eigengerät versus Mietgerät .....                                     | 126        |
| 6.2       | Kranerstellungsplan .....   | 126        |
| 6.3       | Kranauswahl .....   | 128        |
| <b>7</b>  | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>  | <b>133</b> |
| <b>8</b>  | <b>VERZEICHNISSE .....</b>  | <b>137</b> |
| 8.1       | Literaturverzeichnis .....  | 137        |
| 8.2       | Abbildungsverzeichnis .....   | 143        |
| 8.3       | Tabellenverzeichnis .....   | 146        |
| <b>9</b>  | <b>NORMEN .....</b>   | <b>147</b> |
| <b>10</b> | <b>ANHÄNGE .....</b>  | <b>148</b> |
|           | Anhang A .....  | 148        |
|           | Anhang B .....  | 154        |
|           | Anhang C .....  | 155        |
|           | Anhang D .....  | 156        |
|           | Anhang E .....  | 157        |
|           | Anhang F .....  | 158        |

|                |     |
|----------------|-----|
| Anhang G ..... | 159 |
| Anhang H ..... | 160 |
| Anhang I ..... | 163 |

## Abkürzungsverzeichnis

|      |                 |         |                    |
|------|-----------------|---------|--------------------|
| BWK  | Bauwerk         | örtl.   | örtliche           |
| bzw. | beziehungsweise | RB      | Randbedingungen    |
| ca.  | circa           | tm      | Tonnen Meter       |
| FA   | Fundamentanker  | usw.    | und so weiter      |
| FK   | Fundamentkreuz  | UW      | Unterwagen         |
| LKW  | Lastkraftwagen  | v. Chr. | vor Jesus Christus |
| max. | maximal         | z.B.    | zum Beispiel       |

## **Kurzfassung**

Ein Kran ist ein bisschen wie ein Puzzle. Er besteht aus vielen verschiedenen Teilen. Manche passen zueinander, manche nicht. Mit allen Teilen muss ein Gerät entstehen, das effizient und sicher arbeiten soll.

Diese Arbeit befasst sich mit zwei großen Kranfamilien: die Mobilkräne und die Turmdrehkräne. Die Mobilkräne schließen die Raupenkräne, die Fahrzeugkräne und die Mobilbaukräne ein. Die Turmdrehkräne kann man auch in zwei große Gruppen unterscheiden: die Untendreher und die Obendreher.

Die Variationsmöglichkeiten für den Aufbau eines Krans sind groß. Dank der Vielfalt der Ausleger, der Unterbauten, der Turmkombinationen, der Kletterelemente und -vorgänge, der Bewegungseinrichtungen usw. können fast alle technisch erforderlichen Bedürfnisse erfüllt werden. Abhängig von der ausgewählten Ausrüstung kann ein Kran ein vielfältiges Arbeitsspektrum abdecken.

Der Kran ist eine der wichtigsten Komponente einer Baustelle. Wenn ein Kran defekt ist, kann das den Zeitplan einer gesamten Baustelle in Verzug bringen. Gut ausgelegt und klug ausgewählt ist der Kran meist eine Garantie für eine sichere und effiziente Baustellenabwicklung.

Jedoch, obwohl man in der Literatur viele technische Dokumentationen und Krandaten von den verschiedenen Herstellern finden kann (Dokumente und Informationen über die Auslegung der Ausleger, des Turms usw.), ist es schwierig ein komplettes Dokument zu finden, welches Schritt für Schritt die Anatomie und den Aufbau eines Kranes beschreibt und analysiert.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit den verschiedenen Einsatzzwecken eines Krans auf Baustellen. Durch die Berücksichtigung der Anzahl, des bestmöglichen Standorts und der Einsatzkosten, soll ein optimaler Kraneinsatz auf Baustellen gewährleistet werden.

## **Abstract**

A crane is a little bit like a puzzle. It consists of many different parts. Some fit together, some do not. With all the parts, a device has to be built, which has to operate efficiently and safely.

This paper will only consist about two large crane families: the mobile cranes and the tower cranes. The mobile cranes include the crawler cranes, the truck cranes and the mobile construction cranes. The tower cranes can also be divided into two large groups: the self-erecting cranes and the top-slewing cranes.

The capacities of the crane system are large. Thanks to the variety of jibs, of substructures, of tower combinations, of climbing elements and operations, of moving equipments, etc. almost all technical needs can be satisfied. Depending on the selected equipment, a crane can cover a very wide range of work.

The crane is a key component of the construction site. His problems can totally obstruct the good running of the work. Well designed and clever selected, the crane is a guarantee for the success of a safe and efficient building site.

However, although we can find in the literature many technical documentation and crane data from the various manufacturers (documents and informations on the dimensioning of the boom, the tower etc.), a complete document which describes and analyzes step by step the anatomy of the cranes is hard to find.

The present paper deals with the different applications of a crane on a building site. With considerations about the right number, the best location, and the operating costs, an optimal use of cranes on building sites must be warranted.

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Die Erstellung eines Krans ist ein komplexer Prozess. Der Kran kann ein zentrales Element der Baustelle sein. Wegen seiner Wichtigkeit für den Baustellenbetrieb und wegen der Kosten, die er verursacht, soll der Kran optimal für die erforderlichen Hubaufgaben gewählt werden.

Dafür müssen viele Aspekte beachtet werden. Ein Kran besteht aus vielen Kranteilen, welche unabhängig von einander analysiert werden können. Trotzdem muss man darauf achten, dass die ausgewählten Teile zueinander passen und am Ende einen gut funktionierenden Kran bilden. Die Aufstellung des optimalen Krans ist entscheidend für eine wirksame und kosteneffiziente Baustelle.

## 1.2 Zielsetzung

Diese Arbeit beschäftigt sich mit den auf Baustellen am meisten verwendeten Kränen: den Turmdrehkränen und den Mobilkränen. Unter Mobilkräne versteht man: Raupenkräne, Fahrzeugkräne und Mobilbaukräne.

Jedes Kranelement wird beschrieben und analysiert. Es werden seine Arbeitsbereiche und Arbeitsbedingungen erklärt. Die Untersuchung der Auswahlkriterien, Kostenfaktoren und Sicherheitseinrichtungen sollen alle Schlüssel für ein besseres Verständnis des Kranbetriebs sein. Diese Arbeit soll ein Hilfswerk für eine optimale Kranauswahl und –aufstellung bzw. für einen optimalen Kraneinsatz sein.



## 2 Geschichte der Kräne

Seit der Mensch seine erste Mauer bauen wollte, ist es eine Herausforderung, eine Last zu heben. Mit der Zeit haben die Bauwerke sich vergrößert und die Art und Weise, Lasten zu heben, haben sich angepasst. Das Zusammenspiel der weiterentwickelten Materialien und das Verständnis der physikalischen Grundprinzipien haben dem Menschen erlaubt die Grenzen der Bautechnik zu erweitern.

### 2.1 Antike Kräne

Der Schaduff, ist wahrscheinlich der erste Kran, der vom Menschen erfunden wurde. Die ersten erschienen im alten Ägypten rund 2000 v. Chr. In Abbildung 2.1 kann man eine Zeichnung von einem antiken Schaduff sehen. Das Prinzip ist sehr einfach: eine Stange liegt auf einem Quersteg, aber nicht mittig. Am Ende des langen Teils ist ein Seil befestigt, an dem ein Wasserbehälter hängt. Auf dem kurzen Teil ist ein Gegengewicht montiert. Der Benutzer hebt das Gewicht, um den Wasserbehälter in das Wasser zu tauchen. Dann drückt er auf das Gegengewicht, um den gefüllten Wasserbehälter zu heben und auf die Seite mit Hilfe des Seils zu bewegen.<sup>1</sup>

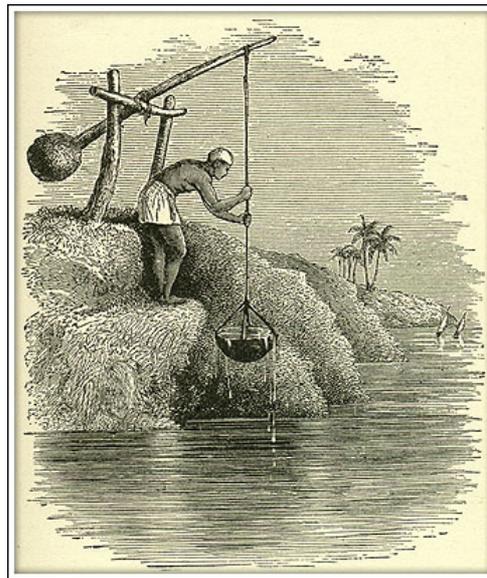


Abbildung 2.1: Buchmalerei eines Schaduffs<sup>2</sup>

Der Beginn der Kräne basiert auf dem Prinzip der Hebel, welches von Archimedes in dem Jahr 200 v. Chr. entwickelt wurde.

---

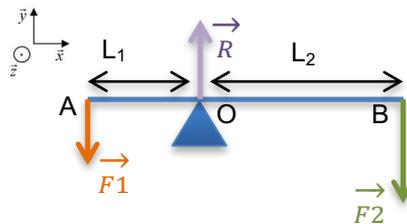
<sup>1</sup> Vgl. Wikipedia: Schaduff; 2015

<sup>2</sup> Mjenr, Desco: Wie wirkt der Hebel?; 2002

### 2.1.1 Das Prinzip der Hebel (Archimedes – 200 v. Chr.)

*"Zeigt mir den Stützpunkt und ich hebe die Welt aus den Angeln!" Archimedes*

Das Prinzip der Hebel ist die Basis, um das Funktionieren eines Krans zu verstehen. Es erklärt, wie zwei Lasten auf beiden Seiten einer Stange, im Gleichgewicht sein können. Abbildung 2.2 zeigt vereinfacht wie ein Kran funktioniert. Das Prinzip sieht so aus: eine Stange (AB), ein Stützpunkt (O), eine Masse zu heben ( $F_1$ ) und eine Kraft auszuüben ( $F_2$ ).



**Abbildung 2.2: Schema des Prinzips der Hebel**

Um die Situation zu verstehen, muss man die Newtonschen Gesetze verstehen. Das zweite Prinzip von Newton besagt:<sup>3,4</sup>

- ◆ Zweite Prinzip von Newton:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{R} = \vec{0} \quad (2.1)$$

- ◆ Projektierung auf die y-Achse:

$$-F_1 - F_2 + R = 0 \quad (2.2)$$

Dann, betrachten wir die Momente im Punkt O:<sup>5,6</sup>

- ◆ Gleichung der Momente im Punkt O:

$$M_o(\vec{F}_1) + M_o(\vec{F}_2) + M_o(\vec{R}) = \vec{0} \quad (2.3)$$

- ◆ Vektorielle Darstellung der Momente im Punkt O:

$$\vec{F}_1 \wedge \vec{AO} + \vec{F}_2 \wedge \vec{BO} + \vec{0} = \vec{0} \quad (2.4)$$

- ◆ Berechnung der Momente im Punkt O:

$$F_1 * L_1 - F_2 * L_2 = 0 \quad (2.5)$$

<sup>3</sup> Vgl. Mjenr, Desco: Wie wirkt der Hebel?; 2002

<sup>4</sup> Vgl. Wikipedia: Hebel (Physik); 2015

<sup>5</sup> Vgl. Mjenr, Desco: Wie wirkt der Hebel?; 2002

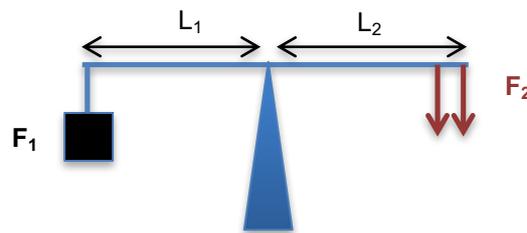
<sup>6</sup> Vgl. Wikipedia: Hebel (Physik); 2015

◆ Gleichung des Prinzips der Hebel

$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{L_2}{L_1} \quad (2.6)$$

Die Gleichung (2.6) zeigt das Verhältnis zwischen den Kräften  $F_1$  und  $F_2$  und den Längen des Auslegers ( $L_1$ ) und des Gegenauslegers ( $L_2$ ). Wenn man eine Last heben will, hat man folgende Situationen:

Aufgrund von Formel (2.6) ergibt sich, wenn man  $L_1 = L_2$  festlegt, dass  $F_1 = F_2$  sein muss, siehe Abbildung 2.3.



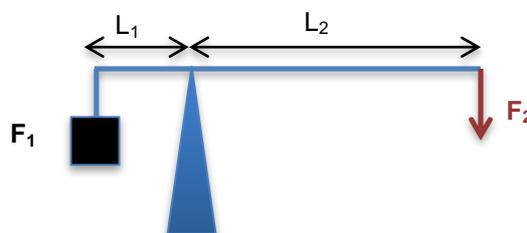
**Abbildung 2.3: Schema eines Hebels mit Stützpunkt in der Mitte der Stange**

Wenn man die Last ( $F_1$ ) heben möchte, dann würde man zuerst versuchen  $L_2$  zu verlängern, um das Heben von der Last zu erleichtern.

◆ Berechnung von  $F_2$  für das Gleichgewicht:

$$F_2 = \frac{F_1 * L_1}{L_2} \quad (2.7)$$

Formel (2.7) zeigt, wie man  $F_2$  berechnen kann. Wenn man  $L_2$  verlängert, dann ist das Verhältnis  $L_1/L_2$  kleiner als 1 und infolgedessen muss  $F_2$  kleiner als  $F_1$  sein, um ein Gleichgewicht zu erhalten. Diese Situation ist in Abbildung 2.4 dargestellt. Heben wird dadurch vereinfacht.



**Abbildung 2.4: Schema eines Gleichgewichts mit  $L_2 > L_1$**

Diese Lösung hat aber viele Nachteile, die in Abbildung 2.5 gezeigt sind. Der Gegenausleger ( $L_2$ ) hat eine große Bewegungsfreiheit, aber die Last kann nicht sehr hoch gehoben werden (grüner Pfeil). Außerdem ist der Ausleger nicht sehr lang ( $L_1 < L_2$ )! Der Schwenkbereich ist demzufolge sehr klein. Der einzige Vorteil ist, dass die für das Gleichgewicht notwendige Kraft ( $F_2$ ) verringert wird.

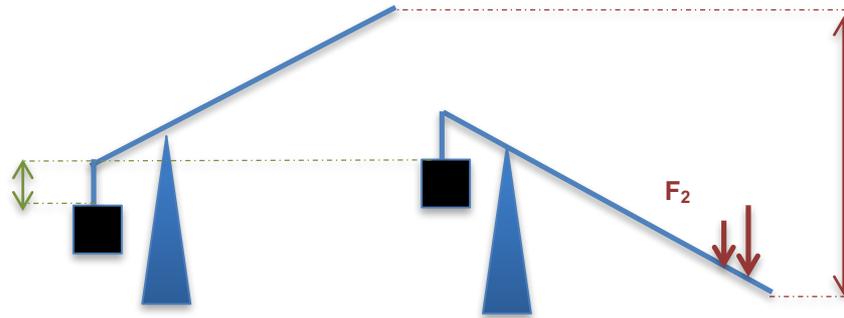


Abbildung 2.5: Schema eines Hebels mit  $L_2 > L_1$

Wenn wir jetzt das Gegenteil betrachten, wir verlängern den Ausleger, dann braucht man mehr Kraft für  $F_2$ , um das Gleichgewicht zu halten. Abbildung 2.6 zeigt, was in der Praxis erfolgt: man hängt ein großes Gegengewicht an den Gegenausleger, um die zusätzlich benötigte Kraft zu kompensieren.

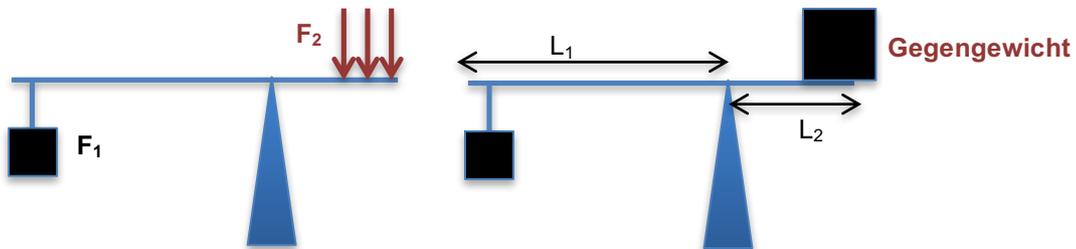


Abbildung 2.6: Schema eines Gleichgewichts mit  $L_1 > L_2$

Mit so einem Stein- bzw. Betonblock ist es dann sehr leicht, noch ein bisschen Kraft hinzuzufügen, um die Last zu heben oder abzusenken. Abbildung 2.7 zeigt, dass der Ausleger ziemlich lang ist und der Hebelbereich (grüner Pfeil) groß ist.

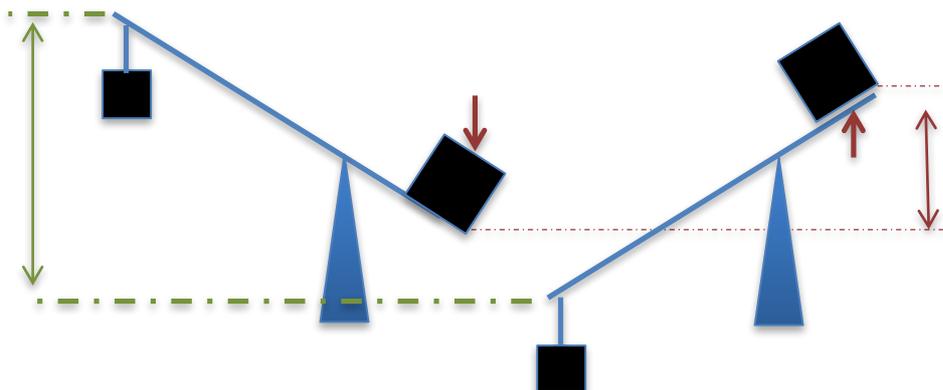


Abbildung 2.7: Schema eines Hebels mit  $L_1 > L_2$

Das ist genau das Prinzip eines Schaufers bzw. der ersten Kräne. Die ersten Kräne wurden in Corynthe (900 v. Chr.) oder später 500 v. Chr. in Ephese benutzt. Die Archäologen

glauben, dass Kräne, wie in Abbildung 2.8 rekonstruiert, gebaut wurden. Mit A-förmigen Rahmen wurden sie gebaut, um 3 to schwere Sarkophage in Gräber abzusenken.<sup>7</sup>

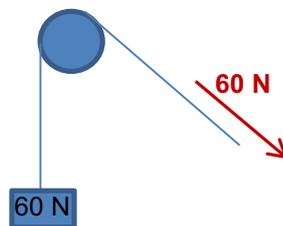


**Abbildung 2.8: Rekonstruktion des möglichen ersten Krans<sup>8</sup>**

Die Last wurde direkt auf dem anderen Ende, eines von Menschen gezogenen Seils, befestigt. Die notwendige Kraft wurde reduziert, da sie sich auf mehrere Seile (selbst von mehreren Menschen gezogen) verteilt hat.

### 2.1.2 Das Prinzip der Riemenscheibe

Um die fürs Heben notwendige Kraft zu verringern, wurde die Riemenscheibe erfunden. Diese erlaubt es, die Richtung einer Kraft zu wechseln. Zuerst wurden einfache Scheiben benützt, siehe Abbildung 2.9. Ein Seil wird um die Riemenscheibe herum geführt. Die Kraft wird direkt auf das Seil übertragen.



**Abbildung 2.9: Prinzip der einfachen Riemenscheibe**

Dann wurde das Prinzip der Riemenscheibe entwickelt: Abbildung 2.10 zeigt ein Beispiel davon. Durch die Aufhängung des Seils an die untere Riemenscheibe und die obere Doppelscheibe, wird die um die Last zu heben notwendige Zugkraft stark reduziert.<sup>9,10</sup>

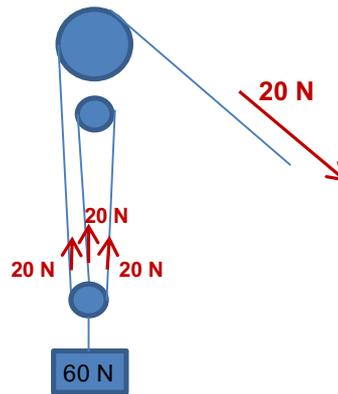
Das Seil leitet die Kraft weiter: wenn am Ende des Seils 20 N angesetzt sind, sind überall in dem Seil 20 N angesetzt, siehe Abbildung 2.10. Aber, wenn man die untere Riemenscheibe isoliert betrachtet, bemerkt man, dass die Zugkraft des Seils dank der Konstruktion sich dort dreimal befindet. Deshalb werden insgesamt 60 N gehoben.

<sup>7</sup> Vgl. The History Channel: Les grandes inventions de l'Antiquité - Gigantesques machines; 2007

<sup>8</sup> The History Channel: Les grandes inventions de l'Antiquité - Gigantesques machines; 2007

<sup>9</sup> Vgl. Fleury: Chèvre à palan simple et à treuil; 2015

<sup>10</sup> Vgl. Wikipedia: Poulie; 2015



**Abbildung 2.10: Prinzip der Riemenscheibe**

Damit haben die Griechen für den Bau von Häfen, Tempel usw. bessere Kräne benutzt. Abbildung 2.11 zeigt zum Beispiel einen Kran, der für den Bau des Parthenons laut den Schriften und Marmorgravuren entwickelt wurde. Man ist der Annahme, dass er 6 to schwere Steine heben konnte. Er war bereits mit Schienen ausgerüstet und somit parallel zum Tempel fahrbar. Der Hauptarm konnte dank eines Zusammenspiels von Riemenscheiben geneigt werden, um die Steine zu holen und dann zu heben. Zehn Personen waren notwendig, um den Kran zu benutzen.<sup>11</sup>



**Abbildung 2.11: Zeichnung des sogenannten Parthenonkrans<sup>12</sup>**

### 2.1.3 Die mechanische Übersetzung

Um die notwendige Kraft fürs Heben weiter zu senken wurde eine neue Technologie erfunden. Das Seil wird um eine Stange gerollt. Diese Stange wird mit einer Trommel mit größerem Durchmesser verbunden, sodass beide eine gemeinsame Drehachse haben.

<sup>11</sup> Vgl. Lahanas: Ancient Greek Inventions; 2015

<sup>12</sup> Lahanas: Ancient Greek Inventions; 2015

Durch die mechanische Übersetzung wird die für das Einrollen des Seils notwendige Kraft verringert.

Abbildung 2.12 zeigt eine der vielen Lösungen, die gefunden wurden: eine sehr große Trommel wurde gebaut, damit Menschen darin laufen können. Es wurden auch zusätzliche Hebeböcke angebracht, welche von mehreren Männern bzw. Tieren gedreht wurden.<sup>13,14</sup>

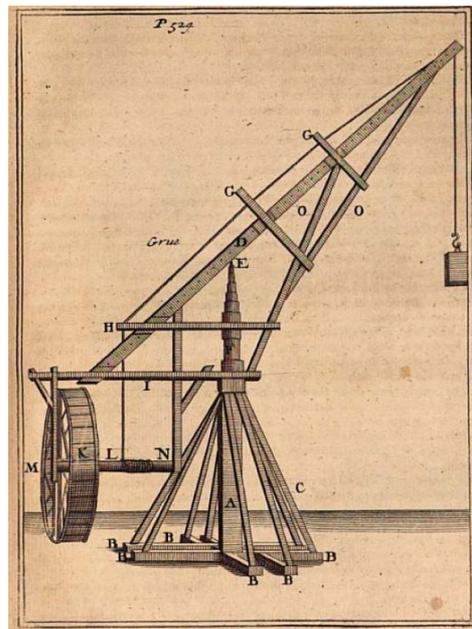


Abbildung 2.12: Skizze eines Krans des XVII. Jahrhunderts<sup>15</sup>

Im Mittelalter und bis zum XIXen Jahrhundert wurden die Kräne noch weiter entwickelt und mit metalernen Drehkränzen verbessert und optimiert. Aber die grundsätzlichen Funktionsprinzipien haben sich nicht verändert. Erst während der industriellen Revolution wurden weitere technische Neuerungen entwickelt.

## 2.2 Moderne Kräne

Während die industrielle Revolution schon im 18. und 19. Jahrhundert stattfindet, kommen die ersten technischen Entwicklungen im Bauwesen erst am Ende des 19. Jahrhunderts.

Die modernen Kräne beruhen auf der Entwicklung der industriellen Revolution (Dampfmaschinen bzw. Motoren). 1887 spezialisiert sich Richard Wolff auf die Fördertechnik und produziert dampfgetriebene Ketten-Antriebswinden für die Neckarschifffahrt.<sup>16</sup>

<sup>13</sup> Vgl. Fleury: Chèvre à palan double et à tambour; 2015

<sup>14</sup> Vgl. The History Channel: Les grandes inventions de l'Antiquité - Gigantesques machines; 2007

<sup>15</sup> Jacques Ozanam: Dictionnaire mathématique; 1691

<sup>16</sup> Vgl. Wolffkran: Die WOLFF Story; 2008; S. 3

Abbildung 2.13 zeigt den im Jahre 1898 von der Wolff Werkstätte gebauten ersten Drehkran. Es ist ein kleiner Lastenkran. Von der Konstruktion her, sind diese Kräne noch wie die antiken Kräne. Die Dampfmaschinen ersetzen die Handarbeit, Stahl ersetzt Holz und die Zugkabel ersetzen die Seile. Die Kräne sind demzufolge stärker und kräftiger.<sup>17</sup>



**Abbildung 2.13: Der erste Wolff Drehkran<sup>18</sup>**

Der weltweite Durchbruch der modernen Kräne findet im Jahr 1913 statt. In Abbildung 2.14 sieht man den ersten „schnell montierbaren und fahrbaren“ Turmdrehkran der Welt, der auf der Leipziger Messe von der Firma Wolffkran vorgestellt wurde. Die Struktur besteht aus gitterförmigen Turmstücken und einem langen Ausleger, auch wenn es noch keinen Gegenausleger gibt. Der erste Laufkatzausleger wurde im Jahr 1928 ebenfalls von Wolffkran entwickelt.<sup>19</sup>

---

<sup>17</sup> Vgl. Wolffkran: Die WOLFF Story; 2008; S. 3

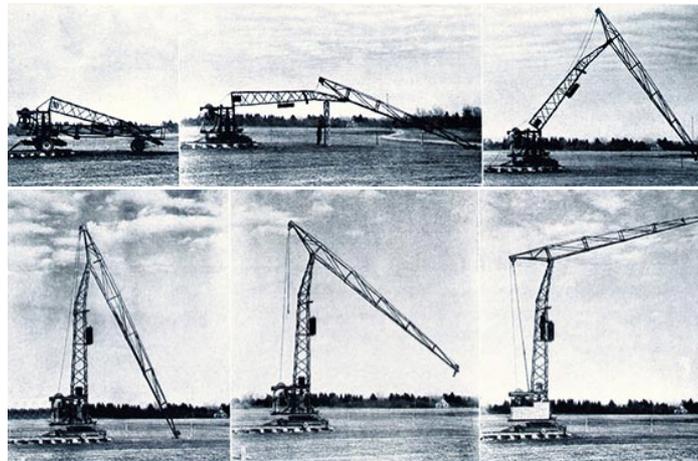
<sup>18</sup> Wolffkran: Die WOLFF Story; 2008; S. 3

<sup>19</sup> Vgl. Meyer: Chronologie der wichtigsten Entwicklungen, Daten und Meilensteine bei den europäischen Turmdrehkränen und deren Herstellern; 2009; S. 1-2



**Abbildung 2.14: Der erste Turmdrehkran von der Firma Wolffkran<sup>20</sup>**

Nach dem Ende des zweiten Weltkriegs hat man in Europa einen großen Bedarf an Kränen. Damit kommt die zweite große Revolution von einem sehr wichtigen Mann in der Geschichte des Krans: Hans Liebherr. In Abbildung 2.15 sieht man Bilder von 1949 auf der Frankfurter Messe, wo der erste leicht montierbare und einfach zu transportierende Kran mit Biegebalkenausleger von Liebherr vorgestellt wurde (der TK 10).<sup>21</sup>



**Abbildung 2.15: Der erste Schnelleinsatzkran<sup>22</sup>**

Hans Liebherr konzentriert sich auf den Bau von Kränen, die zerlegt transportiert werden und sich selbst aufstellen lassen. In den 60er Jahren werden die untendrehenden Nadelauslegerkräne oft benützt. Auf manchen Baustellen wurden die Nadelauslegerkräne auf Schienen montiert (siehe Abbildung 2.15). Diese Schienenanlagen (siehe Kapi-

<sup>20</sup> Wolffkran: Die WOLFF Story; 2008; S. 3

<sup>21</sup> Vgl. Liebherr: Die Gründung der Firmengruppe; 2015

<sup>22</sup> Liebherr: Die Gründung der Firmengruppe; 2015

tel 5.4.2) stören den Bauablauf. Deswegen wurden die Katzausleger entwickelt. Mit der großen Ausladung und der Klettermöglichkeit werden diese Katzauslegerkräne von großem Vorteil im Vergleich zu den Nadelauslegerkränen.<sup>23</sup>

1955 entwickelt Wolffkran Wippausleger für Obendreher. 1956 wird ein weiterer großer Fortschritt gemacht. Für die Konstruktion von Aus- und- Gegenauslegern wurde ein dreieckiger Querschnitt von Pierre Pingon entwickelt. Die Dreigurtausleger stellen bessere Gewichts-, Preis- und Leistungsverhältniseigenschaften dar. Deswegen verschwinden die Viergurtausleger bei den Laufkatzauslegerkränen sukzessive.<sup>24</sup>

In den 70er Jahren beeinflusst die Baupolitik von verschiedenen Regierungen in Europa den Kranbau. Mit dem Bau der großen Kühltürme der Atomkraftwerke und den Fernsehtürmen montieren viele Hersteller Knickausleger auf die Kräne, nachdem das Patent für den Knickausleger Mitte der 70er Jahren ausgelaufen ist.<sup>25</sup>

Liebherr gibt im Jahr 1977 eine neue technische Innovation bekannt: den LTM 1025, den weltweit ersten sogenannten „All-Terrain-Mobilkran“: für den kombinierten Straßen- und Geländeeinsatz. Seine Kapazitäten und die von seinem Nachfolgermodell, erweitern die Einsatzmöglichkeiten und etablieren weltweit das All-Terrain-Konzept (siehe Abbildung 2.16) und den Namen der Firma Liebherr.<sup>26</sup>



**Abbildung 2.16: Liebherr All-Terrain-Kran (LTM 1025)<sup>27</sup>**

---

<sup>23</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 11

<sup>24</sup> Vgl. Meyer: Chronologie der wichtigsten Entwicklungen, Daten und Meilensteine bei den europäischen Turmdrehkränen und deren Herstellern; 2009; S. 4

<sup>25</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 11

<sup>26</sup> Vgl. Liebherr: Expansion und Umstrukturierung; 2015

<sup>27</sup> Liebherr: Expansion und Umstrukturierung; 2015

### 3 Ausgewählte europäische Kranproduzenten

Weltweit gibt es mehr als fünfzig Kranhersteller. Die Schwierigkeiten, die ein Krantransport beinhaltet, verführen die Baufirmen zu dem Einsatz von „lokalen“ Kränen. Außerdem kommen einige der größten und weltweit berühmtesten Kranhersteller aus Europa. Diese decken einen großen Teil der weltweiten Bedürfnisse ab. Deshalb werden in dieser Arbeit nur die Firmen Liebherr, Wolffkran, Potain (Manitowoc) und Terex betrachtet.<sup>28</sup>

#### 3.1 Liebherr

Im Jahr 1949 wurde von Hans Liebherr die Firma Liebherr gegründet. Diese hat sich durch die Sicherung von einigen Patenten einen großen Vorteil gegenüber den anderen Firmen gesichert und konnte daher schnell wachsen.

##### 3.1.1 Mobilbaukräne

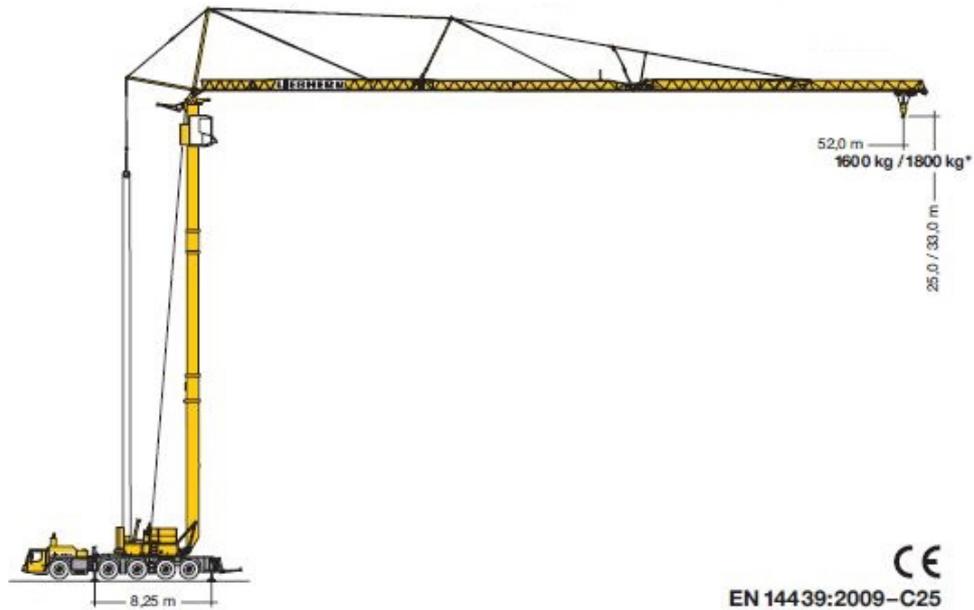
Die Mobilbaukräne sind untendrehende Turmdrehkräne, die auf einem LKW montiert sind. In Tabelle 3.1 ist das Spektrum der Krangrößen präsentiert. Mit der Größe des Krans wächst die maximale Hakenhöhe von 25 m bis auf 38 m und die maximale Ausladung von 36 m auf 65 m. Die maximale Tragfähigkeit bleibt jedoch dieselbe. In Abbildung 3.1 ist ein Kran mit durchschnittlicher Größe dargestellt, der MK 100.

|                                  | MK 63    | MK 100 / MK 110 | MK 140   |
|----------------------------------|----------|-----------------|----------|
| Max. Hakenhöhe                   | 25,0 m   | 33,0 m          | 38,0 m   |
| Max. Ausladung                   | 36,0 m   | 52,0 m          | 65,0 m   |
| Max. Tragfähigkeit               | 8.000 kg | 8.000 kg        | 8.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 1.800 kg | 1.600 kg        | 1.000 kg |

Tabelle 3.1: Spektrum des Liebherr-Angebots an Mobilbaukräne<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Vgl. Meyer, Bruderer: <http://kran-info.ch>; 25.09.2015

<sup>29</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Mobilbaukrane; 29.09.2015

Abbildung 3.1: Liebherr Mobilbaukran MK 100<sup>30</sup>

### 3.1.2 Fahrzeugkräne

Die Fahrzeugkräne sind untendrehende Kräne, die auf einem LKW montiert sind. Sie sind keine Turmdrehkräne und bestehen aus einem verstellbaren Teleskoparm. In Tabelle 3.2 ist das Spektrum der Krangrößen präsentiert. Mit der Größe des Krans wächst nicht nur die maximale Hakenhöhe von 44 m auf bis zu 154 m, sondern auch alle anderen Charakteristiken. Die maximale Tragfähigkeit wächst von 35 to auf bis zu 750 to! Die maximale Ausladung erhöht sich und damit auch die maximale Tragfähigkeit bei maximaler Ausladung. In Abbildung 3.2 ist ein Kran mit durchschnittlicher Größe dargestellt, der LTM 1130-5.1.

|   | LTM 1030-2.1 | LTM 1070-4.2 | LTM 1130-5.1 | LTM 1750-9.1 |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>Max. Hakenhöhe</b>                   | 44,0 m       | 65,0 m       | 91,0 m       | 154,0 m      |
| <b>Max. Ausladung</b>                   | 40,0 m       | 48,0 m       | 72,0 m       | 112,0 m      |
| <b>Max. Tragfähigkeit</b>               | 35.000 kg    | 70.000 kg    | 130.000 kg   | 750.000 kg   |
| <b>Tragfähigkeit bei max. Ausladung</b> | 400 kg       | 700 kg       | 900 kg       | 4.300 kg     |

Tabelle 3.2: Spektrum des Liebherr-Angebots an Fahrzeugkräne<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Liebherr: Datenblatt MK 100; 2010; S.1

<sup>31</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Fahrzeugkrane; 29.09.2015

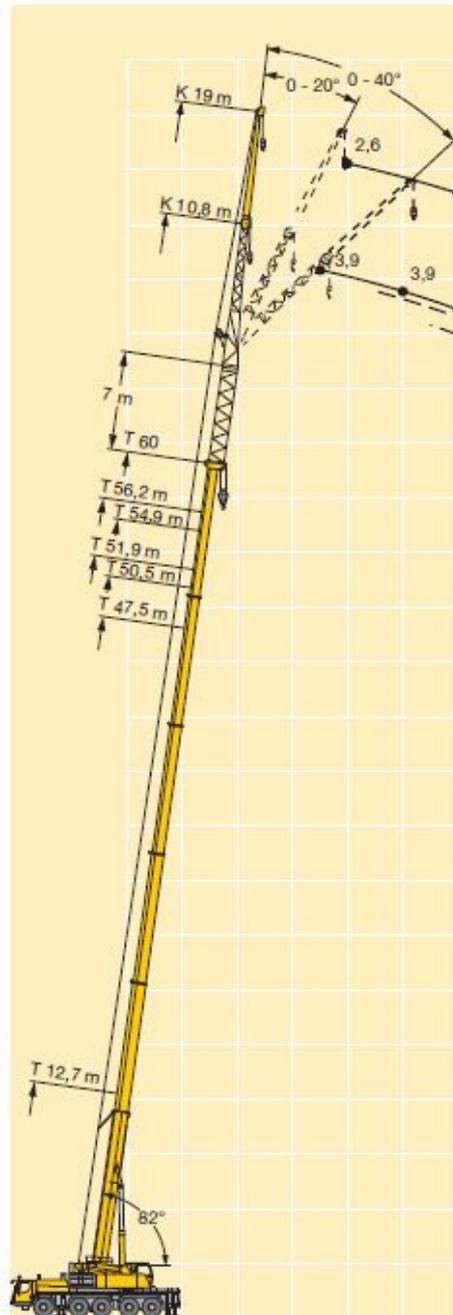


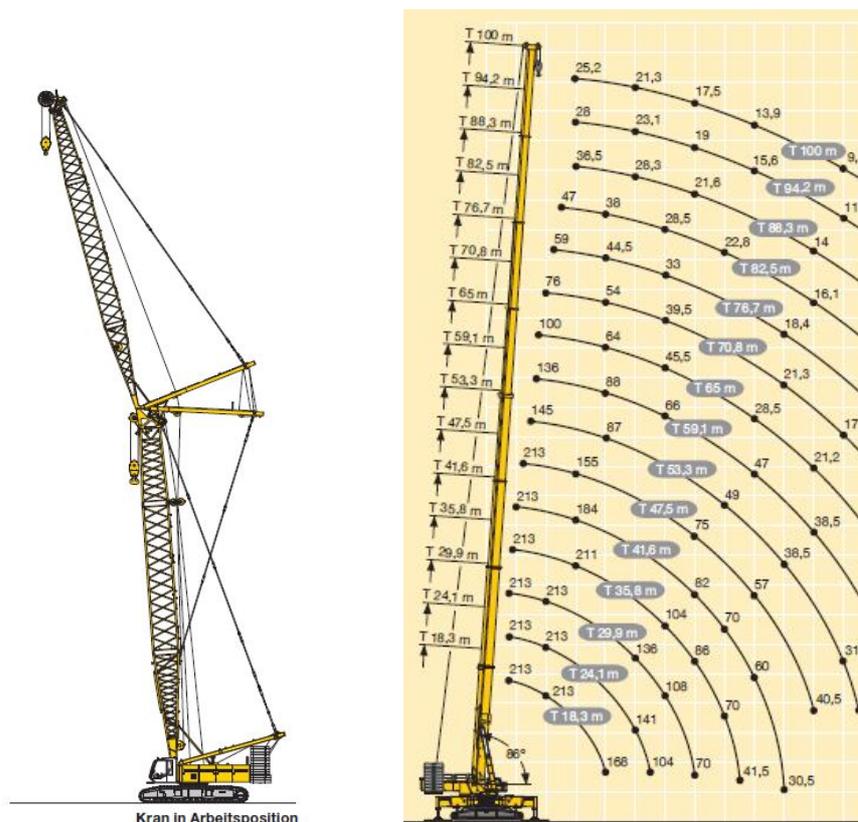
Abbildung 3.2: Liebherr Fahrzeugkran LTM 1130-5.1<sup>32</sup>

### 3.1.3 Raupenkräne

Mit Teleskop- oder Gittermastausleger sind unter anderem die Raupenkräne von Liebherr für die Montage- oder Demontearbeiten gut geeignet. Sie können nämlich schwere Lasten heben und damit fahren. In Tabelle 3.3 sind einige Beispiele präsentiert. Die Vielfalt an Mastarten macht es schwer Vergleiche anzuführen. Abbildung 3.3 zeigt zwei Raupenkränarten, die von der Firma Liebherr angeboten werden. Links kann man einen Gittermastkran sehen und rechts einen Teleskopmastkran.

<sup>32</sup> Liebherr: Datenblatt LTM 1130-5.1; 2012; S. 1

|                                    | LR 1200  | LR 11000  | LTR 1060 | LTR 11200 |
|------------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|
| Max. Traglast                      | 220 to   | 1.000 to  | 60 to    | 1.200 to  |
| Traglast bei max. Ausladung        | 2,3 to   | 2,9 to    | 0,5 to   | 2,0 to    |
| Hakenhöhe mit max. Kombination     | 148,0 m  | 156,0 m   | 54,5 m   | 126,0 m   |
| Max. Ausladung                     | 95,0 m   | 184,0 m   | 50,0 m   | 124,0 m   |
| Max. Fahrgeschwindigkeit unterlast | 1,5 km/h | 1,36 km/h | 3,0 km/h | 1,8 km/h  |

Tabelle 3.3: Spektrum des Liebherr-Angebots an Raupenkran<sup>33</sup>Abbildung 3.3: Liebherr Raupenkranne; links: LR 1200; rechts: LTR 11200<sup>34,35</sup>

### 3.1.4 Schnelleinsatzkräne

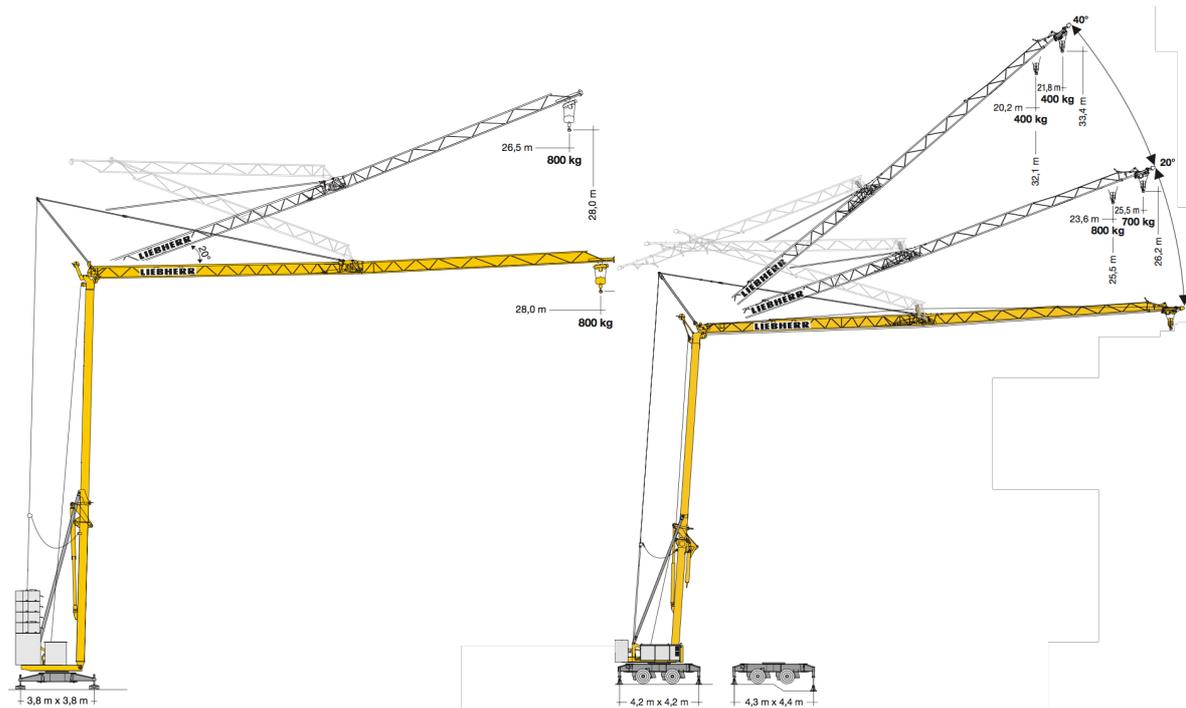
Die Schnelleinsatzkräne sind kleine Kräne, die sich selbst auf- und abmontieren können. In Tabelle 3.4 sind die Modelle der Baureihe H (mit klappbaren Türmen ausgerüstet) und HM (mit klappbaren Türmen ausgerüstet und fahrbar) verglichen. Hier sind die größeren Kräne (32 H und 22 HM) nur leicht verstärkt im Vergleich zu den Kleineren (26 H und 13 HM.1). In Abbildung 3.4 sind die Kräne 26 H und 22 HM miteinander verglichen.

<sup>33</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Raupenkrane; 29.09.2015

<sup>34</sup> Liebherr: Datenblatt LR 1200; 2013; S. 9

<sup>35</sup> Liebherr: Datenblatt LTR 11200; 2012; S. 26

|                                  | 26 H     | 32 H     | 13 HM.1  | 22 HM    |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Max. Hakenhöhe                   | 21,0 m   | 22,0 m   | 16,0 m   | 19,0 m   |
| Max. Ausladung                   | 28,0 m   | 30,0 m   | 22,0 m   | 27,0 m   |
| Max. Tragfähigkeit               | 2.000 kg | 4.000 kg | 1.500 kg | 2.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 800 kg   | 1.100 kg | 500 kg   | 700 kg   |

Tabelle 3.4: Spektrum des Liebherr Angebots an klappbaren Schnelleinsatzkräne<sup>36</sup>Abbildung 3.4: Liebherr Schnelleinsatzkräne; links: 26 H; rechts: 22 HM<sup>37,38</sup>

In Tabelle 3.5 sind die Modelle der Baureihe K (mit teleskopierbaren Türmen montiert) und KR (mit teleskopierbaren Türmen montiert und fahrbar) verglichen. Man bemerkt, dass der Krantyp 42 KR.1 das Pendant zum Krantyp 34 K mit Fahrwerk ist. Die Baureihe K erfüllt die allgemeinen Bedingungen: mit der Größe des Krans steigt die Tragfähigkeit und die Ausladung. In Abbildung 3.5 sind die Kräne 65 K und 42 KR.1 miteinander verglichen.

<sup>36</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Schnelleinsatzkrane; 29.09.2015

<sup>37</sup> Liebherr: Datenblatt 26 H; 2013; S. 1

<sup>38</sup> Liebherr: Datenblatt 22 HM; 2013; S. 1

|                                  | 34 K     | 65 K     | 120 K.1  | 42 KR.1  |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Max. Hakenhöhe                   | 27,0 m   | 34,6 m   | 37,4 m   | 28,0 m   |
| Max. Ausladung                   | 33,0 m   | 40,0 m   | 50,0 m   | 36,0 m   |
| Max. Tragfähigkeit               | 4.000 kg | 4.500 kg | 8.000 kg | 4.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 1.100 kg | 1.400 kg | 1.450 kg | 1.200 kg |

Tabelle 3.5: Spektrum des Liebherr-Angebots an teleskopierbaren Schnelleinsatzkräne<sup>39</sup>

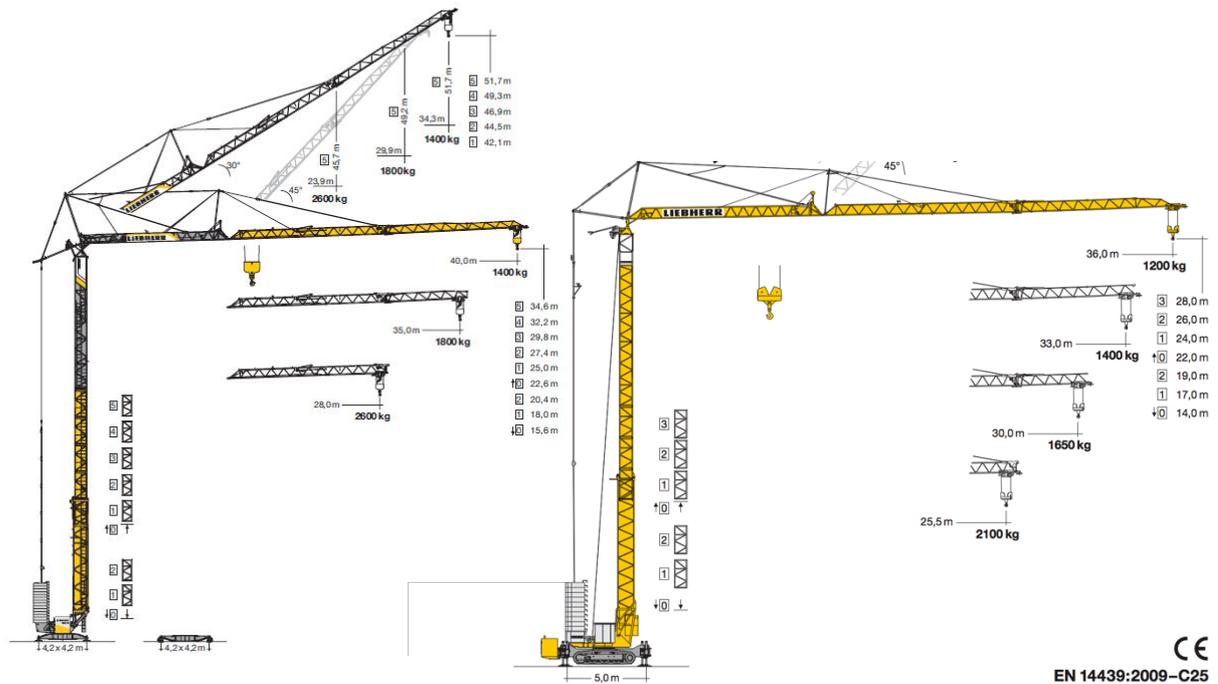


Abbildung 3.5: Liebherr Schnelleinsatzkräne; links: 65 K; rechts: 42 KR.1<sup>40,41</sup>

### 3.1.5 Obendreherkräne

Die größeren Kräne von Firma Liebherr sind die Obendreherkräne. Sie sind, wie unten beschrieben, mit verschiedenen Auslegern ausrüstbar.

Tabelle 3.6 beinhaltet ausgewählte Kräne der Baureihe EC-B. Sie sind mit Biegebalkenauslegern ausgerüstet. Der größere Kran, der Kran 1000 EC-B ist darauf ausgelegt sehr schwere Lasten zu heben. Er hat zwar eine sehr hohe Tragfähigkeit, aber nur eine kleine maximale Ausladung (36,5 m). In Abbildung 3.6 ist ein EC-B Kran abgebildet. Die fehlende Turmspitze und somit die fehlende Abspannung des Auslegers, charakterisiert diesen Auslegertyp.

<sup>39</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Schnelleinsatzkrane; 29.09.2015

<sup>40</sup> Liebherr: Datenblatt 65 K; 2013; S. 1

<sup>41</sup> Liebherr: Datenblatt 42 KR.1; 2013; S. 1

|   | 71 EC-B5 | 130 EC-B 6 | 285 EC-B 12 | 1000 EC-B 125 |
|---|----------|------------|-------------|---------------|
| <b>Max. Tragfähigkeit</b>               | 5.000 kg | 6.000 kg   | 12.000 kg   | 125.000 kg    |
| <b>Max. Ausladung</b>                   | 50,0 m   | 60,0 m     | 75,0 m      | 36,5 m        |
| <b>Tragfähigkeit bei max. Ausladung</b> | 1.000 kg | 1.500 kg   | 2.600 kg    | 19.350 kg     |

Tabelle 3.6: Spektrum des Liebherr-Angebots an Biegebalkenauslegerkräne<sup>42</sup>

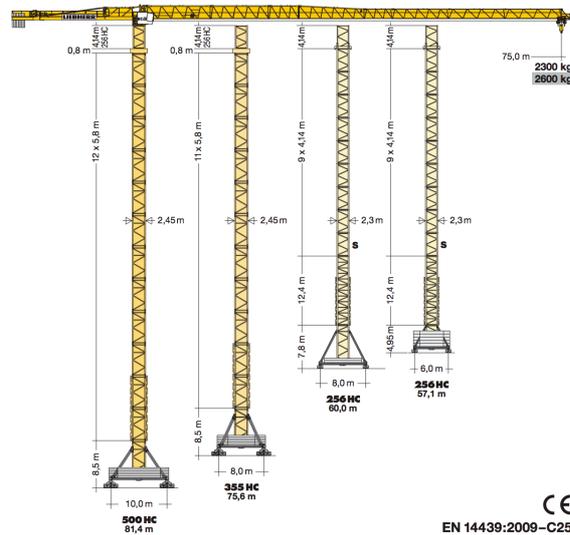


Abbildung 3.6: Liebherr Turmdrehkran 285 EC-B 12<sup>43</sup>

In Tabelle 3.7 ist das Einsatzspektrum der Kräne der Baureihe EC-H (mit Laufkatzauslegern ausgerüstet) präsentiert. Der Krantyp 280 EC-H wird sehr häufig benützt. Mit 12 to maximaler Tragfähigkeit ist er für viele Baustellenbedürfnisse geeignet. Trotzdem hat die Firma Liebherr die Baureihe weiter entwickelt und der größte Kran der Baureihe – der 1000 EC-H – kann bis zu 50 to heben. In Abbildung 3.7 kann man den 280 EC-H 12 sehen. Die EC-H Kräne sind mit Laufkatzauslegern ausgerüstet und sind die am meisten verwendeten Kräne.

|   | 280 EC-H 12 | 630 EC-H 40 | 1000 EC-H 50 |
|---|-------------|-------------|--------------|
| <b>Max. Ausladung</b>                   | 75,0 m      | 80,0 m      | 80,0 m       |
| <b>Max. Tragfähigkeit</b>               | 12.000 kg   | 40.000 kg   | 50.000 kg    |
| <b>Tragfähigkeit bei max. Ausladung</b> | 2.800 kg    | 5.800 kg    | 11.000 kg    |

Tabelle 3.7: Spektrum des Liebherr-Angebots an Laufkatzauslegerkräne<sup>44</sup>

<sup>42</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Flap Top EC-B; 29.09.2015

<sup>43</sup> Liebherr: Datenblatt 285 EC-B 12; 2014; S. 1

<sup>44</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – High-Top EC-H; 29.09.2015

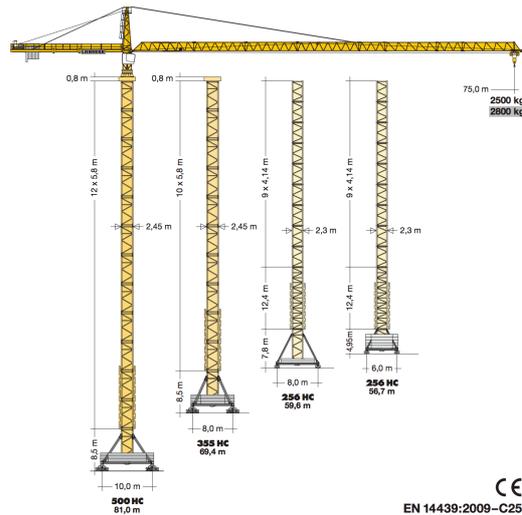


Abbildung 3.7: Liebherr Kran 280 EC-H 12<sup>45</sup>

In Tabelle 3.8 werden drei Kräne der Baureihe HC vorgestellt. Es handelt sich um verstärkte Laufkatzauslegerkräne. Abbildung 3.8 präsentiert den Krantyp 3150 HC 60, der wie ein EC-H Kran aussieht, aber mit einem breiteren Turmquerschnitt ausgerüstet ist. HC Kräne sind nämlich für hohe Hakenhöhen und sehr große Ausladungen ausgelegt.

|                                  | 1250 HC 40 | 3150 HC 60 | 5000 HC 80 |
|----------------------------------|------------|------------|------------|
| Max. Ausladung                   | 81,0 m     | 80,0 m     | 100,0 m    |
| Max. Tragfähigkeit               | 40.000 kg  | 60.000 kg  | 80.000 kg  |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 12.500 kg  | 32.000 kg  | 42.000 kg  |

Tabelle 3.8: Spektrum des Liebherr Angebots an Heavy-Load Kräne<sup>46</sup>

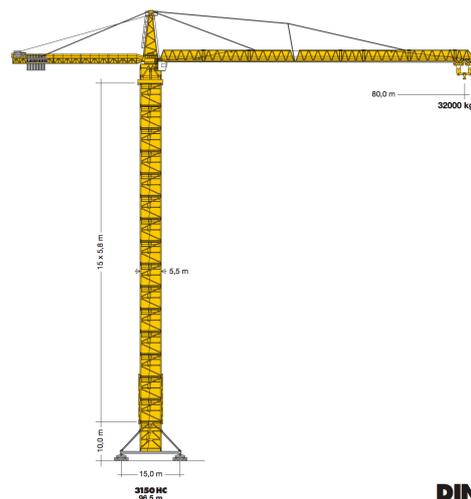


Abbildung 3.8: Liebherr Heavy Load Kran 3150 HC 60<sup>47</sup>

<sup>45</sup> Liebherr: Datenblatt 280 EC-H 12; 2014; S. 1

<sup>46</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Heavy-Load HC; 29.09.2015

In Tabelle 3.9 sind drei Kräne der Baureihe HC-L mit Nadelausleger vorgestellt. Abbildung 3.9 präsentiert den Krantyp 357 HC-L.

|                                  | 180 HC-L  | 357 HC-L  | 710 HC-L  |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Max. Ausladung                   | 55,0 m    | 60,0 m    | 65,0 m    |
| Max. Tragfähigkeit               | 16.000 kg | 24.000 kg | 64.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 2.600 kg  | 4.500 kg  | 7.200 kg  |

Tabelle 3.9: Spektrum des Liebherr-Angebots an Nadelauslegerkräne<sup>48</sup>

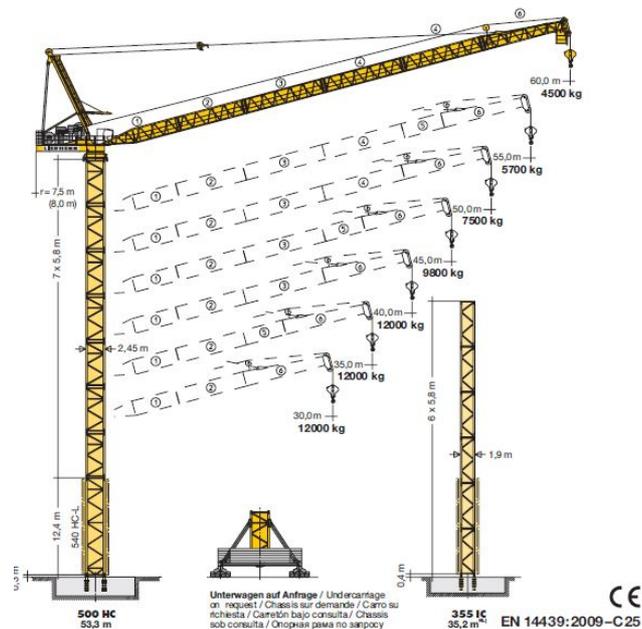


Abbildung 3.9: Liebherr Nadelauslegerkran 357 HC-L<sup>49</sup>

## 3.2 WolffKran

Die von Friedrich August Wolff im Jahr 1854 gegründete Firma Wolffkran war ursprünglich eine Eisengießerei. Sein Sohn und sein Enkelsohn erweiterten die Firma und spezialisierten die Produktion mehr und mehr auf die Fördertechnik. Der Kranbau wurde immer wichtiger bis zu der Vorstellung der ersten schnell montierbaren und fahrbaren Kräne. Heutzutage ist Wolffkran eine weltweit bekannte Firma und zählt zu den wichtigsten Kranherstellern.<sup>50</sup>

<sup>47</sup> Liebherr: Datenblatt 3150 HC 60; 2013; S. 1

<sup>48</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – Luffing HC-L; 29.09.2015

<sup>49</sup> Liebherr: Datenblatt 357 HC-L; 2013

<sup>50</sup> Vgl. Wolffkran: Die WOLFF Story; 2008; S. 2

### 3.2.1 Laufkatzen- und Biegebalkenauslegerkräne

Die Obendreherkräne der Firma Wolffkran sind prinzipiell mit Laufkatzenausleger oder Biegebalkenausleger ausgerüstet.

Tabelle 3.10 vergleicht vier Biegebalkenauslegerkräne der Baureihen *city* und *clear* miteinander. Die maximalen Ausladungen sind ähnlich. Die Baureihe *clear* ist leicht stärker als die Baureihe *city* mit Tragfähigkeiten von 6,2 to bzw. 8,5 to im Vergleich zu 6 to für die *city*-Kräne. Abbildung 3.10 zeigt einen Wolff Kran 6031 *clear*.

|                                  | 4517 city | 5014 city | 5020 clear | 6031 clear |
|----------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| Max. Ausladung                   | 50,0 m    | 50,0 m    | 55,0 m     | 65,0 m     |
| Max. Tragfähigkeit               | 6.000 kg  | 6.000 kg  | 6.200 kg   | 8.500 kg   |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 1.000 kg  | 1.400 kg  | 1.500 kg   | 2.500 kg   |

Tabelle 3.10: Spektrum des Wolffkran-Angebots an Laufkatzenkräne *city* und *clear*<sup>51</sup>

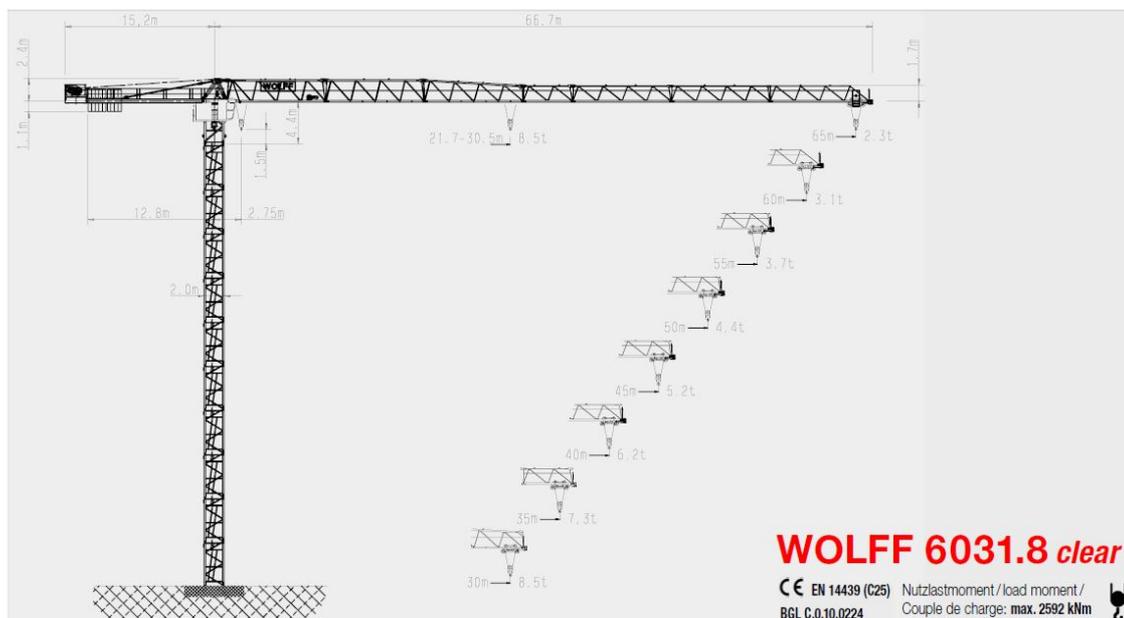


Abbildung 3.10: Biegebalkenauslegerkran Wolff 6031 *clear*<sup>52</sup>

Tabelle 3.11 vergleicht drei Laufkatzenauslegerkräne. Die maximale Tragfähigkeit ist bei allen gleich und beträgt 20 to, diese kann aber bei anderen Kränen der Baureihe größer sein (bis zu 50 to). Der Krantyp 6071 ist relativ kräftig mit einer Tragfähigkeit von 7,1 to bei 60 m Ausladung. Im Vergleich dazu haben die Krantypen 8033.20 und 9025 bei dieser Ausladung nur Tragfähigkeiten von 6,8 to und 6,0 to. Abbildung 3.11 zeigt den Wolffkran Kran 8033.20.

<sup>51</sup> Wolffkran: <http://wolffkran.at> – Laufkatzenkräne; 29.09.2015

<sup>52</sup> Wolffkran: Datenblatt 6031-clear; 2015; S. 1

|                                  | 6071      | 8033.20   | 9025      |
|----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Max. Ausladung                   | 60,0 m    | 80,0 m    | 90,0 m    |
| Max. Tragfähigkeit               | 20.000 kg | 20.000 kg | 20.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 7.100 kg  | 2.600 kg  | 2.500 kg  |

Tabelle 3.11: Spektrum des Wolffkran-Angebots an Laufkatzkranen<sup>53</sup>

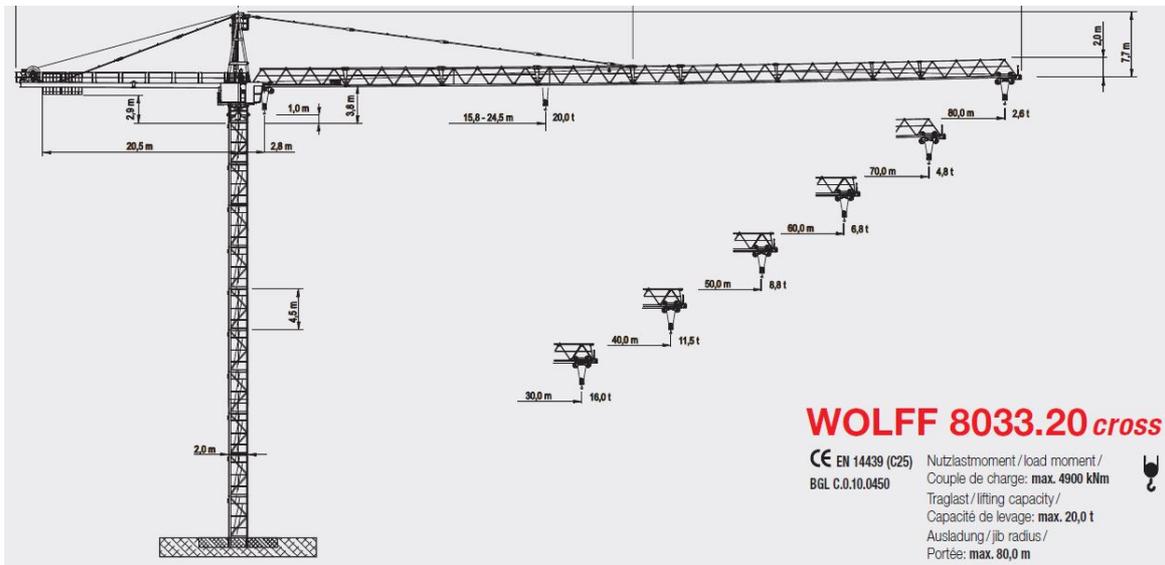


Abbildung 3.11: Laufkatzauslegerkran Wolff 8033.20<sup>54</sup>

### 3.2.2 Wippräne

Die Wippräne sind Nadelauslegerkrane. Charakteristisch bei dieser Baureihe sind die hohen Tragfähigkeiten. Tabelle 3.12 zeigt, dass der Wolffkran Kran 1250 B bis zu 11 to bei 85 m heben kann! Abbildung 3.12 stellt einen Wolffkran Kran 355 B dar.

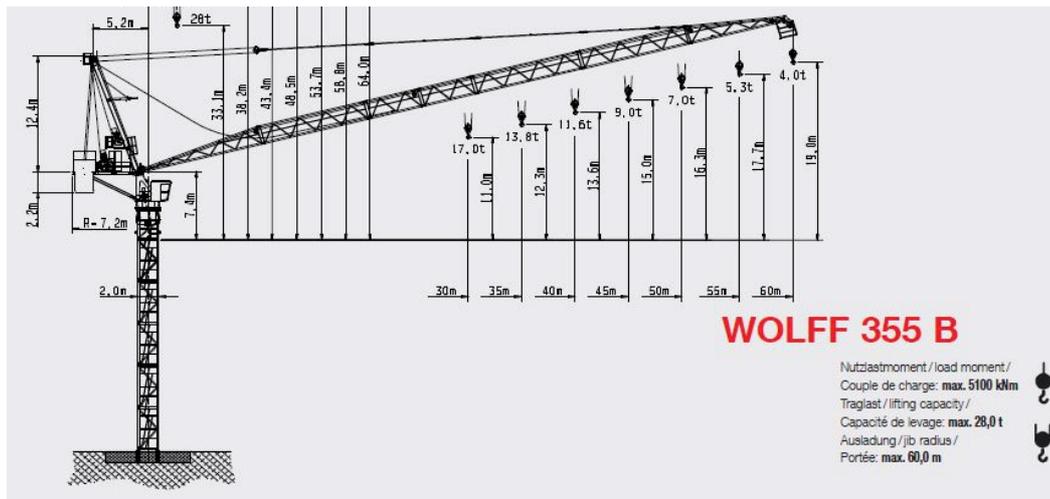
|                                  | 100 B    | 355 B     | 1250 B    |
|----------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Max. Ausladung                   | 45,0 m   | 60,0 m    | 85,0 m    |
| Max. Tragfähigkeit               | 6.000 kg | 28.000 kg | 60.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 2.000 kg | 4.000 kg  | 11.000 kg |

Tabelle 3.12: Spektrum des Wolffkran-Angebots an Wippränen<sup>55</sup>

<sup>53</sup> Wolffkran: <http://wolffkran.at> – Laufkatzkranen; 29.09.2015

<sup>54</sup> Wolffkran: Datenblatt 8033.20 cross; 2015; S. 1

<sup>55</sup> Wolffkran: <http://wolffkran.at> – Wippräne; 29.09.2015

Abbildung 3.12: Nadelauslegerkran Wolff 355 B<sup>56</sup>

### 3.3 Potain

Seit seiner Gründung im Jahr 1928 (Firmin Potain) ist Potain der Leader der Kranproduktion mit mehr als 100.000 Kränen weltweit. Potain baut drei wesentliche Kranfamilien: die Unten- und Obendreherkräne und die Kräne für spezielle Anwendungen<sup>57</sup>

#### 3.3.1 Untendreherkräne

In Tabelle 3.13 findet man die Igo Kräne. Sie sind Schnelleinsatzkräne mit klappbaren Türmen und Auslegern. Sie sind kleine Modelle für kleine Lasten und Ausladungen. Die Kräne Igo M und MA sind kleine Schnelleinsatzkräne mit klappbaren Türmen und Auslegern. Eine Achse mit Rädern ist direkt unter dem Unterwagen montiert, was die Montage, Demontage und den Transport vereinfacht. Abbildung 3.13 stellt den Krantyp Igo 22 (links) und Igo M 14 (rechts) dar.

|   | Igo 10   | Igo 22   | Igo 50   | Igo M 14 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| <b>Max. Ausladung</b>                   | 16,0 m   | 28,0 m   | 40,0 m   | 22,0 m   |
| <b>Max. Tragfähigkeit</b>               | 1.300 kg | 1.800 kg | 4.000 kg | 1.800 kg |
| <b>Tragfähigkeit bei max. Ausladung</b> | 0.650 kg | 0.850 kg | 1.100 kg | 0.600 kg |

**Tabelle 3.13: Spektrum des Potain-Angebots an Schnelleinsatzkräne der Baureihe Igo und Igo M<sup>58</sup>**

<sup>56</sup> Wolffkran: Datenblatt 355 B; 2015; S. 1

<sup>57</sup> Vgl Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> –Über Potain; 09.12.2015

<sup>58</sup> Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – Igo Self-Erecting Cranes – Igo M Self Erecting; 29.09.2015

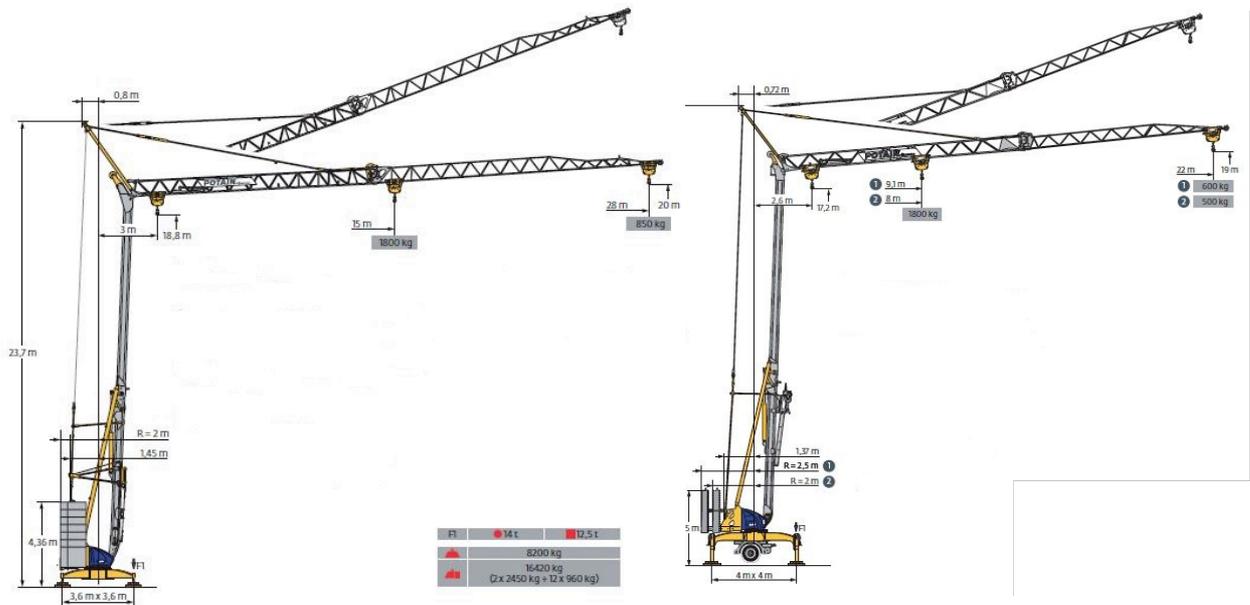


Abbildung 3.13: Potain Schnelleinsatzkran; links: Igo 22; rechts: Igo M 14<sup>59,60</sup>

Tabelle 3.14 vergleicht die Kräne der Baureihe Igo T und GTMR. Die Kräne des Typs Igo T sind größer als die Kräne Igo und Igo M. Sie besitzen bessere Tragfähigkeiten und größeren Ausladungen. Sie haben teleskopierbare Türme und klappbare Ausleger. Ihr einziger Unterschied zu den GTMR Kränen ist die Möglichkeit, dass die Ausleger dieser Kräne eine Ausweichstellung haben können. Abbildung 3.14 zeigt einen Potain Kran Igo GTMR 331 C (links) und einen Potain Kran Igo T 130 (rechts).

|   | Igo GTMR 331 C | Igo GTMR 386 B | Igo T 70 A | Igo T 130 |
|---|----------------|----------------|------------|-----------|
| <b>Max. Ausladung</b>                   | 35,0 m         | 50,0 m         | 40,0 m     | 50,0 m    |
| <b>Max. Tragfähigkeit</b>               | 4.000 kg       | 8.000 kg       | 4.000 kg   | 8.000 kg  |
| <b>Tragfähigkeit bei max. Ausladung</b> | 1.200 kg       | 1.500 kg       | 1.450 kg   | 1.400 kg  |

Tabelle 3.14: Spektrum des Potain-Angebots an Schnelleinsatzkräne der Baureihe Igo GTMR und Igo T<sup>61,62</sup>

<sup>59</sup> Manitowoc: Potain Igo 22 Data Sheet; 2013; S. 1

<sup>60</sup> Manitowoc: Potain: Igo M 14 Data Sheet; 2013; S. 1

<sup>61</sup> Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – Igo T Self Erecting; 29.09.2015

<sup>62</sup> Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

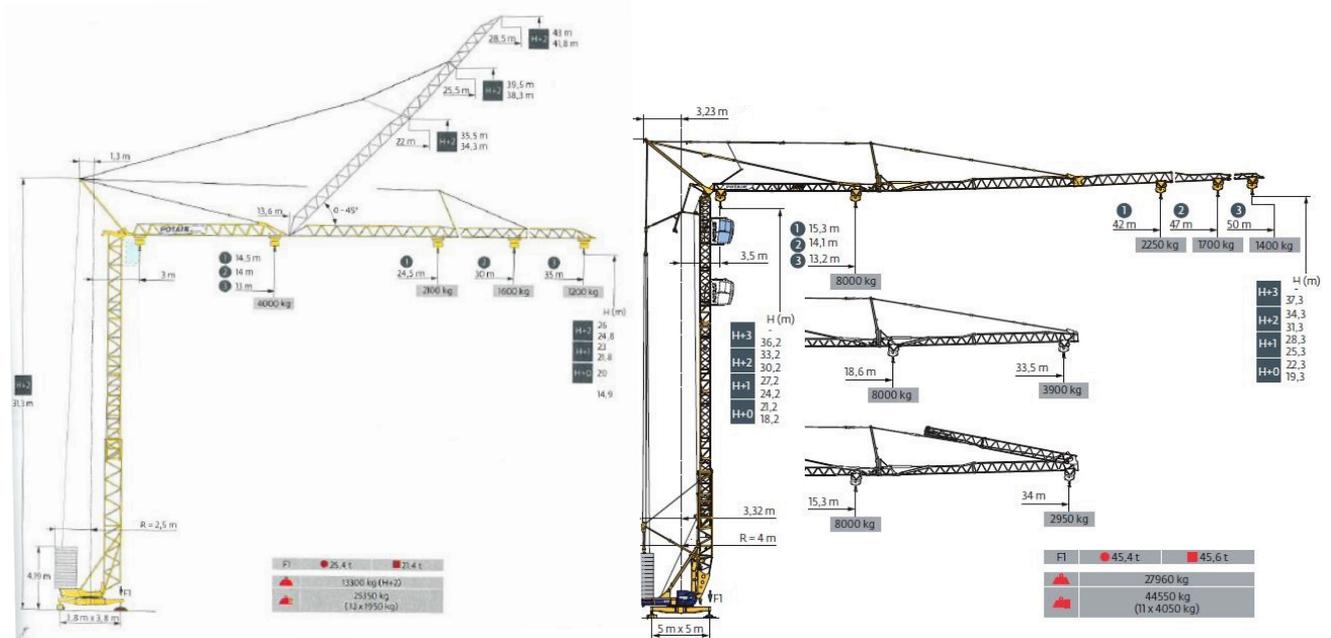


Abbildung 3.14: Potain Schnelleinsatzkran; links: GTMR 331 C; rechts: Igo T 130<sup>63,64</sup>

### 3.3.2 Obendreherkräne

In den Obendreherkränen befindet sich das Drehwerk oben im Turm. Sie sind mit Biegebalken-, Laufkatzen- oder Nadelauslegern ausgerüstet.

#### 3.3.2.1 Biegebalkenauslegerkräne

In Tabelle 3.15 sind die Kräne der Baureihe MCT miteinander verglichen. Sie sind mit Biegebalkenauslegern ausgerüstet. Sie sind kleine Kräne, heben kleine Lasten (maximum 2,5 bis 5 to) haben aber große Ausladungen (41 bis zu 52 m). Abbildung 3.15 stellt einen Potain Kran MCT 68 dar.

|                                  | MCT 50   | MCT 68   | MCT 88   |
|----------------------------------|----------|----------|----------|
| Max. Ausladung                   | 41,0 m   | 46,0 m   | 52,0 m   |
| Max. Tragfähigkeit               | 2.500 kg | 3.000 kg | 5.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 1.100 kg | 1.100 kg | 1.150 kg |

Tabelle 3.15: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe MCT<sup>65</sup>

<sup>63</sup> Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>64</sup> Manitowoc: Potain Igo T 130 Data Sheet; 2009; S. 1

<sup>65</sup> Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – MCT Tower Cranes; 29.09.2015

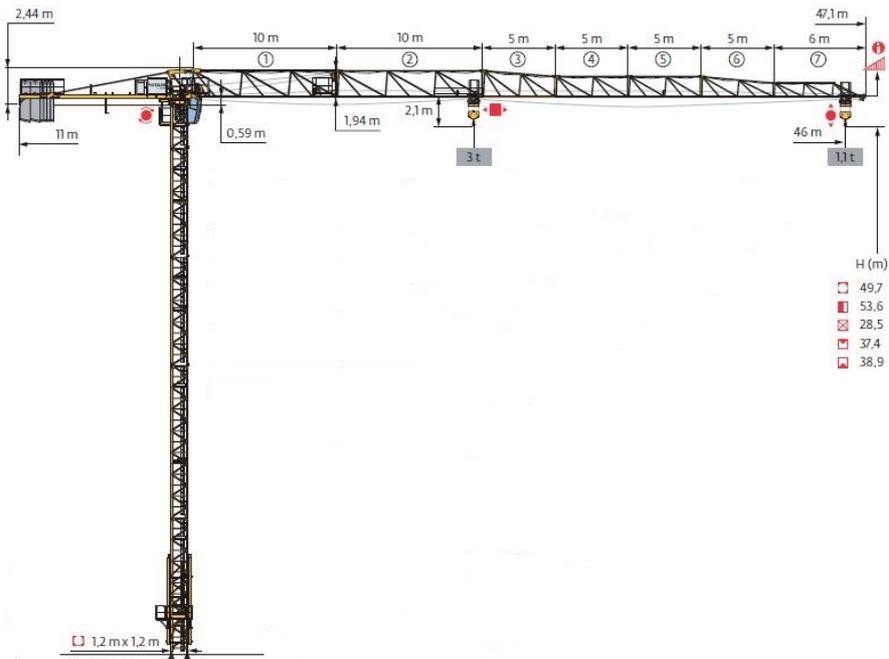


Abbildung 3.15: Potain Biegeauslegerkran MCT 68<sup>66</sup>

Tabelle 3.16 vergleicht die Kräne innerhalb der Baureihe MDT *City* miteinander: MDT 98 und MDT 218 A J10. Sie sind Biegebalkenauslegerkräne, sind aber größer bzw. stärker als die Kräne der Baureihe MCT. In Tabelle 3.16 kann man auch die neue MDT *City* „CCS“ Generation finden: MDT 109 und MDT 219 J10. Die Charakteristiken sind ähnlich. Die neue Generation hat kaum eine höhere Hubkraft. Der Unterschied liegt in anderen technischen Anwendungen: die neue MDT CCS haben bessere Laufkatzen, bessere technische Überwachungsmittel usw. Man sieht in Abbildung 3.16, dass ein MDT 98 (links) und ein MDT 109 (rechts) sehr ähnlich aussehen.<sup>67</sup>

|                                  | MDT 98   | MDT 218 A J10 | MDT 109  | MDT 219 J10 |
|----------------------------------|----------|---------------|----------|-------------|
| Max. Ausladung                   | 55,0 m   | 65,0 m        | 55,0 m   | 65,0 m      |
| Max. Tragfähigkeit               | 6.000 kg | 10.000 kg     | 6.000 kg | 10.000 kg   |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 1.200 kg | 1.850 kg      | 1.350 kg | 1.900 kg    |

Tabelle 3.16: Spektrum des Potain Angebots an Obendreherkräne der Baureihe MDT *city*<sup>68</sup>

<sup>66</sup> Manitowoc: Potain MCT 68 Data Sheet; 2007

<sup>67</sup> Vgl. Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – MDT City Tower Cranes – MDT CCS City Crane; 29.09.2015

<sup>68</sup> Vgl. Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – MDT City Tower Cranes – MDT CCS City Crane; 29.09.2015

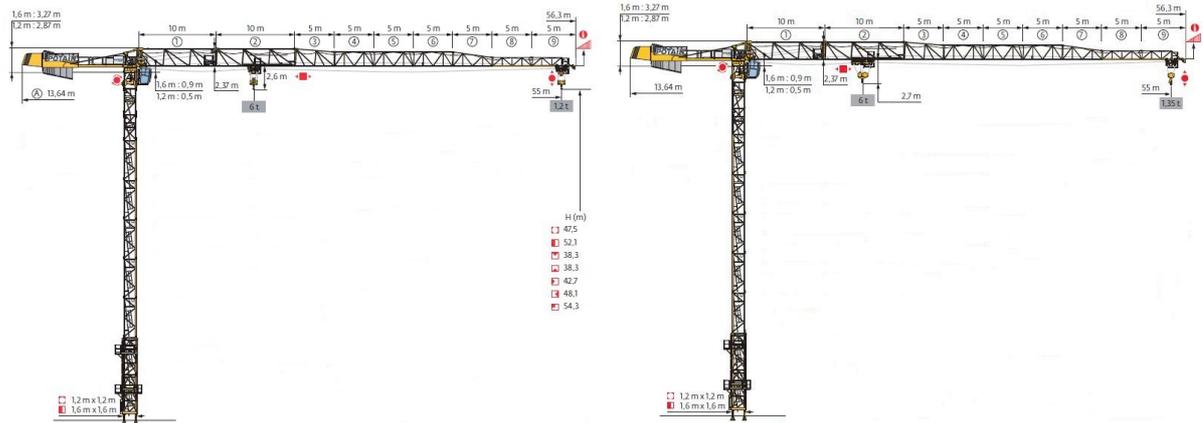


Abbildung 3.16: Potain Biegebalkenauslegerkran; links: MDT 98; rechts: MDT 109<sup>69,70</sup>

Tabelle 3.17 stellt die größten Potain Biegebalkenauslegerkräne dar. Die MDT Tower Cranes sind größer und stärker als ihre kleinen Brüder (Baureihe MCT und MDT city). Abbildung 3.17 zeigt einen Potain Kran MDT 268 A J12.

|                                  | MDT 248 J10 | MDT 268 A J12 | MDT 368 A L16 |
|----------------------------------|-------------|---------------|---------------|
| Max. Ausladung                   | 65,0 m      | 65,0 m        | 75,0 m        |
| Max. Tragfähigkeit               | 10.000 kg   | 12.000 kg     | 16.000 kg     |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 2.500 kg    | 2.900 kg      | 3.000 kg      |

Tabelle 3.17: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe MDT Tower<sup>71</sup>

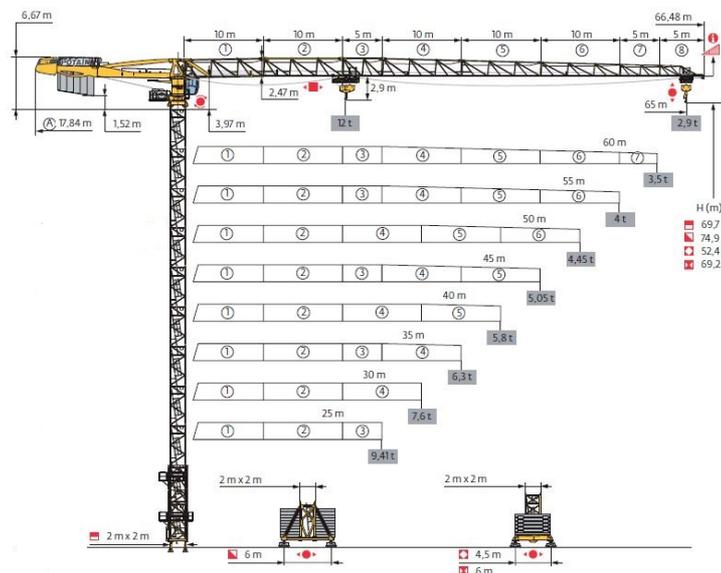


Abbildung 3.17: Potain Biegebalkenauslegerkran MDT 268 A J12<sup>72</sup>

<sup>69</sup> Manitowoc: Potain MDT 98 Data Sheet; 2004; S. 1

<sup>70</sup> Manitowoc: Potain MDT 109 Data Sheet; 2015; S. 1

<sup>71</sup> Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – MDT Tower Cranes; 29.09.2015

### 3.3.2.2 Laufkatzauslegerkräne

Mit Tragfähigkeiten von 16 bis 80 to sind die Laufkatzauslegerkräne die stärkeren Kräne des Kranspektrums. Tabelle 3.18 vergleicht die Kräne der Baureihe MD miteinander. Der größte Kran (MD 3200) kann bei der maximalen Ausladung noch 26 to heben! Die Ausladungen sind groß (70 bis 85 m). Abbildung 3.18 zeigt einen MD 310 C K16 und einen MD 1100.

|                                  | MD 310 C K16 | MD 610 M40 | MD 1100   | MD 3200   |
|----------------------------------|--------------|------------|-----------|-----------|
| Max. Ausladung                   | 70,0 m       | 80,0 m     | 80,0 m    | 85,0 m    |
| Max. Tragfähigkeit               | 16.000 kg    | 40.000 kg  | 50.000 kg | 80.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 2.850 kg     | 4.600 kg   | 10.600 kg | 26.000 kg |

Tabelle 3.18: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe MD Tower<sup>73</sup>

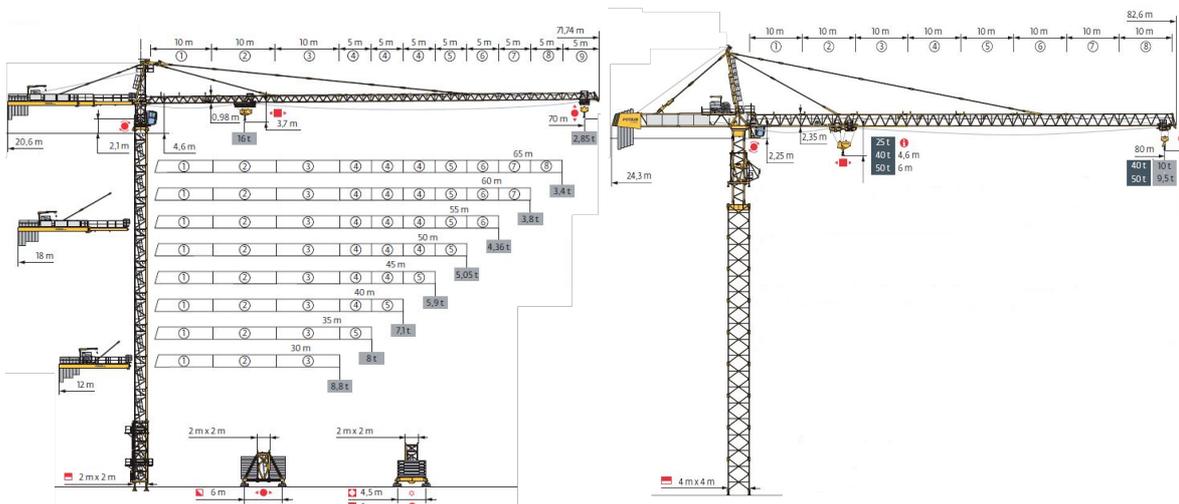


Abbildung 3.18: Potain Laufkatzauslegerkran; links: MD310 C K16; rechts: MD1100<sup>74,75</sup>

### 3.3.2.3 Nadelauslegerkräne

Tabelle 3.19 vergleicht die Modelle der Nadelauslegerkräne der Firma Potain. Abbildung 3.19 zeigt den Kran MR 225 A.

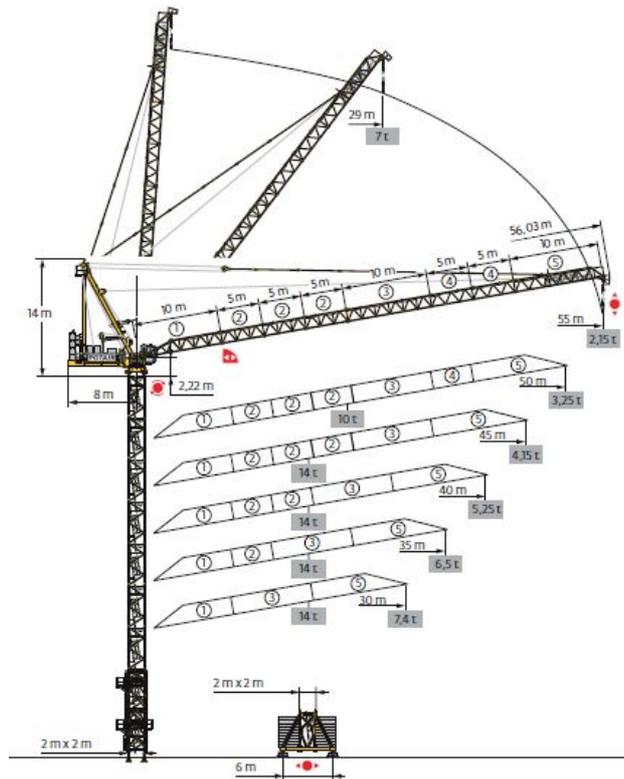
<sup>72</sup> Manitowoc: Potain MDT 268 A J12 Data Sheet; 2013; S. 1

<sup>73</sup> Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – MD Tower Cranes; 29.09.2015

<sup>74</sup> Manitowoc: Potain MD 310 C K16 Data Sheet; 2008; S. 1

<sup>75</sup> Manitowoc: Potain MD 1100 Data Sheet; 2006; S. 1

|                                  | MR 90 C  | MR 225 A  | MR 418    |
|----------------------------------|----------|-----------|-----------|
| Max. Ausladung                   | 45,0 m   | 55,0 m    | 60,0 m    |
| Max. Tragfähigkeit               | 8.000 kg | 14.000 kg | 24.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 1.600 kg | 2.150 kg  | 5.000 kg  |

Tabelle 3.19: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe MR Tower<sup>76</sup>Abbildung 3.19: Potain Nadelauslegerkran MR 225 A<sup>77</sup>

### 3.4 Terex

Terex ist ein bedeutender amerikanischer Hersteller von Baumaschinen und unter anderem Kränen. Diese Arbeit wird sich im Wesentlichen für ihre Mobilkräne interessieren.

#### 3.4.1 All-Terrain-Kräne

All-Terrain-Kräne sind Teleskopauslegerkräne, die auf einem LKW montiert sind. Mit Klappspitze, leichter oder schwerer starrer Verlängerung oder Wipp-Hilfsausleger sind diese Kräne vielfältig konfigurierbar. Teleskop- und Gitterauslegerstücke ergänzen sich, um für zahlreiche unterschiedliche Einsatzbereiche geeignet zu sein. Tabelle 3.20 zeigt das Spektrum der Leistungen dieser Kräne. Abbildung 3.20 beschreibt einen relativ klei-

<sup>76</sup> Manitowoc: <http://www.manitowoccranes.com> – MR Tower Cranes; 29.09.2015

<sup>77</sup> Manitowoc: Potain MR 225 A Data Sheet; 2006; S. 1

nen Kran und den größten Kran der Baureihe der All-Terrain-Kräne von Terex. Die Struktur des Krantyps AC 1000 ist erstaunlich. Die Kombination eines großen Teleskop-Hauptauslegers und einem mit ihm verbundenen Gitter-Wippausleger, gibt dem Kran eine sehr hohe Tragfähigkeit (siehe unten rechts).<sup>78</sup>

|                                  | AC 40-2L          | Explorer 5600       | AC 1000              |
|----------------------------------|-------------------|---------------------|----------------------|
| Max. Systemlänge                 | 45,4 m            | 95,0 m              | 163,30 m             |
| Max. Tragfähigkeit               | 40.000 kg         | 160.000 kg          | 1.200.000 kg         |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung | 550 kg bei 38,0 m | 1.400 kg bei 66,0 m | 2.700 kg bei 130,0 m |

Tabelle 3.20: Spektrum des Terex-Angebots an Mobilkräne (All-Terrain-Krane)<sup>79</sup>

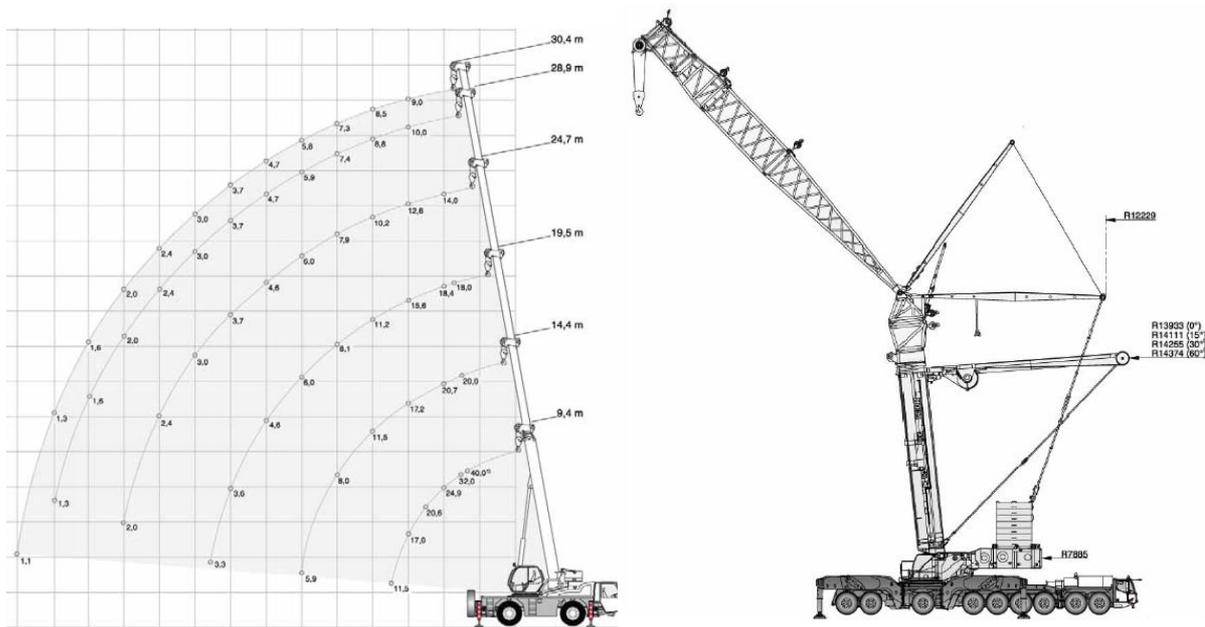


Abbildung 3.20: Terex Mobilkräne; links: AC 40/2(L); rechts: AC 1000<sup>80,81</sup>

### 3.4.2 Rough-Terrain-Kräne

Rough-Terrain-Kräne von Terex verfügen über drei Lenkmodi, eine kompakte sowie robuste Bauweise und eine Teleskopierfunktion des Auslegers unter Last. Tabelle 3.21 zeigt das Spektrum des Terex-Angebots für diese Kräne. Man kann im Wesentlichen die gute Fahrgeschwindigkeit dieser Geräte unter Last bemerken. Abbildung 3.21 (links) zeigt mit dem Terex-Kran RT 230, dass die Rough-Terrain-Kräne auch mit Abstützungen herge-

<sup>78</sup> Vgl. Terex: All-Terrain-Krane; 2015

<sup>79</sup> Terex: All-Terrain-Krane; 2015

<sup>80</sup> Terex: AC 40/2(L); 2012; S. 6

<sup>81</sup> Terex: AC 1000; 2013; S. 7

stellt werden können. Dies ermöglicht höhere Traglasten. Im Vergleich zu den Mobilkränen anderer Hersteller sind die Auslegerlängen jedoch kleiner.<sup>82</sup>

|                                    | RT 230    | Quadstar 1065 | RT 130     |
|------------------------------------|-----------|---------------|------------|
| Max. Systemlänge                   | 30,2 m    | 35,0 m        | 50,0 m     |
| Max. Ausladung                     | 38,6 m    | 43,0 m        | 44,0 m     |
| Max. Tragfähigkeit                 | 27.200 kg | 65.000 kg     | 118.000 kg |
| Tragfähigkeit bei max. Ausladung   | 400 kg    | 200 kg        | 900 kg     |
| Max. Fahrgeschwindigkeit unterlast | 4,0 km/h  | 2,0 km/h      | 4,0 km/h   |

Tabelle 3.21: Spektrum des Terex-Angebots an Mobilkräne (Rough-Terrain-Krane)<sup>83</sup>



Abbildung 3.21: Terex Mobilkräne; links: RT 230; rechts: RT 130<sup>84,85</sup>

### 3.4.3 Raupenkräne

Mit Teleskop- oder Gittermasten sind die Raupenkräne von Terex für die Montage oder Demontage von Turmdrehkränen gut geeignet. Sie können schwere Lasten heben und damit fahren. In Tabelle 3.22 sind einige Beispiele dafür präsentiert. Die Vielfalt an Mastarten erschwert den Vergleich. Abbildung 3.22 zeigt zwei Raupenkranarten, die von der Firma Terex angeboten werden. Rechts kann man den größten Kran der Firma, den Typ CC 8800-1 TWIN, sehen. Er hat zwei Gittermaste und einen Zusatzballast, der am hinteren Teil befestigt ist. Mit dieser Ausrüstung kann er extrem schwere Lasten bis zu 3.200 to heben! Bei maximaler Ausladung kann er noch bis zu 123 to heben! Die Zwei-Mast Kon-

<sup>82</sup> Vgl. Terex: Rough-Terrain-Krane; 2015

<sup>83</sup> Terex: Rough-Terrain-Krane; 2015

<sup>84</sup> Terex: RT 230; 2013; S. 1

<sup>85</sup> Terex: RT 130; 2015; S. 1

struktur ermöglicht weniger Auslegerkombinationen, als eine gewöhnliche Ein-Mast Konstruktion. Deswegen ist die maximale Ausladung relativ klein mit bis zu 129 m.

|                                    | CC 2400-1 | CC 6800  | CC 8800-1 TWIN |
|------------------------------------|-----------|----------|----------------|
| Max. Rollenhöhe                    | 168,0 m   | 204,0 m  | 234,0 m        |
| Max. Ausladung                     | 142,0 m   | 170,0 m  | 129,0 m        |
| Max. Traglast                      | 400 to    | 991 to   | 3.200 to       |
| Traglast bei max. Ausladung        | 5.500 kg  | 5.400 kg | 123.000 kg     |
| Max. Fahrgeschwindigkeit unterlast | 2,0 km/h  | 1,1 km/h | 0,8 km/h       |

Tabelle 3.22: Spektrum des Terex-Angebots an Raupenkranen<sup>86</sup>



Abbildung 3.22: Terex Raupenkran; links: CC 2400-1; rechts: CC 8800-1 TWIN<sup>87,88</sup>

<sup>86</sup> Terex: Gittermast-Raupenkrane; 2015

<sup>87</sup> Terex: CC 2400-1; 2013; S. 1

<sup>88</sup> Terex: CC 8800-1 TWIN; 2010; S. 1

## 4 Kraneinsatzplanung von Mobilkränen

Die Kraneinsatzplanung ist ein komplexer Prozess, der die Betrachtung von vielen Faktoren erfordert und der die Auswahl des richtigen, optimalen Krans für eine Baustelle ermöglichen soll.

Mobilkräne haben eine Bewegungseinrichtung, die es ihnen ermöglicht, sich selbstständig fortzubewegen. Dazu zählen die Raupenkräne, die Fahrzeugkräne und die Mobilbaukräne. Sie können sich schnell und einfach bewegen. Dank dieser Eigenschaft haben sie einen bestimmten Anwendungsbereich im Rahmen der Bauarbeiten. Sie werden oft für Montage- und Demontearbeiten benutzt.<sup>89</sup>

### 4.1 Raupenkräne

Raupenkräne sind von großem Vorteil, da sie Lasten bis zu mehreren hundert Tonnen anheben und mit dieser Last am Haken auf der Baustelle fahren können. Durch die Vielfalt an Raupenkranauslegerkombinationen sind Raupenkräne relativ anpassungsfähig. Im Vergleich zu den Kränen mit Reifenfahrwerk haben die Raupenkräne einen geringen Platzbedarf, kleinere Kurvenradien und eine bessere Mobilität auf der Baustelle. Sie verteilen die Last auf den Baugrund besser, was ein entscheidender Vorteil ist. Allerdings ist die Fahrt auf den öffentlichen Straßen nicht möglich. Dies erschwert einen problemlosen schnellen Wechsel zum nächsten Einsatzort.<sup>90,91</sup>

Für den Transport müssen sie in transportgerechte Teile zerlegt und am neuen Einsatzort wieder zusammengebaut werden. Auch ein gelegentlicher Wechsel des Arbeitsfeldes auf ein und derselben Baustelle und ein damit verbundenes wiederholtes Ab- und Aufbauen ist nicht auszuschließen. Raupenkräne sind sehr gut für Schwermontagen aller Art geeignet. Die technischen Parameter der schwersten Raupenkräne übertreffen in der Regel die der vergleichbaren Fahrzeug- bzw. Mobilbaukräne.<sup>92</sup>

Der Untergrund muss überprüft werden: jede Baustraße über welche der Kran fahren soll und jeder Standort, müssen tragfähig sein und gegebenenfalls stabilisiert werden.

---

<sup>89</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 73

<sup>90</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 43

<sup>91</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 202

<sup>92</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 203-204

### 4.1.1 Montage

Für kleine Geräte kann die Montage noch selbstständig erfolgen. Abbildung 4.1 zeigt die Montage eines Liebherr Raupenkrans vom Typ LR 1200.

Nach dem Transport, noch auf dem LKW, werden seine Abstützungen ausgefahren. Nach Abfahrt des LKWs kann der Kran sich von alleine aufstellen. Mit seinem eigenen Haken kann der Kran die verschiedenen Elemente entladen und montieren. Dadurch haben solche Kräne denselben Vorteil, wie die Untendreher. Für die Montage werden keine zusätzlichen Geräte benötigt.

Für größere Kräne ist es schwieriger, diese Eigenschaften beizubehalten und dann ist ein zusätzlicher Kran notwendig. Der Transport soll auf jeden Fall gut geplant sein, damit die verschiedenen Elemente in der richtigen Reihenfolge und zur richtigen Zeit auf die Baustelle kommen. Die großen Raupenfahrwerke bilden die Basis für eine hohe Standsicherheit des Krans. Der Zentralballast besteht aus Stahlplatten in Größen von je 5 bis 10 to. Für die Montage und wenn große Lasten zu heben sind, stützt sich der Kran auf hydraulischen Abstützungen zusätzlich ab.<sup>93</sup>

### 4.1.2 Auslegersystem

Das Auslegersystem besteht aus vielen Gittermast- oder Teleskopstücken, die auf verschiedene Art und Weise kombiniert werden können. Abbildung 4.2 zeigt diese Möglichkeiten für einen Liebherr Kran LR 1200. Von links nach rechts kann man folgende Variationen sehen: der Hauptausleger, der Leichtausleger, der Hauptausleger mit einem verstellbaren Nadelausleger und der Hauptausleger mit einem feststehenden Nadelausleger.

Es gibt natürlich verschiedene Hauptauslegerlängen. Der Hersteller gibt für jede Auslegerform die Traglasttabelle und –kurve an, siehe Anhang A. Der Radius, der in diesen Tabellen erwähnt ist, ist der horizontale Abstand zwischen der Kranachse und der Last. Für jede verfügbare Hauptauslegerlänge sind die maximalen Traglasten abhängig von der Ausladung angegeben. Wenn die zwei Teile des Auslegers sich bewegen können, dann sind solche Tabellen für mehrere ausgewählten Steilstellungen des Hauptauslegers angegeben.

---

<sup>93</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 80-81

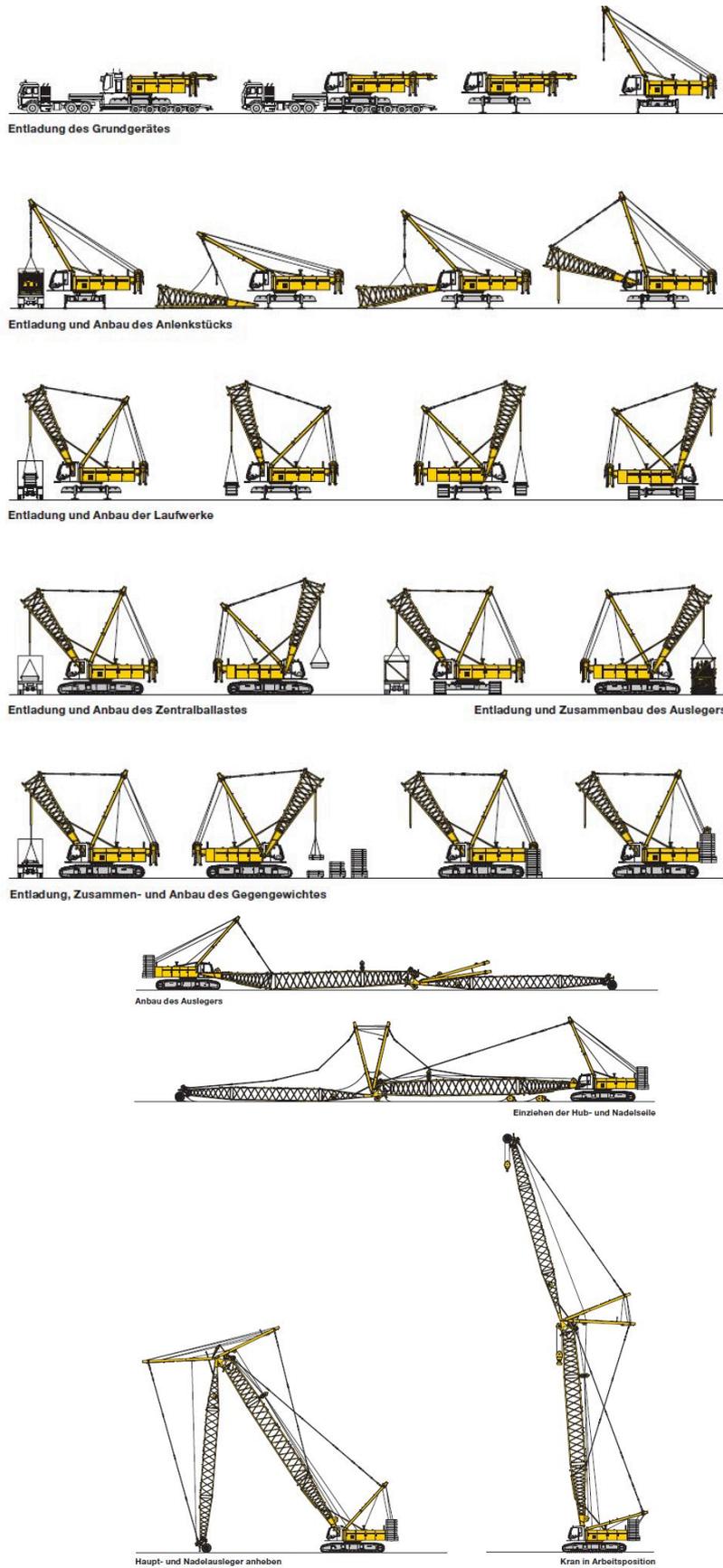


Abbildung 4.1: Montage eines Liebherr LR 1200 Kran<sup>94</sup>

<sup>94</sup> Liebherr: Datenblatt LR 1200; 2013; S. 8-9

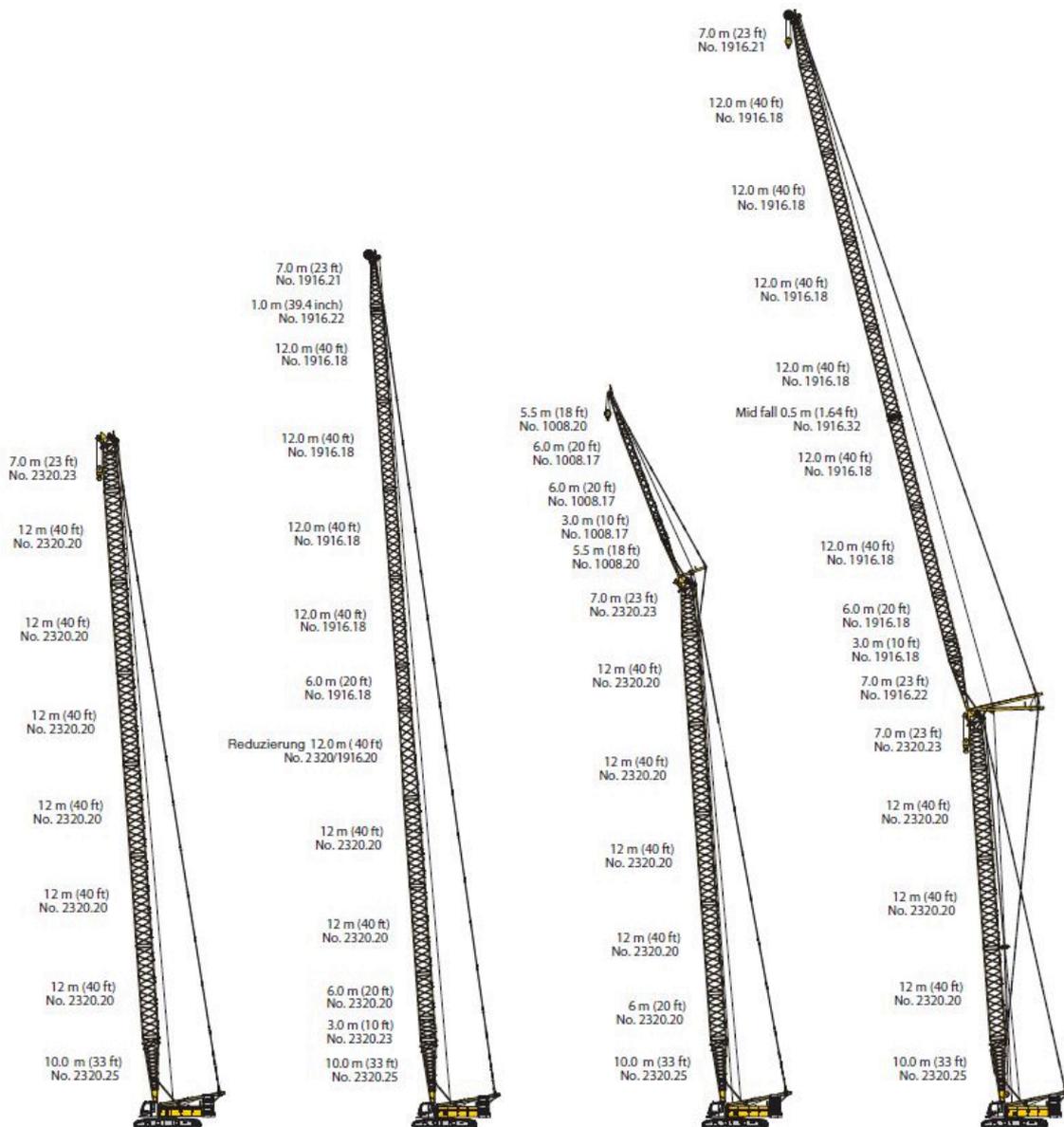


Abbildung 4.2: Auslegervarianten eines Gittermastausleger-raupenkrans<sup>95</sup>

Für die Konstruktion eines Teleskopauslegers gibt es im Vergleich zu Gittermastausleger noch viel mehr Möglichkeiten, die z.B. in Abbildung 4.3 für einen Liebherr Kran LTR 11200 dargestellt sind. Es gibt verschiedene Mastelemente (mit Farben gekennzeichnet). Verschiedene Auslegerausführungen erfolgen aus der Kombination dieser Mastelemente verschiedener Längen und Funktionen.

<sup>95</sup> Liebherr: Datenblatt LR 1200; 2013; S. 7



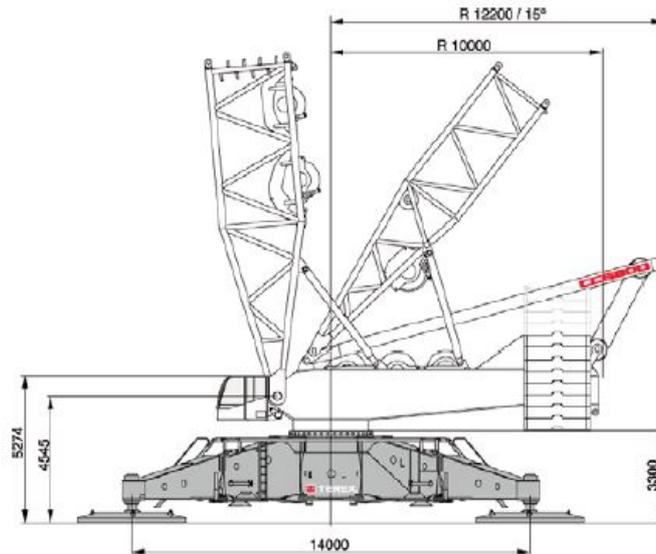
Abbildung 4.3: Auslegervarianten eines Teleskophauptausleger-Raupenkran<sup>96</sup>

Auch hier werden von dem Hersteller die Traglasttabellen und -kurven für jede mögliche Konfiguration der verschiedenen Ausleger angegeben, siehe Anhang A.

#### 4.1.3 Sonderausführungen

Um die Tragfähigkeit des Krans zu erhöhen, sind noch andere Lösungen möglich. Abbildung 4.4 zeigt den Terex Raupenkran CC 6800, der eine stationäre Ausführung haben kann. Mit vier Abstützungen, die meist ein Quadrat bilden – dessen Abmessungen größer als die Länge der Raupen sind – hat der Kran eine größere Standsicherheit als mit alleinigem Raupenfahrwerk.

<sup>96</sup> Liebherr: Datenblatt LTR 11200; 2012; S. 18-20



**Abbildung 4.4: Stationäre Ausführung eines Raupenkrans<sup>97</sup>**

Noch eine Lösung für eine bessere Standsicherheit des Krans ist ein zusätzlicher Ballast, siehe Abbildung 4.5. Die Hersteller bezeichnen derartige Einrichtungen mit firmeneigenen Namen, wie Superlift, Maxilift, Sky-Horse usw. Der Grundgedanke besteht darin, mit der Hilfe dieser rückseitigen Ergänzungsmasse dem Kippmoment entgegen zu wirken um ihre größere Belastungsfähigkeit in senkrechter Richtung ausnutzen zu können.<sup>98</sup> Scheffler erklärt mit Abbildung 4.6 das Funktionieren des Systems folgendermaßen:

*„Im Systemaufbau entlastet ein Derrickausleger (4) zunächst den Hauptausleger (1) dadurch, dass der Hebelarm der Zugkräfte in den Nackenseilen (2) vergrößert wird. Über ihn wird auch die Gewichtskraft des Zusatzgewichts (7) in das Auslegersystem eingeleitet. Die Größe dieser Schwebemasse wird so auf die der Hubmasse abgestimmt, dass der gewünschte Momentenausgleich an der Drehverbindung gewährleistet wird. Nach dem Anheben der Hubmasse wird die Ausladung des Hauptauslegers vorsichtig vergrößert, bis sich das Zusatzgewicht vom Boden abhebt. Erst dann darf der Kranoberwagen gedreht werden. Ein Führungsträger (6) verhindert unerwünschte Pendelbewegungen der großen Masse (7).“<sup>99</sup>*

Der Gegenballast kann auch hinter dem Kranunterteil befestigt werden ohne die Kranmobilität einzuschränken und mit dem Kran fahren, siehe Abbildung 4.5.

<sup>97</sup> Terex: CC 6800; 2015; S. 7

<sup>98</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 186

<sup>99</sup> Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 186

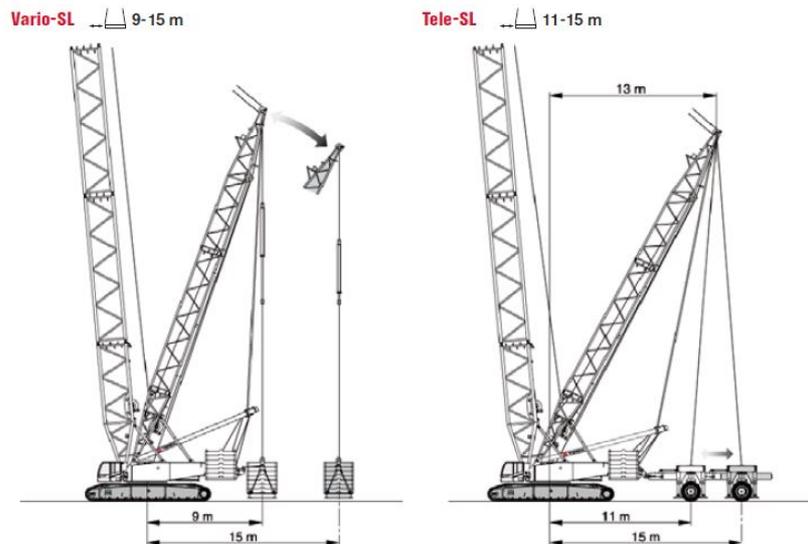


Abbildung 4.5: Ausführungen von Raupenkränen mit Zusatzballasten<sup>100</sup>

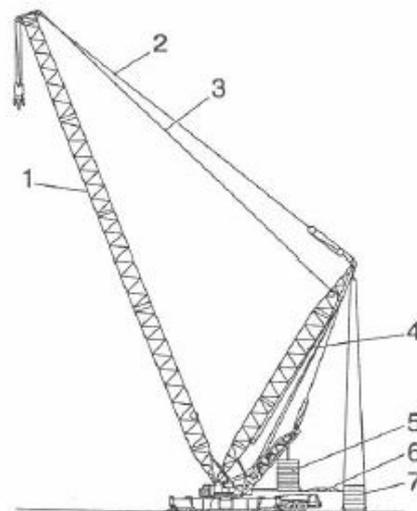


Abbildung 4.6: Superliftausrüstung eines Gittermastauslegerkrans<sup>101</sup>

## 4.2 Fahrzeugkräne

Kräne mit Teleskopausleger werden sehr häufig für Montage- und Demontearbeiten verwendet. Sie stützen sich auf hydraulischen Abstützungen ab und besitzen einen Teleskop-Nadelausleger, der auf einem LKW montiert ist. Diese Kräne können auf 2-Achs- bis 8-Achsfahrgestellen aufgebaut sein, die für den Straßenverkehr geeignet und zugelassen sind. Der Hersteller muss durch eine geschickte Anordnung der Baugruppen und eine

<sup>100</sup> Terex: CC 2400-1; 2013; S. 8

<sup>101</sup> Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 187

ausgewogene Verteilung des Ballasts auf den Unter- und Oberwagen dafür sorgen, dass die gesamte Gewichtskraft des Krans gleichmäßig auf alle Achsen wirkt.<sup>102,103</sup>

Es gibt verschiedene Varianten für die Transportmittel. Einige Beispiele sind in Abbildung 4.7 beschrieben. Diese müssen an den Kran angepasst werden. Wenn der Schwerpunkt die Platzersparung sein soll, kann man einen speziell „zusammengepressten“ Kran entwickeln (oben links in Abbildung 4.7).

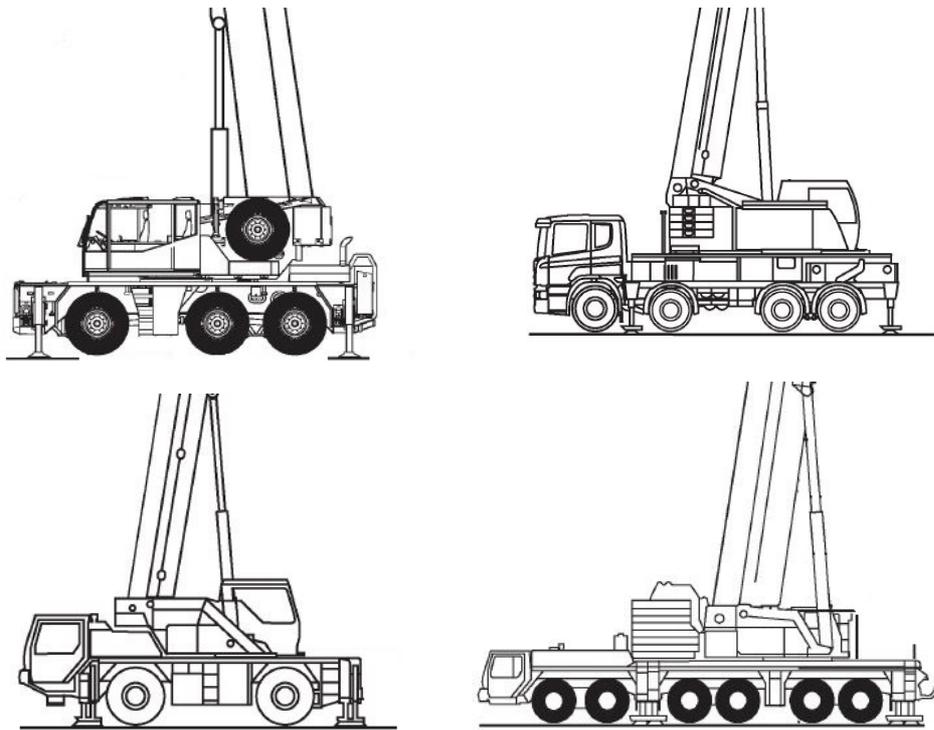


Abbildung 4.7: Verschiedene Fahrzeugkrantypen<sup>104,105,106,107</sup>

#### 4.2.1 Logistik

Auch wenn die Verwendung von Fahrzeugkränen relativ einfach ist, ist doch der Mensch für die Montage unverzichtbar. Als Fahrzeuge müssen die Kräne die Vorschriften für den Straßenverkehr erfüllen, um einsetzbar zu sein.

<sup>102</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 73

<sup>103</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 179

<sup>104</sup> Prangl: PFK 45 Fahrzeugkrane; 2015; S. 2

<sup>105</sup> Prangl: PSK 55 Spezialkrane; 2015; S. 2

<sup>106</sup> Prangl: PTK 35 Teleskopkrane; 2015; S. 2

<sup>107</sup> Prangl: PTK 300 Teleskopkrane; 2015; S. 2

#### 4.2.1.1 Transport

In der Anfangsphase der Fahrzeugkranentwicklung wurden die Transportmittel, auch als Unterbau für den Kran auf der Baustelle selbst benutzt. Jedoch waren diese Teile nicht für die zusätzlichen Belastungen eines Krans ausgelegt und geeignet. Es ergaben sich erhebliche Einschränkungen hinsichtlich Tragfähigkeit und Ausladung. So führt Scheffler bezüglich den neuen Fahrzeugen an:<sup>108</sup>

*„Heute sind diese Unterwagen nahezu immer Sonderkonstruktionen, in die lediglich aus wirtschaftlichen Gründen möglichst viele, in Großserien hergestellte Baugruppen von Verkehrsmitteln einbezogen sind.“*

Fahrzeugkräne und Mobilbaukräne müssen, um für öffentliche oder nichtöffentliche Verkehrswege verkehrstauglich zu sein, die Zulassungs- bzw. Bauvorschriften sowie Betriebsvorschriften für die Verkehrswege erfüllen. Wegen der einzuhaltenden öffentlichen Vorschriften betreffend der Abmessungen, Eigenmassen usw. müssen die Hersteller die Werkstoffe optimalst ausnutzen und die verschiedenen Kranteile sinnvoll anordnen und dimensionieren. Auf diese Weise wird die Gesamtmasse reduziert und die technischen Parameter an die meist unterschiedlichen internationalen Bestimmungen angepasst. Abbildung 4.8 zeigt einen Teleskopkran im Transportzustand.<sup>109</sup>

Während des Straßentransports kann das Sichtfeld des Fahrzeugführers eingeschränkt sein. Zum Beispiel wegen der Größe des Krans oder wegen eines seitlich angeordneten Fahrerhauses. Eine Fahrzeugbegleitung wird in solchen Sonderfällen vorgeschrieben.<sup>110</sup>

Die Auslegung des Verkehrsmittels ist sehr kompliziert. Es gibt weltweit mehr als hundert unterschiedliche Vorschriften für die Abmessungen, Achslasten, Gesamtmassen, Wenderadien, Motorleistungen usw. von Straßenverkehrsmitteln. Beispielsweise haben die U.S.A. unterschiedliche Regelungen innerhalb der verschiedenen Staaten. Dies zwingt die Hersteller dazu, Geräte zu entwickeln, die an die meisten Vorschriften angepasst werden können.<sup>111</sup>

---

<sup>108</sup> Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 170

<sup>109</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 170

<sup>110</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 180

<sup>111</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 180

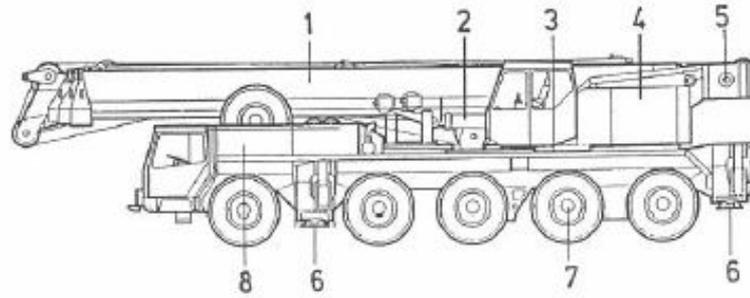


Bild 2-273 Triebwerke eines Teleskopauslegerkrans

|                          |                             |
|--------------------------|-----------------------------|
| 1 Teleskopiereinrichtung | 5 Hubwerk                   |
| 2 Wippzylinder           | 6 Abstützung                |
| 3 Drehwerk               | 7 Achsfederung und -lenkung |
| 4 Kranmotor              | 8 Fahrmotor                 |

Abbildung 4.8: Fahrzeugkran im Transportzustand<sup>112</sup>

#### 4.2.1.2 Montage und Standort

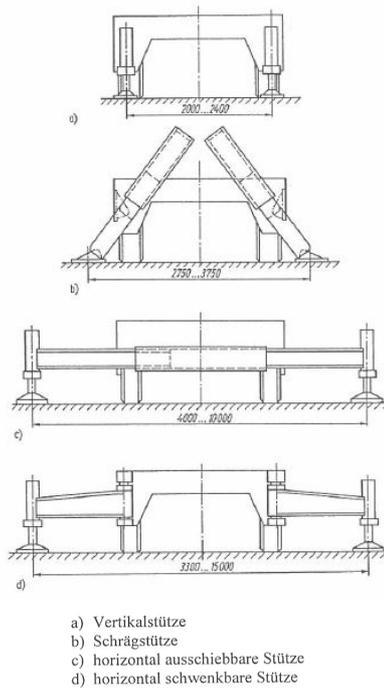
Für die Mehrheit der Mobilkräne sind keine Monteure für die Montage notwendig. Durch einen voll automatisierten Prozess kann der Kranfahrer alleine die Aufstellung durchführen. Dabei ist er nur mehr für kleine Arbeiten verantwortlich (Abstützungen aufstellen usw.).

Der Untergrund des Standorts ist im Vorfeld zu prüfen. Alle Kräne sind für den Transport und den Einsatz auf öffentlichen Fahrbahnen ausgelegt. Im Gegensatz dazu, sind die Nebenfahrbahnen (Gehsteig usw.) nicht dafür ausgelegt. Fahrzeug- bzw. Mobilbaukräne werden oft auf einer Straße bzw. Baustraße montiert. Solche Kräne brauchen vor allem viel Platz für die Abstützungen. Abhängig von der Krangröße muss der Anfahrtsweg gut geplant sein, um Fahrbahnverengungen, Tunnel, zu instabile bzw. zu kleine Straßen oder Brücken zu vermeiden und die Zufahrt zu der Baustelle zu gewährleisten.

Abstützungen vergrößern die Standfläche eines Mobilkrans erheblich. Aber nur im abgestützten Zustand lassen sich die meist benötigten großen Tragfähigkeiten ausnutzen. Während der Straßenfahrt müssen diese Abstützvorrichtungen eingezogen oder demontiert werden. Einige mögliche Ausführungen sind in Abbildung 4.9 zusammengestellt. Die Abstützbreite und der Zeitaufwand für die Erstellung nehmen beginnend von a) bis d) zu.<sup>113</sup>

<sup>112</sup> Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 170

<sup>113</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 184



**Abbildung 4.9: Abstützung von Fahrzeugkränen<sup>114</sup>**

Trotz des benötigten Platzbedarfs hat die Abstützform c) wegen der möglichen Anpassung an die Fahrwerkskonstruktion und der relativ großen Stützbreite die größte Bedeutung erlangt.<sup>115</sup>

Die Montage besteht auch aus der Auslegervorbereitung. Wenn die Baustelle einen komplexen Ausleger braucht, müssen die Monteure die verschiedenen Teile auf dem Boden montieren und danach am Hauptausleger fixieren. Für den Einsatz eines großen Mobilkrans mit einem langen und komplexen Ausleger ist ein großer Platzbedarf vorzusehen.

#### 4.2.2 Auslegersystem

Der Teleskopausleger ist kastenförmig mit ineinanderliegenden, ausziehbaren Teleskopschüssen. Während der Straßenfahrt bleibt er im eingefahrenen abgelegten Zustand auf dem Unterwagen.<sup>116</sup>

Je nach Auslegerlänge bestehen diese aus bis zu sieben Teilstücken und sind meist unter Last verstellbar.<sup>117</sup> Der Teleskopausleger kann entweder mit zusätzlichen Gittermaststü-

<sup>114</sup> Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 186

<sup>115</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 184

<sup>116</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 178

<sup>117</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 76

cken ergänzt werden (Spitzenausleger) oder er kann die Last mit dem Haken am Ende des Teleskopteils heben. Abbildung 4.10 zeigt diese Ausführungen. Die Spitzenausleger können verschiedene Größen und Neigungen haben. z.B. kann ein Terex-Kran AC 700 aus acht Auslegerausrüstungen mit verschiedenen Teleskop- und Gitterstückgrößen bestehen. Die steife Spitze kann in ihrer Neigung zum Teleskopausleger unterschiedlich sein, kann aber im Betrieb nicht umgestellt werden. Die wippbare Spitze kann dank einem Seiltrieb unterschiedliche Neigungen zum Hauptausleger haben (WIHI und WHISSL in Abbildung 4.10). Dieser kann auf jeden Fall selbst variabel einen Winkel zur Horizontalen einnehmen. Wenn das Gittermaststück nach vorne gestellt wird, verliert man an Hakenhöhe aber man gewinnt an Ausladung.<sup>118</sup>

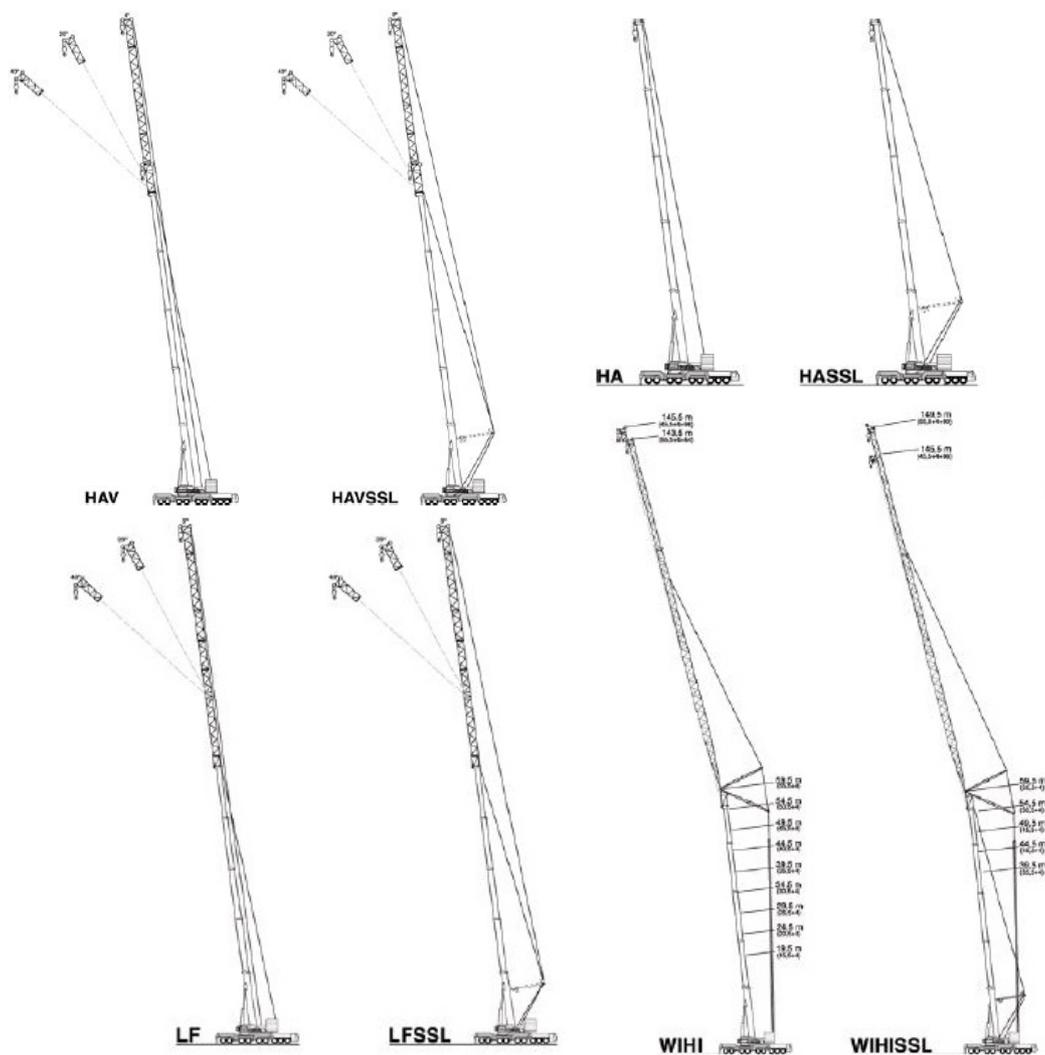


Abbildung 4.10: Auslegerarten eines Fahrzeugkrans<sup>119</sup>

<sup>118</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 193

<sup>119</sup> Terex: AC 700; 2015; S. 12-13

Einen reinen Gittermastauslegermobilkran gibt es heutzutage fast nicht mehr. Sie wurden seit etwa 1960 in ihrer Bedeutung und Verbreitung vom Teleskopauslegerkran immer mehr zurückgedrängt. Wenn eine über die Grundlänge hinausreichende Auslegerlänge gebraucht wird, ist der Ausleger vor Antritt der Straßenfahrt zu zerlegen, getrennt zu transportieren und am Einsatzort wieder zu montieren.<sup>120</sup>

Als Ballast werden Stahlplatten verwendet. Bei kleinen Kränen wird der Ballast meist mitgeführt, wenn die zulässigen Achslasten nicht überschritten werden. Ab ca. 50 t Traglast führt der Kran nur noch einen Teil des Ballastes mit. Wegen des Gewichts und des Platzbedarfs ist dann der Zusatzballast separat zu transportieren, dieser wird vom Mobilkran abgeladen und montiert, sodass kein zusätzlicher Hilfskran notwendig wird.<sup>121</sup>

### **4.2.3 Mobilbaukräne**

Die Mobilbaukräne sind Untendreher, die auf einem LKW montiert sind. Im Vergleich zu starren Untendrehern oder Obendrehern brauchen diese, wegen des LKWs, viel mehr Platz. Ihre Schnelleinsatzfähigkeit und Mobilität sind von großem Vorteil. Für kurzzeitige Arbeiten sind sie von großer Bedeutung. Der Kran kann ohne Monteur eingesetzt werden und stellt sich automatisch auf. Wie die Fahrzeugkräne sind sie für den Straßenverkehr geeignet.

## **4.3 Mobilkräne im Vergleich**

Der Hauptunterschied zwischen den Raupenkränen und den Rest der Mobilkräne ist der Folgende. Die Raupenkräne sind so dimensioniert, dass sie meist mit einer Last fahren können, während die anderen Kräne im Einsatz meist auf Abstützungen stehen müssen. Trotzdem soll die Baustelle relativ großflächig sein, um die Fahrten des Raupenkrans zu erlauben. Raupenkräne verteilen besser die Last auf den Untergrund als Fahrzeugkräne.

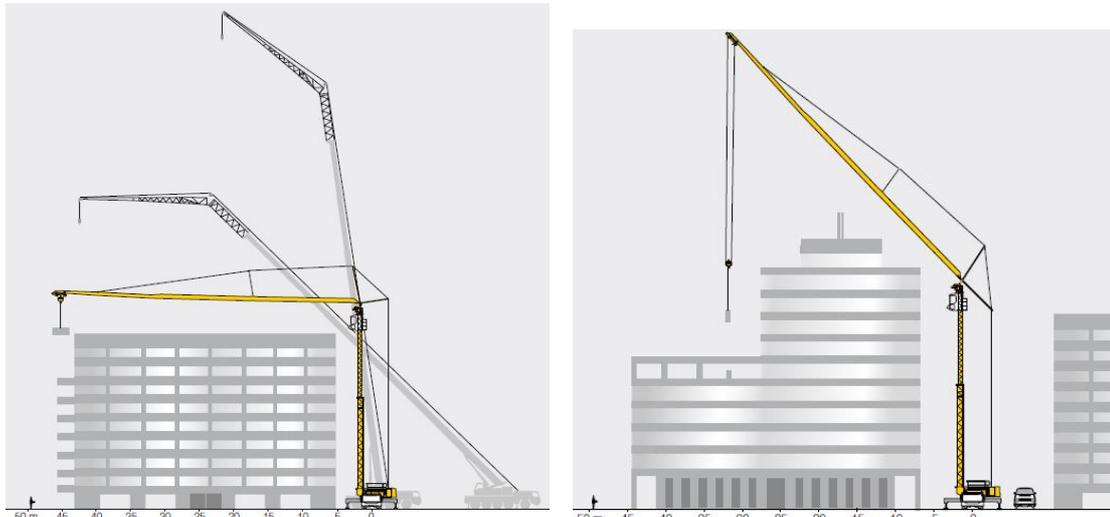
Der zweite Unterschied ist die Auslegerform. Die Mobilbaukräne sind mit einem Laufkatzenausleger (und seinem Turm) ausgerüstet, während auf Raupenkränen und die meisten Fahrzeugkränen Nadelausleger montiert sind. Dank des Turms, wird die Besetzung des Luftraums der Baustelle vereinfacht, wie in Abbildung 4.11 verdeutlicht. Der Mobilbaukran kann nah beim Bauwerk stehen und leicht darüber schwenken. Außerdem ist die Sicht des Kranfahrers in der Kabine viel besser als bei Fahrzeugkränen. Die großen Hakenhöhen, die mit Teleskopausleger ausgerüsteten Kränen erreichbar sind, sind mit ei-

---

<sup>120</sup> Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 178

<sup>121</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 79

nem Mobilbaukran dank der Verstellung des Auslegers (Steilstellung) auch meist erreichbar.



**Abbildung 4.11: Mobilkräne im Vergleich<sup>122</sup>**

Jedoch sind mit den Teleskopauslegern und allen seinen Auslegervarianten höhere Hakenhöhen möglich. Sie können auch schwerere Lasten vor allem in knapper Kranumgebung heben. Das ist die Hauptanwendung von Fahrzeugkränen: sehr schwere Lasten in einem engen Bereich zu bewegen. Deshalb werden sie meist für die Montage und Demontage von Turmdrehkränen benutzt. Außerdem sind die Fahrzeugkräne wegen der Konstruktion günstiger als die Mobilbaukräne.

Aktuell gibt es vielmehr verschiedene Modelle von Fahrzeugkräne (20 Modelle in der Baureihe LTM für Liebherr<sup>123</sup>) als von Mobilbaukräne (2 Modelle in der Baureihe MK<sup>124</sup>).

<sup>122</sup> Liebherr: MK 88; 2015; S. 18

<sup>123</sup> Liebherr: LTM-Mobilkrane; 2015

<sup>124</sup> Liebherr: Mobilbaukrane; 2015

## 5 Kraneinsatzplanung von Turmdrehkränen

Unter einem Turmdrehkran versteht man alle Hebemaschinen, die einen Turm und einen Ausleger besitzen und damit eine vertikale und horizontale Verladung von Lasten ermöglichen. Die Turmdrehkräne sind mit einem Drehkranz ausgerüstet, so dass die Verladung in einem Umkreis von 360° möglich ist.

Eine Merkmal der Turmdrehkräne, das sie von anderen Kränen unterscheidet, ist die Notwendigkeit, sie auf Baustellen Schritt für Schritt zu montieren, nach Abschluss der Bauarbeiten wieder zu demontieren und in einer für den Transport geeigneten Form zur nächsten Baustelle befördern zu müssen.<sup>125</sup>

### 5.1 Aufstellort und Krananzahl

Der Aufstellort und die Krananzahl sind zwei miteinander verbundene Parameter. Es ist oft zu entscheiden, ob eher weniger große Kräne oder mehrere kleinere Kräne eingesetzt werden.

Die Krangröße ergibt sich aus der Bauwerksgeometrie (erforderliche Ausladung), der Bauzeitvorgabe, dem größten Transportgewicht und dem daraus resultierenden Lastmoment.

Um eine sinnvolle Entscheidung zu treffen, sind laut Bauer die folgenden Kriterien zu betrachten:<sup>126</sup>

- ◆ *„Energieversorgung*
- ◆ *Zufahrt zur Baustelle*
- ◆ *Standort der Baustelle*
- ◆ *Stellung des Autokrans*
- ◆ *Anfahrposition der Transportfahrzeuge*
- ◆ *Richtige Beladung im Sinne des Montagefortschritts und richtige Transportfolge der Fahrzeuge*
- ◆ *Montageablauf: Zeitfolge der Zulieferfahrzeuge mit entsprechenden Zeitabständen, um Wartezeiten auf der Baustelle sowohl für die Transportfahrzeuge, wie auch für den Montagevorgang zu vermeiden“*

---

<sup>125</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 150

<sup>126</sup> Bauer: Baubetrieb; 2007; S. 239

### 5.1.1 Spielzeit

Um die Leistung eines Krans zu berechnen, wird seine Spielzeit evaluiert. Diese ist von der Art der Tätigkeit abhängig: Betoneinbau, Fertigteile transportieren usw. und vom Lastweg: Kranschwenkung, Auslegerverstellung, Laufkatzbewegung.

Aus Baustellenbeobachtungen sind hierfür Erfahrungswerte bekannt, die jedoch fortlaufend zu kontrollieren bzw. fortzuschreiben sind. Um eine relevante Spielzeit zu berechnen, sind Richtwerte für Einzelzeiten für alle Bewegungstypen gegeben und in Tabelle 5.1 aufgelistet.

Mit Hilfe dieser Tabelle und der Erfahrung von ähnlichen Baustellen kann ein maßgebendes Kranspiel bestimmt werden. Da die Hub- und Senkgeschwindigkeit der Kräne in den vergangenen Jahren erheblich gesteigert werden konnte, sind für die Ermittlung der Spielzeit aktuelle Kennzahlen erforderlich.<sup>127</sup>

| Bewegung   | Wert    | Einheit |
|--|---------|---------|
| Hub- bzw. Senkzeit des Hakens (Mittelwert)                   | 1-5     | [s/m]   |
| Schwenkzeit des Krans  | 0.1-0.2 | [s/α°]  |
| Fahrzeit des Krans   | 2-3     | [s/m]   |
| Fahrzeit der Laufkatze                                       | 1-3     | [s/m]   |
| Zeit für das Verstellen des Auslegers (15-85°)               | 1       | [s/α°]  |
| Zeit für das Anschlagen der Last bzw. Füllen des Betonkübels | 30-180  | [s]     |
| Zeit für das Entleeren des Kübels bzw. Abhängen von Lasten   | 30-300  | [s]     |

**Tabelle 5.1: Richtwerte für Einzelzeiten von Spielzeitberechnungen<sup>128</sup>**

Die Dimensionierung mit der Spielzeit wird in Kapitel 5.1.2.3 näher erläutert.

### 5.1.2 Krananzahl

Die Bestimmung der Krananzahl ist eines der Ziele der Arbeitsvorbereitung. Die Größe des Krans und die Krananzahl sind zwei eng miteinander verbundene Parameter. Es sind die geometrischen Gegebenheiten der Baustelle, die Bauzeitvorgabe und die Leistungsanforderung an die Hebezeuge zu beachten. Es gibt in der Praxis verschiedene Berechnungsmethoden, um die Krananzahl mittels Kennzahlen zu ermitteln. Als Kennzahlen

<sup>127</sup> Vgl. Bauer: Baubetrieb; 2007; S. 239

<sup>128</sup> Hüster: Leistungsberechnung der Baumaschinen; 1997; S. 119

werden entweder die Anzahl, der an einem Kran beschäftigten Arbeiter, der prognostizierte Baustellenumsatz [€] oder die Verrichtungszahlen herangezogen.<sup>129,130</sup>

### 5.1.2.1 Kennzahl: Anzahl der zu bedienenden Arbeiter

Aus der Kenntnis der Anzahl der erforderlichen Arbeitskräfte kann der Bedarf an Kränen abgeleitet werden. Dafür braucht man, wie in Tabelle 5.2 dargestellt, Abschätzungen der Anzahl an Arbeitskräften pro Kran für die verschiedenen Bauweisen.<sup>131</sup>

| Bauwerkstyp                 | produktive Arbeitskräfte pro Kran |
|-----------------------------|-----------------------------------|
| Ortbeton mit viel Mauerwerk | 15-20                             |
| Reine Ortbetonbauweise      | 10-15                             |
| Fertigteilmontage           | 3-5                               |

Tabelle 5.2: Richtwerte für die Abschätzung der Anzahl an Arbeitskräften pro Kran<sup>132</sup>

Dann erfolgt die Berechnung durch folgende zwei Schritte. Man berechnet die Arbeitskräftenanzahl indem man, die in der Kalkulation vorgeplanten Arbeitsstunden durch die im Arbeitsplan der Baustelle vorgesehene Arbeitszeit dividiert. Dann dividiert man diese Anzahl durch die geschätzte Anzahl an Arbeitskräften pro Kran, um die Krananzahl zu bekommen:<sup>133</sup>

◆ Arbeitskräftenanzahl:

$$\text{Arbeitskräftenanzahl} = \frac{\text{kalkulierte Stunden}}{\text{Kernbauzeit} * \text{monatliche Stunden}} \quad (5.1)$$

◆ Krananzahl:

$$\text{Krananzahl} = \frac{\text{Arbeitskräftenanzahl}}{\text{Mann pro Kran}} \quad (5.2)$$

**Beispiel:**<sup>134</sup>

„Für die Errichtung eines Bürogebäudes sind 53.000 Lohnstunden in der Kalkulation vorgesehen, die Arbeitszeit beträgt 8h/AT bzw. 180 h/Mo. Es werden mit dem Kran Mau-

<sup>129</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 31-32

<sup>130</sup> Vgl. Jodl: Einrichtung und Baubetrieb von Baustellen; 2014; S. 187-190

<sup>131</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 31-32

<sup>132</sup> Schmidt: Präsentation Baubetriebsplanung und -steuerung II

<sup>133</sup> Jodl: Einrichtung und Baubetrieb von Baustellen; 2014; S. 189

<sup>134</sup> Jodl: Einrichtung und Baubetrieb von Baustellen; 2014; S. 189

erwerks- sowie Betonierarbeiten durchgeführt. Die Kernbauzeit für den Kraneinsatz beträgt fünf Monate.“

$$\text{Arbeitskräfteanzahl} = \frac{53.000}{5 * 180} = 59 \text{ Mann}$$

$$\text{Krananzahl} = \frac{59}{20} = 2,9 \approx 3 \text{ Kräne}$$

Diese Methode ist jedoch relativ unsicher. Die Kalkulation und die Prognose der Bauzeit müssen genau sein. Als Ergebnis erhält man nur eine Größenordnung der erforderlichen Krananzahl.

### 5.1.2.2 Kennzahl: Umsatz

„Die Ermittlung der Krananzahl erfolgt über den geplanten Anteil der Rohbaukosten am gesamten Umsatz der Baustelle. Dazu ist die Abschätzung der Kernbauzeit für die Rohbauarbeiten notwendig“<sup>135</sup>, erklärt Jodl. Der durchschnittliche Umsatz pro Stunde wird errechnet, indem man den Umsatz durch die Arbeitsstunden dividiert. Er wird danach durch den Umsatz je Arbeiter dividiert und so erhält man die Anzahl der Arbeitskräfte. Zum Schluss wird diese Anzahl durch die geschätzte Anzahl an Arbeitskräften pro Kran dividiert, und es ergibt sich die erforderliche Krananzahl.<sup>136</sup>

- ◆ durchschnittlicher Umsatz:

$$\text{durchschnittlicher Umsatz} = \frac{\text{Umsatz Rohbau}}{\text{Arbeitsstunden Rohbau}} \quad (5.3)$$

- ◆ Anzahl der Arbeitskräfte:

$$\text{Anzahl der Arbeitskräfte} = \frac{\text{durchschnittlicher Umsatz}}{\text{Umsatz je Arbeiter}} \quad (5.4)$$

- ◆ Krananzahl:

$$\text{Krananzahl} = \frac{\text{Anzahl der Arbeitskräfte}}{\text{Mann pro Kran}} \quad (5.5)$$

<sup>135</sup> Jodl: Einrichtung und Baubetrieb von Baustellen; 2014; S. 189

<sup>136</sup> Jodl: Einrichtung und Baubetrieb von Baustellen; 2014; S. 189

**Beispiel:**<sup>137</sup>

„Für die Errichtung eines Bürogebäudes sind ca. 4.000.000 € an Rohbaukosten kalkuliert. Die Arbeitszeit beträgt 8h/AT bzw. 180 h/Mo. Der Umsatz je Arbeiter beträgt 80 €/h, die Kernbauzeit für den Kraneinsatz beträgt 5 Monate.“

$$\text{durchschnittlicher Umsatz} = \frac{4.000.000}{5 * 180} = 4.444 \text{ €/h}$$

$$\text{Anzahl der Arbeitskräfte} = \frac{4.444}{80} = 56 \text{ Mann}$$

$$\text{Krananzahl} = \frac{56}{20} = 2,8 \approx 3 \text{ Kräne}$$

Aus dieser Berechnung ergibt sich eine rasche Abschätzung der Krananzahl.

**5.1.2.3 Kennzahl: Krandauerleistung**

Aus der Spielzeit des Krans (siehe Kapitel 5.1.1) kann man mittels eines Geräteausnutzungs- bzw. Behinderungsfaktors die Dauerleistung des Krans bestimmen. Natürlich ist auch das nur eine Abschätzung. Der Abminderungsfaktor soll diese Abschätzung verfeinern und die praktische Realität berücksichtigen.

◆ Dauerleistung des Krans:<sup>138</sup>

$$Q_d = \frac{3.600}{T_0} * \eta * M \quad (5.6)$$

|        |   |                         |
|--------|---|-------------------------|
| $Q_d$  | [m <sup>3</sup> /h, m <sup>2</sup> /h, to/h, Stk/h] | Dauerleistung des Krans |
| $\eta$ | [-]   | Abminderungsfaktor      |
| $T_0$  | [s]   | Spielzeit               |
| $M$    | [m <sup>3</sup> , m <sup>2</sup> , to, Stk]         | geförderte Menge        |

Man kann die Dauerleistung eines Krans für viele Arbeitsarten berechnen. Wenn der Kehrwert einer Dauerleistung betrachtet wird, dann erhält man die Verrichtungszahl einer Arbeit. So führt Tölle bezüglich dieser Verrichtungszahlen folgendes an:<sup>139</sup>

„Verrichtungszahlen beruhen auf dem Prinzip, alle vom Kran auszuführenden Arbeiten mit den erforderlichen Verrichtungszeiten zu erfassen. Die Erfahrungswerte aus der Literatur bzw. der Bauindustrie stehen in Tabellen zur Verfügung. So werden z.B. für das Schalen von Decken zwischen 0,03 und 0,1 h/m<sup>2</sup> und für das Betonieren der Decke zwischen 0,12

<sup>137</sup> Jodl: Einrichtung und Baubetrieb von Baustellen; 2014; S. 189

<sup>138</sup> Jodl: Einrichtung und Baubetrieb von Baustellen; 2014; S. 187

<sup>139</sup> Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 32-33

und 0,16 h/m<sup>3</sup> angegeben. Für alle Arbeiten auf der Baustelle, für die der Kran erforderlich ist, muss die entsprechende Menge der Arbeiten, hier also die erforderliche Schaltungsfläche bzw. das Volumen der erforderlichen Zeit zu erhalten. Die Zeiten aller Arbeitsschritte werden aufsummiert und durch die gewünschte Bauzeit und die Arbeitszeit pro Monat dividiert. Es ergibt sich die erforderliche Krananzahl.“ Die Krananzahl wird mit Formel (5.7) berechnet:

◆ Krananzahl:

$$\text{Krananzahl} = \frac{\sum(\text{Verrichtungszahl} \left[ \frac{h}{m^2; m^3; to; Stk} \right] * \text{Menge} [m^2; m^3; to; Stk])}{\text{Bauzeit [Monate]} * \text{Arbeitszeit}_{\text{Monat}} \left[ \frac{h}{\text{Monat}} \right]} \quad (5.7)$$

### 5.1.3 Standort

Um den Standort eines Krans zu bestimmen, soll man die Baustelle in einzelne Arbeitsfelder einteilen. Für jedes Arbeitsfeld soll ein Kranstandort (falls erforderlich auch die Position und Länge der Schienen) und die zur Abdeckung des kompletten Arbeitsfelds erforderliche Auslegerlänge bestimmt werden. Die Traglastkurven sind sehr wichtig, um kontrollieren zu können, ob alle Lasten in den Lagerplätzen oder Abladezonen übernommen und bis zum richtigen Punkt des Bauwerks transportiert werden können.<sup>140</sup>

Wenn mehrere Kräne im Einsatz sind, soll man darauf achten, dass sich die Arbeitsbereiche der Kräne überschneiden. So können Lasten von einem Kran zu einem anderen übergeben werden. Der Arbeitsbereich soll gut untersucht werden, sodass es keine Hindernisse gibt, wie beispielsweise Hochspannungsleitungen, Antennen, Gebäude, Straßenbeleuchtung usw. Am Ende des Arbeitstages werden die Kräne in Windfreistellung eingerichtet. Das heißt, dass die Bremsen des Drehwerks gelöst sind und, dass der Ausleger nur unter dem Einfluss des Windes schwenkt. Diese Analyse der Arbeitsbereiche muss die Auslegerart und Auslegerlänge berücksichtigen, siehe Kapitel 5.3. Zur Vermeidung von Unfällen sind die entsprechenden Sicherheitsvorschriften zu beachten und die vorgeschriebenen Mindestabstände von Baugruben, Gebäudekanten, elektrischen Freileitungen oder anderen Hindernissen einzuhalten, siehe Kapitel 5.8.3.2.<sup>141</sup>

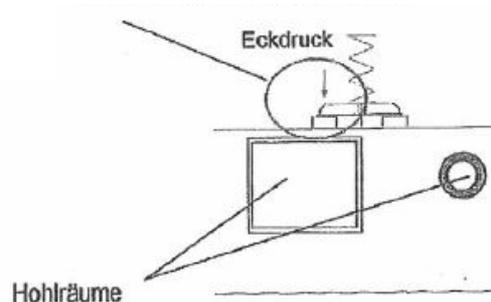
Abhängig von der Krangröße und dem Kranunterbau ist der Untergrund hinsichtlich der Tragfähigkeit zu prüfen. Seine Tragfähigkeit muss ausreichend sein! Abbildung 5.1 zeigt eine gefährliche Situation. Es befinden sich nämlich Hohlräume unter dem Kranfuß. Fol-

<sup>140</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 33

<sup>141</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 33

gende Gefahren sind, wie in der Alpine Dokumentation von 2007 beschrieben, zu beachten:<sup>142</sup>

- ◆ „Handelt es sich um setzungsempfindlichen Baugrund?“
- ◆ Ist Grund- und Schichtenwasser vorhanden?
- ◆ Ist der Boden geschüttet, nicht ausreichend verdichtet?
- ◆ Gibt es unterirdische Hohlräume?
- ◆ Bestehen ungleichmäßige Baugrundverhältnisse z.B. Wechsellagerungen, geneigte Schichtgrenzen?“



**Abbildung 5.1: Gefahren des Einbrechens<sup>143</sup>**

Um so wenig wie möglich den fließenden Autoverkehr zu stören, ist die Benützung der öffentlichen Straßen zu vermeiden. Zu diesem Zweck müssen verschiedene mögliche Lösungen gefunden werden, wie z.B. Umleitungen oder Portalkräne, siehe Kapitel 5.4.5.

Untendreher brauchen im Vergleich zu Obendreher mehr Platz und kommen deshalb in der Innenstadt kaum zum Einsatz. Die Montage braucht keine zusätzlichen Geräte aber es können einige Zusatzelemente (z.B. für den Kletttervorgang) notwendig werden. Deshalb muss die Zufahrt zum Kran verfügbar bleiben. Auf jeden Fall darf man nicht vergessen, dass der Kran nach seiner Arbeit die Baustelle verlassen muss, eine Ausfahrt soll verfügbar bleiben.

Wenn ein obendrehender Kran für ein Gebäude in der Innenstadt eingesetzt wird, muss man entscheiden, ob er innerhalb oder außerhalb des Gebäudes stehen wird. Wenn er außerhalb des Gebäudes positioniert wird, dann wird er meist auf einen Unterwagen oder einem Fundamentkreuz aber kaum auf Fundamentanker montiert. Es ist nämlich meist schwierig, Fundamentanker mit einem Betonfundament einzusetzen, wegen etwaigen darunter liegenden Strom-, Gas- oder Wasserleitungen. Kräne, die innerhalb eines neuen Gebäudes stehen, werden oft in die Liftschächte gestellt. Es ist nämlich in der Praxis sehr

<sup>142</sup> Alpine Bau GmbH: Wichtige Information zum Kranunterbau und Kranfundament; 2007; S. 1

<sup>143</sup> Alpine Bau GmbH: Wichtige Information zum Kranunterbau und Kranfundament; 2007; S. 1

angenehm für das Innenklettern, aber somit ist die Aufzugsmontage verzögert, siehe Kapitel 5.6.3.4.

Die Kräne haben auch Windsicherheitseinrichtungen. Ab einer Windgeschwindigkeit von 72 km/h sollten die Kräne nicht mehr arbeiten. Optimal ist es, wenn man einen vor dem Wind geschützten Standort findet. Dies muss auch für die Montage und den Kletttervorgang berücksichtigt werden. Wenn der Ausleger in Windrichtung gerichtet ist, dann kommt es zu einer geringeren Beanspruchung des Kranturms. Dadurch ist der Einfluss des Winds niedriger und man kann einfacher mit schweren Lasten arbeiten

Bei der Standortwahl, darf man nicht außer Acht lassen, dass der Kran montiert und demontiert werden muss. Es ist auch eine Zufahrt für einen Mobilkran und Platz in der Nähe des Krans vorzusehen. Das bedeutet auch, dass ein freier Arbeitsraum in der Luft verfügbar sein soll. Für die Transportfahrzeuge gilt dies auch. Man soll Platz in der Nähe des Mobilkrans vorsehen und ihren Weg vorplanen.

## **5.2 Anordnung des Schwenkwerks**

Die Anordnung des Schwenkwerks ist der größte Unterschied zwischen den Kränen. Für den Kranbau sind zwei Arten möglich. Entweder ist das Schwenkwerk auf dem Unterwagen oder direkt unter dem Ausleger montiert.

### **5.2.1 Untendreher**

Die untendrehenden Turmdrehkräne bestehen aus einem Unterwagen mit Drehkranz, auf dem der Kranturm befestigt ist. Der Ausleger (Katz-, Knick- oder Nadelausleger) ist fix auf dem Kranturm montiert, dieser kann aber abgeklappt werden.<sup>144</sup> Die Bewegung des Auslegers erfolgt durch die Drehbewegung des gesamten Kranturms inklusive Ballastgewicht.

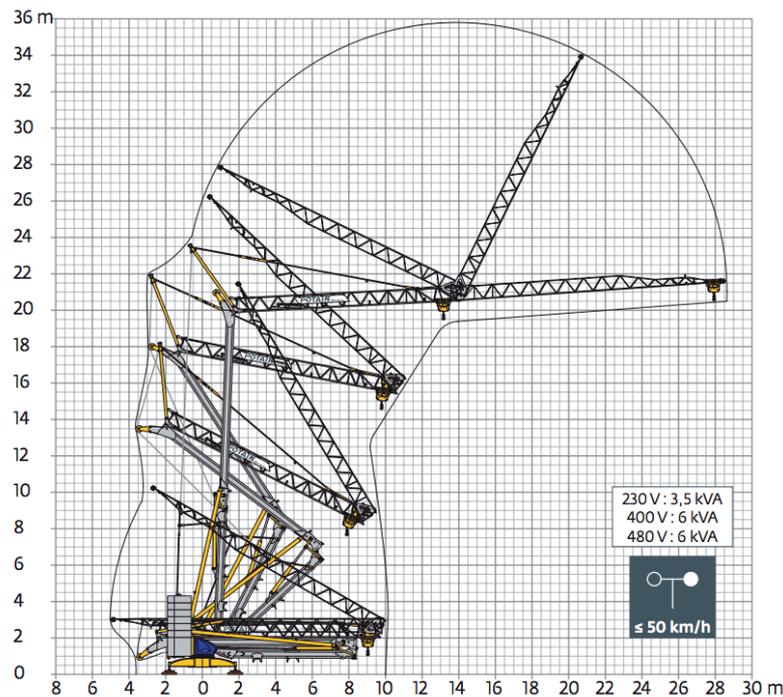
Dieser Krantyp ist grundsätzlich sehr mobil. Die untendrehenden Kräne werden auch Schnelleinsatzkräne genannt. Diese Kräne sind leicht, günstig und schnell montiert sowie transportiert.

Es ist kein zusätzlicher Kran und zusätzliches Gerät für die Montage nötig, da der Kran zusammengeklappt befördert wird und auf der Baustelle sich selbstständig mit einer im Kran eingebauten Montagewinde aufgestellt wird. Abbildung 5.2 zeigt den Ablauf des Aufbaus einer Untendrehers.<sup>145</sup>

---

<sup>144</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 34

<sup>145</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 43



**Abbildung 5.2: Montage eines Untendrehers (Potain Igo 22)<sup>146</sup>**

Schnellbaukräne können nach der Herstellung des Stromanschlusses so schnell selbst auffahren, dass bei guter Organisation ein großer Schnelleinsatzkran innerhalb eines halben Tages einsatzfähig auf der Baustelle aufgebaut werden kann.<sup>147</sup>

Nachdem er zusammengeklappt wurde, wird der Kran für den Straßentransport mit Hilfe besonderer Transportachsen auf dem eigenen Unterwagen als Anhänger geschleppt. So kann der Kran sehr schnell von einer Baustelle zur Anderen transportiert werden.<sup>148</sup>

Da diese Kräne eine Einheit darstellen, sind hier keine unterschiedlichen Unterbauten möglich. Das heißt, dass der Unterbau nicht ausgetauscht werden kann. In der Regel sind sie mit einem Fundamentkreuz (siehe Kapitel 5.4.3) ausgerüstet.<sup>149</sup> Dann können die Untendreher entweder stationär oder fahrbar sein, abhängig davon, ob sie mit Schienenfahrwerken montiert werden.<sup>150,151</sup> In Abbildung 5.3 sind die verschiedenen Elemente eines Untendrehers bezeichnet.

<sup>146</sup> Manitowoc: Potain Igo 22 Data Sheet; 2013; S. 3

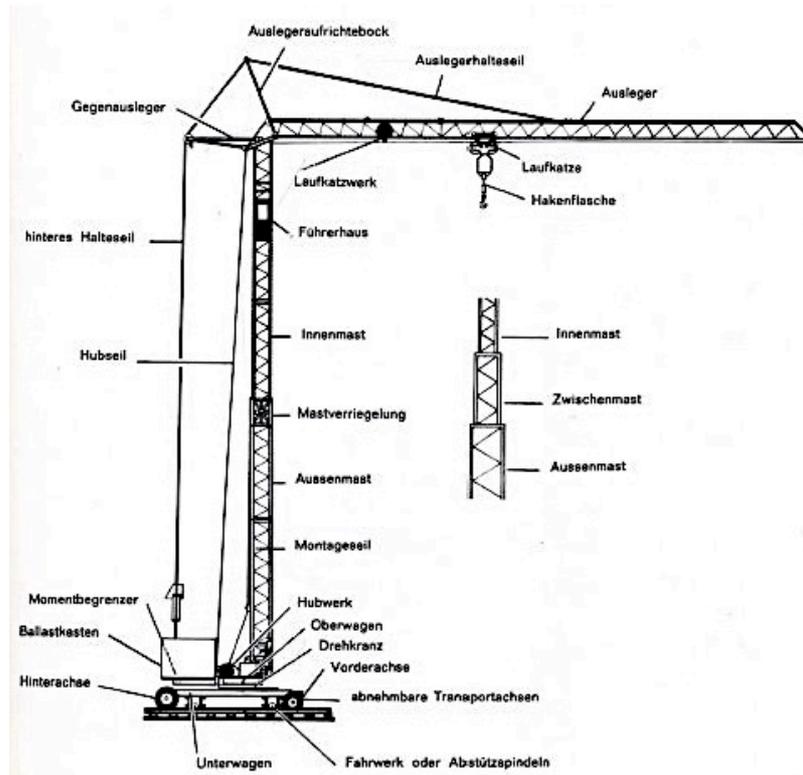
<sup>147</sup> Vgl. Bauer: Baubetrieb; 2007; S. 213

<sup>148</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 35

<sup>149</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 28

<sup>150</sup> Vgl. Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>151</sup> Vgl. Liebherr: Das Kranprogramm; 2000



**Abbildung 5.3: Bezeichnung der Bauteile an einem Potain Schnellmontagekran vom Typ GMR<sup>152</sup>**

In der Praxis werden Untendreher öfter als Obendreher auf Schienen fahrbar montiert. Da diese Kräne kleiner und leichter sind, ist die Fahrgeschwindigkeit höher. Der Turm kann entweder klappbar oder teleskopierbar sein, siehe Abbildung 3.4 und Abbildung 3.5.

Die Ballaststeine stehen exzentrisch auf dem Unterwagen und brauchen eine große Fläche. Da der Platzbedarf für solche Kräne relativ hoch ist, werden sie selten in engen Baustellen in der Stadt verwendet.<sup>153</sup>

Aufgrund dieser Anforderungen können diese Kräne nicht riesig sein. Außerdem entstehen bei großen Turmhöhen und angehängten Lasten mechanische Probleme. Die Drehbewegungen führen zu unzulässigen Torsionsmomenten im Turm. Deshalb sind ihre Kapazitäten begrenzt. Sie erreichen geringere Traglasten, Hakenhöhen und Ausladungen, als die Obendreher.<sup>154</sup>

Gesteuert wird der Kran mit einer Funkfernsteuerung. So ist die Sicht auf die Baustelle zwar nicht optimal aber der Kranfahrer ist am nächsten zur Last am Boden. Untendreher verfügen heutzutage fast nur über Katzausleger mit verschiedenen Auslegerlängen. Eine

<sup>152</sup> Meyer: Wissenwertes über unten drehende Turmdrehkrane (Schnellmontagekrane); 2008; S. 22

<sup>153</sup> Vgl. Tec.Lehrerfreund: Turmdrehkran (1); 2015

<sup>154</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 36

spezifische Besonderheit der Untendreher ist die Möglichkeit, den Ausleger teilweise oder komplett hochzuklappen, siehe Kapitel 5.3.6. Das Ziel ist es, entweder eine zusätzliche Hakenhöhe zu gewinnen oder an Hindernissen vorbeidrehen zu können.<sup>155</sup>

Die Hakenhöhe kann auch durch teleskopierbare Türme vergrößert werden. Mit dem Kletttervorgang können zusätzliche Turmstücke hinzugefügt werden, siehe Kapitel 5.6.3.4. Dank der Vielfalt an Auslegern bzw. an Auslegerstellungen und an Turmsystemen sind für diese Kräne viele Varianten und Kombinationen möglich, somit bieten sie eine sehr hohe Anpassungsfähigkeit.

### 5.2.2 Obendreher

Bei einem untenliegenden Drehwerk wird bei einer großen Masthöhe das Torsionsmoment sehr stark am Fuß des Turms sein. Dies verursacht hohe erforderliche Antriebsleistungen. Ab einem Lastmoment von 45 – 70 tm wird der Drehkranz deshalb nach oben verlagert. Der Gegenballast und die Hubwinde werden am Ende des Gegenauslegers angeordnet.<sup>156</sup> Da sich das Drehwerk am oberen Ende des Kranturms befindet, entsteht ein viel kleineres Torsionsmoment im Turm. So kann man hohe Türme bauen und schwere Traglasten heben. Der Kranturm selbst ist fest auf dem Unterbau montiert.

Die Standsicherheit kann durch drei verschiedene Arten und Weisen unterstützt werden:

- ◆ mit Fundamentankern: Ein Betonfundament ist nötig aber der Platzbedarf ist gering.
- ◆ mit Fundamentkreuz: Der Zentralballast liegt auf dem Kreuz, der Platzbedarf ist größer.
- ◆ mit Unterwagen: Der Zentralballast liegt auf dem Unterwagen, Schienen müssen verlegt werden. Der Platzbedarf ist groß aber eine Fahrbarkeit wird ermöglicht.

Beim Einsatz des Drehwerks bewegt sich nur der Ausleger und der ihm gegenüberliegende Ballastausleger. Die Krankabine ist fest auf dem Ausleger montiert und bewegt sich auch mit. So hat der Kranfahrer eine gute Sicht auf die Baustelle.<sup>157</sup> Auch eine Funkfernsteuerung ist möglich.

Solche Kräne können mit allen Ausführungen von Laufkatzauslegern oder Nadelauslegern versehen sein. Dank ihrer Konstruktionsweise können sie mit einem Lastmoment bis

---

<sup>155</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 28

<sup>156</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 36

<sup>157</sup> Vgl. Tec.Lehrerfreund: Turmdrehkran (1); 2015

zu 5.000 tm, einer Ausladung von bis zu 80 m, und einer Traglast von bis zu 80 to hergestellt werden.<sup>158</sup>

Ein anderer Vorteil ist, dass die Höhe des Turms dank der Turmstückstruktur quasi grenzenlos ist. Der Kranturm besteht aus aufeinandergesetzten Turmstücken. Durch die Klettereinrichtung kann diese Höhe je nach Bedarf verändert werden, siehe Kapitel 5.6.3.4. Die Standsicherheit kann durch verschiedene Verfahren gesichert werden, beispielsweise mit Ballast, Turmverankerung, Verwendung von größeren Turmsystemen usw. Abhängig von den Anforderungen der Baustelle kann man aus einer breiten Palette von Auslegern, von Turmsystemen und Turmkombinationen aussuchen. So ist dieser Drehwerkstyp sehr anpassungsfähig und für ein breites Anwendungsgebiet geeignet.

Die Montage von Obendrehern ist aufwendig. Sie ist zeitintensiv und verlangt unbedingt die Bereitstellung zusätzlicher Hebezeuge, um die verschiedenen Teile zu montieren. Mehrere LKWs sind für den Transport der verschiedenen Baugruppen erforderlich, mehrere Monteure müssen an Ort und Stelle sein. Deshalb muss der Kraneinsatz richtig vorgeplant sein.<sup>159</sup>

### 5.3 Ausführung des Auslegers

Um verschiedene unterschiedliche Kapazitäten für die Kräne zu ermöglichen, haben die Ingenieure verschiedene Auslegertypen erfunden. Jeder Ausleger hat seine eigenen Vor- und Nachteile und seine spezifischen Besonderheiten. Abbildung 5.4 zeigt die fünf wesentlichen Auslegertypen:<sup>160</sup>

- ◆ Nadelausleger
- ◆ Laufkatzausleger
- ◆ Biegebalkenausleger
- ◆ Knickausleger
- ◆ Teleskopausleger

Jeder Auslegertyp hat eine minimale und maximale Auslegerlänge. Die Ausleger können je nach Bedarf der Baustelle verschiedene Längen haben, die sich in der Regel in 5 m Abschnitten staffeln lassen. Sie bestehen aus mehreren Teilen. Abhängig davon, wie viele

---

<sup>158</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 154

<sup>159</sup> Vgl. Feyrer, Matthias, Scheffler: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; 1998; S. 154

<sup>160</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 32-34

davon montiert sind, werden die Länge und die eventuell damit verbundene Abspannung geändert.<sup>161</sup>

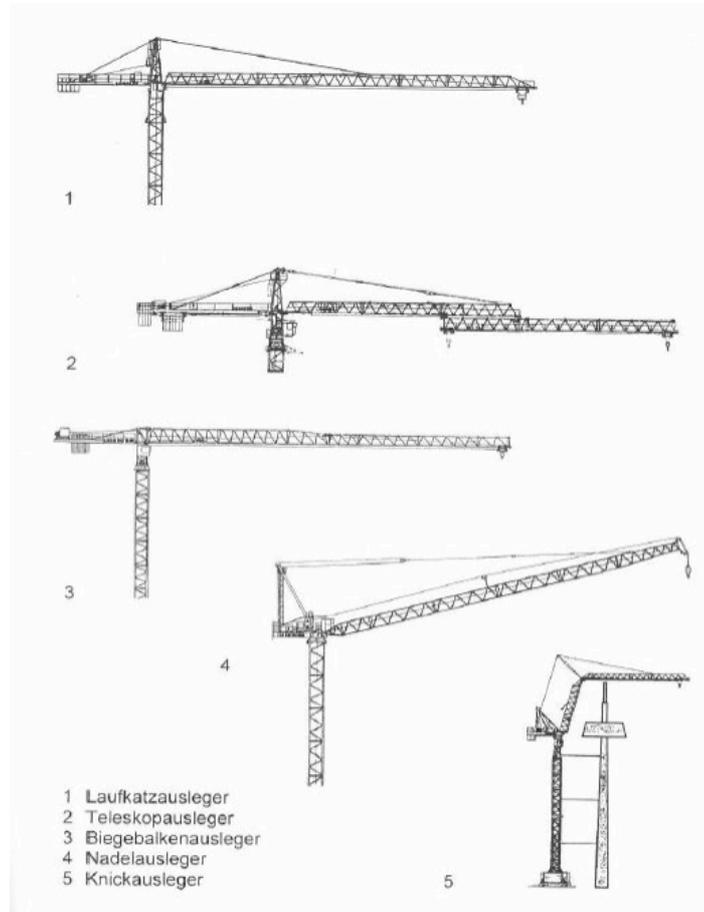


Abbildung 5.4: Auslegerarten<sup>162</sup>

### 5.3.1 Nadelausleger

Nadelausleger werden auch Wippausleger genannt. Die Nadelausleger sind bewegliche Ausleger. Der Gegenausleger bleibt fix, während der unterhalb der Mastspitze montierte Ausleger sich in vertikaler Richtung bewegen kann. Der Lasthaken läuft am Ende des Auslegers über eine Rolle. Die Änderung der Ausladung erfolgt mit der Verstellung des Auslegers. Wird der Ausleger abgelassen, so erhöht sich die Ausladung.<sup>163,164</sup>

Der Nadelausleger war die ursprüngliche Form der Kräne, siehe Kapitel 2.1. Deshalb waren die ersten modernen Kräne mit Nadelausleger ausgerüstet. Zuerst nur die Untendreher, dann auch die ersten Obendreherkräne. Mit der Entwicklung des Laufkatzaus-

<sup>161</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 21

<sup>162</sup> Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 33

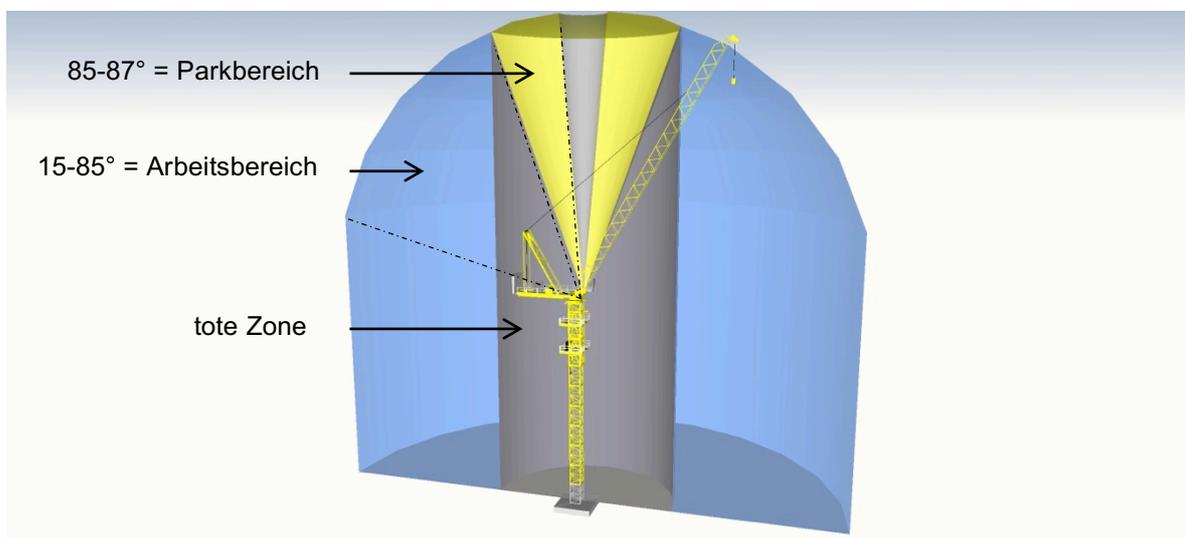
<sup>163</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 49

<sup>164</sup> Vgl. Wikia: Nadelausleger; 2015

gers sind die Nadelausleger in den 80er Jahren zurückgedrängt worden. In den 90er Jahren erfolgte jedoch eine Rückbesinnung auf die Nadelausleger bei den Obendrehern. Die Untendreher werden bis zum heutigen Tage nur mit Laufkatzauslegern montiert.<sup>165</sup>

Die Verstellung des Auslegers verursacht eine Änderung der Lasthöhe. Da der Haken am Ende des Auslegers hängt, stellt der Lastweg – ohne Bewegung des Hubseils – durch die Verstellung des Auslegers eine Kurve dar. Um eine genaue horizontale Lastbewegung zu ermöglichen, kann das Hubseilssystem mit einer speicherprogrammierbaren Steuerung so konzipiert sein, dass während der Verstellung die Lasthöhe ausgeglichen wird.

Der große Vorteil dieses Auslegers ist die Fähigkeit, nur den benötigten Luftraum zu besetzen. Nämlich, da das Funktionsprinzip des Auslegers die vertikale Bewegung ist, erfolgt durch seine Verstellung nicht nur die Änderung der Ausladung, sondern auch die Änderung des gesamten Schwenkbereichs in der Luft. Das bedeutet, dass der Platzbedarf in der Luft sehr gering sein kann und der Arbeitsbereich kontrollierbarer ist. Wenn der Ausleger steil steht, dann besetzt der Kran einen kleinen Luftraum. Die 85-87° Steilstellung dient logischerweise hauptsächlich für das Parken des Krans, aufgrund der damit verbundenen geringen Ausladung. Abbildung 5.5 zeigt den Arbeitsbereich eines Nadelauslegers. Blau ist der verfügbare Bereich für die Bauarbeiten, gelb ist der „Parkbereich“ mit einer Auslegersteilstellung von 85-87°. Grau ist die sogenannte tote Zone, keine Last kann darin schwenken.<sup>166</sup>



**Abbildung 5.5: Arbeitsbereich eines Nadelauslegerkrans**

Der Gewinn an Lasthöhe, der durch die Verstellung des Auslegers nach oben erfolgt, bringt im Vergleich zu einem waagrechten Ausleger eine Einsparung an Mastelementen,

<sup>165</sup> Vgl. Wikia: Nadelausleger; 2015

<sup>166</sup> Vgl. Linden Comansa: Luffing-jib cranes vs tower cranes; 2015; S. 2

Kletteraufwand, Turmstückmiete sowie Transport und erspart somit Kosten. Außerdem ist wegen der Konstruktion des Krans die maximale Traglast der Nadelausleger höher als bei waagrechten Auslegern.<sup>167</sup>

Dadurch sind diese Kräne oft die beste Lösung für komplizierte Baustellen, bei denen der Luftraum begrenzt ist und/oder wo viele Turmdrehkräne auf engem Raum zusammenarbeiten. In Baustellenbereichen, wo mehrere Kräne im Einsatz sind, ist es dann dank der Verstellung des Auslegers möglich, die anderen Arbeitsbereiche nicht zu überschneiden. Es kann sogar ein Kraneinsatz geplant werden, bei dem sich die verschiedenen Schwenkbereiche der Kräne überschneiden.<sup>168,169</sup>

Zum Beispiel in den Ballungszentren, die immer dichter und dichter werden, werden die Kräne auf den Baustellen oft von anderen Kränen oder existierenden hohen Gebäuden in ihrer Arbeit gestört. Heutzutage kommen diese Kräne oft im Rahmen der Erbauung sehr hoher Hochhäuser und Wolkenkratzer zum Einsatz, siehe Abbildung 5.6. Auf diesen Baustellen werden meist verankerte Kletterkräne eingesetzt. In einem so engen Raum muss man oft trotzdem mehrere Kräne einsetzen, um die Arbeiten in einer effizienten Weise durchführen zu können.<sup>170</sup>

Außerdem gibt es in manchen Städten bzw. Ländern (z.B. in London oder den Commonwealth Staaten) Gesetze, die das Überschwenken benachbarter Grundstücke verbieten. Durch diese Verpflichtung darf der Kran in der horizontalen Ebene nur einen sehr kleinen Bereich überstreichen. Demzufolge sind die Nadelauslegerkräne dafür sehr gut geeignet.<sup>171,172</sup>

Dazu kommt, dass diese Nadelauslegerkräne besonders gut für das Innenklettern geeignet sind, siehe Kapitel 5.6.3.

---

<sup>167</sup> Vgl. Liebherr: Der prozentuale Anteil der Nadelausleger in Deutschland ist nicht gestiegen; 2008; Kranmagazin Nr 59; S. 42-43

<sup>168</sup> Vgl. Linden Comansa: Luffing-jib cranes vs tower cranes; 2015; S. 3

<sup>169</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 19

<sup>170</sup> Vgl. Liebherr: Der prozentuale Anteil der Nadelausleger in Deutschland ist nicht gestiegen; 2008; Kranmagazin Nr 59; S. 42-43

<sup>171</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 19

<sup>172</sup> Vgl. Linden Comansa: Luffing-jib cranes vs tower cranes; 2015; S. 3



**Abbildung 5.6: Nadelauslegerkräne auf der Baustelle des Freedom Tower in New York<sup>173</sup>**

Nachteilig hingegen sind die großen Kräfte, denen das Verstellwerk und die Bremsanlage ausgesetzt sind. Beim Heben der Last muss auch der Ausleger und somit auch sein Eigengewicht gehoben werden.<sup>174</sup> Der Verstellbereich des Nadelauslegers ist begrenzt. Bei einem zu steilen Ausleger würde die Last mit dem Turm kollidieren. Wegen dieser technischen Begrenzung entsteht eine tote Zone rund um den Turm. Diese Nichterreichbarkeit von Lasten in der Nähe der Kransäule zählt als bedeutender Nachteil für diesen Auslegertyp. Außerdem präsentiert diese Stellung noch ein anderes Problem. Die Präzision während der Lastabsenkung. Wenn der Ausleger steil steht, erhält man eine riesige Hubseillänge. Diese große Hubseillänge birgt Schwierigkeiten für eine genaue und sichere Senkung der Last aufgrund eines etwaigen Pendelns.<sup>175,176</sup>

Als weiterer Nachteil zählt die Geschwindigkeit der Verstellung. Einen Nadelausleger mit einer Last zu bewegen ist sehr aufwendig und demzufolge langsam. Zum Beispiel erfolgt die Verstellung des Auslegers laut den Daten von Potain mit einer Geschwindigkeit von ca. 40°/min. Der Ausleger kann zwischen einer ersten Stufe von 12,5° und einer letzten

---

<sup>173</sup> Adams: Getting a Closer Look at Freedom; 2012

<sup>174</sup> Vgl. Wikia: Nadelausleger; 2015

<sup>175</sup> Vgl. pw Internet Solutions GmbH: Krane machen das Leben leichter; 2015

<sup>176</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 19

Stufe von 86° (bezogen auf die horizontale Achse) verstellt werden. In der Literatur findet man oft Winkelwerte zwischen 15-85°. <sup>177</sup> Abhängig von der Auslegerlänge bekommt man mit Formel (5.8) den Gewinn der Ausladung.

- ◆ Ausladungsgewinn bei der Verstellung eines Nadelauslegers:

$W_1 = \text{Startwinkel}$

$W_2 = \text{Endwinkel}$

$a = \text{Auslegerlänge}$

$$\text{Gewinn} = a * (\cos(W_1) - \cos(W_2)) \quad (5.8)$$

Zum Beispiel gewinnt man für eine Verstellung zwischen 20 und 60° mit einem 50 m langen Ausleger ca. 22 m und braucht dafür ca. 1 Minute. Das ist relativ langsam im Vergleich zu den Laufkatzen (bis zu 120 m/min). <sup>178</sup>

Wirtschaftlich gesehen haben diese Ausleger höhere Kosten, weil die Turmkonstruktion stärker ausgeführt ist. Die Mechanismen sind komplexer als bei einem einfachen Mast. Die Technologie, die um den Ausleger und Gegenausleger zu verstellen zum Einsatz kommt ist relativ komplex. Dadurch ergeben sich hohe Montage- und Demontagekosten und lange Montage- bzw. Demontagezeiten. Ein weiterer Nachteil ist, dass im Ruhezustand der Ausleger oft steil gestellt wird. Dadurch ist die Windkraft sehr groß <sup>179</sup>

### 5.3.2 Laufkatzausleger

Laufkatzausleger sind die im mitteleuropäischen Raum am häufigsten verwendeten Ausleger. 1912 wurde ein oben drehender Laufkatzauslegerkran mit Gegenausleger von Firma Güring und Dutoit aus Biel entwickelt. Im Jahr 1948 baut Faustin Potain die ersten kleinen Kräne mit Laufkatzausleger. <sup>180</sup>

Ein Laufkatzausleger ist ein Ausleger, der waagrecht am Turm befestigt ist. Die Auslegerlänge und die Hackenhöhe sind nach der Montage fix, der Kran kann nur um die Turmachse drehen. So hat man mit einem Laufkatzausleger einen fix vorgegebenen Arbeitsbereich.

Die Laufkatze, die an dem Ausleger hängt, kann über die ganze Auslegerlänge horizontal verfahren werden und führt das Hubseil mit. Die Ent- und Beladung kann so im gesamten Arbeitsbereich erfolgen. Es gibt fast keine tote Zone. Abbildung 5.7 beschreibt die Aufstel-

<sup>177</sup> Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

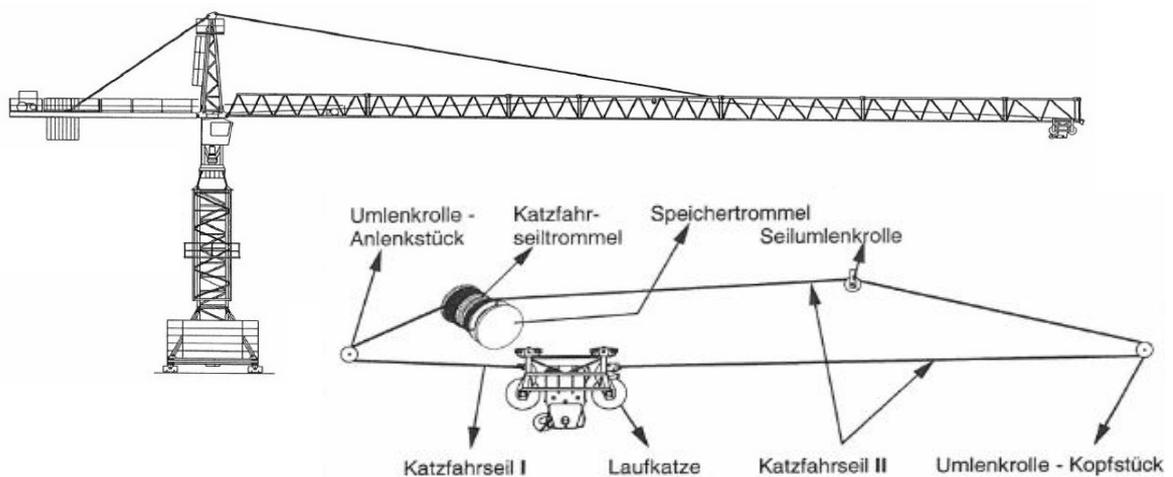
<sup>178</sup> Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>179</sup> Vgl. Linden Comansa: Luffing-jib cranes vs tower cranes; 2015; S. 3

<sup>180</sup> Vgl. Meyer: Chronologie der wichtigsten Entwicklungen, Daten und Meilensteine bei den europäischen Turmdrehkränen und deren Herstellern; 2009; S. 1-2

lung der Laufkatze. Die angetriebene Katzfahrtrummel erlaubt bei den neuen Kränen eine stufenlose und schnelle Verschiebung der Laufkatze. Das Katzfahren ist relativ schnell und beträgt 0 bis 50 m/min bei kleinen Kränen bzw. schweren Lasten und zwischen 0 bis 100 m/min bei großen Kränen bzw. leichten Lasten. Dadurch erfolgt im Vergleich zu den anderen Auslegerarten die schnellste Versorgung der Baustelle.

Solche Ausleger sind sehr günstig zu montieren. Wie man in Abbildung 5.7 sehen kann, ist die Laufkatzaufstellung keine komplexe Montage. Die Katzfahrseiltrommel befindet sich auf dem Ausleger, ein paar Meter weit von dem Turm entfernt. Die Seile bilden einen geschlossenen Kreislauf. Das Katzfahrseil I ist an der Laufkatze und an der Trommel befestigt. Das Katzfahrseil II ist auf der anderen Seite der Laufkatze und an der Trommel befestigt.



**Abbildung 5.7: Laufkatzaufstellung**<sup>181</sup>

Das Laufwerk der Trommel, abhängig von der Drehrichtung, rollt das eine Katzfahrseil ein und das andere gleichzeitig ab. So erfolgt die Bewegung der Laufkatze. Dank dieser Technik sind die Bewegungen der Laufkatze sehr schnell.

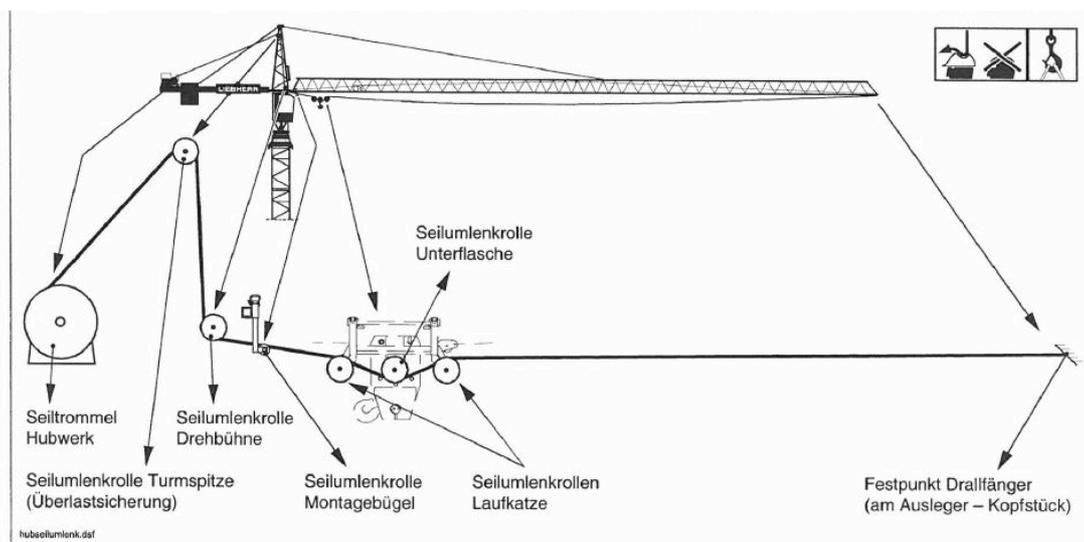
Ein Laufkatzausleger ist durch eine Zugstange mit der Turmspitze verbunden, siehe Abbildung 5.8. Dafür ist ein Verbindungspunkt am Ausleger vorzusehen. Jede Auslegerlänge hat eine jeweilige Zugstangenlänge und eine jeweilige Verbindungspunkteinstellung. Deshalb ist das Angebot an unterschiedlichen Auslegerlängen gering.

<sup>181</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005



**Abbildung 5.8: Verbindung des Laufkatzauslegers mit der Turmspitze mittels Zugstange<sup>182</sup>**

In Abbildung 5.9 ist die Montage des Hubseils beschrieben. Das Hubseil ist an der Spitze des Auslegers befestigt und läuft waagrecht entlang des Auslegers bis zur Laufkatze. Dort hängt der Haken. Durch ein Rollensystem ist hier die Höhe des Hakens von der Bewegung der Laufkatze unabhängig. Dann läuft es weiter bis zu den Umlenkrollen, die das Seil auf die Turmspitze führen. Dort führt eine andere Umlenkrolle es bis zu der Hubseiltrommel. Diese Erhöhung des Seils in der Turmspitze ermöglicht, den Zugang auf den Ausleger und Gegenausleger. Außerdem ermöglicht der Abstand zwischen der Turmspitze und der Hubseiltrommel eine nur leichte laterale Bewegung des Seils, wenn sich das Hubseil um die Trommel einrollt. Die Trommel ist meist sehr breit und das Seil soll sich von einer Seite bis zu der anderen einrollen. Mit diesem angetriebenen Trommelsystem ist das Heben der Last sehr schnell.



**Abbildung 5.9: Hubseilmontage<sup>183</sup>**

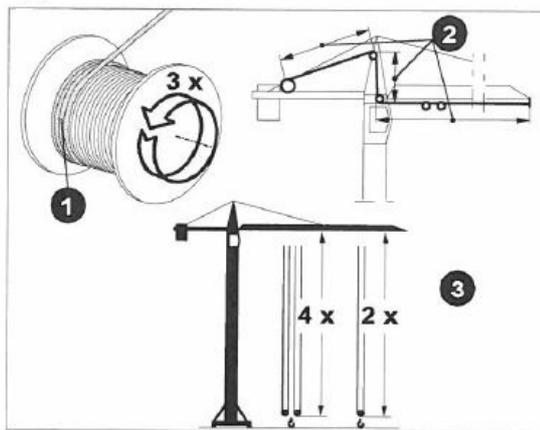
<sup>182</sup> Trucks and Cranes: <http://www.trucks-cranes.nl> - Potain Turmdrehkrane; 17.02.2016

<sup>183</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

Die Länge des Seils soll ausreichend sein. Untere Seillagen sollen als Totwindungen nicht benutzt werden. Die benötigte Seilmenge ist im Kran zu addieren, siehe Abbildung 5.10. Dafür gibt es von dem Hersteller schon vorberechnete Seillängen, wie zum Beispiel in Tabelle 5.3 für einen Liebherr Kran 180 EC-H.

|  |       |      |      |      |      |
|--|-------|------|------|------|------|
| <b>Ausladung</b>                                     | 60 m  | 55 m | 50 m | 45 m | 40 m |
| <b>Hubseillänge <math>l_0</math> bei Hakenhöhe 0</b> | 100 m | 95 m | 90 m | 85 m | 80 m |

**Tabelle 5.3: Hubseillänge bei Hakenhöhe 0<sup>184</sup>**



**Auf die Kranaufbauhöhe optimal angepasste Seillänge !**

1. 3 Sicherheitswindungen  
- plus -
2. benötigte Seilmenge im Kran  
(siehe Festlegung der Hubseillänge)  
- plus -
3. bei 4-strängig 4 x Hakenhöhe  
bei 2-strängig 2 x Hakenhöhe

**Abbildung 5.10: Gesamte Hubseillänge - Liebherr Kran 180EC-H<sup>185</sup>**

Zu dieser Hubseillänge bei Hakenhöhe 0 ( $l_0$ ) soll man dann abhängig von den Bedürfnissen der Baustelle, die benötigte Seillänge für die Deckung der Hakenhöhe ( $H$ ) addieren. Die Hubseillänge gesamt ( $L$ ) kann man mit den Formeln (5.9) und (5.10) errechnen:

- ◆ Hubseillänge gesamt zwei-strängig:

$$L = l_0 + 2 * H \quad (5.9)$$

- ◆ Hubseillänge gesamt vier-strängig:

$$L = l_0 + 4 * H \quad (5.10)$$

Da die Hakenhöhe fix ist, soll der Ausleger so hoch montiert sein, dass er alle Hindernisse im Schwenkbereich überragt. Der Hauptvorteil liegt prinzipiell in dem horizontalen Lastweg, der die Bedienung des Krans erleichtert und mit relativ geringem Leistungsaufwand das schnelle Verfahren der Laufkatze ermöglicht.

<sup>184</sup> Vgl. Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

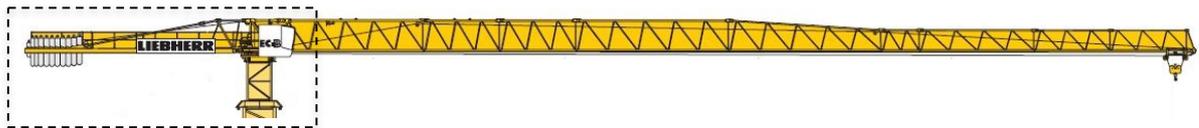
<sup>185</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

### 5.3.3 Biegebalkenausleger

Die Biegebalkenausleger sind die ersten modernen Ausleger (erster Wolffkran Kran auf der Leipziger Messe). Sie bestehen grundsätzlich aus einem waagrechten Balken, der mit dem Turm verbunden ist. Die damit ausgerüsteten Kräne sind spitzenlos. Wenn das Hubwerk am Ende des Gegenauslegers eingebaut ist, zum Beispiel bei einem Liebherr Kran 180 EC-B<sup>186</sup>, den man in Abbildung 5.11 sehen kann, ist die Anordnung des Seils ähnlich wie für einen „reinen“ Laufkatzausleger. Wenn die Gegenballäste am Ende des Gegenauslegers angeordnet sind, dann wird das Hubwerk auf die Drehbühne versetzt. Diese Montage kann man in Abbildung 5.12 für einen Liebherr Kran 130 EC-B sehen.



**Abbildung 5.11: Ausleger eines Liebherr Krans 180 EC-B<sup>187</sup>**



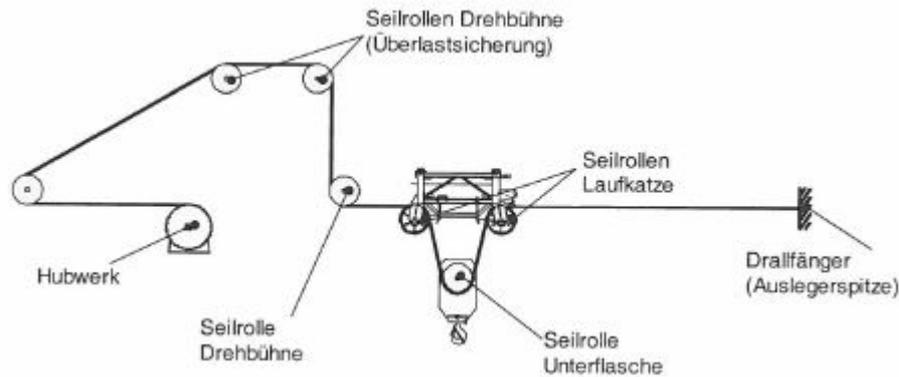
**Abbildung 5.12: Ausleger eines Liebherr Krans 130 EC-B<sup>188</sup>**

Abbildung 5.13 zeigt die Seilanordnung. Über dem Mast werden zwei zusätzliche Seilrollen erhöht angebracht. Diese Seilerhöhung ermöglicht einen Zugang zum Ausleger. Anschließend wird dieses Seil zu einer Seilrolle auf den Gegenausleger geleitet, um wie schon erwähnt, einen Abstand zu schaffen, der die laterale Bewegung beim Einrollen erleichtert.

<sup>186</sup> Vgl. Liebherr: Datenblatt 180 EC-B 10; 2002

<sup>187</sup> Liebherr: Datenblatt 130 EC-B 6; 2006

<sup>188</sup> Liebherr: Datenblatt 180 EC-B 8; 2005



**Abbildung 5.13: Hubseilmontage eines Biegebalkenauslegers<sup>189</sup>**

Der Vorteil des Biegebalkenauslegers ist, dass die nutzbare Höhe des Kranes gering gehalten wird. Das ist im Fall einer geplanten Überschneidung der Arbeitsbereiche von mehreren Kränen sehr zweckvoll. Das ermöglicht dann, wenn mehrere Kräne nebeneinander auf engem Raum arbeiten sollen, einen Hakenhöhenunterschied von etwa 5 m (2 m Sicherheitsabstand plus etwa 3 m für Ausleger- und Hakenabmessungen). Da die Biegebalkenauslegerkräne ohne Turmspitze kleiner (ohne sich gegenseitig zu stören) sein können, werden Turmstücke eingespart. Dadurch sind große Kostenersparungen möglich.<sup>190</sup> Nicht nur die Miete, sondern auch der Montageaufwand (mit Personal, Fahrzeugkräne usw.) und der Transportaufwand werden verringert. Die fehlende Turmspitze ist auch von Vorteil bei Baustellen neben Hochspannungsleitungen, im Tunnelbau oder auf Flughäfen (da sie problemlos unter dem Bodenradar durchschwenken).<sup>191,192</sup> Abbildung 5.14 zeigt eine Baustelle, wo fast nur Biegebalkenauslegerkräne im Einsatz sind. Viele Kräne können problemlos übereinander schwenken.

<sup>189</sup> Liebherr: Datenblatt 130 EC-B 6; 2006

<sup>190</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 41

<sup>191</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 32

<sup>192</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 20



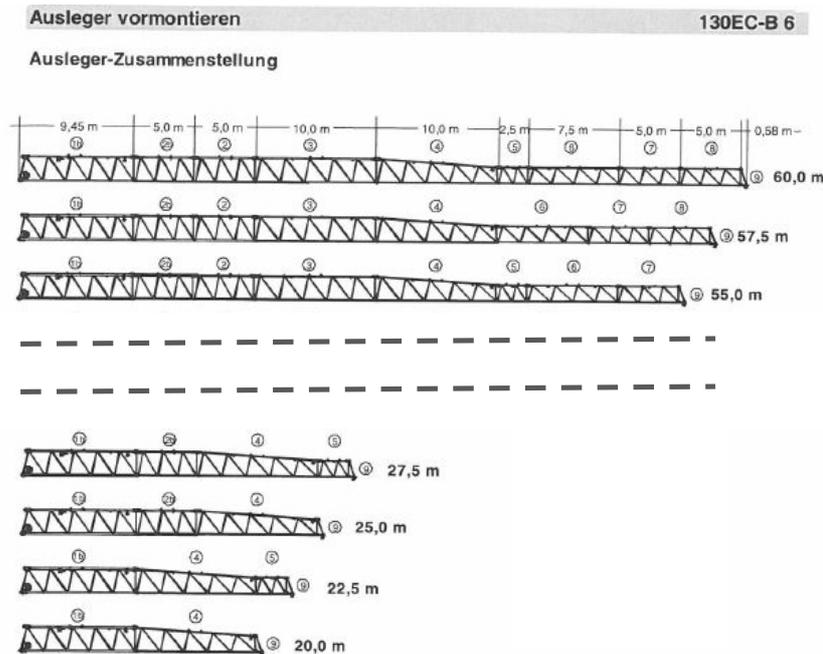
**Abbildung 5.14: Biegebalkenauslegerkräne im Einsatz<sup>193</sup>**

Da es keine Abspannung von der Turmspitze gibt, ist man bei der Auslegerlänge flexibler als bei einem Laufkatzausleger, siehe Kapitel 5.3.2. Es ist kein Verbindungspunkt vorzusehen, deswegen kann ein Biegebalkenausleger eine breitere Palette an Auslegerlängen anbieten. Während die anderen Auslegertypen meist nur je drei bis fünf verschiedene Auslegerlängen aufweisen, können die Biegebalkenausleger bis zu siebzehn verschiedene Längen haben. Abbildung 5.15 zeigt dieses Angebot für einen Liebherr Kran 130 EC-B 6.

Die Charakteristik der fehlenden Turmspitze bringt noch andere Vorteile mit sich. Die Montage ohne Abspannung ist einfacher und man kann auch während des Einsatzes des Krans die Auslegerlänge „in der Luft“ ändern.

---

<sup>193</sup> Liebherr: Die EC-B Flat-Top-Krane; 2007



**Abbildung 5.15: Mögliche Ausleger für einen Liebherr Kran 130 EC-B 6<sup>194</sup>**

Jedoch wird der Biegebalkenausleger durch die fehlende Abstimmung schwächer. Bei gleicher Länge, hat ein Laufkatzausleger eine höhere maximale Traglast als ein Biegebalkenausleger. Um vergleichbare Eigenschaften anbieten zu können, soll dann der Biegebalkenausleger verstärkt werden, das kostet dann aber auch mehr Geld. Als Nachteil zählt demzufolge der Preis.

### 5.3.4 Knickausleger

Als Variante des Laufkatzauslegers gibt es auch den sehr interessanten Knickausleger. Die Besonderheit liegt in der Zweiteilung des Auslegers. Der hintere Teil lässt sich mit einem Verstellwerk beinahe um 90° in die Höhe ziehen, während der vordere Teil mit Hilfe von Zugstangen in der horizontalen Ebene verbleibt. Abbildung 5.16 zeigt die Verbindung zwischen den zwei Auslegerteilen. Die Hub- und Laufkatzeile werden durch eine Umlenkrolle in den vorderen Teil des Auslegers geführt.

<sup>194</sup> Vgl. Liebherr: Datenblatt 130 EC-B 6; 2006



**Abbildung 5.16: Verbindung zwischen die zwei Auslegerteile einen Knickauslegerkran**<sup>195</sup>

Wenn der Ausleger ganz waagrecht liegt, dann ist er als Laufkatzausleger zu betrachten. Wird der Ausleger in Steilstellung gebracht, dann kann sich die Katze nur auf dem waagrechteten Teil des Auslegers bewegen.<sup>196</sup> So ergibt sich ein Hybridausleger zwischen einem Nadelausleger und einem Laufkatzausleger. Die Vorteile des einfachen horizontalen Lastwegs und der Verstellung in der Höhe werden kombiniert. Die nicht benötigte Ausladung kann in Hakenhöhe umgewandelt werden.<sup>197</sup>

Abbildung 5.17 zeigt den Gegenausleger eines Knickauslegerkrans. Das Hubwerk und das Einziehwerk sind darauf angeordnet, um Seillänge und Gegenballast zu ersparen. Diese Gegenballaststeine sind bewegbar und werden automatisch verschoben. Außerdem ist der Gegenausleger relativ kurz (in Abbildung 5.17 nur 10,5 m) und erlaubt eine Arbeit auf engstem Raum.<sup>198</sup>

<sup>195</sup> Liebherr: Die Turmdrehkrane HC-K mit Knickausleger; 1976

<sup>196</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 20

<sup>197</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 34

<sup>198</sup> Vgl. Liebherr: Die Turmdrehkrane HC-K mit Knickausleger; 1976



Abbildung 5.17: Gegenausleger eines Knickauslegerkrans<sup>199</sup>

Als Beispiel wird das Modell 112HC-K von Liebherr betrachtet, dessen Katzfahrbereich in Abbildung 5.18 dargestellt ist. In Abbildung 5.19 ist die Traglasttabelle des Krans dargestellt. Zwischen  $0^\circ$  und  $15^\circ$  muss der Ausleger lastlos verstellt werden. Ab  $15^\circ$  hat der Ausleger einen  $60^\circ$  großen Arbeitsbereich, wobei der hintere Teil unter Last verstellt werden kann. Zwischen  $75^\circ$  und  $90^\circ$  muss der Ausleger wieder lastlos verstellt werden. Diese Zone dient für das Parken des Krans.

Während der waagrechte Teil an Höhe gewinnt, nähert er sich dem Kranturm, sodass die Ausladung mit zunehmender Steilstellung abnimmt, siehe Abbildung 5.18. Zum Beispiel hat man bei einem Ausleger von 50 m noch eine Ausladung von etwa 33 m in der höchsten Position des Auslegers. Man gewinnt dadurch mehr als 22 m an Höhe, verliert aber 17 m an Ausladung.<sup>200</sup>

<sup>199</sup> Liebherr: Die Turmdrehkrane HC-K mit Knickausleger; 1976

<sup>200</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 20

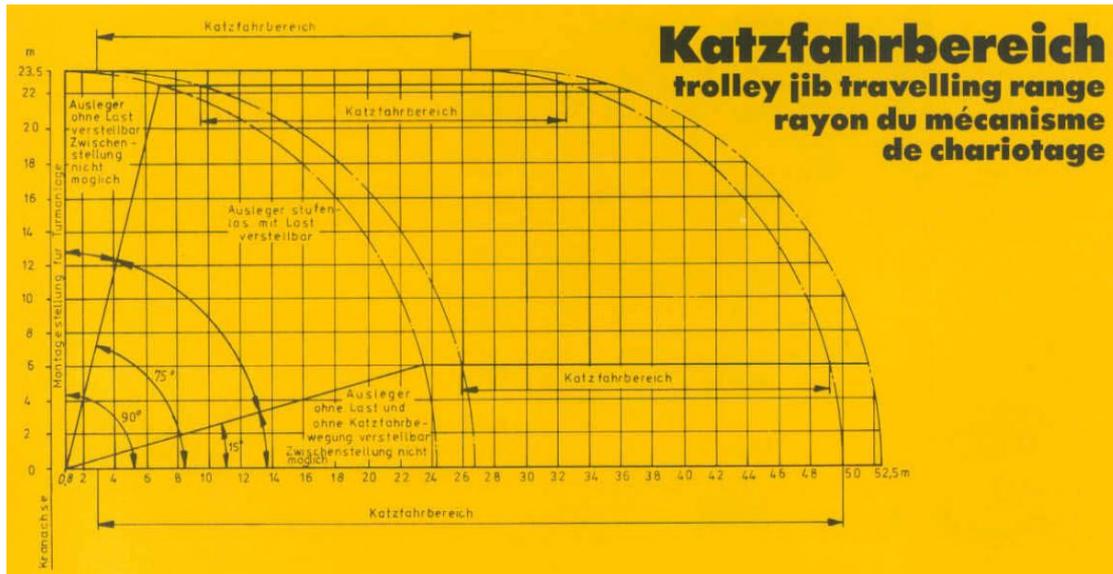


Abbildung 5.18: Katzfahrbereich eines Liebherr-Krans 112HC-K<sup>201</sup>

Wegen der Konstruktionsweise dieses Krans ist die Traglasttabelle anders als bei den anderen Kränen zu lesen. Abhängig von dem Winkel, von der Stellung des Auslegers und von der Traglast sind die Ausladungen vorgegeben. Es ist ersichtlich, dass die Tragfähigkeit des vorderen Teils des Auslegers annähernd gleich bleibt, siehe Abbildung 5.20. Man könnte denken, dass mit einem größeren Winkel, die Tragfähigkeit des Auslegers besser sein würde. Aber die Traglastkurven sind lediglich parallel verschoben. Die Tragfähigkeit des horizontalen Auslegererelementes ist von dem Winkel des angehobenen Auslegersegmentes unabhängig.

| Ausleger<br>Jib<br>Flèche                                   | Veränderung der Hakenhöhe durch Steilstellung<br>Variation of height under hook by luffing the jib<br>Variation de la hauteur sous crochet en relevant la flèche | Tragfähigkeit kg / Ausladung (m) mit gestrecktem (0°) und geknicktem Ausleger (15° – 75°).<br>Darüber hinaus ist jede Zwischenstellung von 15° bis 75° möglich.<br>Capacity kg / Radius (m) with jib in horizontal (0°) and luffed position (15° – 75°).<br>Any other position between 15° and 75° is also possible.<br>Charge kg / Portée (m) avec flèche en position horizontale (0°) et en position relevée (15° – 75°).<br>Toute autre position entre 15° et 75° est également possible |
|---|--|---|
| 50 m  |  | kg 8000 6720 5760 5010 4420 4120 3940 3540 3200 2910 2670 2450 2260 2090 1940 1800  |
| Auslegerstellung<br>Jib position<br>Position de la flèche   | 0°   | m 2,8 – 15,0  |
|   | 15°  | + 6,1 m   |
|   | 30°  | + 11,7 m  |
|   | 45°  | + 16,6 m  |
|   | 60°  | + 20,3 m  |
|   | 75°  | + 22,7 m  |
| Montagestellung<br>Erecting position<br>Position de montage | 90°  | + 23,5 m  |

Abbildung 5.19: Traglasttabelle eines Liebherr-Krans 112HC-K<sup>202</sup>

Mit 0° Verstellung funktioniert der Knickausleger genauso wie ein Laufkatzausleger siehe Abbildung 5.20. Deshalb ist die blaue Kurve anders. Die anderen Kurven gehören zu den verschiedenen Steilstellungen des Auslegers. Durch das Knicksystem darf die Laufkatze

<sup>201</sup> Liebherr: Datenblatt 112 HC-K; 1981

<sup>202</sup> Liebherr: Datenblatt 112 HC-K; 1981

nicht am hinteren Teil entlang des Auslegers fahren. Deswegen beschreiben diese Kurven nur den etwa 23 m langen Katzfahrbereich des Auslegervorderteils. Abhängig von dem Steilstellungswinkel deckt dieser Katzfahrbereich unterschiedliche Ausladungsbereiche ab.

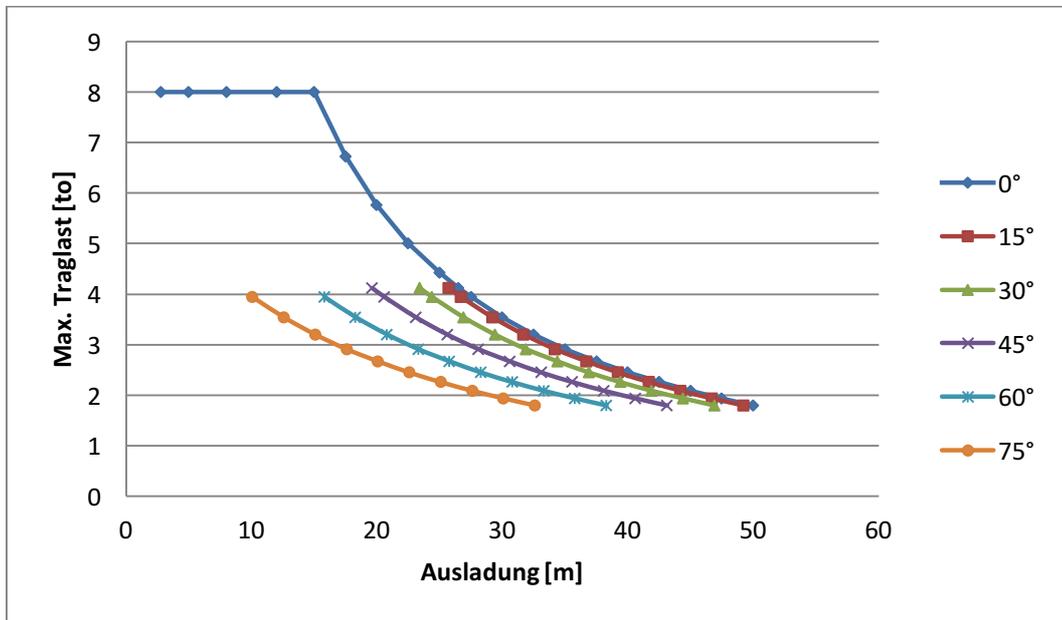


Abbildung 5.20: Traglastkurve des Liebherr-Krans 112 HC-K (Knickausleger)<sup>203</sup>

Weil der hintere Teil des Auslegers unverwendbar ist, ergibt sich eine tote Zone von durchschnittlich 10 m um den Turm herum, was ein großer Nachteil ist. So bekommt man einen speziellen Arbeitsbereich, der in Abbildung 5.21 dargestellt wird. Hier ist ein Kran, mit einem Arbeitsbereich zwischen 15° und 75° Steilstellungen des Wippteils dargestellt.

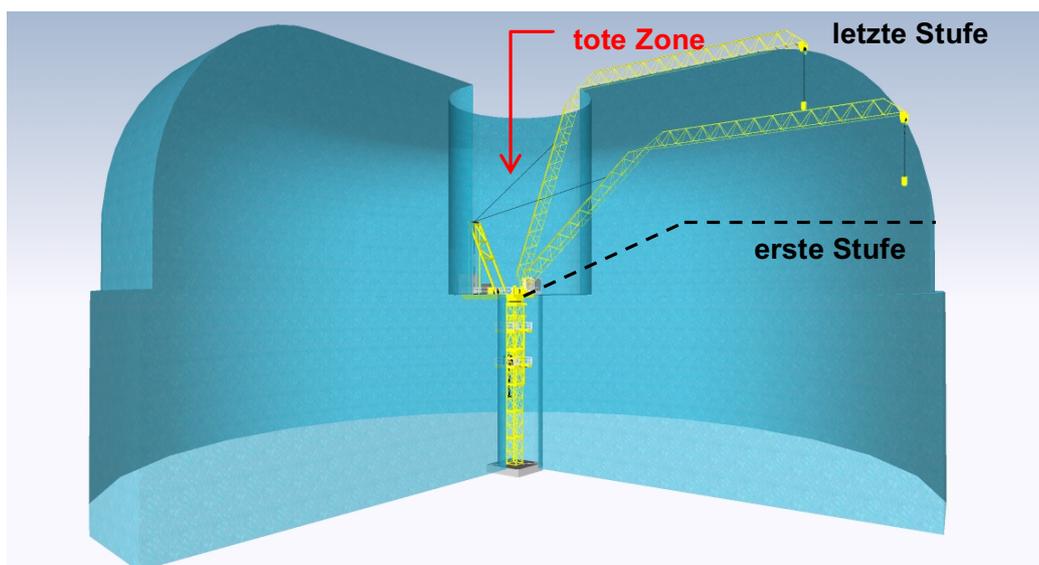


Abbildung 5.21: Darstellung des Arbeitsbereiches eines Kickaulegerkrans

<sup>203</sup> Vgl. Liebherr: Datenblatt 112 HC-K; 1981

Die Möglichkeit der bestimmbaren Auslegerhöhe ist ein großer Vorteil dieser Auslegerart, da der Platzbedarf verringert wird. Im Falle eines sehr engen Arbeitsbereiches kann man nämlich mit dieser Auslegerart 17 m Ausladung ersparen. Die Verstellung bringt verschiedene Effekte mit sich. Nicht nur mit der Annäherung an die Turmachse erfolgt eine Platzeinsparung, sondern auch mit der Erhöhung des Auslegers, da man dadurch Hindernisse oder andere Kräne überragen kann.

Außerdem gewinnt der Kran mit der Erhöhung des Auslegers an Hakenhöhe. Dank diesem Wissen kann der Einsatz an Turmstücken und Abstützungen optimiert werden. So können die Kosten für die Miete der Turmstücke, die Montage und/oder den Kletttervorgang sowie den Transport gespart werden. Da der Höhen-Gewinn sehr stark sein kann, kann man dadurch auch die Zahl von Turmverankerungen verringern.<sup>204</sup>

Früher, in den 70er Jahren, wurden solche Kräne bei dem Bau von hohen Gebäuden und Türmen, wie zum Beispiel bei Fernsehtürmen oder Kühltürmen sehr häufig verwendet, siehe Abbildung 5.22.<sup>205</sup>



**Abbildung 5.22: Knickauslegerkran im Einsatz<sup>206</sup>**

---

<sup>204</sup> Vgl. pw Internet Solutions GmbH: Krane machen das Leben leichter; 2015

<sup>205</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 48

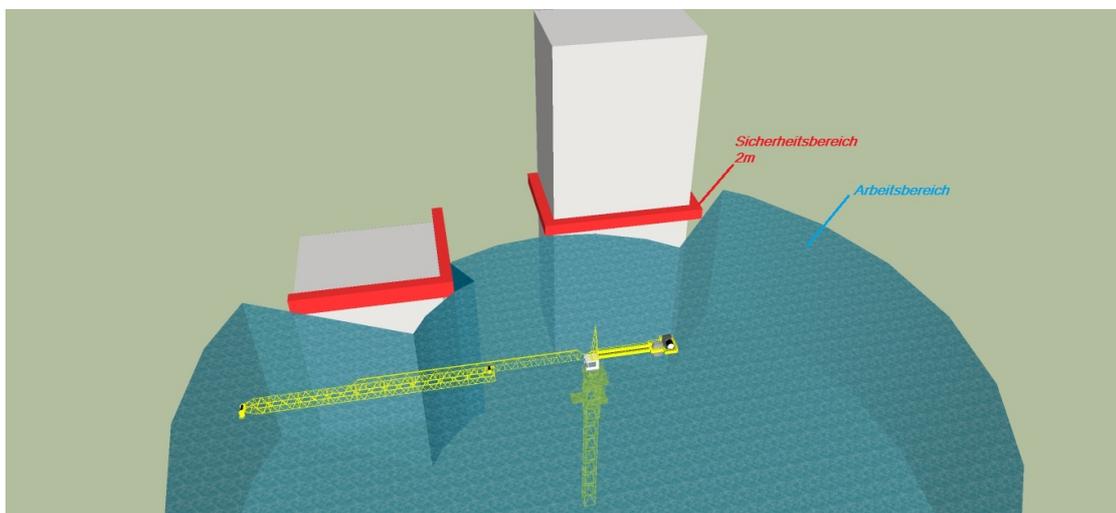
Aufgrund der Komplexität der Mechanismen sind die Kauf-, Wartungs- und Montagekosten sehr hoch. Wegen seiner Konstruktion kann dieser Ausleger aber nicht so gut wie ein Laufkatzen- oder Biegebalkenausleger zerlegt werden, deshalb ist der Transport sehr aufwendig. Knickauslegerkräne werden heutzutage kaum noch eingesetzt.<sup>207</sup>

### 5.3.5 Teleskopausleger

Eine weitere Auslegervariante ist der Teleskopausleger, bei dem der Ausleger in zwei Teile unterteilt ist, die entweder untereinander oder ineinander verschoben werden können. Der Teleskopvorgang ist stufenlos möglich. Das Ausfahren kann auch unter Last erfolgen, wobei gleichzeitig die Laufkatze bewegt werden kann.<sup>208</sup>

Die Gegenauslegerblöcke sind, abhängig von der Ausladung, auch bewegbar. Der Hauptvorteil dieses Auslegers ist die horizontale Platzeinsparung. Mit einem komplett zurückgezogenen Ausleger halbiert man die maximale Ausladung des Krans.<sup>209,210</sup>

Je nach Bedarf, kann man für eine mehr oder weniger lange Strecke die Auslegerlänge ändern, siehe Abbildung 5.23. Somit können die Arbeitsbereiche mehrerer Kräne aufeinander abgestimmt werden. Vorteilhaft ist die Verstellung der Auslegerlänge natürlich auch beim Vorbeischwenken an Hindernissen.



**Abbildung 5.23: Beispiel eines Teleskopauslegerkran Arbeitsbereichs**

<sup>206</sup> pw Internet Solutions GmbH: Krane machen das Leben leichter; 2015

<sup>207</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 20

<sup>208</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 32

<sup>209</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 33

<sup>210</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 41

Die Laufkatze hängt am weitentferntesten Teil des Auslegers. Für einen Liebherr Kran 300 HC-T erfolgt das Ein- und Ausfahren des Auslegers z.B. mit einer Geschwindigkeit von 22 m/min. Die Geschwindigkeit des Teleskopverfahrens ist als langsam zu betrachten. Jedoch, bei einem horizontalen Lastweg ohne Hindernisse, würde sich diese Geschwindigkeit mit der Laufkatzen Geschwindigkeit addieren und so erfolgt eine schnelle Bewegung.<sup>211</sup>

Auch bei diesem Auslegertyp sind die Kauf-, Wartungs- und Montagekosten sehr hoch und werden deshalb heutzutage kaum mehr benützt.

### 5.3.6 Untendreherausleger

Einige Untendreher sind so ausgerüstet, dass sie Ausleger haben, die so wie Nadelausleger eine Steilstellung haben können. Mehrere Möglichkeiten sind je nach Kranmodell zu betrachten, siehe Abbildung 5.24.

- ◆ Das Vorderteil kann von 0 bis 45° angehoben werden. Die Laufkatze kann dann entweder nur auf dem angehobenen Teil oder nur auf dem hinteren Teil fahren. Somit kann der Kran näher bei einem Hindernis sein (z.B. ein Bauwerk) und an diesem vorbeischnellen.<sup>212,213</sup>
- ◆ Das Vorderteil ist komplett geklappt. Dies ist die sogenannte Ausweichstellung. Die Katze kann nur auf dem hinteren Teil fahren. In dem Fall hat der Kran ein ganz anderes Gleichgewicht und somit können die maximalen Traglasten auf dem hinteren Auslegerteil größer sein! Diese Stellung ist in Abbildung 5.24 (rechts außen) illustriert.<sup>214</sup>
- ◆ Man kann auch den ganzen Ausleger, bis zu einem von den Charakteristiken des Krans bestimmten Winkel hochklappen. Das bringt Vorteile (Platzeinsparung) und die Laufkatze kann auch in der Steilstellung den ganzen Ausleger entlang fahren. Die Verstellung ist aber sehr aufwendig. Je steiler der Ausleger steht, desto niedriger wird die maximale Traglast. Abbildung 5.24 zeigt diese Stellung mit dem zweiten Kran von links.<sup>215,216</sup>

<sup>211</sup> Vgl. Liebherr: Das Kranprogramm; 2000

<sup>212</sup> Vgl. Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>213</sup> Vgl. Liebherr: Datenblatt 81 K; 2010

<sup>214</sup> Vgl. Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>215</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 29

<sup>216</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über unten drehende Turmdrehkrane (Schnellmontagekrane); 2008; S. 19



**Abbildung 5.24: Auslegerstellungen für Untendreher<sup>217</sup>**

- ◆ Das Vorderteil ist in der Ausweichstellung und der hintere Teil ist hochgeklappt. Der Kran kann dann größere Lasten als bei gerader Auslegerstellung heben.<sup>218</sup> Trotzdem ist dieses Verfahren wegen des Winkels des Auslegers aufwendig. (Kran links außen in Abbildung 5.24)

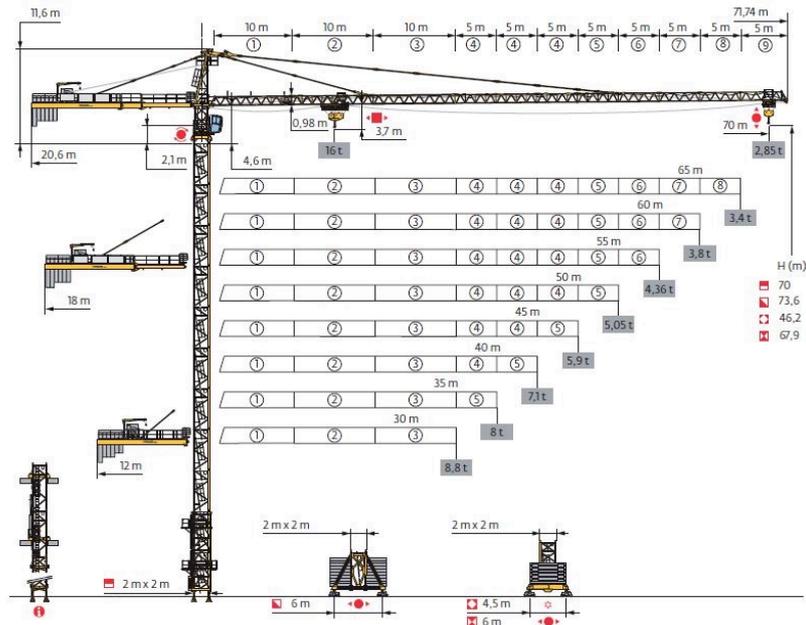
### 5.3.7 Gegenausleger

In seltenen Fällen kann auch die Länge der Gegenausleger variieren. Zum Beispiel kann man einen Potain Kran MD310 C K16 in Abbildung 5.25 sehen. Die Datenblätter des Herstellers liefern dann die Informationen, mit welcher Auslegerlänge die verschiedenen Gegenauslegerlängen zu montieren sind. Für die kleinen Auslegerlängen genügt unter Umständen ein kurzer Gegenausleger, der durch den Verzicht auf ein Zwischenstück erreicht wird.<sup>219</sup>

<sup>217</sup> Meyer: Wissenwertes über unten drehende Turmdrehkrane (Schnellmontagekrane); 2008; S. 20

<sup>218</sup> Vgl. Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>219</sup> Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 21

Abbildung 5.25: Potain Kran MD310 C K16<sup>220</sup>

## 5.4 Ausführung des Kranunterbaus

Der Unterbau des Krans kann nach zwei verschiedenen Aufstellarten montiert werden. Entweder kann der Kran stationär oder fahrbar sein.<sup>221</sup>

Die Entscheidung der Aufstellungsart wird unter Betrachtung der vielen folgenden Faktoren getroffen, wie beispielsweise Baustellenuntergrund, Einsatzdauer, Kosten, Einsatzkonfiguration usw.

### 5.4.1 Erklärung der einwirkenden Kräfte

Da der Kran sehr großen Kräften ausgesetzt wird, muss man einen ausreichend stand-sicheren Unterbau auswählen.

#### 5.4.1.1 Vertikale Kräfte

Abbildung 5.26 zeigt die vertikalen Kräfte, die auf den Kran einwirken. G1 ist das Gewicht des Gegenballasts, G2 beschreibt das Eigenwicht des Gegenauslegers, G3 ist das Eigengewicht des Auslegers, G4 zeigt das Gewicht der Hebellast und G5 steht für das Eigengewicht des Kranturms inklusive des Unterbaus (entweder Unterwagen/Fundamentkreuz und Zentralballast oder Fundamentanker). D ist der Abstand zwischen der Kranachse und der Achse der resultierenden Kräfte aller vertikalen Kräfte (Rc). Abhängig von der Last und ihrer Stellung zum Ausleger kann der Abstand D mehr oder

<sup>220</sup> Manitowoc: Potain MD 310 C K16 Data Sheet; 2008; S. 1

<sup>221</sup> Vgl. Rauh: Studienhefte der Baubetriebslehre – Heft 4: Hochbautechnik und Bauverfahren im Hochbau; 2003; S. 4

weniger lang sein. Der Startpunkt des Vektors  $R_c$  befindet sich auf einem Punkt entlang der Projektion des Auslegers am Boden, siehe Abbildung 5.26. Gemäß den Auslegerbewegungen liegt dieser Punkt in einem Umkreis von  $360^\circ$  um den Turm.<sup>222</sup>

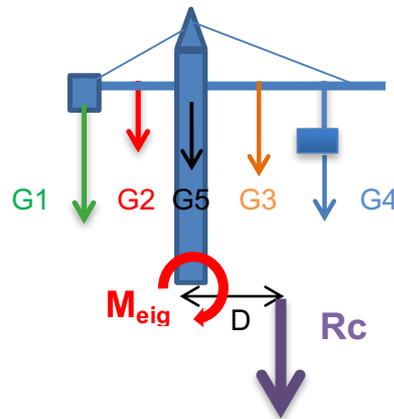


Abbildung 5.26: Vertikale Kräfte in dem Kran<sup>223</sup>

Der Abstand  $D$  verursacht ein Kippmoment am Fuße des Krans:

◆ Kippmoment:<sup>224</sup>

$$M_{\text{eig}} = D * R_c \quad (5.11)$$

#### 5.4.1.2 Horizontale Kräfte

Der Wind hat einen sehr großen Einfluss auf den Kran. Auch wenn die feinteilige Gittermaststruktur die Windstärke reduziert, sind die Windkräfte nicht zu vernachlässigen.

Der Wert dieser horizontalen Kräfte hängt unter anderem von der Höhe des Krans ab und ist am größten, wenn der Wind direkt auf die Seitenflächen des Auslegers einwirkt. Sie haben die Tendenz, den Kran zum Kippen zu bringen und vergrößern somit die Eckdrücke. Die Bewegungen der Laufkatze auf dem Ausleger (Beschleunigung und Bremsen) verursachen auch horizontale Kräfte, die die Eckdrücke leicht beeinflussen.<sup>225</sup>

#### 5.4.1.3 Torsionsmoment

Beim Anfahren oder Abbremsen der Schwenkbewegung entsteht ein Torsionsmoment im Kranturm, dessen Wert von der Anfahrts- oder Bremszeit, von der Motorleistung sowie von der Krangröße abhängt.

<sup>222</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 3

<sup>223</sup> Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 3

<sup>224</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 3

<sup>225</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 3

Auch wenn der Kran nicht schwenkt, kann es Torsionsmomente geben. Zum Beispiel, wenn der Wind stark bläst und zusätzlich der Ausleger quer zu der Windrichtung liegt.<sup>226</sup>

## 5.4.2 Der Unterwagen

Wenn die Baustelle es erfordert, dass ein obendrehender Kran fahrbar sein soll, um eine größere Arbeitsfläche abdecken zu können, dann ist der Unterwagen die am häufigsten verwendete Lösung. Jedoch wird der Unterwagen auch oft für eine stationäre Ausführung benutzt. Abbildung 5.27 zeigt zwei verschiedene Montagemöglichkeiten hierfür. Links sieht man einen Unterwagen auf Schienen und rechts ein Unterwagen auf Fundamentplatten.

### 5.4.2.1 Unterwagen fahrbar

Ein Unterwagen besteht aus einem Chassis mit vier schrägen Druckstreben, welche die auftretenden Kräfte aus dem Turm in die Ecken ableiten. Auf dem Wagen wird der Zentralballast positioniert, um die Standsicherheit zu fördern. Anzahl und Typ hängen vom Krantyp und den Arbeitsbedingungen ab, wie z.B. von der Hakenhöhe, Auslegerlänge, maximalen Last, Systemmasse des Unterbaus usw. Diese sind von den Herstellern in Tabellen zusammengefasst, siehe Anhang F. Vor dem Montagebeginn ist die Bodenbelastbarkeit zu prüfen.<sup>227</sup>



**Abbildung 5.27: Unterwagen auf Fundamentplatten oder Schienen<sup>228</sup>**

Der Unterwagen steht auf vier angetriebenen oder nicht angetriebenen Fahrschemeln, starr oder kurvenfahrbar. Abbildung 5.28 zeigt den Unterschied zwischen starrer (links) und kurvenfahrbarer (rechts) Fahrwerkskonstruktion.

<sup>226</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 4

<sup>227</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 6

<sup>228</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung



**Abbildung 5.28: Starre und kurvenfahrbare Fahrwerke<sup>229</sup>**

Wenn diese Lösung vorgesehen wird, dann sind Schienen erforderlich. Schienen werden meistens gerade gesetzt. Es gibt zahlreiche Vorteile, wie z.B., dass die Arbeitsfläche sehr groß sein kann, ohne einen riesigen Ausleger montieren zu müssen. Diese Größe ist durch die Länge des Schienenwegs veränderlich. Die waagrechte Verschiebung erlaubt auch schwere Traglasten auf einer großen langen ovalen Fläche zu manipulieren. Die Schienen können auch kurvenförmig oder im Gefälle (bis ca. 3%) verlegt werden. Die Schienen werden meistens auf Trägerprofilen montiert und sind dadurch relativ schnell und einfach zu verlegen.<sup>230</sup>

Fahrgeschwindigkeiten mit bis zu 25 m/min (1,5 km/h) sind möglich. Im Vergleich dazu reichen die Laufkatzen Geschwindigkeiten durchschnittlich von 0 bis etwa 100 m/min (6 km/h). Bei den älteren Kränen erfolgt die Laufkatzenbewegung nur stufenweise (verschiedene Laufkatzen Geschwindigkeitsmodi mit abrupten Umschaltungen). Heutzutage können Laufkatzen stufenlos gefahren werden.<sup>231,232</sup>

### **Beispiel:**

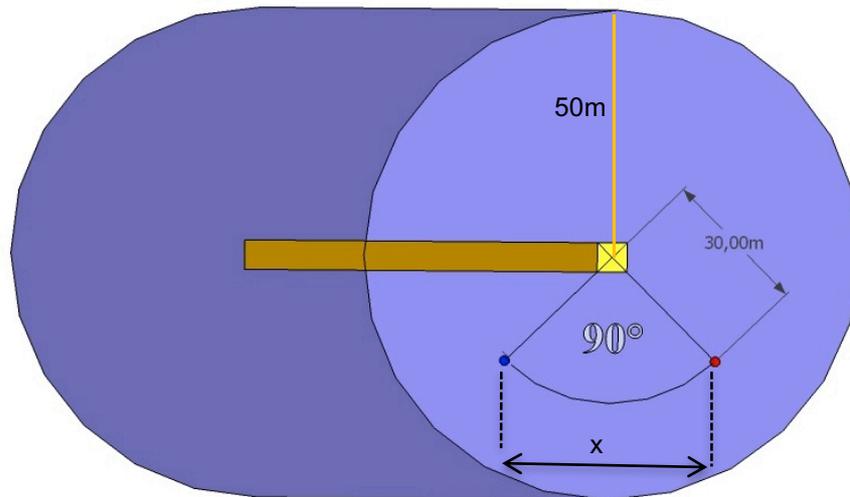
Betrachten wir die Situation, wie in Abbildung 5.29 dargestellt, wo eine Last vom roten Punkt bis zum blauen Punkt verlagert werden soll. Der Kran hat einen Laufkatzenausleger mit einer Länge von 50 m.

<sup>229</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

<sup>230</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 6-7

<sup>231</sup> Vgl. Liebherr: Das Kranprogramm; 2000

<sup>232</sup> Vgl. Wolffkran: Produktübersicht; 2010



**Abbildung 5.29: Schema der Deckung eines stationären Krans**

Abbildung 5.29 beschreibt einen Lagerplatz mit einem Schienenweg für einen fahrbaren Kran. Der Ausleger soll sich um  $90^\circ$  drehen. Die Schwenkung erfolgt mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von  $0,8$  Umdrehungen/min ( $288^\circ/\text{min}$ ) und dauert  $18,75$  Sekunden.<sup>233</sup>

Abhängig von der Position der Laufkatze und dem erforderlichen Winkel (zwischen Start- und Endpunkt) erfolgt mit der Schwenkung eine Verlagerung der Last von einem sehr veränderlichen Abstand „x“. Die notwendige Zeit hängt nur von dem oben erwähnten Winkel ab. Einige Beispiele werden in Tabelle 5.4 dargestellt (Geschwindigkeit  $0,8$  U/min).

| Schwenkung       | $10^\circ$ | $25^\circ$ | $50^\circ$ | $90^\circ$ | $120^\circ$ | $180^\circ$ |
|------------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| Zeitdauer (Sek.) | 2,1 s      | 5,2 s      | 10,4 s     | 18,8 s     | 25,0 s      | 37,5 s      |

| Laufkatzenposition | Abstand „x“ |        |        |        |         |         |
|--------------------|-------------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 30 m               | 5,2 m       | 13,0 m | 25,4 m | 42,4 m | 52,0 m  | 60,0 m  |
| 40 m               | 7,0 m       | 17,3 m | 33,8 m | 56,6 m | 69,3 m  | 80,0 m  |
| 50 m               | 8,7 m       | 21,6 m | 42,3 m | 70,7 m | 86,6 m  | 100,0 m |
| 60 m               | 10,5 m      | 26,0 m | 50,7 m | 84,9 m | 104,0 m | 120,0 m |

**Tabelle 5.4: Abstand „x“ abhängig von der Laufkatzenposition und dem Schwenkwinkel**

Mit einer Ausladung von  $50$  m und einem Winkel von  $90^\circ$  werden  $70,7$  m in  $18,75$  s. durchlaufen. Um denselben Abstand mit einer Schienenfahrt (Kranfahrergeschwindigkeit  $25$  m/min) zu schaffen, braucht man fast drei Minuten.

<sup>233</sup> Vgl. Wolffkran: Produktübersicht; 2010

Dazu kommt auch die Bewegung der Laufkatze, die bei weitem die schnellste Bewegung ist. Die optimalsten Spielzeiten erhält man, wenn man die waagrechten Schienenfahrten vermeidet. Gleichzeitig in Kombination mit anderen Bewegungen kann sich aber die Schienenfahrt positiv auf der Spielzeit auswirken. Die Schienenkranausrüstung soll nur gewählt werden, im Falle einer lang gestreckten ovalen Baustelle. Sie hat höhere Kosten wegen des Unterwagens und der Schienen, ermöglicht aber Materialeinsparungen. Die Einsparungen ergeben sich nicht nur durch einen eventuell kleineren Ausleger oder niedrigeren Transport- und Montagekosten, sondern auch, weil die Krananzahl verringert werden kann.

Durch Kurven können noch weitere Abdeckungen von Arbeitsflächen erzielt werden. Diese werden in der Praxis jedoch kaum verwendet. Je größer der Kurvenradius der Schienen ist, desto besser ist es für die Fahreigenschaften und die Laufräder. Für die Platzersparung sind die Schienen nicht geeignet. Abbildung 5.30 zeigt die Schienenerstellung der Firma Liebherr.

Durch den Einsatz von Schienen, kann ein einziger Kran einen sehr großen Arbeitsbereich abdecken. Aber man muss die Bedürfnisse des Bereichs gut einschätzen können. Denn wenn die zeitliche Auslastung in diesem Bereich zu hoch ist, dann ist ein einziger Kran ineffizient. Außerdem, wenn zu viele Schienenfahrten notwendig sind, ist diese Lösung wegen der niedrigen Fahrgeschwindigkeit auch ineffizient.

Zum Schluss ist festzuhalten, dass der Einsatz von Schienen nur für einen großflächigen ruhigen Bereich geeignet ist. Das heißt, sie sind eher für Lagerplätze als für Baustellen zu verwenden.

Andere Nachteile des Schieneneinsatzes sind z.B., dass keine Objekte zwischen den Schienen gelagert werden sollen. Weiters ist seitlich ein Sicherheitsabstand von 0,5 m vorzusehen. Das heißt, der Platzbedarf dieser Fahrwerksart ist sehr hoch.<sup>234</sup>

---

<sup>234</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 6

## Gleisverlegung in der Kurve

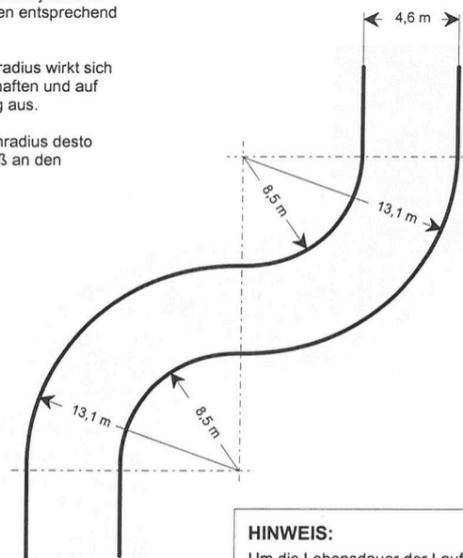
4,6 m Spur

Maße beziehen sich auf Mitte Schienenkopf

Die Kurvenradien können jederzeit den Platzverhältnissen entsprechend vergrößert werden !

Ein größerer Kurvenradius wirkt sich auf die Fahreigenschaften und auf die Laufräder günstig aus.

Je größer der Kurvenradius desto kleiner der Verschleiß an den Laufrädern !

**HINWEIS:**

Um die Lebensdauer der Laufräder zu erhöhen, müssen die seitlichen Anlaufflächen der Schienenköpfe mit graphithaltigem Fett eingefettet werden !

angetriebener Radkasten  
auf der Außenseite der Kurve

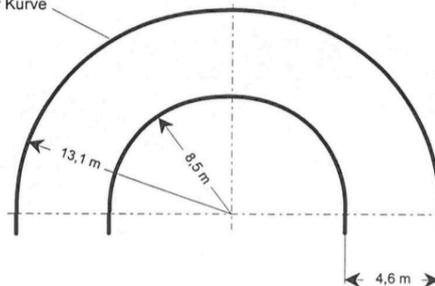


Abbildung 5.30: Schienenerstellung<sup>235</sup>

#### 5.4.2.2 Stationärer Unterwagen

Ein Unterwagen kann auch für eine stationäre Ausführung verwendet werden, wie z.B. in Abbildung 5.27 zu erkennen ist. Entweder kann der Unterwagen direkt auf Fundamentplatten mit Ankerschuhen montiert werden oder man montiert zwei parallele Kranbahnschienen und fixiert den Unterwagen mit Schienenzangen. Das Festsetzen des Krans (für einen stationären Kran oder einen fahrbaren Kran außer Betrieb) erfolgt durch die Herstellung von Schienenzangen.<sup>236</sup>

Hier liegt der Vorteil im Rahmen der Mobilität des Krans. Oft sollen Kräne, ohne Zwischenlagerung direkt von einer Baustelle zu einer anderen transportiert werden. Aber

<sup>235</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

<sup>236</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 6

wenn die vorhandenen Unterbauten für die aktuelle und zukünftige Baustelle unterschiedlich sind, ist es natürlich nicht optimal. Das Wechseln des Unterbaus ist relativ aufwendig. Dann folgt man dem Motto: „Was mehr kann, kann auch weniger“ und montiert im Zweifel einen Unterwagen. Schienen zu legen ist günstig und einfach. Wenn der Kran fahrbar sein soll, erstellt man die erforderliche Schienenanlage, wenn er stationär sein soll, erstellt man nur zwei kurze Schienenstücke. Das ist viel leichter als Fahrwerke immer wieder zu montieren oder abzumontieren.

### 5.4.3 Das Fundamentkreuz

Das Fundamentkreuz übernimmt die gleiche Funktion wie ein Unterwagen. Es kann entweder stationär oder fahrbar sein, abhängig davon, ob es mit Fahrwerken ausgerüstet ist. Das Fundamentkreuz ist einfacher konstruiert als der Unterwagen und kann schneller aufgebaut werden. Es besteht meist aus drei HEB-Trägerprofilen, siehe Abbildung 5.31. Die Verbindung der Elemente erfolgt heutzutage schnell und einfach mit Bolzen.



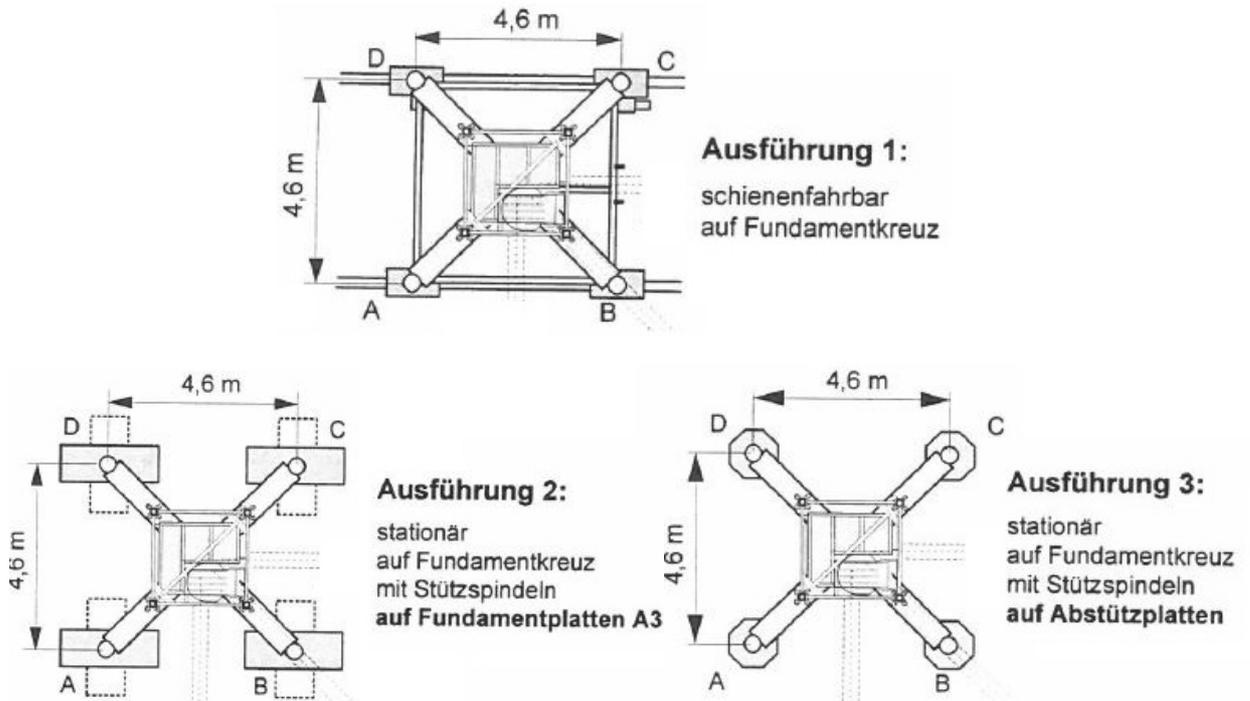
Abbildung 5.31: Elemente eines Fundamentkreuzes<sup>237</sup>

Mit einem Turmstück und den vier schrägen Druckstreben ist der Unterwagen stärker konstruiert als das Fundamentkreuz. Der große Vorteil des Fundamentkreuzes ist die Vielfalt an Ausrüstungsmöglichkeiten. Während der Unterwagen nur für einige wenige Turmsysteme kompatibel ist, ist das Fundamentkreuz für mehrere verschiedene Turmsysteme verwendbar. Außerdem, wie schon erwähnt, können Fundamentkreuze, um einen fahrbaren Kran zu bauen, mit starren oder kurvenfahrbaren Fahrwerken montiert werden. Auch hier ist vor dem Montagebeginn die Bodenbelastbarkeit zu prüfen.

Abbildung 5.32 zeigt die Struktur einer fahrbaren Ausrüstung (Ausführung 1). Man kann erkennen, dass sie verstärkt ist. Die Bewegung des Krans bewirkt eine größere Beanspruchung im Kreuz. Die Montage ist demzufolge ein bisschen aufwendiger, siehe Kapitel 5.7.2. Mit dieser Ausführung und mit zusätzlichen Schienenzangen zum fixieren kann

<sup>237</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

der Kran auch für einen stationären Einsatz verwendet werden. Für eine stationäre Ausrüstung werden Fundamentkreuze in zwei bzw. drei mögliche Arten verwendet (Ausführung 2 und 3 in Abbildung 5.32). Sie können einfach auf Fundamentplatten montiert werden.



**Abbildung 5.32: Bezeichnung der Ausrüstungen eines Fundamentkreuzes<sup>238</sup>**

Ist der geplante Kranstandplatz nicht ganz eben, dann kann man auch Abstützplatten und Spindeln benutzen. Die Abstützplatten können entweder starr oder mit einem Kugelgelenk gebaut sein. Dank dem Kugelgelenk kann der Kran auch auf einem nicht perfekt ebenflächigen Boden sicher stehen. Abbildung 5.33 zeigt die oben angeführten Elemente.



**Abbildung 5.33: Kugelgelagerte Spindeln<sup>239</sup>**

<sup>238</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 140 EC-H 6; 2001

Die Ballaststeine werden direkt auf das Kreuz gestellt. Anzahl und Typ werden von dem Hersteller durch Tabellen vorgegeben. Sie sind von dem Krantyp, der Hakenhöhe, der Auslegerlänge und dem Unterbau abhängig, siehe Anhang F.<sup>240</sup>

#### 5.4.4 Die Fundamentanker

Eine weitere Möglichkeit, um den Kran aufzustellen, ist die Verwendung von Fundamentanker. Das Prinzip ist, dass an den Füßen des Krans Ankerrahmen montiert werden. Sie dienen als Verbindung zwischen Kranturm und Betonfundament. Diese Anker werden in einem Betonblock eingegossen. Der Betonblock ist für die Fundamentanker das, was der Zentralballast für den Unterwagen und das Fundamentkreuz ist. Das heißt, dass er gut dimensioniert sein soll. Die Abmessungen ergeben sich durch die aufzunehmenden Horizontal-, Vertikalkräfte und Kippmomente. Diese werden durch die Kranhöhe, Auslegerlänge und den zu hebenden Lasten bestimmt. Gemeinsam mit der Auslegung des Betonblocks ist die Untergrunduntersuchung des Standortes erforderlich, siehe Kapitel 5.1.3. Er muss eine ausreichende Tragfähigkeit haben, sodass der Kran keinen Schaden verursacht (z.B. durch einen darunter liegenden Keller fallen).<sup>241</sup>

Dafür sind die Eckdrücke des Krans maßgebend. Die verschiedenen Kranhersteller haben viele unterschiedliche Ankersysteme gebaut und entwickelt. Jeder Hersteller liefert Tabellen mit den Eckdrücken. Damit kann man die Anker auslegen. Je nach statischer bzw. dynamischer Berechnung werden die Fundamentanker mehr oder weniger verlängert oder verstärkt eingebaut. In Abbildung 5.34 kann man verschiedene Modelle von Ankern sehen. Links sind Anker von Firma Potain, in der Mitte von Firma Liebherr und rechts von Firma Wolffkran ersichtlich.

Man kann in dieser Abbildung erkennen, dass die Anker von Liebherr verlängert wurden (der schwarze obere Teil ist ein Zusatz). Wenn die Auslegung des Betonfundaments es erfordert, sind zusätzliche Metallstücke an die standardmäßigen Anker anzuschweißen. Mit diesem System geht der Unterbau jedes Mal verloren. Die Anker werden nämlich von dem unteren Kranturm bei der Demontage getrennt und verbleiben im Beton. Ein großer Vorteil der Fundamentanker ist die Platzeinsparung. Die Unterwagen oder Fundamentkreuze sind meist mindestens 3\*3 m groß,<sup>242</sup> können aber auch größer (10\*10 m<sup>243</sup>) sein. Die Fundamentanker benötigen keinen zusätzlichen horizontalen Platzbedarf. Dieser

<sup>239</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

<sup>240</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 50

<sup>241</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 16

<sup>242</sup> Vgl. Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>243</sup> Vgl. Liebherr: Das Kranprogramm; 2000

Unterbau ermöglicht es, einen Kran in einem sehr engen Bereich zu bauen. Der Turm kann zum Beispiel sehr nah bei einer Wand gebaut werden. Jedoch werden die Fundamentanker innerstädtisch kaum benutzt. Dafür braucht man meist unter der Straße mehrere Meter Platz, um das Betonfundament herzustellen. Dies ist schwierig, da in der Stadt viele Strom-, Gas- oder Wasserleitungen unter der Straße bzw. dem Gehsteig liegen.

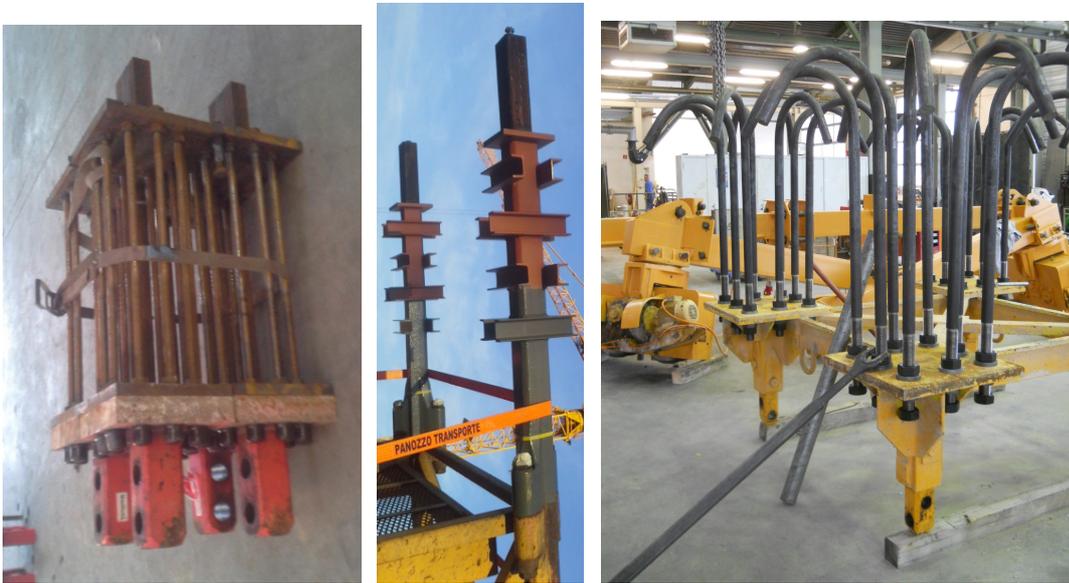


Abbildung 5.34: Verschiedene Arten von Fundamentankern<sup>244,245</sup>

Als Nachteil sind die hohen Ankerkosten (siehe Kapitel 6.1.1) zu erwähnen.

#### 5.4.5 Kranportal

Wenn der Kranstandort eine Durchfahrt stört, zum Beispiel in einer einspurigen Straße, in einer stark befahrenen Straße oder vor einer Zufahrt zu einer Tiefgarage, dann ist das Kranportal die Lösung, um trotzdem und ohne Störung einen Kran verwenden zu können bzw. zu dürfen. Das Kranportal besteht aus einem großen starken Chassis, der die Durchfahrt unterhalb ermöglicht. Es kann entweder stationär oder fahrbar sein, abhängig davon, ob ein Fahrwerk montiert ist. Grundsätzlich ist das Portal ähnlich wie ein Unterwagen, aber größer bzw. höher. Die Dimensionierung hängt von dem Krantyp, dem Standort, der Höhe und der Ausladung ab. Ein Anprallschutz für Personen und Fahrzeuge muss montiert sein. Abbildung 5.35 zeigt einen Portalkran im Einsatz.<sup>246</sup>

<sup>244</sup> Vgl. Wolffkran: Produktübersicht; 2010

<sup>245</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

<sup>246</sup> Vgl. Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 9



Abbildung 5.35: Wolffkran Portalkran<sup>247</sup>

## 5.5 Länge, Höhe und maximale Traglast

Länge, Höhe und maximale Traglast sind drei Begriffe, die im Rahmen der Kraneinsatzplanung stark miteinander verbunden sind. In der Phase der Arbeitsvorbereitung sind anfangs folgende Rahmenbedingungen bekannt:

- ◆ Was ist zu heben und wie schwer ist es?
- ◆ Bis zu welcher Höhe ist die Last zu heben?
- ◆ Ab welchem Abstand und bis zu welcher Länge ist die Last zu befördern?

Jeder Kran, der eine der Rahmenbedingungen nicht erfüllt, ist automatisch ausgeschlossen.

### 5.5.1 Kranhöhe

Die Höhe des Krans ist eine der ersten Charakteristiken, die bestimmt werden kann. Sie ist von nicht vielen Faktoren abhängig. Prinzipiell hängt die Kranhöhe von der Höhe des Bauvorhabens ab. Jedoch ist auch auf den ganzen Schwenkbereich zu achten. Im Umfeld der Baustelle können eventuell andere Hindernisse, wie beispielsweise andere Gebäude, andere Kräne usw. den Arbeitsraum des Krans beeinträchtigen. Die Höhe des Kranturms kann durch den Klettervorgang vergrößert werden.

### 5.5.2 Traglast und Auslegerlänge

Die Traglast ist eine maßgebende festzustellende Charakteristik. Abhängig vom Schwenkbereich (Aufstellort) und der Auslegerlänge wird analysiert, was gehoben werden soll.

---

<sup>247</sup> Wolffkran: Produktübersicht; 2010

Die Auslegerlänge ist von vielen Faktoren abhängig. Die ganze Baustelle und die Lagerplätze sollen (von einem oder mehreren Kränen) bedeckt sein. Die erforderliche Auslegerlänge ist stark mit dem Aufstellort verbunden. Auch hier ist die Betrachtung der Umgebung von großer Bedeutung, wie beispielsweise die Anwesenheit von anderen Kränen, anderen Gebäuden, von Schwenkbereichsbegrenzungen usw.

In der Arbeitsvorbereitung sind zuerst die Auslegerlänge und die maximale Traglast von großer Bedeutung. Ein Kran ist so konzipiert, dass sein Gleichgewicht nur von diesen zwei Werten abhängt. Abbildung 5.36 beschreibt, wie die Kranstabilität eines Krans zu betrachten ist.

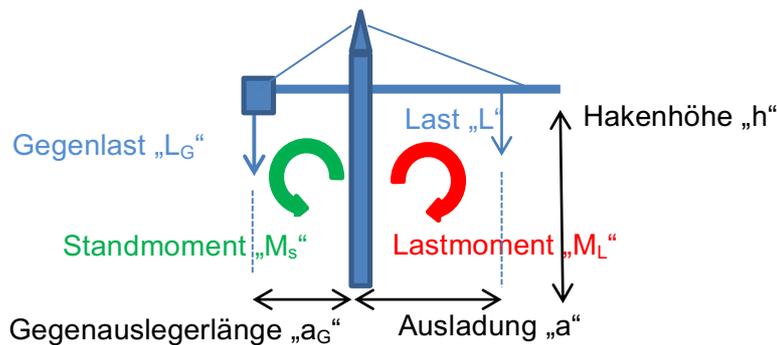


Abbildung 5.36: Kranstabilität<sup>248</sup>

Der Gegenausleger mit dem Gegenballast verursacht das Standmoment, siehe Abbildung 5.36. Dieses kann mit Formel (5.12) berechnet werden.

◆ Standmoment:

$$M_S(tm) = a_G(m) * L_G(to) \quad (5.12)$$

Der Kran ist so dimensioniert, dass er ohne Last aber mit Gegenballast sicher steht. Der Ausleger und die hängende Last verursachen auch ein Moment, das Lastmoment. Dieses ergibt sich aus dem Produkt der Ausladung mit der maximalen Traglast, siehe Formel (5.13).<sup>249</sup>

◆ Definition des Lastmoments:

$$M_L(tm) = a(m) * L(to) \quad (5.13)$$

<sup>248</sup> Vgl. Rauh: Studienhefte der Baubetriebslehre – Heft 4: Hochbautechnik und Bauverfahren im Hochbau; 2003; S. 18

<sup>249</sup> Vgl. Rauh: Studienhefte der Baubetriebslehre – Heft 4: Hochbautechnik und Bauverfahren im Hochbau; 2003; S. 18

Um ein Gleichgewicht zu erhalten, muss  $M_S=M_L$  sein. Das heißt, die maximale Traglast kann mit Formel (5.14) berechnet werden.<sup>250</sup>

◆ Maximale Traglast:

$$L_{maxL}(to) = \frac{Ms(tm)}{a(m)} \quad (5.14)$$

Betrachtet man einen Liebherr Kran 180 EC-H 10, dann kann man die maximale Traglast selbst berechnen. Laut der Datenblätter hat der Kran bei einer Auslegerlänge von 50 m ein Gegengewicht von 18,2 to und Gegenballaststeine, die ca. 9 m von der Kranturmachse entfernt sind. Dann hat man laut Formel (5.12) ein Standmoment von 163,80 tm.<sup>251</sup> Damit kann man mit Formel (5.14) die maximale Traglast für jede Ausladung berechnen. Die Ergebnisse der Berechnung sind in Abbildung 5.37 anhand der grünen Kurve zu sehen (50 m X). Die blaue rote und violette Kurve zeigen jeweils die von dem Hersteller angegebenen Daten für die Auslegerlänge 55 m, 50 m und 45 m.

Die von Liebherr angegebenen Daten sind leicht größer als die Ergebnisse der eigenständigen Berechnung. Der Gewichtsunterschied zwischen Ausleger und Gegenausleger, und die Kippsicherheit, die in der eigenständigen Berechnung nicht berücksichtigt ist, erklären diesen Unterschied. Trotzdem sind die Ergebnisse relativ ähnlich. Für die kleinen Ausladungen (0 bis 20 to) hat der Kran eine Lastbegrenzung, diese ist durch die sogenannte maximale Traglast des Krans begrenzt. Auch wenn der Kran rein mathematisch gesehen extrem hohe Lasten in diesem Bereich heben könnte, sind die Konstruktion des Krans, das Seil, das Hubwerk, die Schrauben usw. nicht dafür dimensioniert.

<sup>250</sup> Vgl. Tec.Lehrerfreund: Turmdrehkran (2); 2015

<sup>251</sup> Vgl. Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

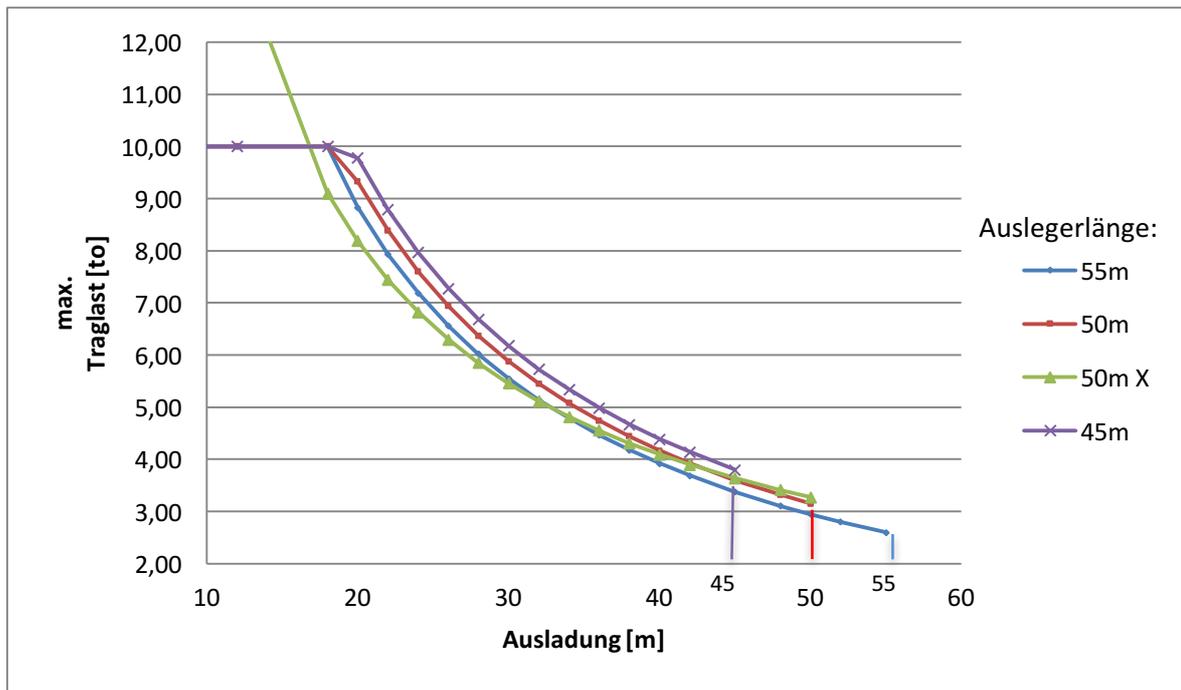
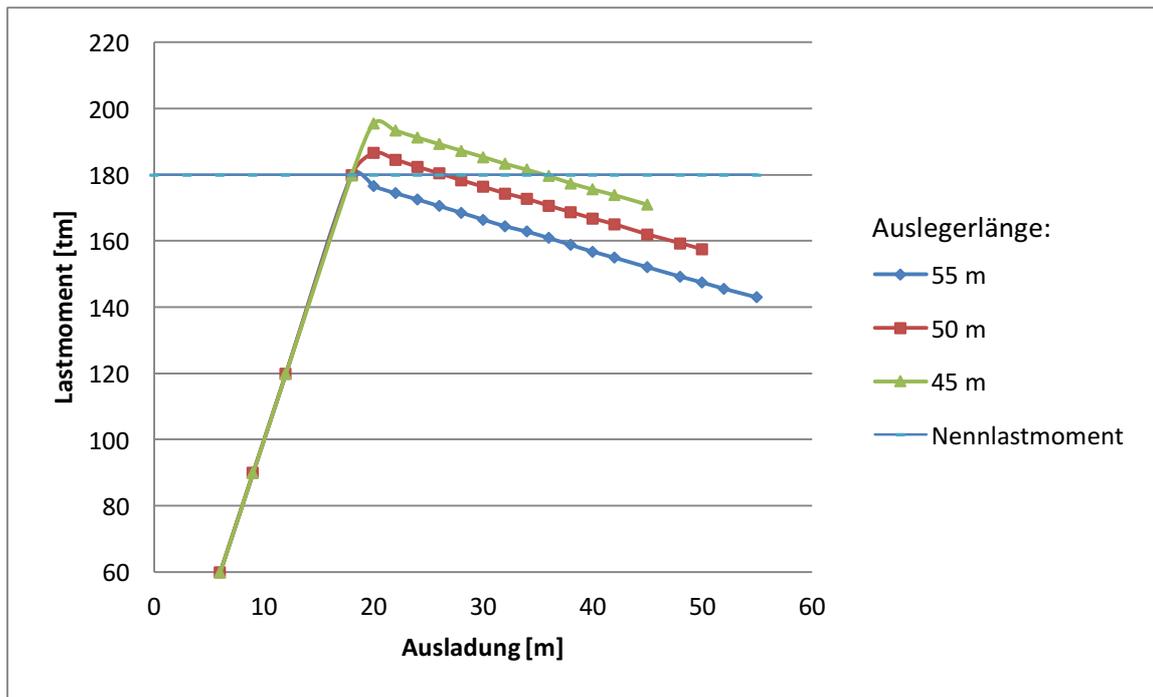


Abbildung 5.37: Traglastkurve des Liebherr-Krans 180 EC-H10 (LM1)<sup>252</sup>

Die Lastmomente sind auch interessant zu berechnen. Der Gegenballast bleibt (außer Ausnahme, siehe Kapitel 5.3.4) fix. Seine Position und sein Gewicht ändern sich nicht. Aber die Ausladung und die aufzunehmende Last werden verändert. Während das Standmoment immer konstant bleibt, ist das Lastmoment sehr variabel. Die Hersteller geben in den Datenblättern der Kräne die von ihnen festgelegten maximalen Traglasten an. Bei Verwendung dieser Daten, können die von dem Kran aufnehmbaren Lastmomente berechnet werden. Für drei Auslegerlängen wird mit Formel (5.13) diese Berechnung gemacht und die Ergebnisse in Abbildung 5.38 dargestellt. So kann man erkennen, dass das Lastmoment des Krans sich stark mit der Ausladung und der Auslegerlänge des Krans ändert. Das Lastmoment beträgt am Ende des 55 m langen Auslegers ca. 140 tm und steigt auf bis zu ca. 195 tm am Fuße des 45 m langen Auslegers. Der Kran soll so ausgelegt sein, dass er alle Lastmomente – von sehr kleinen Lastmomenten (keine Last) bis zu sehr Hohen (maximale Traglast) – aufnehmen kann.

Das sogenannte Nennlastmoment [tm] ist die Nenngröße für die Klassifizierung der Kräne und kann mittels eines Diagrammes von der BGL bestimmt werden, siehe Anhang B. Es dient nur für die Klassifizierung der Kräne und gibt eine Größenordnung der Kranleistungen.

<sup>252</sup> Vgl. Liebherr: Datenblatt 180 EC-H 10; 2005



**Abbildung 5.38: Veränderung des Lastmoments abhängig von der Ausladung (Liebherr 180 EC-H 10 LM1)<sup>253</sup>**

Die Datenblätter der Kräne liefern Lastkurven und Traglasttabellen, um ein genaues Lesen der Kurven zu ermöglichen. In Abbildung 5.39 sehen wir ein Beispiel für den Liebherr Kran 180 EC-H 10. Es gibt für einige Kranmodelle zwei Lastkurven. Der Kran kann nämlich mit einer elektronischen Steuerung folgende zwei Moden bieten. Der Modus LM1 ist das „normale“ Betriebsprogramm. Der Modus LM2 bietet größere Traglastfähigkeiten, aber um die horizontalen Kräfte zu begrenzen, muss die Laufkatzen geschwindigkeit langsamer als im LM1 Modus sein. Die beiden Betriebsprogramme sind in der elektronischen Kransteuerung eingerichtet und werden vom Kranfahrer mittels eines Bedienfelds ausgewählt.

<sup>253</sup> Vgl. Liebherr: Datenblatt 180 EC-H 10; 2005

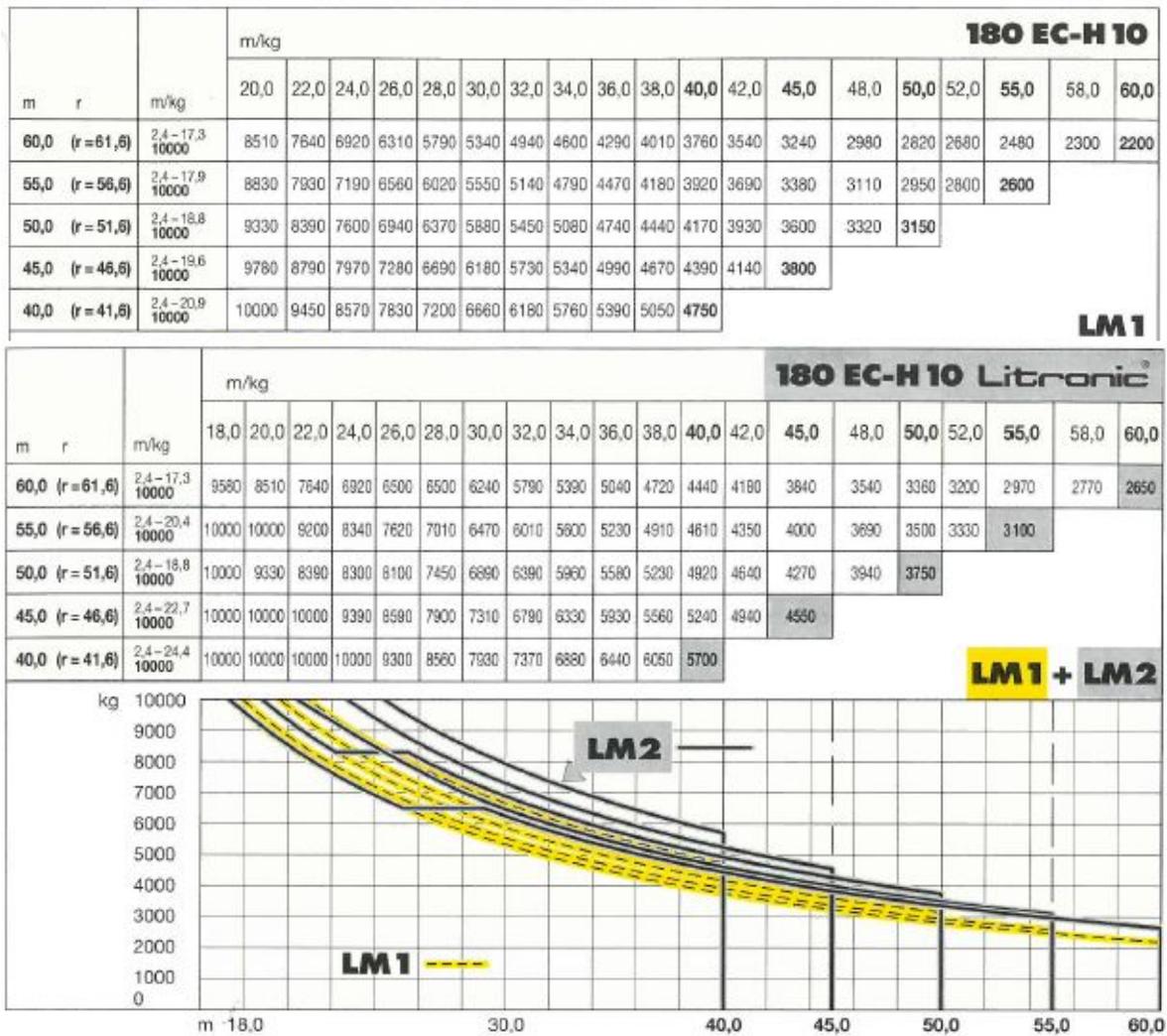


Abbildung 5.39: Lasttabellen und Lastkurven LM1+LM2 – Liebherr Kran 180 EC-H 10 Litronic<sup>254</sup>

Die auftretenden Eckdrücke sind auch wichtige Daten für die Kraneinsatzplanung. Es betrifft nämlich die Tragfähigkeit des Unterbaus. Für Fundamentanker, siehe Kapitel 5.4.4, braucht man, um das Betonfundament zu dimensionieren, die Informationen, die in Abbildung 5.40 (links) beschrieben sind. Es ist die Horizontal-, Vertikalkraft und das Moment anzugeben. Für andere Unterbauten gibt man den maximalen Eckdruckwert an. Dies ist die maximale Kraft, die an jeder der vier Aufstandspunkte auftreten kann (Abbildung 5.40 rechts).<sup>255</sup>

<sup>254</sup> Vgl. Liebherr: Datenblatt 180 EC-H 10; 2005

<sup>255</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 15

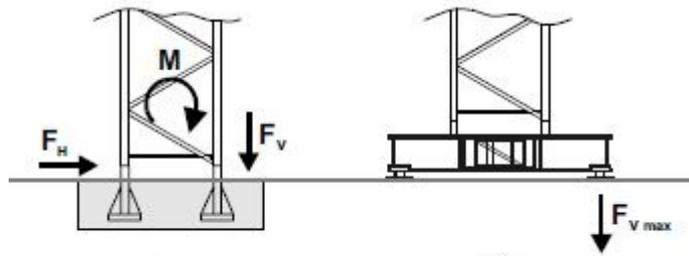


Abbildung 5.40: Fundamentlasten und Eckdrücke<sup>256</sup>

Diese Daten werden vom Hersteller in Tabellen angegeben (siehe Anhang C, Anhang D, und Anhang E) und sind vom Kran- und Unterbautyp, vom Turmsystem (im Wesentlichen von der Anwesenheit und der Größe der Grundturmstücke), von der Auslegerlänge und von der Hakenhöhe abhängig.

## 5.6 Ausführung des Kranturms

Im Wesentlichen gibt es drei Ausführungsarten von Krantürmen:<sup>257</sup>

- ◆ Klappbare Türme
- ◆ Teleskopierbare Türme
- ◆ Zerlegte Türme

Die obendrehende Kräne, deren Turm eine Gittermaststruktur hat, können mit vielen Turmkombinationen montiert werden, zum Beispiel mit einem Teleskopturm oder mit zusätzlichen Turmstücken. Außerdem, um die Höhe des Kranturms zu vergrößern, können mit dem Klettervorgang Turmstücke hinzugefügt werden.

### 5.6.1 Klappbare Türme

Klappbare Türme bestehen aus einem Mast mit einer dicht geschweißten Vollwandkonstruktion. Im Transportzustand ist der Mast in zwei Teile geklappt und wird horizontal befördert. Bei der sogenannte „Ein-Mann-Montage“<sup>258</sup> montiert sich der Mast selbst. Diese Turmkonstruktion findet man nur bei den untendrehenden Kränen.

### 5.6.2 Teleskopierbare Türme

Teleskopierbare Türme besitzen eine Gittermaststruktur. Dieses Prinzip kann bei einem Untendreher und Obendreher angewendet werden. Das Teleskopsystem kann aus mehreren Turmelementen bestehen, meist aus zwei oder drei. Durch die Hydraulikeinrichtungen werden die Turmstücke vertikal verschoben. Mit diesem Teleskop-Prinzip können je

<sup>256</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 16

<sup>257</sup> Vgl. Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>258</sup> Liebherr: <http://www.liebherr.com> – H-Krane; 09.01.2016

nach Bedarf viele unterschiedliche Hakenhöhen erreicht werden. Somit können diese Kräne ein breites Einsatzspektrum abdecken. Abbildung 5.41 zeigt einen untendrehenden Kran mit einem teleskopierbaren Turm. Hier ist der Turm in zwei Teile geteilt.<sup>259</sup>



**Abbildung 5.41: Untendreher mit einem teleskopierbaren Turm<sup>260</sup>**

Mit diesem Verfahren können drei Turmelemente so angeordnet werden, dass sie auf einem Lastkraftwagen kaum mehr als die Länge von einem Element brauchen. Es werden dadurch mehrere LKW-Fahrten erspart. Damit wird auch der Straßenverkehr reduziert. Da das Gewicht aber viel größer ist (als ein normales Turmelement), können sie nicht von allen LKWs transportiert werden. Deshalb muss man im Vorhinein berechnen, ob diese Lösung mit höheren Transportkosten noch wirtschaftlich interessant ist.<sup>261</sup>

Es bringt aber eine Zeiteinsparungen mit sich, die Be- und Entladezeiten sind stark reduziert, die Montagezeit ist wesentlich kürzer, die Einsatzzeiten und Einsatzkosten des Autokrans reduzieren sich und ein kleinerer Fahrzeugkran reicht aufgrund der niedrigeren

---

<sup>259</sup> Vgl. Liebherr: Der Teleskopturm für Obendreherkrane; 1992

<sup>260</sup> Vgl. Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>261</sup> Vgl. Liebherr: Der Teleskopturm für Obendreherkrane; 1992

Montagehöhe aus. Es erfolgen auch Personalkosteneinsparungen, da der Montageaufwand geringer ist. Zusätzlich ist anzumerken, dass Platz durch den Entfall der Zwischenlagerungen von mehreren Turmstücken eingespart werden kann.<sup>262</sup>

Zum Beispiel zeigt Abbildung 5.42 einen Turm, welcher von Liebherr für die Krane 71 EC, 90 EC, 91 EC, 112 EC-H und 140 EC-H konzipiert ist. Für Bauprojekte, die einen höheren Kran brauchen, kann der Mast mit normalen Turmstücken noch zusätzlich erhöht werden. Die Kombinationen für weitere Hakenhöhen sind vielseitig.

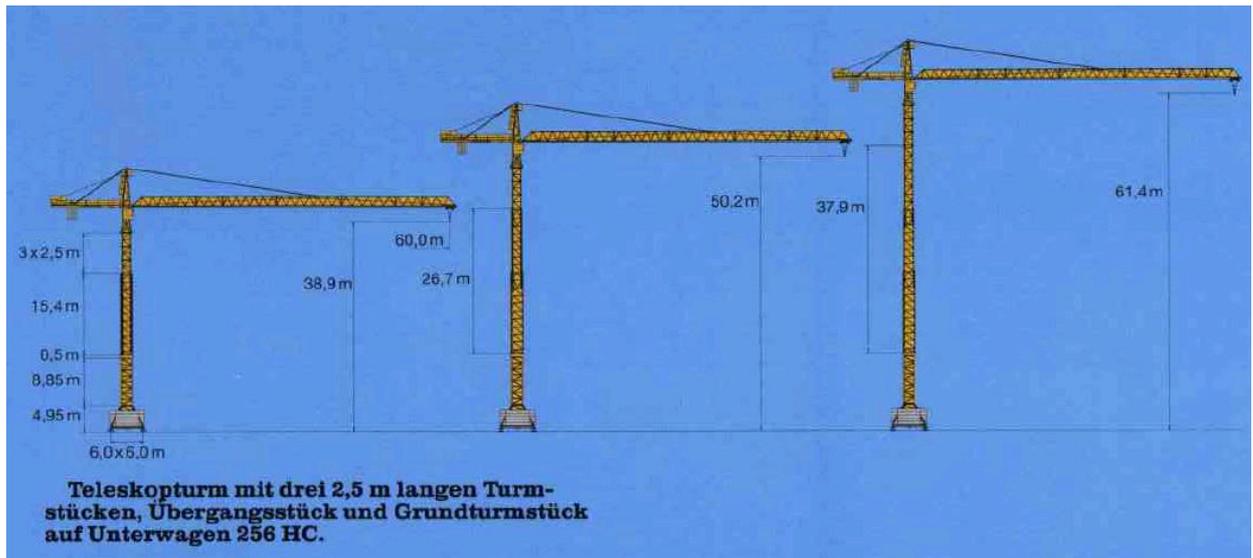


Abbildung 5.42: Der Teleskopturm für Obendreherkräne<sup>263</sup>

Leider sind solche Türme wegen der Hydraulikantriebe für die Obendreher sehr teuer im Kauf, in der Miete und in der Erhaltung. Sie sind von Vorteil, wenn die Hakenhöhe sehr fein zu wählen ist, was jedoch in der Praxis kaum zum Fragen kommt. Es hat hingegen völlig Sinn, einen untendrehenden Kran damit auszurüsten, da sie sich schnell und selbstständig montieren sollen, siehe Kapitel 5.2.1.

### 5.6.3 Zerlegte Türme

Die zerlegten Türme bestehen aus mehreren Turmstücken. Je nach Hakenhöhe und Größe des Krans hat jeder Hersteller unterschiedliche Turmquerschnitte im Sortiment, die gemeinsam ein sogenanntes Turmsystem bilden. Jedes Turmsystem beinhaltet Turmelemente mit unterschiedlicher Länge, unterschiedlichem Typ und Stärke. Es werden Turmstücke und Grundturmsstücke gebaut, die verstärkt oder nicht verstärkt sein können.<sup>264</sup>

<sup>262</sup> Vgl. Liebherr: Der Teleskopturm für Obendreherkrane; 1992

<sup>263</sup> Liebherr: Der Teleskopturm für Obendreherkrane; 1992

<sup>264</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 16

### 5.6.3.1 Turmstücklänge und -stärke

Anhang G zeigt die verschiedenen Charakteristiken von Turmstücken. Wenn der Bauunternehmer einen Kran kaufen bzw. mieten will, muss er auf die Turmstückbauart achten. Um verschiedene Bedürfnisse zu decken, kann man für einen Kran unterschiedliche Turmstücke kaufen. Die Unterschiede liegen in der Länge der Turmstücke, in der Aufstiegsbauart (schräg oder gerade) und in der Eckstielbauart. Abbildung 5.43 zeigt den Unterschied zwischen den beiden Aufstiegsarten, unten ist eine gerade Ausführung und oben eine schräge Ausführung ersichtlich.

Heutzutage sollen aus Sicherheitsgründen nur schräge Turmstücke benutzt werden. Für die Eckstiele (in Abbildung 5.43 dargestellt) gibt es zwei Bauarten. Entweder sind zwei Metalecken miteinander verschweißt, oder man schweißt noch zusätzlich zwei Metalplatten diagonal zwischen diese. So erfolgt eine verstärkte Bauart des Turms.



Abbildung 5.43: Turmstücken mit unterschiedlichen Leiterformen<sup>265</sup>

### 5.6.3.2 Elastizität des Masts und Grundturmstücke

Für den Obendreher besteht der Mast aus mehreren steifen Gittermast-Turmstücken. Wie bereits zuvor erwähnt, entsteht beim Drehen des Auslegers ein Torsionsmoment im Turm. Dieses Moment muss ernsthaft in Betracht gezogen werden, um ein Verrutschen des Krans zu verhindern, wenn er auf Spindeln steht. Die Torsion ist dabei am Fuß des Krans am größten.

<sup>265</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

Deshalb soll man je nach Hersteller ab einer bestimmten Größe des Krans einen Grundturm vorsehen. Diese Stücke sind, im Vergleich zu den anderen Turmelementen, größer und stärker dimensioniert, sodass die Hauptbeanspruchungen am Fuß des Krans besser aufgenommen werden können.

Die Torsion bringt aber auch Vorteile. Je höher der Turm ist, desto mehr „Elastizität“ hat er. Denn beim Drehen des Auslegers werden die Bewegungen (Beschleunigung oder Bremsen) bis zu einem gewissen Grad vom Turm „absorbiert“. Somit ist der Kran leichter und bequemer zu bedienen.

### 5.6.3.3 Turmstückkombination

Auf dem Unterbau oder auf dem Grundturm werden die anderen Turmstücke des Turmsystems je nach Erfordernis und Wunsch kombiniert. Damit lässt sich die Hakenhöhe in einer bestimmten Staffelung realisieren.

Für einen Kran gibt es immer vom Hersteller bestimmte standardmäßige Kombinationen. Sie sind die einfachsten Kombinationen, die mit den üblichsten Turmstücken des Turmsystems gebaut werden können. In der Krandokumentation sind diese Stücke aufgelistet, wie zum Beispiel in Abbildung 5.44 ersichtlich.

| <b>Turm</b> |    | Tower / Mât / Torre<br>Torre / Torre   |   |        |              |             |             |             |
|-------------|----|--|---|--------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| 14          | 15 | <b>Turmstück</b> / Tower section<br>Elément de mât / Elemento di torre<br>Torre / Torre  |  | 120 HC | 2,50         | 1,80        | 1,80        | 1090        |
|             | 10 |  |   | 170 HC | 4,14         | 1,90        | 1,90        | 1850        |
|             | 10 |  |   | 185 HC | 4,14         | 2,30        | 2,30        | 2240        |
|             | 12 |  |   | 256 HC | 4,14         | 2,30        | 2,30        | 2300        |
| 15          | 7  | <b>Turmstück lang</b> / Long tower section<br>Elément de mât long / Elemento di torre, lungo<br>Tramo de torre largo / Peça de torre, comprida |  | 120 HC | 5,00         | 1,80        | 1,80        | 1830        |
|             | 3  |  |   | 120 HC | 10,00        | 1,80        | 1,80        | 3430        |
|             |    |  |   | 120 HC | 12,50        | 1,80        | 1,80        | 4200        |
| 16          | 1  | <b>Grundturmstück</b> / Base tower section<br>Mât de base / Elemento di torre base<br>Tramo torre base / Peça de base de torre                 |  | 120 HC | 6,85         | 1,80        | 1,80        | 2610        |
|             |    |  |   | 120 HC | 10,00        | 1,80        | 1,80        | 3530        |
|             |    |  |   | 170 HC | 9,60         | 1,90        | 1,90        | 4480        |
|             |    |  |   | 185 HC | 8,85         | 2,30        | 2,30        | 4280        |
|             |    |  |   | 256 HC | 8,85 (12,42) | 2,30 (2,30) | 2,30 (2,30) | 4830 (7940) |

Abbildung 5.44: Vorgesehene Turmkombinationen eines Liebherr-Krans 112 ECH Kran<sup>266</sup>

Diese standardmäßigen Ausführungen können auch grafisch dargestellt werden, siehe Abbildung 5.45.

<sup>266</sup> Liebherr: Datenblatt 112 EC-H 8 Litronic; 2005

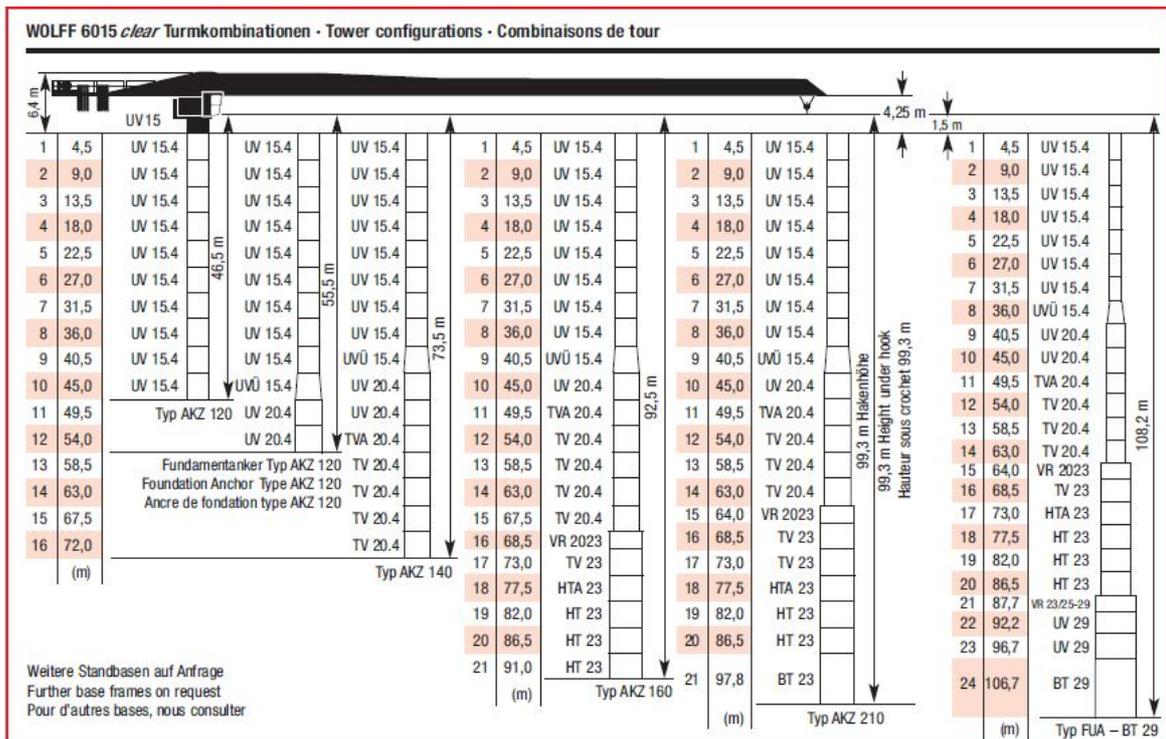


Abbildung 5.45: Vorgesehene Turmkombinationen eines Wolff 6015 Kran<sup>267</sup>

Man sieht, dass unterschiedliche Turmsysteme gemischt sind. Man kann nämlich auch Turmstücke von größeren Turmsystemen benutzen. Ein Turm kann auch mit einer Kombination von Elementen aus unterschiedlichen Turmsystemen montiert werden. Einige Baustellen brauchen manchmal außergewöhnliche Mastkombinationen, um entweder die Hakenhöhe zu vergrößern oder, um die Struktur zu verstärken. Die Verbindung zwischen den verschiedenen Querschnitten erfolgt durch ein Übergangsstück. Abbildung 5.46 zeigt Beispiele von außergewöhnlichen gelieferten Turmkombinationen von Liebherr. Man kann in dieser Abbildung auch den Unterwagen und den Grundturm vom Typ 256 HC erkennen und die zwei Turmkategorien, die verschiedene Querschnittsgrößen haben und die mit einem Übergangsstück miteinander verbunden sind.

<sup>267</sup> Wolffkran: Produktübersicht; 2010

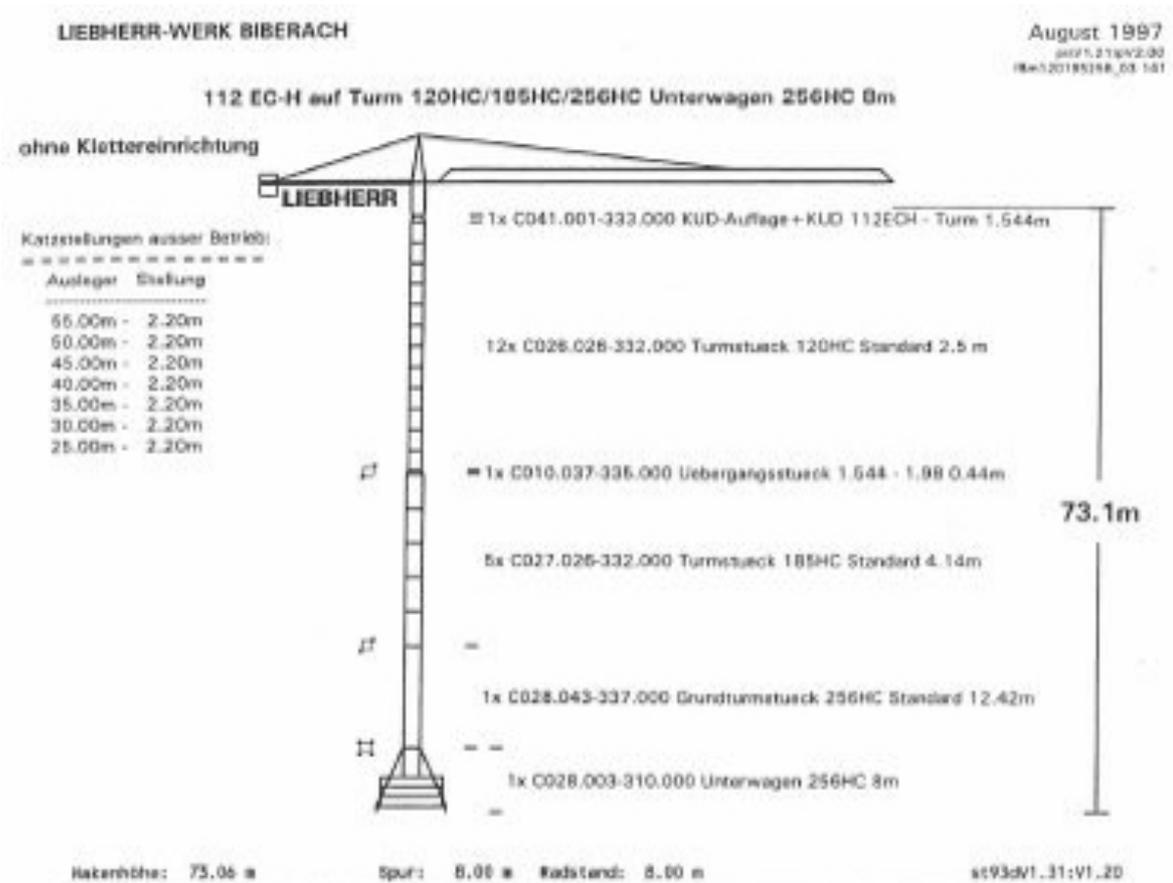


Abbildung 5.46: Außergewöhnliche Turmkombination eines Liebherr-Krans<sup>268</sup>

Die Unterbauten sind zum Teil mit verschiedenen Turmsystemen kompatibel. Sie existieren in verschiedenen Größen, um an verschiedene Turmsysteme angepasst werden zu können. So lange die statischen Eigenschaften des Krans berücksichtigt werden, sind verschiedene Kombinationen möglich. Man kann zum Beispiel ein Übergangstück umdrehen, um einem größeren Querschnitt oben zu haben oder man kann einen kleinen Turm mit einem größeren Drehkranz haben. Auf jeden Fall sollte jede Kombination vom Hersteller freigegeben werden. Im Anhang H kann man noch weitere Beispiele sehen.

#### 5.6.3.4 Kletterkran

Um die Höhe des Krans anzupassen, gibt es verschiedene Lösungen. Entweder wird die Höhe des Turms mit einem Turmstückzusatz geändert oder der ganze Turm wird nach oben verschoben. Je nach Hersteller müssen zum Klettern, unter Umständen bereits bei der Kranmontage, bestimmte Bauteile – die Klettereinrichtung – im Turm montiert werden. Sie besteht aus einem Führungsstück, hydraulischen Pressen und einer Abstützung der

<sup>268</sup> Liebherr: Turmkombinationen Kran 112 EC-H stationäre und fahrbare Aufbauten; 1997

Klettereinrichtung.<sup>269,270</sup> Es gibt unterschiedliche Klettersysteme, z.B. der Coulisseau, siehe Abbildung 5.47. Dieser System wird heutzutage kaum mehr benutzt.



**Abbildung 5.47: Klettersystem mit Coulisseau<sup>271</sup>**

In den vergangenen Jahren waren die Mobilkräne im Vergleich zu heute schwächer und kleiner. Denn, um große Türme zu bauen, waren die benötigten Mobilkranhakenhöhe zu klein. Der Kletttervorgang wurde früher viel öfter benutzt als heute. Derzeit kann man mit einem Mobilkran bzw. Raupenkran Türme mit bis zu mehr als 100 m hoch bauen. Der Kletttervorgang wird heutzutage nur für extreme Höhen benutzt, wie beispielsweise im Brückenbau, Hochhausbau usw.

### **Kletterstulpe**

Abbildung 5.48 zeigt eine Kurzzeit-Klettereinrichtung von Firma Liebherr, die nach der Montage je nach Bedarf auf den Turm montiert und demontiert werden kann. Abbildung 5.49 erklärt den Kletttervorgang mit einer Kletterstulpe. Der Kolben der Hydraulikpresse fährt aus und drückt das Kranoberteil hoch. Nach Abstützung des Kranoberteils auf das Kranunterteil wird die Presse eingefahren. Der Kletttervorgang wiederholt sich, bis zu dem Punkt, wo das Kranoberteil so weit nach oben gedrückt wird, dass ein zusätzliches Turmstück eingefügt werden kann. Mit dem Lasthaken des Krans wird das neue Turmelement gehoben und auf die Kletttervorrichtung abgesetzt.<sup>272</sup>

Die Montagevorrichtung führt das Turmstück waagrecht in den Turm hinein und wird mit dem Turm fest verschraubt. Man wiederholt diesen Prozess bis die gewünschte Anzahl an Turmelementen verbaut ist, das heißt bis die gewünschte Höhe erreicht ist. Anschließend

<sup>269</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 25

<sup>270</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 52

<sup>271</sup> Meyer: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; 2008; S. 15

<sup>272</sup> Vgl. Drees und Krauß: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 2002; S. 38

wird der Kranoberteil am Turm verschraubt, womit der Klettervorgang zu Ende ist. Je nach Hersteller und Einrichtung wird die Klettervorrichtung demontiert oder nicht.



Abbildung 5.48: Kurzzeit-Klettereinrichtung der Firma Liebherr<sup>273</sup>

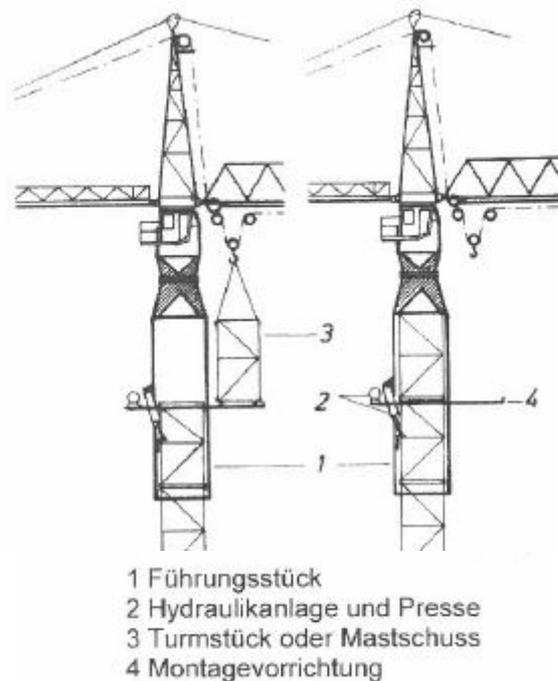


Abbildung 5.49: Schema der Kletterstulpe<sup>274</sup>

Da sich die Klettereinrichtung mit dem Turm bewegen soll, ist der Turm so gebaut, dass er eine Kletterseite hat. Die Klettervorrichtung soll dann in dessen Abhängigkeit montiert werden. Da diese Seite des Turms die Kräfte für die Hochhebung des Kranoberteils trägt,

<sup>273</sup> Liebherr: Das Kransystem EC-H; 2001

<sup>274</sup> Rauh: Studienhefte der Baubetriebslehre – Heft 4: Hochbautechnik und Bauverfahren im Hochbau; 2003; S. 13

muss sie verstärkt werden. Abbildung 5.50 zeigt den Unterschied in der Bauform zweier Konstruktionen einer Turmseite. Alle Seiten des Turms zu verstärken wäre zu teuer und sinnlos, da eine Seite ausreichend ist.



**Abbildung 5.50: Kletterturm: Zwei unterschiedliche Turmseiten**<sup>275</sup>

Die Klettereinrichtung hat den enormen Vorteil, dass der Kran sich selbst erhöhen kann. Hat der Kran dem Baufortschritt hoher Bauwerke zu folgen und ist das Aufstellen eines Autokrans zur Verlängerung des Kranmasts zu schwierig und/oder zu teuer (wie zum Beispiel im Brückenbau oder innerstädtisch beim Bau von Hochhäusern), dann ist die Verwendung einer Klettereinrichtung anzustreben.

Ein zu hoher Turm ist aber statisch nicht mehr sicher. Deshalb sind bei hohen Bauwerken ein- oder mehrmaliges Verankern am Gebäude notwendig, siehe Kapitel 5.6.3.4.<sup>276</sup>

### Innen-Klettern

Um den Kran zu erhöhen, gibt es auch die Möglichkeit, den Kran vom Fundament zu trennen und den ganzen Kran in den Geschoßdecken eines Gebäudes zu verankern und begleitend mit dem Bau hochzuschieben. Das Innen-Klettern kommt in diesem Fall zum Einsatz. Sehr oft ist der Kran in einem Bauwerk eingeschlossen, siehe Kapitel 5.1.3. Die Idee ist, dass der Kran dem Baufortschritt des Bauwerks folgt.

Dieses Verfahren kann nur dann erfolgen, wenn der Kran ohne Zentralballast montiert ist. Eine andere Voraussetzung ist, dass die Bauwerke nah um den Turm herum sein müssen, sodass man die Führungsrahmen auf den Stockwerken aufbauen kann. Aus diesem

<sup>275</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

<sup>276</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 54

Grund, stehen die Kräne beim Innen-Klettern nur auf Fundamentankern. Meist sind sie in den Fahrstuhlschächten eines Hochhauses angeordnet und klettern Stockwerk über Stockwerk mit. Das ist sehr zweckvoll, hat aber den Nachteil, dass sie die Montage der Aufzüge bis zu Kranabbau behindert ist. So führt nämlich die Firma Liebherr bezüglich des Innenklettern an:<sup>277</sup>

*„Speziell für enge Aufzugschächte wurde das Turmsystem Internal-climbing IC entwickelt. Die Außenmaße reichen von nur 1,6 m\* 1,6 m bis 1,9 m\* 1,9 m und sind somit für kleinste Aufzugschächte geeignet. Die gesamte Kletterhydraulik befindet sich platzsparend und geschützt im Inneren des Turmstücks.“* Laut Bauer ist aber bezüglich der Anordnung in den Fahrstuhlschächten zu beachten:

*„Ein Kletterkran im Inneren eines Gebäudes klettert ebenfalls Stockwerk über Stockwerk mit, sollte jedoch nicht im (einzigen) Fahrstuhlschacht vorgesehen werden, denn dort würde er die Fahrstuhlmontage bis zu seinem Abbau behindern.“*<sup>278</sup>

In Abbildung 5.51 ist der Innen-Klettervorgang beschrieben. Links sind die verschiedenen Teile erklärt. Rechts sind die Phasen des Verfahrens beschrieben.

In der Fußstückmitte ist eine Hydraulikpresse (2) mit Traversen (3;4) an beiden Enden angeordnet. Zwei Kletterrahmen sind im Gebäude befestigt, die in einem definierten Abstand zueinander stehen müssen. Außerhalb des Turmes befinden sich auf zwei gegenüberliegenden Seiten Kletterleitern (8), die am oberen Kletterrahmen befestigt sind. In diesen Kletterleitern greifen bewegliche Nocken (9) ein, die an beiden Traversen angebracht sind. Während die obere Traverse (3) im Turmfußstück (1) gelagert ist, greift die untere Traverse (4) über die Nocken (9) in die Kletterleiter (8) ein. Durch Ausfahren der Hydraulikpresse (2) schiebt sich der Kran um das Taktmaß (a) soweit nach oben, bis die Nocken (9) der oberen Traverse (3) in die Kletterleiter einrasten. Der Vorgang wiederholt sich, bis die endgültige Gebäudehöhe erreicht ist. Nach dem Klettern wird der Kran auf dem unteren Kletterrahmen (7) auf kurzen Trägern abgesetzt. Die Kletterleitern sind jetzt frei und können für den weiteren Klettervorgang nach oben gezogen werden. Die Einspannkraften sind abhängig von dem eingesetzten Krantyp, der Auslegerlänge und der Einspannhöhe (Abstand der Kletterrahmen im Bauwerk) und werden vom Kranhersteller genannt. Nach der Fertigstellung weiterer Etagen wird, um weiterklettern zu können, der dritte Kletterrahmen im benötigten Geschossabstand montiert (Abbildung 5.51 c) ) und die Klettereinrichtung bis zum folgenden Rahmen hochgezogen. Der Klettervorgang kann nun

<sup>277</sup> Liebherr: Vorsprung durch Modularität – Die EC-H- und EC-B-Krane; 2008

<sup>278</sup> Bauer: Baubetrieb; 2007; S. 219

erneut durchgeführt werden. Der untere Rahmen kann jetzt abgebaut werden und steht für den folgenden Kletterschritt als dritter Rahmen zur Verfügung.<sup>279,280</sup>

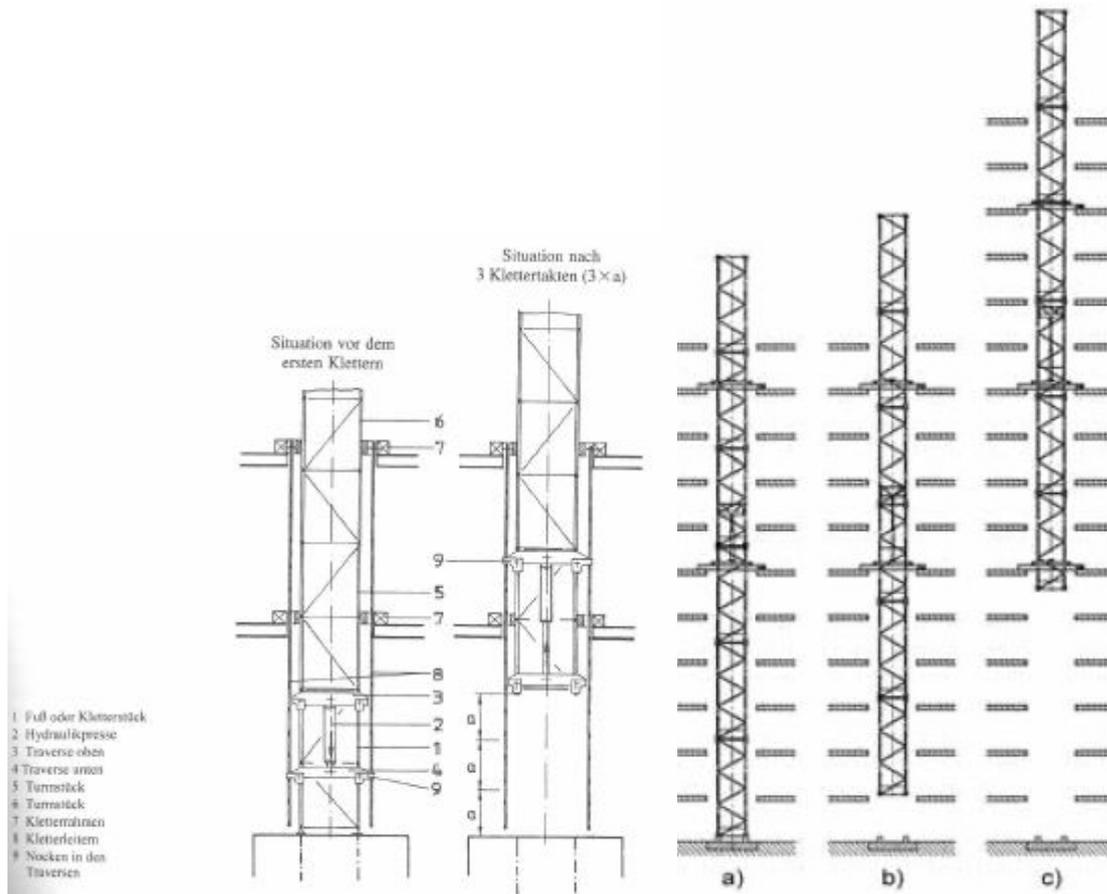


Abbildung 5.51: Erklärung des Innen-Klettervorgangs<sup>281,282</sup>

## Verankerung

Trotzdem kann man die Höhe des Masts nicht unendlich steigern. Jeder Kran hat einen Grenzwert, die freistehende Höhe. Wenn man einen höheren Kran bauen will, muss man den Turm verankern. Der Kran soll zum Beispiel an einer Wand eines Gebäudes oder an einem Brückenpfeiler verankert werden, siehe Abbildung 5.52. Je nach Gebäudehöhe kommen eine oder mehrere Abspannungen zum Einsatz. Mit dieser Unterstützung kann weitergeklettert werden. In Abbildung 5.53 kann man einen Ankerrahmen von Firma Wolfkran sehen.

<sup>279</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 26-27

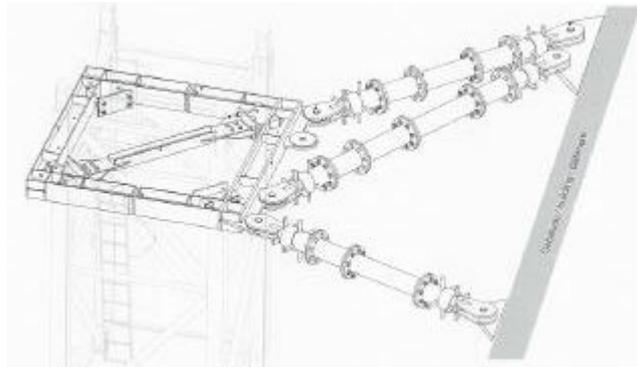
<sup>280</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 52-53

<sup>281</sup> König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 53

<sup>282</sup> Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005; S. 27



**Abbildung 5.52: Kletterkran mit Verankerung im Einsatz<sup>283</sup>**



**Abbildung 5.53: Ankerrahmen Firma Wolffkran<sup>284</sup>**

Um Ankerrahmen zu bauen, muss man beim Hersteller nach einer genauen Berechnung anfragen. Die Ankerrahmen sind nämlich in genauen Abstand herzustellen. In Abbildung 5.54 sind die Berechnungen von Firma Liebherr präsentiert. Dieses Dokument stellt die maximale freistehende Höhe des Krans dar und die dafür benötigte Turmanzahl. Um einen Kran höher zu bauen sind eine oder mehrere Verankerungen notwendig. Abhängig von der Höhe und der Anzahl an Verankerungen kann die Anzahl der Turmstücke zwischen den Verankerungen variabel sein.

<sup>283</sup> Manitowoc: Potain Tower Cranes; 2015

<sup>284</sup> Wolffkran: Produktübersicht; 2010

LIEBHERR

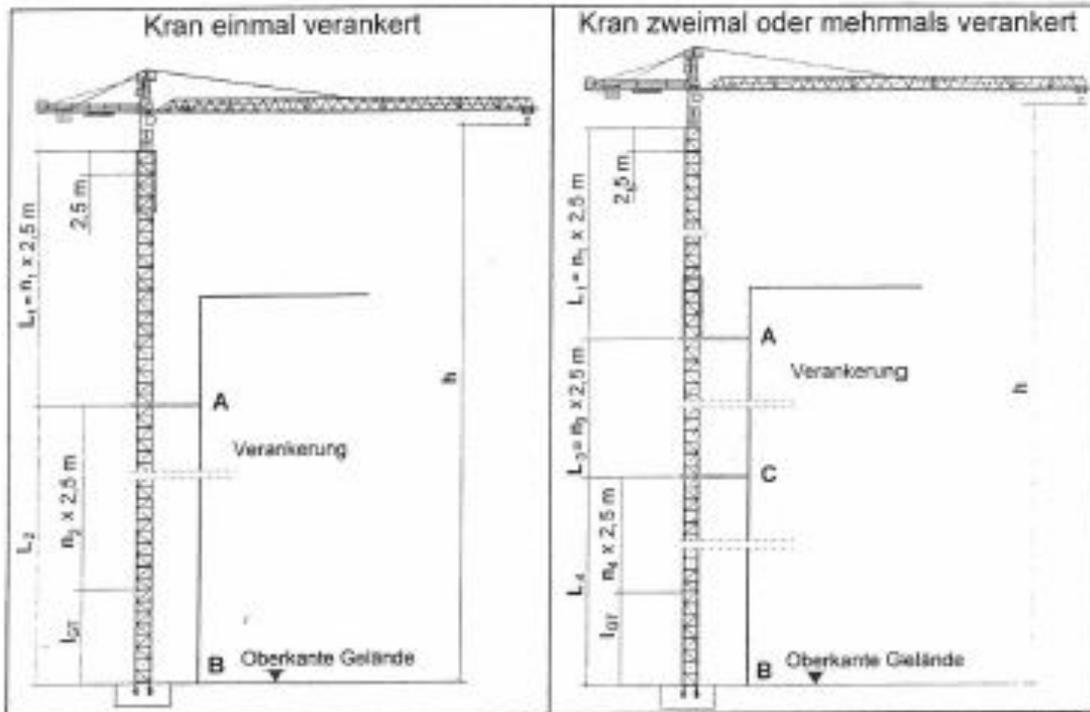
### 112 EC-H auf Turm 120HC

### Verankerung des Kranes am Gebäude

|                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| h - Hakenhöhe                        | $l_{TS} = 2,5\text{m}$ - Länge eines Turmstückes             |
| L1, L2, L3, L4 - Höhe des Turmteiles | $l_{GT} = 6,85\text{m}$ (10,0m) - Länge des Grundturmstückes |
| n1, n2, n3, n4 - Zahl der Turmstücke |  |

| max. freistehender Aufbau auf Fundamentanker |           |                       |           |
|--|-----------|-----------------------|-----------|
| Grundturm 120HC 6,85m                        |           | Grundturm 120HC 10,0m |           |
| Anzahl Turmstücke                            | Hakenhöhe | Anzahl Turmstücke     | Hakenhöhe |
| 15*  | 46,3m     | 13*                   | 44,5m     |
| 13   | 41,3m     | 11                    | 39,5m     |

\*) Klettereinrichtung abgesehen



| Turmstücke (Stück) | h < 100m |       | h > 100m |      |
|--------------------|----------|-------|----------|------|
|                    | max.     | min.  | max.     | min. |
| n1                 | 14*      | -     | 12*      | -    |
| n2                 | 15       | 5 (4) | 30       | -    |

| Turmstücke (Stück) | h < 100m |       | h > 100m |       |
|--------------------|----------|-------|----------|-------|
|                    | max.     | min.  | max.     | min.  |
| n1                 | 14*      | -     | 12*      | -     |
| n3                 | -        | 6     | 30       | 6     |
| n4                 | -        | 5 (4) | 30       | 5 (4) |

| Klammerwerte bei $l_{GT} = 10,0\text{m}$                  |            | *) Klettereinrichtung auf Verankerung ablassen |                     |      |                    |      |
|---|------------|--|---------------------|------|--------------------|------|
| max. und min. Abspannkräfte bei größtem Überstand in [kN] | in Betrieb |  | a.B. St. von hinten |      | a.B. St. von vorne |      |
|   | min.       | max.   | min.                | max. | min.               | max. |
|   | 105        | 205  | 160                 | 215  | 180                | 290  |

Zum Einbau der Verankerung kann bei Bedarf kurzzeitig bis zu 3 Turmstücke ( $n_1$ ) höher aufgebaut werden. Dabei muß folgendes beachtet werden:

- kein Kranbetrieb
- Windgeschwindigkeit < 12,5 m/s (Windstärke 6)

Abbildung 5.54: Berechnungen für Gebäudeverankerung<sup>285</sup>

<sup>285</sup> Liebherr: Turmkombinationen Kran 112 EC-H stationäre und fahrbare Aufbauten; 1997

## 5.7 Logistik

Wenn man einen Kraneinsatz plant, dann muss man an alle Arbeiten die damit verbunden sind, wie beispielsweise den Transport und die Montage denken.

### 5.7.1 Transport

Der Transport von Untendrehern erfolgt durch deren eigenes Fahrsystem. Für Obendreher braucht man mehrere LKWs. Die Kräne werden in verschiedene Teile zerlegt und transportiert, wie z.B. in Unterbau, Turmstücke, Drehbühne, Auslegerteile, Gegenausleger, Ballaststeine, Turmspitze usw. Abbildung 5.55 zeigt einen LKW mit seiner Ladung. Um so wenige LKWs und Fahrten wie möglich zu benötigen, muss man die Ladungen optimieren. Sie sollen natürlich die Reihenfolge der Montage befolgen, aber auch die Raumoptimierung auf dem LKW einhalten. Wenn es noch Platz auf einem LKW gibt, dann sind zusätzliche Elemente mitzutransportieren, auch wenn sie danach auf dem Baustellenlagerplatz zwischengelagert werden müssen.

Tabelle 5.5 zeigt die Begrenzungsmaße, die ein LKW für den Straßentransport nach der Straßenverkehrszulassungsordnung (StVZO) nicht überschreiten darf:

| Begrenzungsmaße laut StVZO |        |
|----------------------------|--------|
| Länge                      | 21 m   |
| Breite                     | 2,50 m |
| Höhe                       | 4,00 m |

Tabelle 5.5: Begrenzungsmaße für LKWs<sup>286</sup>



Abbildung 5.55: Transport von Kranteilen<sup>287</sup>

<sup>286</sup> Vgl. Rauh: Studienhefte der Baubetriebslehre – Heft 4: Hochbautechnik und Bauverfahren im Hochbau; 2003; S. 11

<sup>287</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

### 5.7.2 Montage

Vor der Montage auf der Baustelle, sollen am Lagerplatz einige Kranteile vormontiert und so transportiert werden. Man kann aber auch auf der Baustelle vormontieren.

Zuerst muss der Kranstandplatz hergestellt sein. Entweder ist eine Baugrube vorbereitet, ein Betonfundament mit Anker hergestellt oder es sind Schienen bzw. Fundamentplatten eingesetzt und darauf ein Unterwagen oder ein Fundamentkreuz gestellt.

Darauf werden dann das eventuelle Grundturmstück und die anderen Turmstücke versetzt. Eine eventuelle Klettereinrichtung kann nach dem Grundturm oder einem anderen Turmstück montiert werden. Es ist aber sinnvoll, sie nach dem letzten für die Montage vorgesehenen Turmstück zu montieren. Gleich danach kommt nämlich das Drehwerk bzw. die Drehbühne und somit kann man klettern, sobald dessen Montage fertig ist. Abbildung 5.56 zeigt den Ablauf der Turmstückmontage. Das Turmstück wird von dem Mobilkran angehoben und auf dem Turm versetzt. Die Verbindung mit dem Turm erfolgt dann durch Verbolzen oder Verschrauben.<sup>288,289</sup>

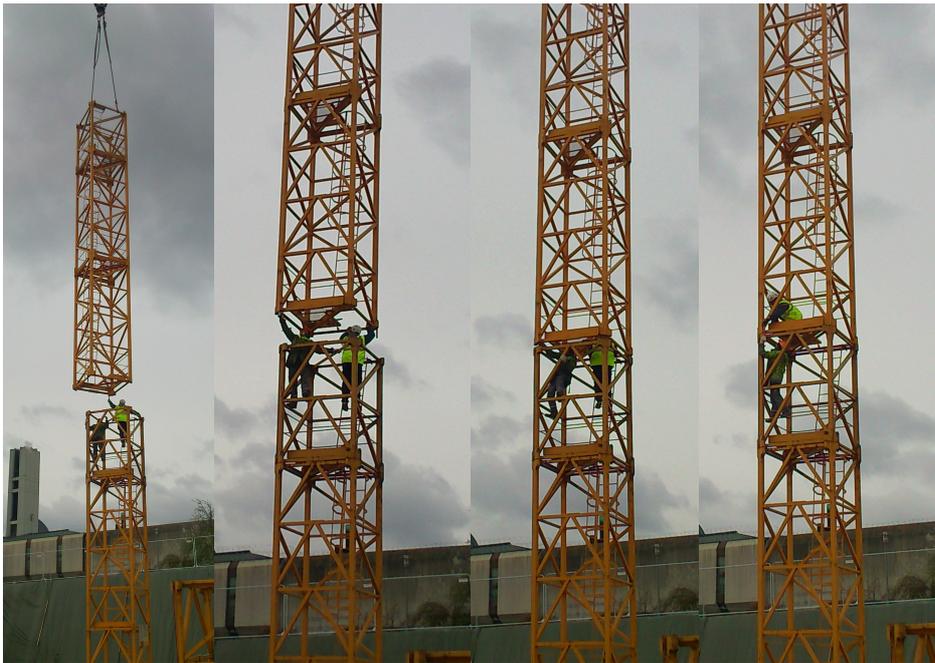


Abbildung 5.56: Turmstückmontage<sup>290</sup>

Wie schon erwähnt, kommt nach dem letzten Turmstück der Kranoberteil. Bei der Montage eines Laufkatzauslegers mit Spitze werden Drehwerk, Kranführerkabine und Turmspitze

<sup>288</sup> Vgl. Rauh: Studienhefte der Baubetriebslehre – Heft 4: Hochbautechnik und Bauverfahren im Hochbau; 2003; S. 12

<sup>289</sup> Vgl. Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

<sup>290</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

ze oft schon vormontiert geliefert. Abbildung 5.57 zeigt den Antransport der vormontierten Kranführerkabine mit Turmspitze und Drehwerk.



**Abbildung 5.57: Krantransport von vormontierten Kranelementen<sup>291</sup>**

Anschließend wird der Gegenausleger montiert, abgespannt und mit dem für die Auslegermontage erforderlichen Gegenballast ausgerüstet. Für große Ausleger sollen ein oder mehrere Gegenballaststeine vor der Montage des Auslegers auf dem Gegenausleger montiert sein. Diese Vorschriften sind vom Hersteller in der Betriebsanleitung erklärt. Anschließend wird der Ausleger üblicherweise am Boden vormontiert und in einem Stück am Kran angebaut und abgespannt.

Am Ende wird der restliche Gegenballast eingebaut, der zum Ausgleich der Traglast erforderlich ist. In der Betriebsanleitung sind die erforderlichen Gegenballastgewichte abhängig von der Auslegerlänge und dem benutzten Hubwerkstyp angeführt. Einige von den Herstellern angebotenen Hubwerken sind nämlich zum Teil unterschiedlich schwer und da das Hubwerk auf dem Gegenausleger montiert ist, ist die Betrachtung dessen Gewichts relevant. Nach der Montage der Seile, der Herstellung der elektrischen Anschlüsse und der Einrichtung seiner verschiedenen Sicherheitseinrichtungen und Endschaltern, ist der Kran einsatzbereit.

Für Biegebalkenausleger wird statt der Turmspitze die Drehbühne montiert. Wie schon erklärt, gibt es außerdem keine Abspannungen und die Montage so wie die Bearbeitung des Auslegers kann gestückelt „in der Luft“ erfolgen, was bei beengten Platzverhältnissen ein Vorteil ist.

<sup>291</sup> Swietelsky Baugesellschaft m.b.H. - Kranabteilung

### 5.7.3 Demontage

Die Demontage erfolgt genauso wie die Montage, aber im umgekehrter Reihenfolge. Man demontiert folgendermaßen, siehe am Beispiel eines Liebherr-Krans 180 EC-H 10 (laut Liebherr Dokumentation):<sup>292</sup>

- ◆ *„Unterflasche der Laufkatze arretieren*
- ◆ *Hubseil ausscheren*
- ◆ *Montagebügel für Demontage des Auslegers positionieren*
- ◆ *Gegenballast entfernen*
- ◆ *Ausleger demontieren*
- ◆ *eventuell restlichen Gegenballast entfernen*
- ◆ *Hubwerkseinheit demontieren*
- ◆ *Gegenausleger demontieren*
- ◆ *Turmspitze/Kabine/Drehbühne bzw. -kranz demontieren*
- ◆ *eventuelle Klettereinrichtung entfernen*
- ◆ *Turmstücke und eventuelles Grundturmstück demontieren*
- ◆ *Eventueller Zentralballast entfernen und Unterbau demontieren“*

### 5.7.4 Helimontage

Für einige Sonderfälle, wenn die Montage durch einen Mobilkran unter keinen Umständen möglich ist, muss man einen Hubschrauber benutzen. Dies ist oft bei Baustellen im Gebirge der Fall. Abbildung 5.58 zeigt einen Hubschrauber im Einsatz für die Montage eines Liebherr-Krans 150 EC-B auf der Zugspitze (Tirol). Die Montage dauert natürlich länger und kostet mehr Geld als eine Montage mit einem LKW-Transport und einem Mobilkran.

---

<sup>292</sup> Vgl. Liebherr: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

Abbildung 5.58: Helimontage<sup>293</sup>

## 5.8 Betriebssicherheit

Um die allgemeine Sicherheit bei der Verwendung von Kränen und den Komfort der Benutzer zu verbessern gibt es seit 2009 eine neue europäische Norm, die EN 14439.<sup>294</sup> Sie legt für alle nach dem 01.01.2010 gebauten Kräne Sicherheitsstandards auf einen einheitlichen Stand für den gesamten europäischen Raum fest. Diese Richtlinien werden von allen namhaften Herstellern wie Comansa, Jaso, Liebherr, Manitowoc Terex und Wolffkran angewendet.<sup>295</sup> Sie stützt sich auf die bisherigen nationalen und europäischen Normen FEM 1.005, FEM 1.001, DIN 15018-1, DIN 15018-2 und DIN 15019-1.

### 5.8.1 Windstärke

Die EN 14439 definiert im Wesentlichen neue einheitliche Sicherheitsvorschriften im Bereich der Windbelastungen. Diese Norm fordert, dass die FEM 1.005 die neuen Standards festlegt. Ihre prinzipiellen Auswirkungen sind je nach Kranaufbau und Windzone.<sup>296</sup>

<sup>293</sup> Liebherr: Helikoptermontage des 150 EC-B Flat-Top-Krans auf der Zugspitze; 2015

<sup>294</sup> Norm EN 14439: 2009 Krane – Sicherheit – Turmdrehkrane

<sup>295</sup> Vgl. Liebherr: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14 439; 2009; S. 2

<sup>296</sup> Vgl. Liebherr: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14 439; 2009; S. 8

- ◆ größere Fundamentbelastungen
- ◆ mehr Zentralballast
- ◆ geringere Hakenhöhen
- ◆ Verwendung stärkerer Krankomponente

In der Norm wurden Windzonen festgelegt. Abbildung 5.59 gibt einen Überblick über die europäischen Zonen. Die Mehrheit Europas kann in zwei Teile getrennt werden, Zone C und Zone D:<sup>297</sup>

- ◆ Zone C, die auch Zone A und B beinhaltet, deckt etwa 90% von Europa ab und hat eine Referenz Windgeschwindigkeit von 28 m/s (10 m über dem Boden; über 10 Minuten gemittelt).<sup>298</sup>
- ◆ D-Zonen existieren in allen diesen Ländern, an der Küste oder in Tälern. Die Referenzwindgeschwindigkeit für die Zone D ist 32 m/s (10 m über dem Boden; über 10 Minuten gemittelt).<sup>299</sup>

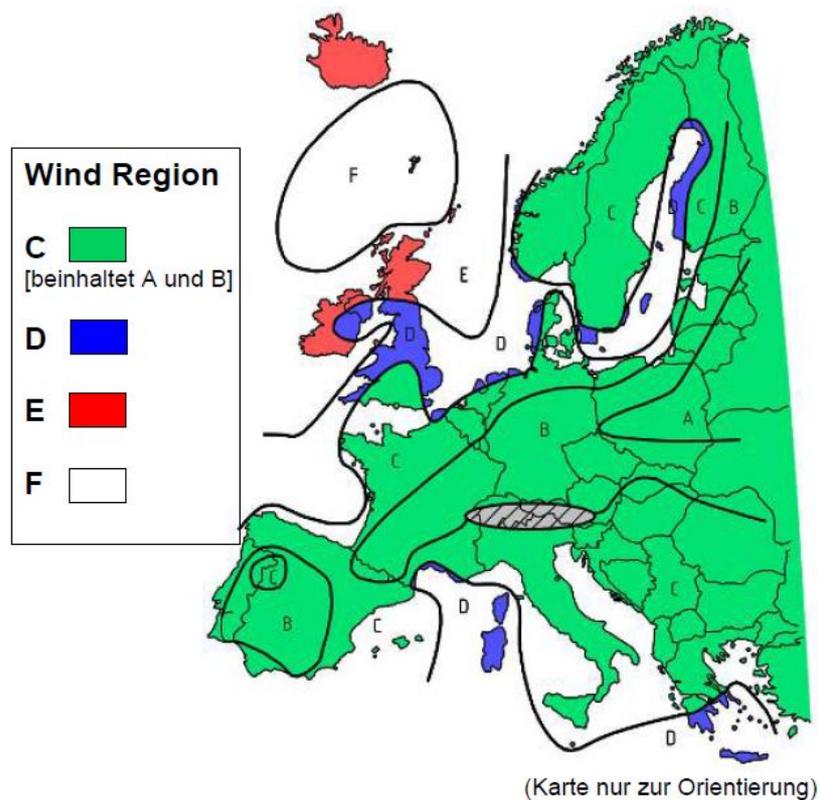


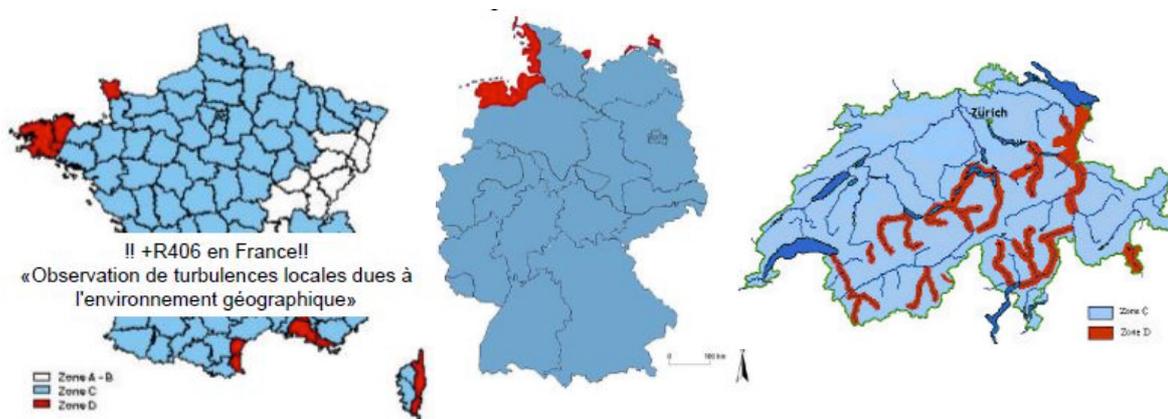
Abbildung 5.59: Europäische Windzonen nach EN 13001<sup>300</sup>

<sup>297</sup> Vgl. Stirnimann: Sécurité des grues à tour en girouette; 2010; S. 14

<sup>298</sup> Vgl. Wolffkran: Turmdrehkran Wolff 6023clear – Technische Information; 2015; S. 45

<sup>299</sup> Vgl. Wolffkran: Turmdrehkran Wolff 6023clear – Technische Information; 2015; S. 45

Manche Länder haben sehr unregelmäßige Höhenlagen, wie zum Beispiel in der Schweiz, siehe Abbildung 5.59. Deshalb gibt es genauere Länderkarten. Abbildung 5.60 zeigt eine genaue Karte von Frankreich, Deutschland und der Schweiz.



**Abbildung 5.60: Länderkarte für die Windzonen nach FEM 1.005<sup>301</sup>**

Die Norm legt verschiedene Windprofile fest, die von der Zone und einem Wiederholintervall definiert werden. Abbildung 5.61 beschreibt die maximalen Windgeschwindigkeiten, die innerhalb von 25 bzw. 50 Jahren in den verschiedenen Windregionen (C-E) auftreten können. Die schwarze Linie beschreibt das bisherige DIN/FEM Treppenprofil. Für die Turmdrehkräne wurde jetzt als Mindeststandard für die statischen Berechnungen das Windprofil C 25 festgelegt (erste grüne Kurve). Die neuen Kräne sollen für diese Windprofile ausgelegt sein. Zum Beispiel gibt es laut Windprofil C25 in 100 m Höhe statistisch alle 25 Jahre Windgeschwindigkeiten von 170 km/h. In der Zwischenzeit sind die Windgeschwindigkeiten niedriger.<sup>302</sup>

Für den Betrieb des Krans und für den Klettervorgang sind die maximalen Windstärken erlaubt, die in Tabelle 5.6 zusammengefasst sind.

|                 | Maximale Windgeschwindigkeit |         | Maximale Windstärke |
|-----------------|------------------------------|---------|---------------------|
| <b>Betrieb</b>  | 20 m/s                       | 72 km/h | 8                   |
| <b>Klettern</b> | 12-13 m/s                    | 45 km/h | 6                   |

**Tabelle 5.6: Maximale Windgeschwindigkeit<sup>303</sup>**

Jedoch ist zu beachten, dass bei einer Geschwindigkeit von 45 km/h (Windstärke 6) es schon Böen mit bis zu 72 km/h geben kann.<sup>304</sup>

<sup>300</sup> Liebherr: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14 439; 2009; S. 12

<sup>301</sup> Stirnimann: EN 14439 – Sécurité des grues à tour en girouette; 2015; S. 15-16

<sup>302</sup> Vgl. Liebherr: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14 439; 2009; S. 15

<sup>303</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 130 EC-B 6; 2006

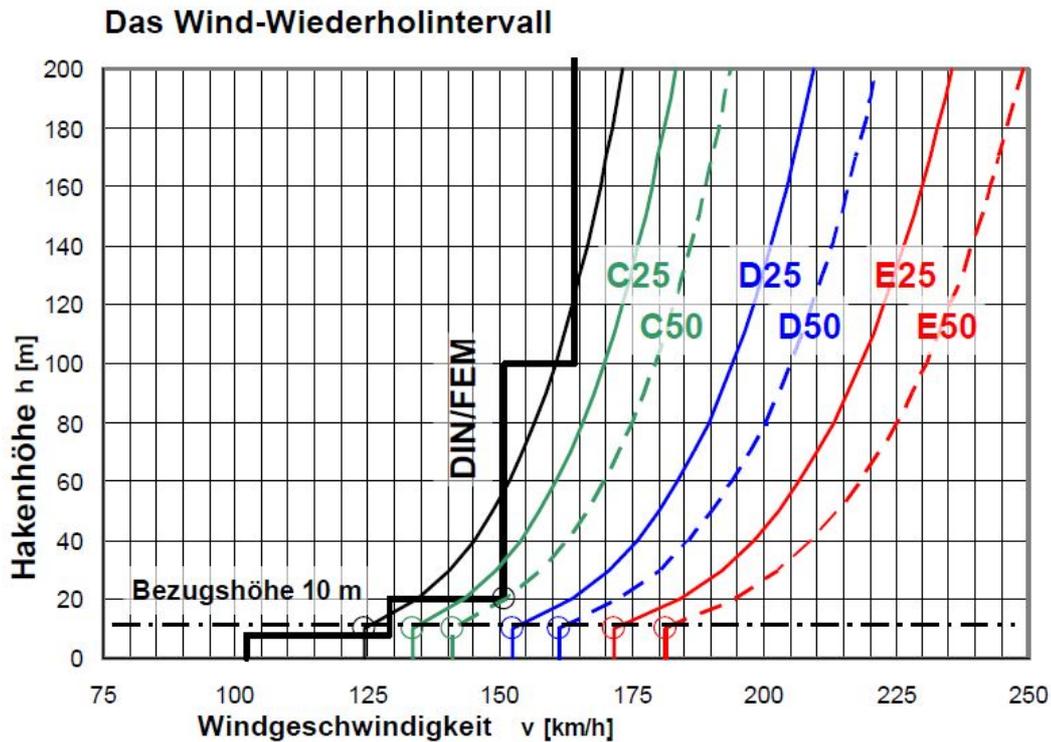


Abbildung 5.61: Böen- und Windgeschwindigkeitsprofile nach DIN 15018 und EN 13001<sup>305</sup>

## 5.8.2 Schutzeinrichtungen

Um Unfälle aller Art zu vermeiden, sind verschiedene Schutzeinrichtungen einzuplanen. Sie sind entweder freiwillig von den Herstellern vorgesehen oder aufgrund einer Norm vorgegeben und sichern nicht nur die Kranbewegungen und die Arbeiterbewegungen auf dem Kran, sondern auch die ganze Kranumwelt

### 5.8.2.1 Endschalter und Sensoren

Um eine sichere Bedienung des Krans zu haben, sind Endschalter auf dem Hubwerk und dem Laufkatzfahrwerk eingerichtet, sodass die Laufkatze und der Haken nicht gegen den Mast oder den Ausleger anstoßen können.

Viele Sensoren sind auf dem Kran montiert, wie beispielsweise der Katzfahrsensor, Lastsensor, Lastmomentsensor, Hubsensor, Fahrwerksensor, Windmessaanlage, Sensoren für Drehwinkel und Drehgeschwindigkeit usw.

### 5.8.2.2 Arbeitsbereichsbegrenzung

Die Arbeitsbereichsbegrenzung ist eine Schutzeinrichtung, die den Kranführer im Schwenkbereich des Krans mit dem Lasthaken oder Ausleger nur einen zugewiesenen

<sup>304</sup> Vgl. Liebherr: Betriebsanleitung 130 EC-B 6; 2006

<sup>305</sup> Liebherr: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14 439; 2009; S. 14

Arbeitsbereich abfahren lässt. Vor dem Verlassen des zulässigen Arbeitsbereiches werden die Antriebe zunächst in der Geschwindigkeit reduziert und schließlich zum völligen Stillstand gebracht.

Durch diese elektronische Überwachung werden Schäden an der Kranausrüstung, an Gebäuden, an den Baustelleneinrichtungen und an Menschen vermieden. Wenn sich innerhalb des Krandrehbereiches Hindernisse wie Hochspannungsleitungen oder Eisenbahntrassen befinden, welche auf keinen Fall vom Lasthaken oder Ausleger des Kranes berührt werden dürfen, dann kann man diese Bereiche beim Einrichten des Krans punktweise im Kransystem eintragen. Trotzdem bleibt der Kranführer für die sichere Bedienung des Krans verantwortlich. Diese Einrichtung kann je nach Bedarf ein- bzw. ausgeschaltet werden. Abbildung 5.62 stellt ein Beispiel einer Arbeitsbereichsbegrenzung dar. Mit Polygonzügen und Segmenten werden die Hindernisse beschrieben. Die Höhen sind nicht eingetragen. Wenn man zum Beispiel zwischen zwei Hindernisse arbeiten will, muss der Kranführer die Arbeitsbereichsbegrenzung ausschalten, über das Hindernis schwenken und wieder einschalten.<sup>306</sup>

Dieses System kann auch als elektronisches Antikollisionssystem verwendet werden. Sind mehrere Kräne auf einer Baustelle geplant, deren Arbeitsbereiche sich überschneiden, dann muss das System mit Hilfe einer Kommunikation (Verkabelung) zwischen den Kränen eine gegenseitige Behinderung vermeiden.<sup>307</sup>

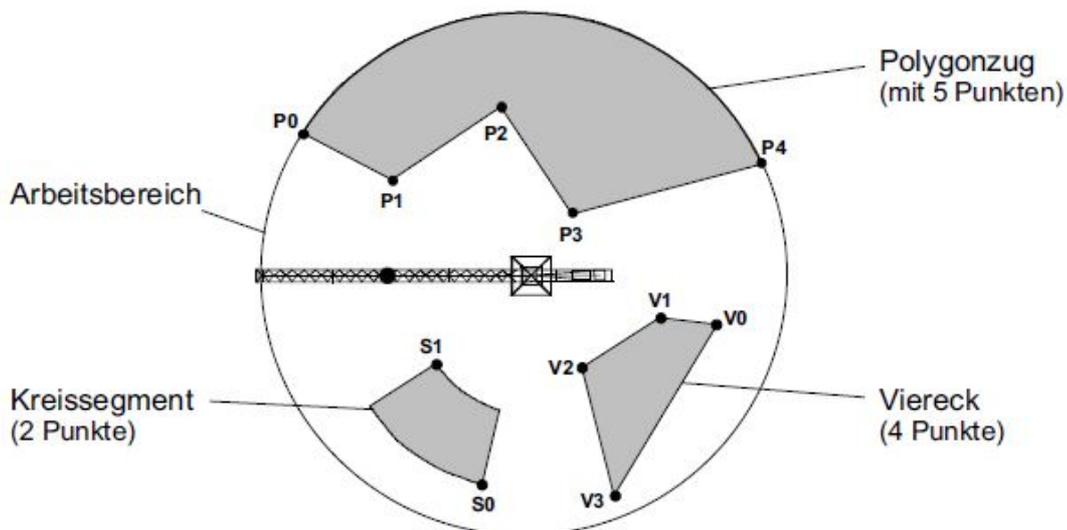


Abbildung 5.62: Beispiel einer Arbeitsbereichsbegrenzung<sup>308</sup>

<sup>306</sup> Vgl. Liebherr: ABB / MDE für schützgesteuerte LIEBHERR – Turmdrehkrane; 2006; S. 3

<sup>307</sup> Vgl. König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 64-65

<sup>308</sup> Liebherr: ABB / MDE für schützgesteuerte LIEBHERR – Turmdrehkrane; 2006; S. 45

### 5.8.2.3 Maschinendatenerfassung

Das Maschinendatenerfassungssystem ermittelt und registriert Daten über die Auslastung des Krans, Einschaltdauer, Schaltspiele und Lastspiele, wenn die entsprechenden Sensoren am Kran vorhanden sind.<sup>309</sup> Die folgenden Daten können erfasst werden:<sup>310</sup>

- ◆ „Einschaltdauer des Kranes,
- ◆ Einschalthäufigkeit aller Antriebe,
- ◆ Betriebsstunden des Dreh- und Hubwerks,
- ◆ Betriebsstunden der Laufkatze und Fahrwerke,
- ◆ Temperaturen,
- ◆ Öldrücke und Volumenströme,
- ◆ Drehzahlen,
- ◆ elektrische Spannungen und elektrische Ströme.“

Die Maschinendaten werden in zwei Bereichen gespeichert. Die kurzzeitigen Maschinendaten können zum Beispiel über den Zeitraum eines Baustelleneinsatzes gespeichert und wieder gelöscht werden. Die langfristigen Maschinendaten werden über die gesamte Lebensdauer der Bedienkonsole bzw. des Kranes gespeichert und können nicht mehr gelöscht werden.

Damit kann man bei Problemen aller Art, wie bei einer „Blackbox“ eines Flugzeugs, alle wichtigen technischen Daten des Krans auswerten.

### 5.8.2.4 Kranausrüstungen

Die neue Norm EN 14439 definiert auch europaweit einheitliche Anforderungen für Zugangsmöglichkeiten und Sicherheitsabstände von Kranteilen. Festgelegt sind unter anderem die Anforderungen an die Ausführung von Podesten, Durchstiegen, Laufstegen, Geländern, Leitern usw. Diese Elemente sind für die Sicherheit des Kranfahrers und des Montage- und Wartungspersonals notwendig. Die Vorschriften sind teilweise in Abbildung 5.63 verdeutlicht wie z.B. für schräge Leitern.<sup>311</sup>

<sup>309</sup> Vgl. Liebherr: ABB / MDE für schützgesteuerte LIEBHERR – Turmdrehkrane; 2006; S. 5

<sup>310</sup> König: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 2014; S. 65

<sup>311</sup> Vgl. Liebherr: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14 439; 2009; S. 24

Abbildung 5.63: Sicherheitsausrüstungen<sup>312</sup>

### 5.8.3 Wartung, Instandhaltungsmaßnahmen und Sicherheitsabstände

Wegen der Höhe des Krans, seines eigenen Gewichts und der Last, die er heben kann, sind die Unfälle mit Kränen oft schwerwiegend. Dies kann sehr teuer werden. Deshalb sind die Wartungen und Überprüfungen der Kräne wichtig für den Kranbetrieb.

#### 5.8.3.1 Wartung und Instandhaltungsmaßnahmen

Ein Kran muss laut Gesetz jedes Jahr überprüft werden. Jedoch ist der Kran ein komplexes Gerät, welches empfindliche Teile hat, die sehr genau und öfters zu prüfen sind: Seile, Haken, Verbindungen, Antriebe, Bremsen usw. Die Hersteller beschreiben in den Betriebsanleitungen die verschiedenen erforderlichen Prüfungen und die damit verbundenen Wiederholintervalle. Ein Beispiel für die Prüfliste für einen Untendreher ist im Anhang I gezeigt.

Abbildung 5.64 zeigt wichtige und sensible Stellen eines Krans, links für einen Obendreher im Allgemeinen und rechts für die Seilkontrolle eines Untendrehers. Nicht nur die Seile sondern auch alle Verbindungen, Umlenkrollen und Fixierungen sind wichtig. Für den Obendreher werden folgenden Elemente hervorgehoben (Liebherr Dokumentation).<sup>313</sup>

<sup>312</sup> Liebherr: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14 439; 2009; S. 24

<sup>313</sup> Liebherr: Datenblatt 180 EC-H 10; 2005

- ◆ „(1): Fahrwerksbremse und Radkasten
- ◆ (2): Drehwerksbremse
- ◆ (3): Hubwerksbremse
- ◆ (4): Katzfahrwerksbremse
- ◆ (5): Kugeldrehkranz
- ◆ (6): Klettereinrichtung
- ◆ (7): Lasthaken
- ◆ (8): Schleifringkörper“

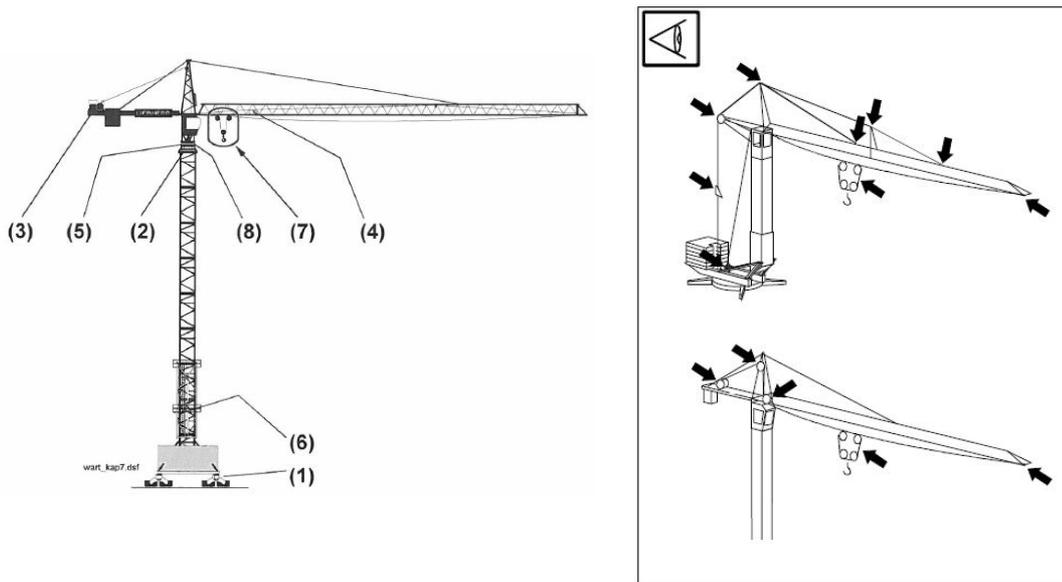


Abbildung 5.64: Wichtige Prüfungen eines Krans<sup>314</sup>

Nicht nur Prüfungen sondern auch Wartungsvorschriften sind in den Betriebsanleitungen enthalten. Abbildung 5.65 zeigt ein Beispiel für die Wartung der Seile.

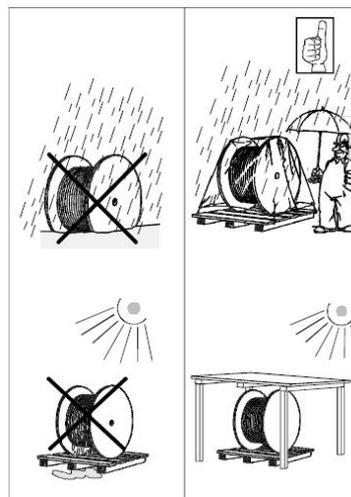


Abbildung 5.65: Schema für die Lagerung des Seils<sup>315</sup>

<sup>314</sup> Liebherr: Datenblatt 180 EC-H 10; 2005

### 5.8.3.2 Sicherheitsabstände

Die Kranaufstellung muss genau geplant werden. Einzuhaltende Sicherheitsabstände zu Gebäuden, Hochspannungsleitungen, anderen Kränen und Hindernissen sind zu berücksichtigen. Abbildung 5.66 und Abbildung 5.67 zeigen verschiedene einzuhaltende Abstände. Abhängig von den Nennspannungen der elektrischen Freileitungen sind mehr oder weniger große Abstände zu berücksichtigen. Sie reichen von 1 m für eine Nennspannung von bis zu 1 kV bis hin zu 5 m für die größten Nennspannungen.<sup>316</sup>

Außerdem soll der Kran mindestens 0,5 m von jedem einzelnen Hindernis entfernt sein. Falls mehrere Kräne zum Einsatz kommen, muss ein Mindestabstand von 2 m zwischen jedem einzelnen Kran berücksichtigt werden. Der Ausleger hat nämlich die Tendenz, bei großer Ausladung sich zu biegen. Genau dasselbe gilt für den Turm. Deshalb sind diese Abstände unbedingt notwendig. Je größer sie sind, desto sicherer ist der Kraneinsatz.<sup>317</sup>

Laut Bauer, sind folgende wichtige Informationen in der Literatur zu finden. „Die Sicherheitsabstände im Kranbetrieb und die Böschungswinkel, die beim Verlegen von Krangleisen an Baugrubenrändern und bei der Kranaufstellung mit Einzelabstützung einzuhalten sind, gehen auch aus der Kurzfassung der Sicherheitsbestimmungen in Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft, Taschenbuch Sicherheit am Bau, Ausgabe 1999, Abruf Nr 602 hervor.“<sup>318</sup>

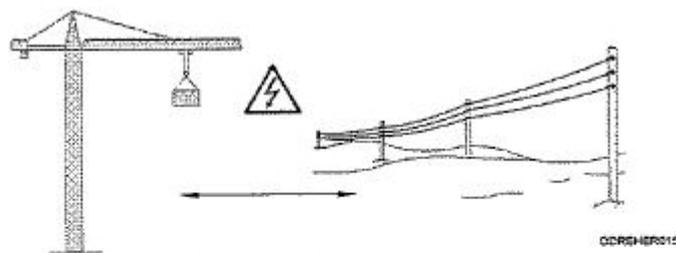


Abb. 3: Abstand halten zu spannungsführenden elektrischen Freileitungen

| Nennspannung                 | Mindestabstand |
|------------------------------|----------------|
| bis 1kV                      | 1 m            |
| über 1 kV bis 110 kV         | 3 m            |
| über 110 kV bis 220 kV       | 4 m            |
| über 220 kV bis 380 kV       | 5 m            |
| bei unbekannter Nennspannung | 5 m            |

Abbildung 5.66: Mindestabstände zu spannungsführenden elektrischen Freileitungen<sup>319</sup>

<sup>315</sup> Liebherr: Datenblatt 180 EC-H 10; 2005

<sup>316</sup> Vgl. Liebherr: Betriebsanleitung 130 EC-B 6; 2006

<sup>317</sup> Vgl. Liebherr: Betriebsanleitung 130 EC-B 6; 2006

<sup>318</sup> Bauer: Baubetrieb; 2007; S. 212

<sup>319</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 130 EC-B 6; 2006

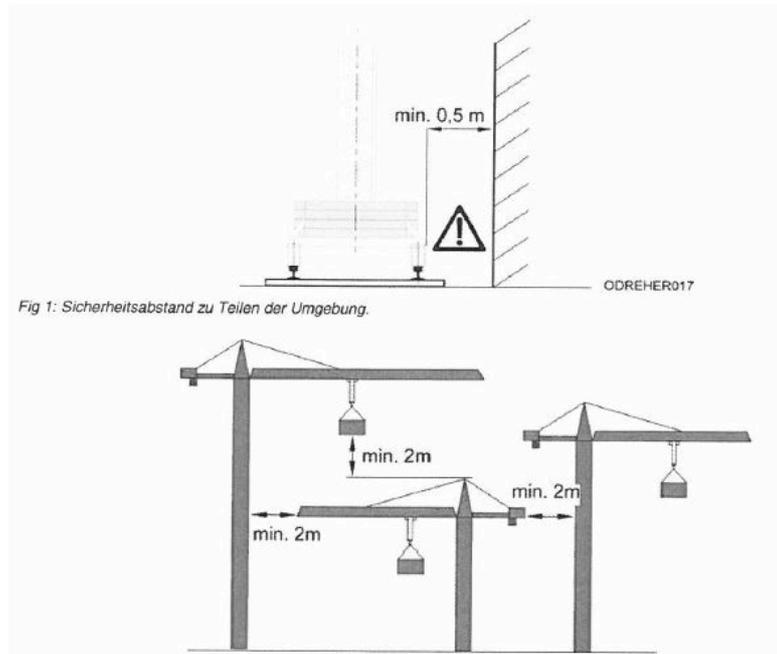


Abbildung 5.67: Sicherheitsabstand zwischen Turmdrehkränen<sup>320</sup>

Wenn der Kran im Böschungsbereich aufgestellt ist, müssen auch Sicherheitsabstände am Kranfuß eingehalten werden. Abhängig von dem Zentralballast, der Lastverteilung und der Bodenart sind auch die Böschungen mit verschiedenen Böschungswinkeln erforderlich, siehe Abbildung 5.68.

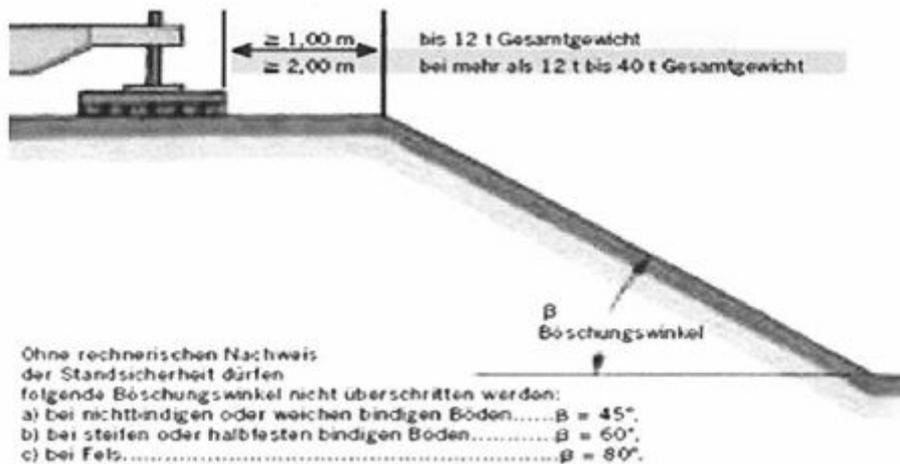


Abbildung 5.68: Sicherheitsabstände für die Kranstellung im Böschungsbereich<sup>321</sup>

<sup>320</sup> Liebherr: Betriebsanleitung 130 EC-B 6; 2006

<sup>321</sup> Vgl. AUVA-Mappe „Sicherheit am Bau“, Ausgabe 2012

## 6 Kranauswahlprozess

### 6.1 Wirtschaftliche Analyse

Für eine Baufirma spielen die Kosten einer Baustelle immer eine wichtige Rolle, aber die Sicherheit darf dabei nicht vernachlässigt werden.

#### 6.1.1 Unterwagen oder Fundamentkreuz versus Fundamentanker

Der große Nachteil von Fundamentankern ist ihr Preis. Je nach Kranhersteller sind die Kosten mehr oder weniger hoch, aber in jedem Fall im Bereich von mehreren tausenden Euros.

Wenn alle Arten von Unterbauten aus technischer Sicht geeignet sind, dann sind für die Auswahl die Kosten entscheidend. Wenn Anker vorgesehen sind, muss man die Kosten für das Betonfundament, den Transport (nur Hinfahrt) und eventuell für den Abbruch des Betonfundaments berechnen. Die Kosten für die Fundamentherstellung sind abhängig von den örtlichen Randbedingungen und den Anforderungen an das Betonfundament (Kubatur, Bewehrung). Wenn ein Unterwagen oder ein Fundamentkreuz vorgesehen ist, dann muss man die Kosten für den Transport (Hin- und Rückfahrt) einberechnen. Abhängig von der Entfernung sind die Transportkosten mehr oder weniger hoch. Ein Vergleich der Kosten ist notwendig.

Der größte Kostenfaktor ist aber die Kraneinsatzdauer. Die Mietkosten eines Unterwagens bzw. eines Fundamentkreuzes betragen einige hunderte Euros pro Monat. Je länger der Einsatz dauert, desto höher sind die gesamten Mietkosten. Ab etwa zehn Monaten erreichen die Mietkosten die Größenordnung eines Ankerpreises. Für langwierige Baustellen sind dann Fundamentanker günstiger, während für kurze Einsätze diese nicht wirtschaftlich interessant sind. Die Unterbauauswahl kann schon bei einem Zeitraum von einem Monat von wirtschaftlicher Bedeutung sein, deshalb muss dies genau kalkuliert werden. Man hat vor allem auch die Transport- und Montagekosten genau zu berechnen, die Verspätungsrisiken der Bauarbeiten zu betrachten usw.

#### 6.1.2 Montage Turmdrehkran: Klettern versus Montage mittels Mobilkran

Um hohe Kräne zu errichten, gibt es zwei Möglichkeiten. Entweder wird der Turmdrehkran mit einem kleinen Mobilkran aufgestellt und dann wird geklettert oder es wird für die Montage ein großer Mobilkran benutzt, der den Kran in der erforderlichen Gesamthöhe aufstellt.

Der Kostenunterschied ist sehr schwer einzuschätzen und vor allem von der Größe des ausgewählten Mobilkranes abhängig. Je größer der Mobilkran ist, desto höher sind die

Mietkosten, aber auch die maximalen Hakenhöhen. Je höher die maximale Hakenhöhe ist, desto kürzer ist der eventuelle Klettervorgang. Für das Klettern sind die Mietkosten der Klettereinrichtung und die Montagekosten der verschiedenen Turmelemente zu beachten.

Der große Unterschied liegt in der Montagedauer. Optimal kann ein Turmdrehkran dank der Vormontage der Turmstücke, wie schon im Kapitel 5.7.2 erwähnt an einem Tag erfolgen. Mit einem Klettervorgang ist die Montage langsamer, mehrere Tage sind meist notwendig.

Demzufolge sind die Anzahl der Kranmonteure, die Arbeitsstundenanzahl und -kosten, die Transportkosten und die Mietkosten der Mobilkräne genau zu berechnen.

Vor den 2000er Jahren waren die Mobilkräne im Vergleich zu heute kleiner und viele Kräne wurden mit einem Klettersystem montiert. Heutzutage ermöglichen die neuen Mobilkräne und ihre Auslegerkombinationen die Montage von sehr hohen Kränen in kürzester Zeit.

### **6.1.3 Eigengerät versus Mietgerät**

Bei der Kranauswahl spielt auch die Verfügbarkeit der Kräne eine wichtige Rolle. In dieser Arbeit wurden alle Punkte analysiert, mit dem Gedanken, dass alle passenden Kräne verfügbar sind, was aber in der Praxis kaum der Fall ist. Wenn eine Baufirma einen Kran für eine Baustelle benötigt, sucht sie zuerst immer in ihrem Kranpark bzw. bei einer ARGE in dem der ARGE-Partner. Dann wählt sie das am besten passende Modell, auch wenn ein noch besser geeigneter Kran bei einem Vermieter möglicherweise zu finden wäre. Es ist oft wirtschaftlicher einen eigenen Kran zu verwenden. Wenn keine Kräne zur Verfügung stehen oder wenn die verfügbaren Kräne ungeeignet oder zu teuer sind, dann wird nach fremden Kränen gesucht. Dies hat den Vorteil, dass ein viel größeres Auswahlpektrum zu Verfügung steht.<sup>322</sup>

## **6.2 Kranerstellungsplan**

Für die Planung der Baustelle ist ein Kranerstellungsplan von großem Vorteil. Mit den Daten und Abmessungen von den Datenblättern kann man eine Konstruktionszeichnung erstellen. Alternativ kann man von dem Hersteller erhaltende CAD-Elemente verwenden. Diese müssen zwar einzeln zusammengesetzt werden, können aber jedes Mal wieder verwendet werden.<sup>323</sup>

---

<sup>322</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005, S. 35

<sup>323</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005, S. 36

Der vorgesehene Kran kann dann im Baustelleneinrichtungsplan eingefügt werden. Der Kranerstellungsplan ist nicht nur eine rein ästhetische Zeichnung, sondern auch eine maßstäbliche Darstellung des Krans. Sind zusätzlich die Positionen der Kräne auf der Baustelle bekannt und die Gebäude in der Umgebung als 3D-Modelle geschaffen, dann ist eine automatische Kollisionskontrolle möglich.<sup>324</sup> Diese Daten werden danach für die Arbeitsbereichsbegrenzung benutzt, siehe Kapitel 5.8.2.2.

Heutzutage existieren auch EDV-Programme, die mit Hilfe einer riesigen Datenbank an Kränen bzw. Kranteilen, nach der Eingabe verschiedener Daten (wie zum Beispiel die benötigte maximale Ausladung, Hakenhöhe, gewünschte Auslegerart, vorgeplanten Hubaufgaben usw.) die optimalen Kranmodelle bzw. Kranausrüstungskombinationen aus der Datenbank schnell und übersichtlich präsentieren.<sup>325</sup>

In den CAD-Elementen sind in der Regel die Traglastdaten des Krans nicht vorhanden. In diesen Zeichnungen kann man nach der Positionierung des Krans diese Informationen aber noch hinzufügen, um schnell überprüfen zu können, ob der Kran alle anfallenden Hubaufgaben des Arbeitsfelds erfüllen kann. Eine 2D-Seitenansicht hat aber einen Nachteil: die reellen Abstände zwischen den Kränen kann man nicht erkennen, sie sind auf dem Plan projiziert. Mit mehreren Seitenansichten oder mit einem Grundrissplan ist eine 3D-Darstellung der Baustelle realisierbar. Abbildung 6.1 zeigt ein Beispiel, wo die Arbeitsbereiche von elf Kränen mit Drauf- und Seitenansichten dargestellt sind.<sup>326</sup>

Die 3D-Darstellung des Kranbetriebes auf der Baustelle unterstützt zusätzlich die konstruktive Denkweise des Arbeitsvorbereiters. Damit hat er eine gute Übersicht der topographischen Krananordnung auf der Baustelle und durch farbliche Hervorhebungen von Kollisionsbereichen erfolgt eine gute Problemstellenvisualisierung. Darüber hinaus ist die 3D-Darstellung auch zur Planung der Turmdrehkranmontagen und -demontagen von Vorteil. So lässt sich z.B. überprüfen, ob die nötigen Arbeitsräume sowie die An- und Abfahrtsmöglichkeiten für die Fahrzeugkräne vorhanden sind.

---

<sup>324</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005, S. 42

<sup>325</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005, S. 51

<sup>326</sup> Vgl. Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005, S. 36, 42

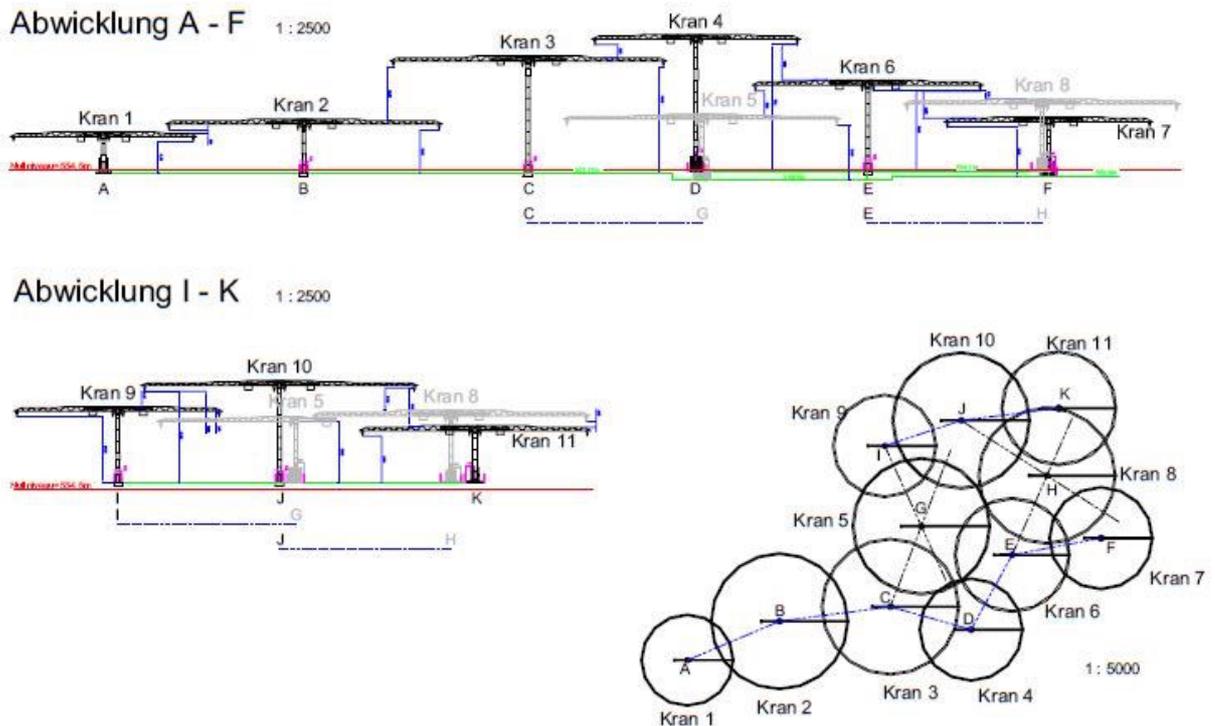


Abbildung 6.1: Drauf- und Seitenansicht eines Kranaufstellungsplans<sup>327</sup>

Der 3D-Einsatz erzeugt zusätzlich sehr anschauliche Darstellungen der Baustelle, die für Werbezwecke und Kundenpräsentationen gut geeignet sind.

### 6.3 Kranauswahl

In seiner Arbeit über die „Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen“ beschreibt Tölle die Kranauswahl folgendermaßen:<sup>328</sup>

*„Die Auswahl der Kranbauart aus der Vielfalt der Möglichkeiten ist damit stark von der zu erfüllenden Hubaufgabe und den Baustellenrandbedingungen abhängig. Die Kriterien dürfen dabei nicht einzeln betrachtet werden. Nur in der Kombination aller Kriterien ergeben sich sinnvoll ausgewählte Kranbauarten.“*

Die Auswahlkriterien sind zusammen zu betrachten. Wie in Abbildung 6.2 dargestellt, sind in dem Auswahlprozess für Turmdrehkrane nur vier oder fünf Schritte zu unterscheiden. Nach der Auswahl des Krantyps (hier Turmdrehkran) ist zuerst über zwei Themen nachzudenken. Einerseits über die Anzahl an Kränen und ihren Standorten (mit Beachtung auf die Zufahrten und den Platzbedarf für die Montage), andererseits über das Schwenkwerk und den Auslegertyp. Dann wird auch gleichzeitig über die Krangröße und den Unterbau

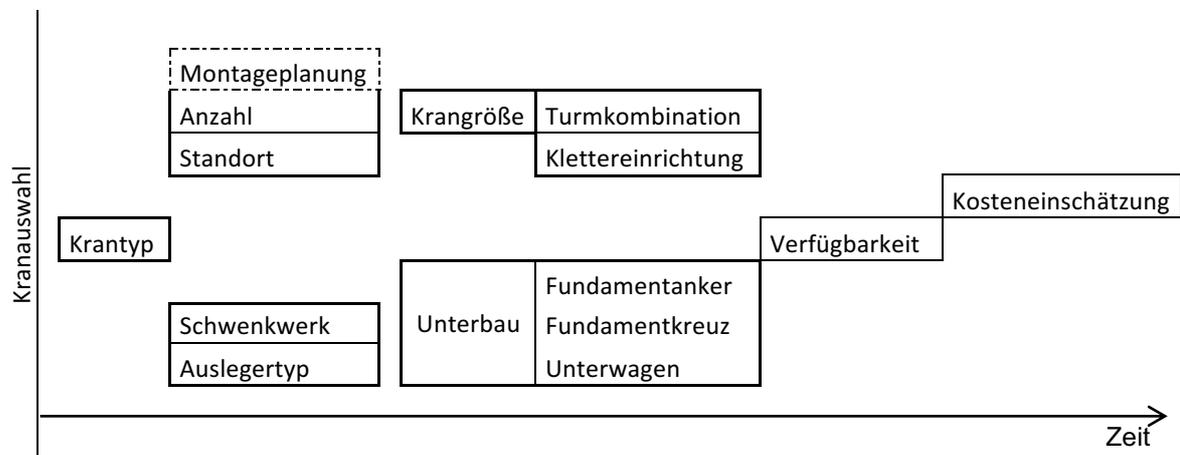
<sup>327</sup> Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005, S. 146

<sup>328</sup> Tölle: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; 2005, S. 34-35

nachgedacht. Die Krangrößenanalyse schließt die Turmstruktur und die Klettermöglichkeit ein. Für den Unterbau muss zwischen den drei möglichen Arten entschieden werden, siehe Kapitel 5.4.

Wenn es klar ist, welchen Kran die Baustelle benötigt, dann ist zuerst im eigenen Firmenpark zu suchen, ob ein passender Kran verfügbar ist. Jetzt fängt erst die Suche nach dem optimalsten Kran an. Alle technischen Details werden analysiert. Was ist die genaue Krangröße? Wie ist er ausgerüstet? Wo steht er jetzt? Wie viel wird der Transport kosten? Wohin muss er im Anschluss an die Baustelle transportiert werden?

Neben diesen Fragen sind auch immer die Kosten im Hinterkopf zu behalten. Erst wenn man einige Angebote bzw. Kräne im Visier hat, kann eine Kostenschätzung erstellt werden.



**Abbildung 6.2: Kranauswahlprozess abhängig von der Zeit**

Auf Basis der in dieser Arbeit angestellten Analysen lassen sich Kranauswahlprozesse festlegen, siehe Abbildung 6.4 und Abbildung 6.3. Sie beschreiben, wie der Kranauswahlprozess ablaufen soll. Jeder Prozessschritt ist in dieser Arbeit behandelt. Zwischen den Zellen sind die für den nächsten Schritt relevantesten Entscheidungsfaktoren hervorgehoben (rote Felder). Bei der Kranauswahl handelt es sich um einen iterativen Prozess:

- ◆ zwischen Krananzahl und Kranstandort: Wenn die Krananzahl auf der Baustelle geändert wird, dann wird die Abdeckung der Baustelle auch geändert und somit müssen die Kranstandorte überprüft werden.
- ◆ zwischen Drehwerk und Krananzahl: Wenn die Arbeitsbedingungen, einen bestimmten Drehwerkstyp erfordern, dann kann wegen der Besonderheiten der jeweiligen Arten, die ganze Kranplanung geändert werden. Der Auswahlprozess beginnt erneut mit der Bestimmung der Krananzahl.

- ◆ zwischen Unterbau und Standort: Der Unterbau ist teilweise vom Untergrund und den Gegebenheiten der Baustelle abhängig, aber auch von den Hubaufgaben und den Einsatzkosten. Man muss für die Kranunterbauauswahl immer den Standort berücksichtigen, bis sie miteinander zusammenpassen.
- ◆ zwischen Krangröße und Auslegertyp. Wegen den verschiedenen spezifischen Besonderheiten der Auslegerarten sind die Krangröße, die Kranhöhe und die Turmkombinationen sehr variierbar. Auch hier muss man das richtige Zusammenspiel zwischen Auslegertyp und Krangröße finden.

Für Mobilkräne ist es viel einfacher, da sie sehr spezifische Besonderheiten und Arbeitsbedingungen haben. Jeder Typ entspricht einem spezifischen Bedarf. Außerdem sind sie, nicht wie die Turmdrehkräne, aus verschiedenen einzelnen Elementen „zusammen gesetzt“. Sie werden fertig zusammengebaut geliefert.

Die Kosten und die Verfügbarkeit der verschiedenen Elemente sind nicht in den Grafiken als Entscheidungsfaktoren berücksichtigt, weil diese immer gesondert zu beachten sind.

Wenn man dem Kranauswahlprozess folgt, dann kann man den richtigen bzw. optimalen Kran effizient und sicher finden.

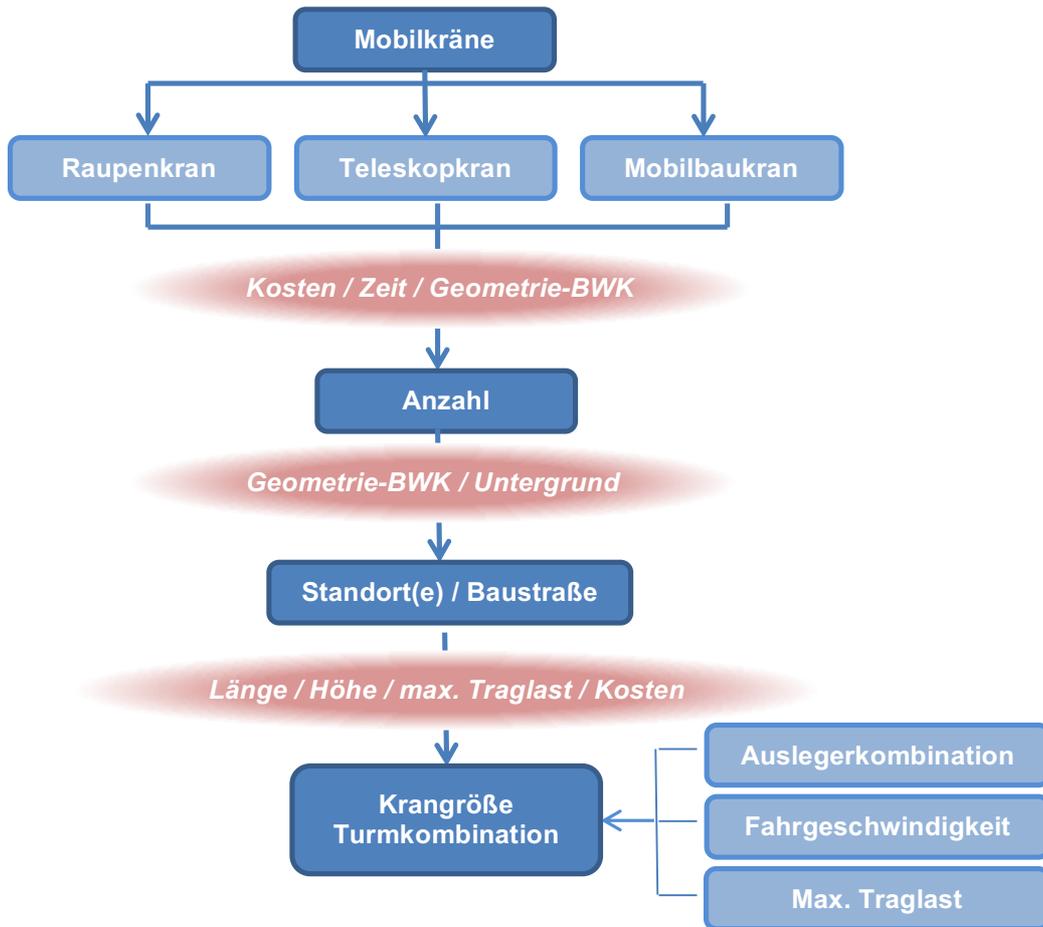


Abbildung 6.3: Kranauswahlprozess für Mobilkräne

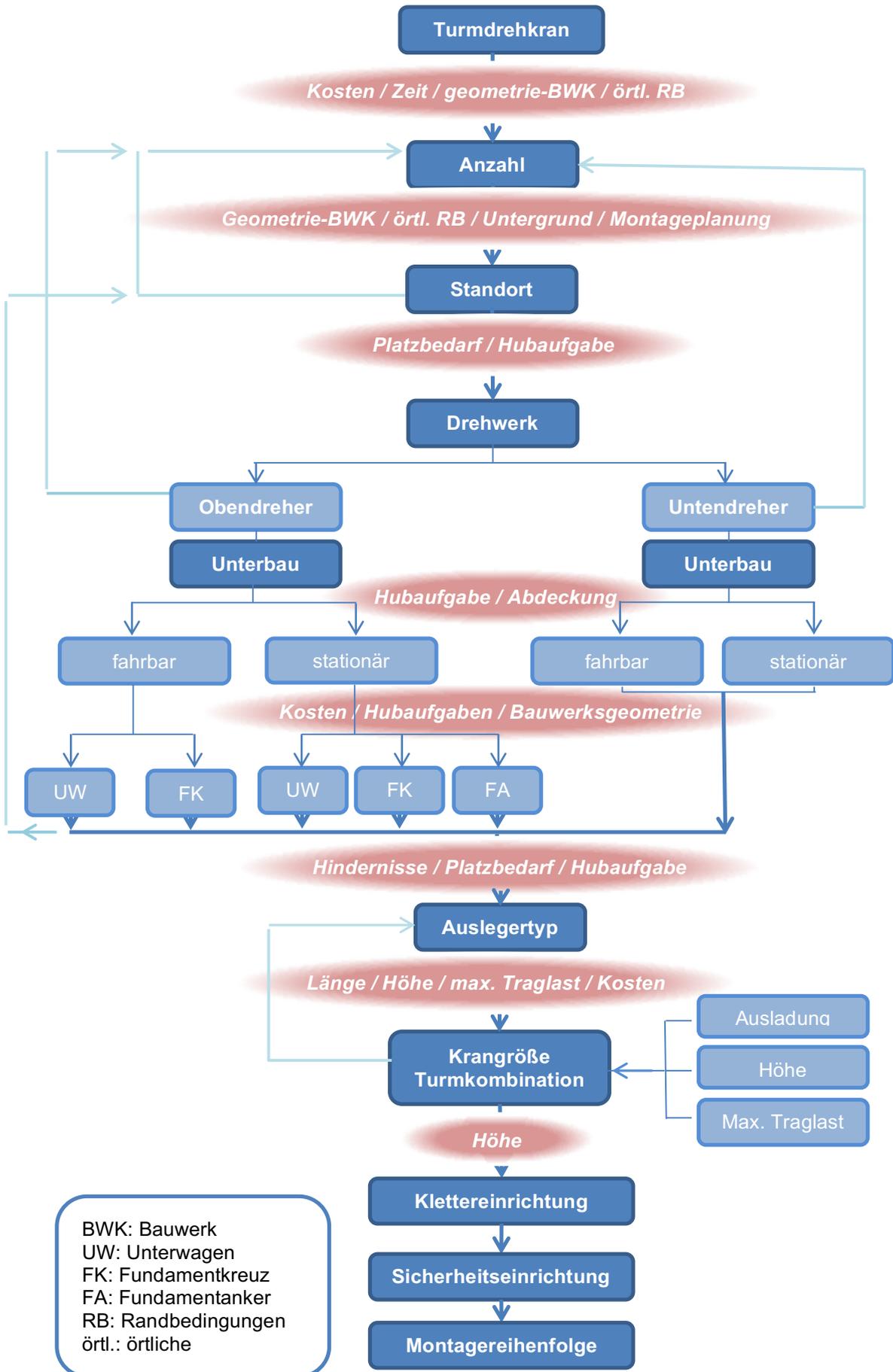


Abbildung 6.4: Kranauswahlprozess für Turmdrehkräne

## 7 Zusammenfassung

Der Kran ist eine der wichtigsten Komponente einer Baustelle. Viele Arbeiten sind davon abhängig. Er ist teuer, benötigt den Einsatz von mehreren Mitarbeitern für die Montage, den Betrieb, die Überprüfung usw. Um die Menge an unterschiedlichen möglichen Einsätzen abzudecken, wurde eine Vielfalt an unterschiedlichen Kränen entwickelt.

Ein Kran ist ein bisschen wie ein Puzzle. Er besteht aus vielen verschiedenen Elementen. Manche passen zueinander, manche nicht. Mit diesen Elementen muss ein Gerät entstehen, das effizient und sicher arbeiten soll.

Deshalb sind die Anforderungen an den geplanten Kraneinsätzen sorgsam zu studieren. Mit Hilfe der durch die Baustelle vorgegebenen Rahmenbedingungen, können entsprechend des in dieser Arbeit dargestellten Kranauswahlprozesses Schritt für Schritt die richtigen Kranelemente ausgewählt werden.

Mobilkräne wie beispielsweise Raupenkräne, Fahrzeugkräne und Mobilbaukräne werden oft für Montage- und Demontearbeiten verwendet. Sie kommen meist entweder für kurze rasche Arbeiten zum Einsatz, oder wenn ihre Mobilität am Einsatzort benötigt wird.

Turmdrehkräne bieten viele Kombinationsmöglichkeiten betreffend der einzelnen Kranelemente. Untendreher sind kleine günstige Kräne, die für einfache Arbeiten gut geeignet sind. Mit ihrer Fähigkeit sich selbst aufzustellen, sind sie sehr schnell einsatzbereit. Obendreher sind dank ihrer verschiedenen Auslegertypen für unterschiedliche Arbeiten geeignet. Mit der Kombination der verschiedenen Turm- und Unterbauvarianten ermöglichen Obendreher viele Lösungen, um den verschiedenen technischen Anforderungen der Baustellen gerecht zu werden. Außerdem ermöglichen sie mit dem Klettersystem und dem Verankerungssystem eine quasi Grenzenlosigkeit der Arbeitshöhe.

Mithilfe eines Baustelleneinrichtungsplans bzw. einem Kranerstellungsplan erfolgt eine sichere und optimale Kraneinsatzplanung. Untergrundprüfung, Verfügbarkeit des Kranes, Transport, Montage, Kostenschätzung sind viele Themen, die bei einem Kraneinsatz zu überlegen sind.

Die Welt der Kräne entwickelt sich noch weiter. Für sehr spezielle Einsätze existieren noch weitere unzählige spezielle Ausrüstungen, wie zum Beispiel die Top-Belt Kräne der Firma Potain, Schwimmkräne, Kabelkräne usw. Heutzutage gibt es kaum mehr eine Hubaufgabe, für die noch kein geeigneter Kran existiert.

Um die verschiedene Kranelemente zu vergleichen sind ihre wichtigsten Vor- und Nachteile in

Tabelle 7.1,

|                       | Vorteil   | Nachteil   |
|-----------------------|---|--|
| <b>Unterswagen</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stationär oder fahrbar</li> <li>• hohe Stabilität (Konstruktion mit Druckstreben)</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• eventuell großer Platzbedarf</li> </ul>   |
| <b>Fundamentkreuz</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stationär oder fahrbar</li> <li>• rasche Montage</li> <li>• für mehrere verschiedene Turmsysteme verwendbar</li> <li>• kann mit Kugelgelenk auch auf unebenen Untergrund aufgestellt werden</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• eventuell großer Platzbedarf</li> </ul>   |
| <b>Fundamentanker</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• wirtschaftlich bei langem Kraneinsatz</li> <li>• geringer Platzbedarf</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• bei Einbauten im Untergrund nicht gut geeignet</li> <li>• fixer Standort</li> </ul> |
| <b>Schienen</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• großer Arbeitsbereich bei geringem Kraneinsatz</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• große Platzbedarf</li> <li>• langsame Schienenfahrt</li> </ul>                      |
| <b>Kranportal</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• stationär oder fahrbar</li> <li>• Durchfahrt unterhalb des Krans möglich</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Kosten</li> </ul>  |

Tabelle 7.2 und Tabelle 7.3 zusammengefasst.

|                            | Vorteil   | Nachteil  |
|----------------------------|---|---|
| <b>Laufkatzausleger</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringe Kosten (Transport, Montage, Vorhaltung)</li> <li>• schnelle Lastbewegungen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• fix vorgegebener Arbeitsbereich</li> </ul>   |
| <b>Nadelausleger</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Platzbedarf in der Luft</li> <li>• hohe Tragfähigkeit</li> <li>• langsame Verstellung des Auslegers</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• große tote Zone</li> </ul>   |
| <b>Biegebalkenausleger</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringer Platzbedarf in der Luft durch fehlende Turmspitze</li> <li>• sehr flexible Anpassung der Auslegerlänge an den Arbeitsbereich</li> <li>• nachträgliche Veränderung der Auslegerlänge in der Luft möglich</li> <li>• schnelle Lastbewegungen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringe Tragfähigkeit</li> <li>• keine selbständige Änderung des Arbeitsbereiches</li> </ul> |
| <b>Knickausleger</b>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• flexibler Arbeitsbereich</li> <li>• Verstellung des Auslegers unter Last</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Kosten (Montage, Vorhaltung)</li> <li>• große tote Zone</li> </ul>                      |
| <b>Teleskopausleger</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• flexibler Arbeitsbereich</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Kosten (Montage, Vorhaltung)</li> </ul>   |
| <b>Untendreher</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe mögliche Tragfähigkeit durch verschiedene Steilstellungen</li> <li>• selbstständige Montage</li> <li>• flexibler Arbeitsbereich</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• geringere Tragfähigkeit als Obendreher</li> <li>• begrenzte Turmhöhe</li> </ul>              |

Tabelle 7.1: Vor- und Nachteile verschiedener Unterbauten

Tabelle 7.2: Vor- und Nachteile verschiedener Ausleger

|                      | Vorteil   | Nachteil  |
|----------------------|---|---|
| <b>Raupenkräne</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• unter Last fahrbar</li> <li>• gute Mobilität</li> <li>• hohe Tragfähigkeit und Hakenhöhe, für Schwermontage gut geeignet</li> <li>• viele Auslegervarianten und -Kombinationen</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• keine selbstständige Fahrt auf öffentlichen Straßen</li> <li>• großer Platzbedarf bei Verstellung des Auslegers</li> </ul> |
| <b>Fahrzeugkräne</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbstständige Montage</li> <li>• hohe Tragfähigkeit und Hakenhöhe</li> <li>• viele Auslegervarianten</li> <li>• für Schwermontage gut geeignet</li> <li>• wirtschaftlich bei kurzfristigen Kraneinsätzen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• großer Platzbedarf am Boden</li> <li>• großer Platzbedarf bei Verstellung des Auslegers</li> </ul>                         |
| <b>Mobilbaukräne</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• selbstständige Montage</li> <li>• guter Überblick über die Baustelle durch hohe Position der Kranfahrerabine</li> <li>• hohe mögliche Hakenhöhe durch Steilstellung</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• großer Platzbedarf</li> </ul>  |

Tabelle 7.3: Vor- und Nachteile verschiedener Mobilkräne

In Tabelle 7.4 werden abschließend verschiedene Kranarten abhängig vom Einsatzgebiet miteinander verglichen. Obendreher sind besonders gut für hohe erforderliche Hakenhöhe und langfristigen Arbeiten geeignet. Im Gegensatz dazu sind die Mobilkräne für kurze Bauarbeiten von Vorteil. Die Eignung der Kranarten wird nach fünf Stufen gestaffelt: von dunkelgrün – gut geeignet bis hin zu dunkelrot – schlecht geeignet. Es wird unterschieden zwischen dem Einsatz mehrerer Kräne auf beengtem Raum und dem Einsatz eines Krans mit Hindernissen in der Umgebung. In dem ersten Fall sind Kräne gut geeignet, welche unproblematisch mit anderen Kränen zusammen arbeiten können. Geeignet sind z.B. die Biegebalkenauslegerkräne dank der Abwesenheit der Turmspitze. In dem zweiten Fall werden eher Kräne mit den Eigenschaften von Nadelauslegerkränen verwendet, da sie Hindernissen im Arbeitsraum gut ausweichen können.

| Arbeitsart  | Kranart      |                   |                    |              |              |                 |            |              |              |   |   |
|---|--------------|-------------------|--------------------|--------------|--------------|-----------------|------------|--------------|--------------|---|---|
|   | Untendreher  | Laufkatzensteiger | Biegebalkensteiger | Nadelsteiger | Knicksteiger | Teleskopsteiger | Raupenkran | Fahrzeugkran | Mobilbaukran |   |   |
| Montage- und Demontearbeiten                      | +            | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + | + |
| Kühlturm / Fernsehturm                            | -            | -                 | -                  | -            | -            | -               | -          | -            | -            | - | - |
| Hochbau   | < 40m        | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + | + |
|   | ≥ 40m        | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + | + |
|   | ≥ 70m        | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + | + |
| Kraneinsatzdauer                                  | 1 - 5 Tage   | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + | + |
|   | 1 - 5 Wochen | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + | + |
|   | ≥ 1 Monat    | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + | + |
| Einsatz mehrerer Kräne auf beengtem Raum          | +            | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + |   |
| Arbeitsbereich mit Hindernissen                   | +            | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + |   |
| große Baustellenfläche mit flexiblem Kranstandort | +            | +                 | +                  | +            | +            | +               | +          | +            | +            | + |   |

- 
  - 
  - 
  -

nicht gut geeignet ← → gut geeignet

Tabelle 7.4: Eignung verschiedener Kranarten hinsichtlich des Einsatzgebietes

## 8 Verzeichnisse

### 8.1 Literaturverzeichnis

- ADAMS, John: Getting a Closer Look at Freedom; <http://worlstraderising.com>; 2012
- ALPINE BAU GmbH: Wichtige Information zum Kranunterbau und Kranfundament; 2007
- AUVA: AUVA-Mappe „Sicherheit am Bau“; Ausgabe 2012
- BAUER, Hermann: Baubetrieb; 3. Auflage; Springer; Berlin; 2007
- DIE DEUTSCHE BAUINDUSTRIE: Baugeräteliste; <http://www.bgl-online.info/BGL/downloads/572/Traglastkurve.pdf>; 21.10.2015
- DREES, Gerhard; KRAUß, Siri: Baumaschinen und Bauverfahren – Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 3. Auflage; expert-Verlag; Renningen; 2002
- FEYRER Klaus, MATTHIAS Karl, SCHEFFLER Martin: Fördermaschinen – Hebezeuge, Aufzüge, Flurförderzeuge; Vieweg; Braunschweig/Wiesbaden; 1998
- FLEURY, Philippe: Chèvre à palan simple et à treuil; <https://www.unicaen.fr>; 25.09.2015
- FLEURY, Philippe: Chèvre à palan double et à tambour ; <https://www.unicaen.fr>; 25.09.2015
- HÜSTER Felix: Leistungsberechnung der Baumaschinen; 3. Auflage; Werner Verlag; Düsseldorf; 1997
- JODL Hans Georg: Einrichtung und Betrieb von Baustellen, Studienblätter zur Vorlesung; Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement; Wien; 2014
- KÖNIG Horst: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung; 4. Auflage; Springer Vieweg; Wiesbaden; 2014
- LAHANAS Michael: Ancient Greek Inventions; <http://www.hellenicaworld.com>; 25.09.2015
- LIEBHERR: Historie – Die Gründung der Firmengruppe; <http://www.liebherr.com>; 25.09.2015
- LIEBHERR: Historie – Expansion und Umstrukturierung; <http://www.liebherr.com>; 25.09.2015
- LIEBHERR: Der prozentuale Anteil der Nadelausleger in Deutschland ist nicht gestiegen; Kranmagazin; Nr. 59; S.42-43; Griesheim; 2008
- LIEBHERR: Übersicht Turmstücke; 2004
- LIEBHERR: Mobilbaukrane; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015
- LIEBHERR: Raupenkrane; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015

LIEBHERR: Fahrzeugkrane; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015

LIEBHERR: Schnelleinsatzkräne; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015

LIEBHERR: H-Krane; <http://www.liebherr.com>; 09.01.2016

LIEBHERR: Flat-Top EC-B; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015

LIEBHERR: High-Top EC-H; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015

LIEBHERR: Heavy-Load HC; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015

LIEBHERR: Luffing HC-L; <http://www.liebherr.com>; 29.09.2015

LIEBHERR: LTM-Mobilkrane; <http://www.liebherr.com>; 13.10.2015

LIEBHERR: Das Kranprogramm; 2000

LIEBHERR: Betriebsanleitung 180 EC-H 10; 2005

LIEBHERR: Betriebsanleitung 140 EC-H 6; 2001

LIEBHERR: Datenblatt MK 100; 2010

LIEBHERR: Datenblatt LTM 1130-5.1; 2012

LIEBHERR: Datenblatt 22 HM; 2013

LIEBHERR: Datenblatt 26H; 2013

LIEBHERR: Datenblatt 65 K; 2013

LIEBHERR: Datenblatt 81 K; 2010

LIEBHERR: Datenblatt 42 KR.1; 2013

LIEBHERR: Datenblatt 112 EC-H 8 Litronic; 2008

LIEBHERR: Datenblatt 112 HC-K; 1981

LIEBHERR: Datenblatt 130 EC-B 6; 2006

LIEBHERR: Datenblatt 180 EC-H 8; 2005

LIEBHERR: Datenblatt 180 EC-B 10; 2002

LIEBHERR: Datenblatt 285 EC-B 12; 2014

LIEBHERR: Datenblatt 280 EC-H 12; 2014

LIEBHERR: Datenblatt 3150 HC 60; 2013

LIEBHERR: Datenblatt LR 1200; 2013

LIEBHERR: Datenblatt LTR 11200; 2012

LIEBHERR: MK 88; 2015

- LIEBHERR: Die EC-B Flat-Top-Krane; 2007
- LIEBHERR: Die Turmdrehkrane HC-K mit Knickausleger; 1976
- LIEBHERR: Der Teleskopturm für Obendreherkrane; 1992
- LIEBHERR: Turmkombinationen Kran 112 EC-H stationäre und fahrbare Aufbauten; 1997
- LIEBHERR: Das Kransystem EC-H. Nur bei Liebherr; 2001
- LIEBHERR: Vorsprung durch Modularität – Die EC-H- und EC-B-Krane; 2008
- LIEBHERR: Helikoptermontage des 150 EC-B Flat-Top-Krans auf der Zugspitze;  
<http://www.youtube.com>; 20.10.2015
- LIEBHERR: Erhöhte Sicherheit und verbesserter Komfort – Europäische Norm EN 14439; 2009. <http://www.liebherr.com>; 13.10.2015
- LIEBHERR: ABB / MDE für schützgesteuerte LIEBHERR – Turmdrehkrane; 2006
- LIEBHERR: Statische Daten laut EN14439:2009/FEM1.005-C25 – Eckkräfte: 91 EC, Turmsystem 120 HC, Unterwagen 120HC 4,5 m Spur fahrbar/stationär; ohne Jahresangabe
- LIEBHERR: Statische Daten laut EN14439:2009/FEM1.005-C25 – Eckkräfte: 91 EC, Turmsystem 120 HC, Fundamentkreuz 91EC 4,6 m fahrbar/stationär; ohne Jahresangabe
- LIEBHERR: Statische Daten laut EN14439:2009/FEM1.005-C25 – Fundamentbelastung: 91 EC, Turmsystem 120 HC; ohne Jahresangabe
- LINDEM COMANSA: Luffing-jib cranes vs tower cranes; <http://metas.co>; 01.10.2015
- MANITOWOC: Igo Self-Erecting Cranes – Igo M Self Erecting;  
<http://www.manitowoccranes.com>; 29.09.2015
- MANITOWOC: Igo T Self Erecting; <http://www.manitowoccranes.com>; 29.09.2015
- MANITOWOC: MCT Tower Cranes; <http://www.manitowoccranes.com>; 29.09.2015
- MANITOWOC: MDT Tower Cranes; <http://www.manitowoccranes.com>; 29.09.2015
- MANITOWOC: MDT City Tower Cranes – MDT CCS City Crane;  
<http://www.manitowoccranes.com>; 29.09.2015
- MANITOWOC: MD Tower Cranes; <http://www.manitowoccranes.com>; 29.09.2015
- MANITOWOC: MR Tower Cranes; <http://www.manitowoccranes.com>; 29.09.2015
- MANITOWOC: Über Potain; <http://www.manitowoccranes.com>; 09.12.2015
- MANITOWOC: Potain Igo 22 Data Sheet; 2013
- MANITOWOC: Potain Igo M 14 Data Sheet; 2013

- MANITOWOC: Potain Igo T 130 Data Sheet; 2009
- MANITOWOC: Potain MCT 68 Data Sheet; 2007
- MANITOWOC: Potain MDT 98 Data Sheet; 2004
- MANITOWOC: Potain MDT 109 Data Sheet; 2015
- MANITOWOC: Potain MDT 268 A J12 Data Sheet; 2013
- MANITOWOC: Potain MD 310 C K16 Data Sheet; 2008
- MANITOWOC: Potain MD 1100 Data Sheet; 2006
- MANITOWOC: Potain MR 225 A Data Sheet; 2006
- MANITOWOC: Potain Tower Cranes; 2015
- MEYER Pius: Chronologie der wichtigsten Entwicklungen, Daten und Meilensteine bei den europäischen Turmdrehkränen und deren Herstellern; <http://kran-info.ch>; 01.12.2009
- MEYER Pius, BRUDERER Andreas: <http://kran-info.ch>; 25.09.2015
- MEYER Pius: Wissenwertes über unten drehende Turmdrehkrane (Schnellmontagekrane); <http://kran-info.ch>; 2008
- MEYER Pius: Wissenwertes über oben drehende Turmdrehkrane; <http://kran-info.ch>; 2008
- MJENR, DESCO: Wie wirkt der Hebel?; <http://www.sonntaler.net>; 30.09.2002
- OZANAM Jacques: Dictionnaire mathématique; 1691
- PRANGL: PFK 45 Fahrzeugkrane; <http://www.prangl.com>; 13.10.2015
- PRANGL: PTK 35 Teleskopkrane; <http://www.prangl.com>; 13.10.2015
- PRANGL: PTK 300 Teleskopkrane; <http://www.prangl.com>; 13.10.2015
- PRANGL: PSK 55 Spezialkrane; <http://www.prangl.com>; 30.09.2015
- PW INTERNET SOLUTIONS GmbH: Krane machen das Leben leichter; <http://www.baumarkt.de>; 01.10.2015
- RAUH, Reinhold: Studienhefte der Baubetriebslehre – Heft 4: Hochbautechnik und Bauverfahren im Hochbau; 1. Auflage; Universität Siegen; 2003
- SCHMIDT L.: Präsentation „Baubetriebsplanung und –steuerung II, Modul 112-503, Hebezeuge“; FH München; ohne Jahresangabe
- STIRNIMANN: EN 14439 – Sécurité des grues à tour en girouette ; <http://stirnemann.ch>; 20.10.2015

TEC.LEHRERFREUND: Turmdrehkrane (1); <http://www.lehrerfreund.de>; 06.10.2015

TEC.LEHRERFREUND: Turmdrehkrane (2); <http://www.lehrerfreund.de>; 06.10.2015

TEREX: All-Terrain-Krane; <http://www.terex.com>; 15.10.2015

TEREX: Rough-Terrain-Krane.; <http://www.terex.com>; 15.10.2015

TEREX: Gittermast-Raupenkrane.; <http://www.terex.com>; 15.10.2015

TEREX: AC 40/2(L); 2012

TEREX: AC 700; 2015

TEREX: AC 1000; 2013

TEREX: RT 230; 2013

TEREX: RT 130; 2015

TEREX: CC 2400-1; 2013

TEREX: CC 6800; 2015

TEREX: CC 8800-1 TWIN; 2010

THE HISTORY CHANNEL : Les grandes inventions de l'Antiquité - Gigantesques machines ; <http://www.youtube.com>; 2007

TÖLLE, Stefan: Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen; Technischen Universität München; 2005

TRUCKS AND CRANES: Potain Turmdrehkrane; <http://www.trucks-cranes.nl/deutsch/krane/turmdrehkrane/potain.html>; 17.01.2016

WIKIA: Nadelausleger; <http://tdk.wikia.com/wiki/Nadelausleger>; 01.10.2015

WIKIPEDIA: Schaduff; <https://de.wikipedia.org/wiki/Schaduff>; 25.09.2015

WIKIPEDIA: Hebel (Physik); [https://de.wikipedia.org/wiki/Hebel\\_\(Physik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Hebel_(Physik)); 25.09.2015

WIKIPEDIA: Grue (histoire); [https://fr.wikipedia.org/wiki/Grue\\_\(histoire\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Grue_(histoire)); 25.09.2015

WIKIPEDIA: Poulie; <https://fr.wikipedia.org/wiki/Poulie>; 14.10.2015

WOLFFKRAN: Die WOLFF Story; 2008

WOLFFKRAN: Laufkatzkräne; <http://wolffkran.at>; 29.09.2015

WOLFFKRAN: Wippkräne; <http://wolffkran.at>; 29.09.2015

WOLFFKRAN: Datenblatt 6031-clear; 2015

WOLFFKRAN: Datenblatt 8033.20 cross; 2015

WOLFFKRAN: Datenblatt 355 B; 2015

WOLLFKRAN: Produktübersicht; 2010

WOLFFKRAN: Turmdrehkran WOLFF 6023 clear – Technische Information; 09.04.2015

## 8.2 Abbildungsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 2.1: Buchmalerei eines Schaduffs .....                                       | 3  |
| Abbildung 2.2: Schema des Prinzips der Hebel .....                                     | 4  |
| Abbildung 2.3: Schema eines Hebens mit Stützpunkt in der Mitte der Stange .....        | 5  |
| Abbildung 2.4: Schema eines Gleichgewichts mit $L_2 > L_1$ .....                       | 5  |
| Abbildung 2.5: Schema eines Hebens mit $L_2 > L_1$ .....                               | 6  |
| Abbildung 2.6: Schema eines Gleichgewichts mit $L_1 > L_2$ .....                       | 6  |
| Abbildung 2.7: Schema eines Hebens mit $L_1 > L_2$ .....                               | 6  |
| Abbildung 2.8: Rekonstruktion des möglichen ersten Krans .....                         | 7  |
| Abbildung 2.9: Prinzip der einfachen Riemenscheibe .....                               | 7  |
| Abbildung 2.10: Prinzip der Riemenscheibe .....  | 8  |
| Abbildung 2.11: Zeichnung des sogenannten Parthenonkrans .....                         | 8  |
| Abbildung 2.12: Skizze eines Krans des XVII. Jahrhunderts .....                        | 9  |
| Abbildung 2.13: Der erste Wolff Drehkran .....   | 10 |
| Abbildung 2.14: Der erste Turmdrehkran von der Firma Wolffkran .....                   | 11 |
| Abbildung 2.15: Der erste Schnelleinsatzkran .....                                     | 11 |
| Abbildung 2.16: Liebherr All-Terrain-Kran (LTM 1025) .....                             | 12 |
| Abbildung 3.1: Liebherr Mobilbaukran MK 100 .....                                      | 14 |
| Abbildung 3.2: Liebherr Fahrzeugkran LTM 1130-5.1 .....                                | 15 |
| Abbildung 3.3: Liebherr Raupenkräne; links: LR 1200; rechts: LTR 11200' .....          | 16 |
| Abbildung 3.4: Liebherr Schnelleinsatzkräne; links: 26 H; rechts: 22 HM' .....         | 17 |
| Abbildung 3.5: Liebherr Schnelleinsatzkräne; links: 65 K; rechts: 42 KR.1' .....       | 18 |
| Abbildung 3.6: Liebherr Turmdrehkran 285 EC-B 12 .....                                 | 19 |
| Abbildung 3.7: Liebherr Kran 280 EC-H 12 .....   | 20 |
| Abbildung 3.8: Liebherr Heavy Load Kran 3150 HC 60 .....                               | 20 |
| Abbildung 3.9: Liebherr Nadelauslegerkran 357 HC-L .....                               | 21 |
| Abbildung 3.10: Biegebalkenauslegerkran Wolff 6031 clear .....                         | 22 |
| Abbildung 3.11: Laufkatzauslegerkran Wolff 8033.20 .....                               | 23 |
| Abbildung 3.12: Nadelauslegerkran Wolff 355 B .....                                    | 24 |
| Abbildung 3.13: Potain Schnelleinsatzkran; links: Igo 22; rechts: Igo M 14' .....      | 25 |
| Abbildung 3.14: Potain Schnelleinsatzkran; links: GTMR 331 C; rechts: Igo T 130' ..... | 26 |
| Abbildung 3.15: Potain Biegebalkenauslegerkran MCT 68 .....                            | 27 |
| Abbildung 3.16: Potain Biegebalkenauslegerkran; links: MDT 98; rechts: MDT 109' .....  | 28 |
| Abbildung 3.17: Potain Biegebalkenauslegerkran MDT 268 A J12 .....                     | 28 |
| Abbildung 3.18: Potain Laufkatzauslegerkran; links: MD310 C K16; rechts: MD1100' ..... | 29 |
| Abbildung 3.19: Potain Nadelauslegerkran MR 225 A .....                                | 30 |
| Abbildung 3.20: Terex Mobilkräne; links: AC 40/2(L); rechts: AC 1000' .....            | 31 |
| Abbildung 3.21: Terex Mobilkräne; links: RT 230; rechts: RT 130' .....                 | 32 |
| Abbildung 3.22: Terex Raupenkran; links: CC 2400-1; rechts: CC 8800-1 TWIN' .....      | 33 |
| Abbildung 4.1: Montage eines Liebherr LR 1200 Kran .....                               | 36 |
| Abbildung 4.2: Auslegervarianten eines Gittermastausleger-raupenkrans .....            | 37 |
| Abbildung 4.3: Auslegervarianten eines Teleskophauptausleger-Raupenkrans .....         | 38 |
| Abbildung 4.4: Stationäre Ausführung eines Raupenkrans .....                           | 39 |

|  |    |
|--|----|
| Abbildung 4.5: Ausführungen von Raupenkränen mit Zusatzballasten.....                          | 40 |
| Abbildung 4.6: Superliftaufrüstung eines Gittermastauslegerkrans.....                          | 40 |
| Abbildung 4.7: Verschiedene Fahrzeugkrantypen "" .....   | 41 |
| Abbildung 4.8: Fahrzeugkran im Transportzustand .....  | 43 |
| Abbildung 4.9: Abstützungen von Fahrzeugkränen .....   | 44 |
| Abbildung 4.10: Auslegerarten eines Fahrzeugkrans .....  | 45 |
| Abbildung 4.11: Mobilkräne im Vergleich .....  | 47 |
| Abbildung 5.1: Gefahren des Einbrechens.....   | 54 |
| Abbildung 5.2: Montage eines Untendreher (Potain Igo 22) .....                                 | 56 |
| Abbildung 5.3: Bezeichnung der Bauteile an einem Potain Schnellmontagekran vom<br>Typ GMR..... | 57 |
| Abbildung 5.4: Auslegerarten .....   | 60 |
| Abbildung 5.5: Arbeitsbereich eines Nadelauslegerkrans.....                                    | 61 |
| Abbildung 5.6: Nadelauslegerkräne auf der Baustelle des Freedom Tower in New<br>York.....      | 63 |
| Abbildung 5.7: Laufkatzaufstellung .....   | 65 |
| Abbildung 5.8: Verbindung des Laufkatzauslegers mit der Turmspitze mittels<br>Zugstange .....  | 66 |
| Abbildung 5.9: Hubseilmontage .....  | 66 |
| Abbildung 5.10: Gesamte Hubseillänge - Liebherr Kran 180EC-H .....                             | 67 |
| Abbildung 5.11: Ausleger eines Liebherr Krans 180 EC-B 8 .....                                 | 68 |
| Abbildung 5.12: Ausleger eines Liebherr Krans 130 EC-B 6 .....                                 | 68 |
| Abbildung 5.13: Hubseilmontage eines Biegebalkenauslegers .....                                | 69 |
| Abbildung 5.14: Biegebalkenauslegerkräne im Einsatz .....                                      | 70 |
| Abbildung 5.15: Mögliche Ausleger für einen Liebherr Kran 130 EC-B 6 .....                     | 71 |
| Abbildung 5.16: Verbindung zwischen die zwei Auslegerteile einen<br>Knickauslegerkran.....     | 72 |
| Abbildung 5.17: Gegenausleger eines Knickauslegerkrans.....                                    | 73 |
| Abbildung 5.18: Katzfahrbereich eines Liebherr-Krans 112HC-K .....                             | 74 |
| Abbildung 5.19: Traglasttabelle eines Liebherr-Krans 112HC-K.....                              | 74 |
| Abbildung 5.20: Traglastkurve des Liebherr-Krans 112 HC-K (Knickausleger) .....                | 75 |
| Abbildung 5.21: Darstellung des Arbeitsbereiches eines Kickauslegerkrans.....                  | 75 |
| Abbildung 5.22: Knickauslegerkran im Einsatz .....   | 76 |
| Abbildung 5.23: Beispiel eines Teleskopauslegerkran Arbeitsbereichs .....                      | 77 |
| Abbildung 5.24: Auslegerstellungen für Untendreher.....  | 79 |
| Abbildung 5.25: Potain Kran MD310 C K16 .....  | 80 |
| Abbildung 5.26: Vertikale Kräfte in dem Kran .....   | 81 |
| Abbildung 5.27: Unterwagen auf Fundamentplatten oder Schienen.....                             | 82 |
| Abbildung 5.28: Starre und kurvenfahrbare Fahrwerke .....                                      | 83 |
| Abbildung 5.29: Schema der Deckung eines stationären Krans .....                               | 84 |
| Abbildung 5.30: Schienenerstellung .....   | 86 |
| Abbildung 5.31: Elemente eines Fundamentkreuzes.....   | 87 |
| Abbildung 5.32: Bezeichnung der Ausrüstungen eines Fundamentkreuzes.....                       | 88 |
| Abbildung 5.33: Kugelgelagerte Spindeln .....  | 88 |
| Abbildung 5.34: Verschiedene Arten von Fundamentankern' .....                                  | 90 |

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 5.35: Wolffkran Portalkran .....   | 91  |
| Abbildung 5.36: Kranstabilität.....  | 92  |
| Abbildung 5.37: Traglastkurve des Liebherr-Krans 180 EC-H10 (LM1).....                                     | 94  |
| Abbildung 5.38: Veränderung des Lastmoments abhängig von der Ausladung<br>(Liebherr 180 EC-H 10 LM1) ..... | 95  |
| Abbildung 5.39: Lasttabellen und Lastkurven LM1+LM2 – Liebherr Kran 180 EC-H 10<br>Litronic .....          | 96  |
| Abbildung 5.40: Fundamentlasten und Eckdrücke .....  | 97  |
| Abbildung 5.41: Untendreher mit einem teleskopierbaren Turm .....  | 98  |
| Abbildung 5.42: Der Teleskopturm für Obendreherkräne .....   | 99  |
| Abbildung 5.43: Turmstücken mit unterschiedlichen Leiterformen.....  | 100 |
| Abbildung 5.44: Vorgesehene Turmkombinationen eines Liebherr-Krans 112 ECH<br>Kran .....                   | 101 |
| Abbildung 5.45: Vorgesehene Turmkombinationen eines Wolff 6015 Kran.....                                   | 102 |
| Abbildung 5.46: Außergewöhnliche Turmkombination eines Liebherr-Krans .....                                | 103 |
| Abbildung 5.47: Klettersystem mit Coulisseau .....   | 104 |
| Abbildung 5.48: Kurzzeit-Klettereinrichtung der Firma Liebherr.....  | 105 |
| Abbildung 5.49: Schema der Kletterstulpe .....   | 105 |
| Abbildung 5.50: Kletterturm: Zwei unterschiedliche Turmseiten .....  | 106 |
| Abbildung 5.51: Erklärung des Innen-Klettervorgangs' .....   | 108 |
| Abbildung 5.52: Kletterkran mit Verankerung im Einsatz .....   | 109 |
| Abbildung 5.53: Ankerrahmen Firma Wolffkran .....  | 109 |
| Abbildung 5.54: Berechnungen für Gebäudeverankerung .....  | 110 |
| Abbildung 5.55: Transport von Kranteilen .....   | 111 |
| Abbildung 5.56: Turmstückmontage.....  | 112 |
| Abbildung 5.57: Krantransport von vormontierten Kranelementen .....  | 113 |
| Abbildung 5.58: Helimontage .....  | 115 |
| Abbildung 5.59: Europäische Windzonen nach EN 13001.....   | 116 |
| Abbildung 5.60: Länderkarte für die Windzonen nach FEM 1.005.....  | 117 |
| Abbildung 5.61: Böen- und Windgeschwindigkeitsprofile nach DIN 15018 und EN<br>13001.....                  | 118 |
| Abbildung 5.62: Beispiel einer Arbeitsbereichsbegrenzung .....   | 119 |
| Abbildung 5.63: Sicherheitsausrüstungen.....   | 121 |
| Abbildung 5.64: Wichtige Prüfungen eines Krans .....   | 122 |
| Abbildung 5.65: Schema für die Lagerung des Seils .....  | 122 |
| Abbildung 5.66: Mindestabstände zu spannungsführenden elektrischen Freileitungen .....                     | 123 |
| Abbildung 5.67: Sicherheitsabstand zwischen Turmdrehkränen .....   | 124 |
| Abbildung 5.68: Sicherheitsabstände für die Kranaufstellung im Böschungsbereich .....                      | 124 |
| Abbildung 6.1: Drauf- und Seitenansicht eines Kranaufstellungsplans.....                                   | 128 |
| Abbildung 6.2: Kranauswahlprozess abhängig von der Zeit .....  | 129 |
| Abbildung 6.3: Kranauswahlprozess für Mobilkräne .....   | 131 |
| Abbildung 6.4: Kranauswahlprozess für Turmdrehkräne .....  | 132 |

### 8.3 Tabellenverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 3.1: Spektrum des Liebherr-Angebots an Mobilbaukräne .....  | 13  |
| Tabelle 3.2: Spektrum des Liebherr-Angebots an Fahrzeugkräne.....   | 14  |
| Tabelle 3.3: Spektrum des Liebherr-Angebots an Raupenkräne .....  | 16  |
| Tabelle 3.4: Spektrum des Liebherr-Angebots an klappbaren Schnelleinsatzkräne .....                         | 17  |
| Tabelle 3.5: Spektrum des Liebherr-Angebots an teleskopierbaren<br>Schnelleinsatzkräne .....                | 18  |
| Tabelle 3.6: Spektrum des Liebherr-Angebots an Biegebalkenauslegerkräne .....                               | 19  |
| Tabelle 3.7: Spektrum des Liebherr-Angebots an Laufkatzauslegerkräne .....                                  | 19  |
| Tabelle 3.8: Spektrum des Liebherr-Angebots an Heavy-Load Kräne .....                                       | 20  |
| Tabelle 3.9: Spektrum des Liebherr-Angebots an Nadelauslegerkräne.....                                      | 21  |
| Tabelle 3.10: Spektrum des Wolffkran-Angebots an Laufkatzkräne city und clear .....                         | 22  |
| Tabelle 3.11: Spektrum des Wolffkran-Angebots an Laufkatzkräne .....  | 23  |
| Tabelle 3.12: Spektrum des Wolffkran-Angebots an Wippkräne.....   | 23  |
| Tabelle 3.13: Spektrum des Potain-Angebots an Schnelleinsatzkräne der Baureihe<br>Igo und Igo M.....        | 24  |
| Tabelle 3.14: Spektrum des Potain-Angebots an Schnelleinsatzkräne der Baureihe<br>Igo GTMR und Igo T' ..... | 25  |
| Tabelle 3.15: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe<br>MCT .....                     | 26  |
| Tabelle 3.16: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe<br>MDT city .....                | 27  |
| Tabelle 3.17: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe<br>MDT Tower.....                | 28  |
| Tabelle 3.18: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe MD<br>Tower.....                 | 29  |
| Tabelle 3.19: Spektrum des Potain-Angebots an Obendreherkräne der Baureihe MR<br>Tower.....                 | 30  |
| Tabelle 3.20: Spektrum des Terex-Angebots an Mobilkräne (All-Terrain-Krane) .....                           | 31  |
| Tabelle 3.21: Spektrum des Terex-Angebots an Mobilkräne (Rough-Terrain-Krane).....                          | 32  |
| Tabelle 3.22: Spektrum des Terex-Angebots an Raupenkräne .....  | 33  |
| Tabelle 5.1: Richtwerte für Einzelzeiten von Spielzeitberechnungen.....                                     | 49  |
| Tabelle 5.2: Richtwerte für die Abschätzung der Anzahl an Arbeitskräften pro Kran.....                      | 50  |
| Tabelle 5.3: Hubseillänge bei Hakenhöhe 0.....  | 67  |
| Tabelle 5.4: Abstand „x“ abhängig von der Laufkatzposition und dem Schwenkwinkel.....                       | 84  |
| Tabelle 5.5: Begrenzungsmaße für LKWs .....   | 111 |
| Tabelle 5.6: Maximale Windgeschwindigkeit.....  | 117 |
| Tabelle 7.1: komparative Tabelle für die Unterbauten .....  | 134 |
| Tabelle 7.2: komparative Tabelle für die Ausleger .....   | 134 |
| Tabelle 7.3: komparative Tabelle für die Mobilkräne.....  | 135 |
| Tabelle 7.4: Komparative Eignung für verschiedene Kranarten nach Arbeitsart.....                            | 136 |

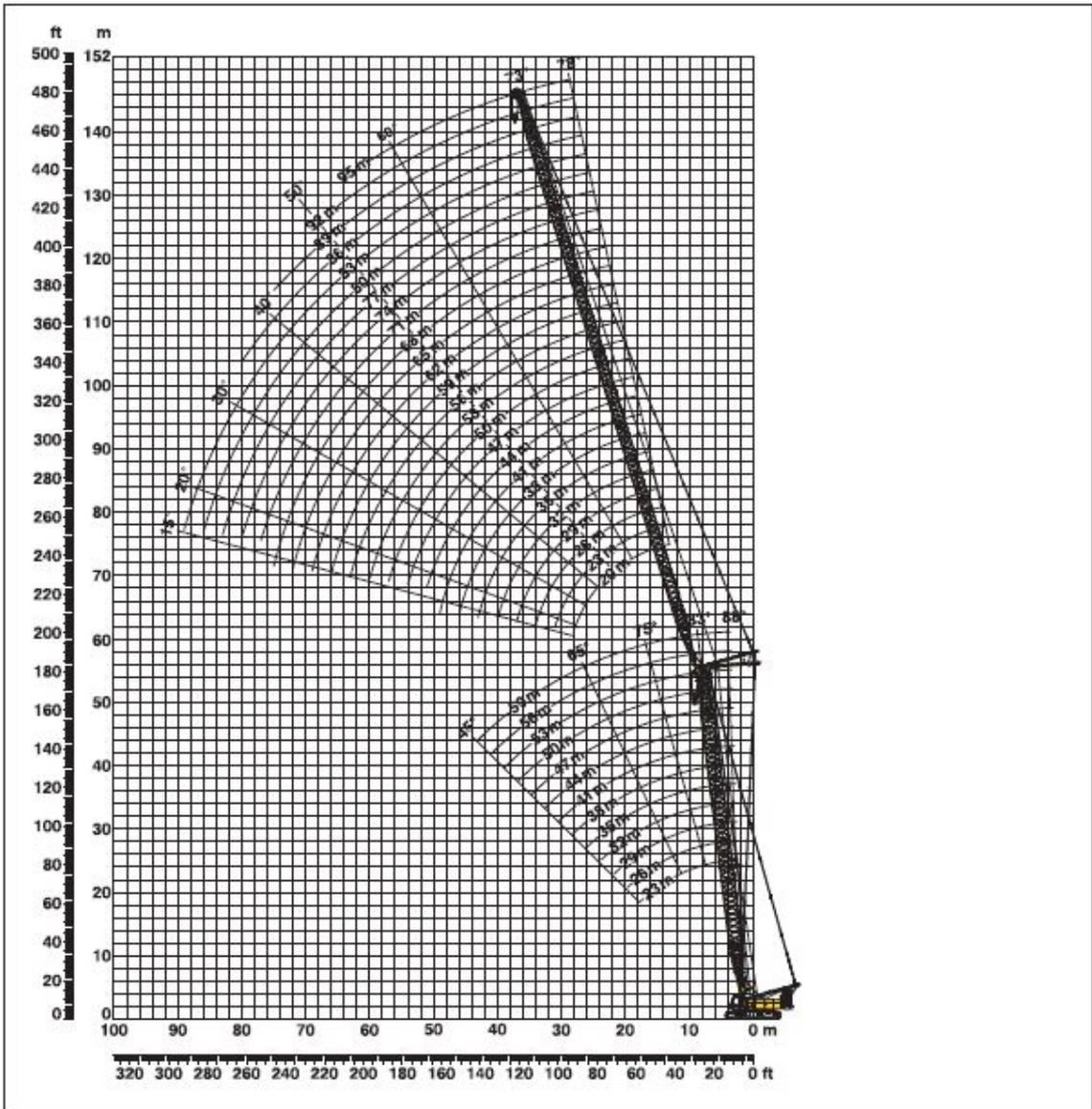
## 9 Normen

|                     |  |
|---------------------|--|
| OENORM EN 14439     | Krane – Sicherheit – Turmdrehkrane; 2009   |
| OENORM EN 13001-1   | Krane – Konstruktion allgemein – Teil 1: Allgemeine Prinzipien und Anforderungen; 2015                                   |
| OENORM EN 13001-2   | Kransicherheit – Konstruktion allgemein – Teil 2: Lasteinwirkungen; 2014   |
| OENORM EN 13001-3-1 | Krane – Konstruktion allgemein – Teil 3-1: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Stahltragwerken; 2013               |
| OENORM EN 13001-3-2 | Krane – Konstruktion allgemein – Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Drahtseilen in Seiltrieben; 2014    |
| OENORM EN 13001-3-3 | Krane – Konstruktion allgemein – Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von Laufrad/Schiene-Kontakten; 2015     |
| OENORM EN 13001-3-5 | Krane – Konstruktion allgemein – Teil 3-2: Grenzzustände und Sicherheitsnachweis von geschmiedeten Haken; 2013 [Entwurf] |
| DIN 15018-1         | Krane – Grundsätze für Stahltragwerke – Berechnung; 1984 [zurückgezogen]   |
| DIN 15018-2         | Krane – Grundsätze für Stahltragwerke – Grundsätze für die bauliche Durchbildung und Ausführung; 1984 [zurückgezogen]    |
| DIN 15018-3         | Krane – Grundsätze für Stahltragwerke – Berechnung von Fahrzeugkranen; 1984 [zurückgezogen]                              |
| DIN 15019-1         | Krane – Standsicherheit für alle Krane außer gleislosen Fahrzeugkranen und außer Schwimmkranen; 1979                     |
| DIN 15019-2         | Krane – Standsicherheit für gleislose Fahrzeugkrane - Prüfbelastung und Berechnung; 1979                                 |
| FEM 1.001           | Berechnungsgrundlagen für Krane; 1998  |
| FEM 1.005           | Empfehlung zur Berechnung von Kranstrukturen außer Betrieb; 2003   |
| DIN 15001-2         | Krane; Begriffe, Einteilung nach der Verwendung; 1975  |

# 10 Anhänge

## Anhang A<sup>329</sup>

**Verstellb. Nadelausleger (No. 1916.xx) 78° - 15°**  
**Hauptausleger 88° - 45°**



**Auslegerzusammenbau für Hauptauslegerlängen von 23 m - 59 m – siehe Tabelle 1, Seite 10**  
**Konfiguration mit verstellbarem Nadelausleger (20 m - 95 m)**

| Länge           | Anzahl der Nadelauslegerstücke |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                 | 20                             | 23 | 26 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 | 47 | 50 | 53 | 56 | 59 | 62 | 65 | 68 | 71 | 74 | 77 | 80 | 83 | 86 | 89 | 92 | 95 |
| Nadelankerstück | 1                              | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Nadel-Z-Stück   |                                | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |    | 1  |
| Nadel-Z-Stück   | 1                              | 1  |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  |    | 1  | 1  |
| Nadel-Z-Stück   |                                |    | 1  |    | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 6  | 6  | 6  | 6  |
| Nadelkopfstück  | 1                              | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| Nadellänge (m)  | 20                             | 23 | 26 | 29 | 32 | 35 | 38 | 41 | 44 | 47 | 50 | 53 | 56 | 59 | 62 | 65 | 68 | 71 | 74 | 77 | 80 | 83 | 86 | 89 | 92 | 95 |

<sup>329</sup> Liebherr: Datenblatt LR 1200; 2013

## Traglasten - verstellb. Nadelausleger (No.1916.xx)

### Hauptausleger 88°

#### Hauptausleger 23 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |      |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71   | 83  | 95  |
| 7.9        | t              | t    | t    | t    | t    | t    | t   | t   |
| 10         | 69.9           |      |      |      |      |      |     |     |
| 13         | 57.2           | 52.0 |      |      |      |      |     |     |
| 15         | 44.4           | 40.9 | 36.0 |      |      |      |     |     |
| 17         | 38.1           | 35.5 | 31.7 | 25.5 |      |      |     |     |
| 19         | 33.6           | 31.4 | 27.9 | 23.7 | 18.2 |      |     |     |
| 22         | 29.8           | 27.9 | 25.1 | 21.7 | 17.6 | 12.9 |     |     |
| 26         | 25.8           | 24.0 | 21.5 | 18.9 | 16.1 | 12.4 | 8.4 |     |
| 30         |                | 20.2 | 18.3 | 16.2 | 14.1 | 11.7 | 8.1 | 5.1 |
| 42         |                | 17.8 | 16.0 | 14.3 | 12.4 | 10.9 | 7.8 | 5.0 |
| 50         |                |      | 11.6 | 10.3 | 9.1  | 8.1  | 6.7 | 4.4 |
| 60         |                |      |      | 8.6  | 7.5  | 6.8  | 5.5 | 4.0 |
| 65         |                |      |      |      | 6.1  | 5.3  | 4.3 | 3.1 |
| 70         |                |      |      |      |      | 4.8  | 3.8 | 2.8 |
| 75         |                |      |      |      |      | 4.3  | 3.3 | 2.3 |
| 80         |                |      |      |      |      |      | 2.9 | 2.0 |

#### Hauptausleger 35 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |      |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71   | 83  | 95  |
| 8.3        | t              | t    | t    | t    | t    | t    | t   | t   |
| 11         | 65.1           |      |      |      |      |      |     |     |
| 13         | 54.2           | 47.6 |      |      |      |      |     |     |
| 16         | 46.9           | 41.8 | 32.7 |      |      |      |     |     |
| 18         | 38.9           | 35.2 | 29.6 | 21.6 |      |      |     |     |
| 19         | 35.0           | 32.0 | 27.0 | 20.9 | 15.5 |      |     |     |
| 22         | 33.2           | 30.3 | 26.0 | 20.6 | 15.3 | 11.2 |     |     |
| 26         | 29.1           | 26.3 | 22.6 | 18.8 | 14.7 | 10.9 | 7.3 |     |
| 32         |                | 22.7 | 19.7 | 16.6 | 13.9 | 10.6 | 7.1 | 4.4 |
| 42         |                | 12.1 | 16.7 | 14.3 | 12.5 | 10.1 | 7.0 | 4.4 |
| 46         |                |      | 13.2 | 11.5 | 10.3 | 8.8  | 6.4 | 4.1 |
| 55         |                |      |      | 10.6 | 9.6  | 8.2  | 6.1 | 3.9 |
| 60         |                |      |      | 8.6  | 8.1  | 7.0  | 5.5 | 3.4 |
| 70         |                |      |      |      | 7.3  | 6.3  | 5.0 | 3.1 |
| 75         |                |      |      |      |      | 5.1  | 4.0 | 2.8 |
| 80         |                |      |      |      |      |      | 3.6 | 2.3 |

#### Hauptausleger 44 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71  | 83  | 95  |
| 8.7        | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 11         | 50.1           |      |      |      |      |     |     |     |
| 13         | 44.8           | 38.0 |      |      |      |     |     |     |
| 16         | 40.3           | 34.7 | 26.7 |      |      |     |     |     |
| 18         | 34.7           | 30.4 | 24.5 | 18.4 |      |     |     |     |
| 20         | 31.8           | 28.2 | 22.7 | 17.6 | 13.3 |     |     |     |
| 22         | 29.0           | 25.8 | 21.2 | 16.6 | 13.1 | 9.9 |     |     |
| 26         | 26.8           | 23.9 | 19.8 | 15.6 | 12.8 | 9.7 | 6.4 |     |
| 32         |                | 20.8 | 17.7 | 14.2 | 11.8 | 9.4 | 6.3 | 3.7 |
| 36         |                | 17.6 | 15.3 | 12.7 | 10.8 | 8.9 | 6.3 | 3.7 |
| 44         |                |      | 13.8 | 11.8 | 10.2 | 8.5 | 6.1 | 3.7 |
| 48         |                |      | 11.3 | 10.0 | 8.9  | 7.5 | 5.6 | 3.5 |
| 55         |                |      |      | 9.3  | 8.2  | 7.1 | 5.3 | 3.4 |
| 60         |                |      |      | 7.6  | 7.1  | 6.1 | 4.8 | 3.0 |
| 70         |                |      |      |      | 6.4  | 5.5 | 4.4 | 2.7 |
| 80         |                |      |      |      |      | 4.5 | 3.3 | 2.1 |

#### Hauptausleger 53 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71  | 83  | 95  |
| 9          | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 11         | 38.7           |      |      |      |      |     |     |     |
| 14         | 35.3           | 29.5 |      |      |      |     |     |     |
| 16         | 30.7           | 26.1 | 20.6 |      |      |     |     |     |
| 18         | 28.1           | 24.0 | 19.4 | 14.8 |      |     |     |     |
| 20         | 26.0           | 22.2 | 17.9 | 14.2 | 11.4 |     |     |     |
| 24         | 24.0           | 20.5 | 16.7 | 13.4 | 11.1 | 8.4 |     |     |
| 26         | 12.1           | 18.1 | 14.6 | 11.9 | 10.1 | 8.1 | 5.3 |     |
| 32         |                | 17.2 | 13.9 | 11.4 | 9.7  | 7.9 | 5.3 | 3.1 |
| 36         |                | 15.5 | 12.4 | 10.3 | 8.8  | 7.2 | 5.1 | 3.1 |
| 44         |                |      | 11.6 | 9.6  | 8.2  | 6.7 | 4.9 | 3.1 |
| 48         |                |      | 10.0 | 8.5  | 7.2  | 5.9 | 4.3 | 2.7 |
| 55         |                |      |      | 8.0  | 6.8  | 5.5 | 4.0 | 2.5 |
| 60         |                |      |      | 7.0  | 6.1  | 4.9 | 3.5 | 2.1 |
| 70         |                |      |      |      | 5.6  | 4.5 | 3.2 |     |
| 75         |                |      |      |      |      | 3.7 | 2.5 |     |

#### Hauptausleger 56 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |      |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 35   | 41   | 53   | 62   | 71  | 80  |
| 9.1        | t              | t    | t    | t    | t    | t    | t   | t   |
| 11         | 37.2           |      |      |      |      |      |     |     |
| 13         | 34.9           | 28.4 |      |      |      |      |     |     |
| 14         | 31.8           | 26.9 | 23.7 |      |      |      |     |     |
| 16         | 30.6           | 25.7 | 22.9 | 20.0 |      |      |     |     |
| 18         | 28.1           | 23.8 | 21.4 | 18.8 | 14.4 |      |     |     |
| 20         | 26.2           | 22.1 | 20.0 | 17.6 | 13.9 | 10.9 |     |     |
| 22         | 24.3           | 20.6 | 18.7 | 16.6 | 13.2 | 10.8 | 8.0 |     |
| 24         | 22.9           | 19.2 | 17.7 | 15.5 | 12.4 | 10.5 | 7.9 | 5.9 |
| 28         | 12.1           | 18.2 | 16.7 | 14.7 | 11.8 | 10.0 | 7.8 | 5.8 |
| 32         |                | 15.3 | 14.0 | 12.5 | 10.3 | 8.7  | 7.1 | 5.7 |
| 38         |                |      | 12.4 | 11.1 | 9.4  | 8.0  | 6.5 | 5.2 |
| 44         |                |      |      | 9.7  | 8.3  | 7.3  | 5.9 | 4.8 |
| 55         |                |      |      |      | 6.8  | 5.9  | 4.9 | 4.0 |
| 60         |                |      |      |      |      | 5.4  | 4.4 | 3.5 |
| 70         |                |      |      |      |      |      | 3.5 | 2.7 |
| 80         |                |      |      |      |      |      |     | 2.0 |

#### Hauptausleger 59 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |      |  |
|------------|----------------|------|------|------|------|------|--|
|            | 20             | 29   | 35   | 41   | 53   | 62   |  |
| 9.2        | t              | t    | t    | t    | t    | t    |  |
| 12         | 32.9           |      |      |      |      |      |  |
| 13         | 29.7           | 24.6 |      |      |      |      |  |
| 14         | 28.3           | 23.7 | 20.9 |      |      |      |  |
| 17         | 27.1           | 22.8 | 20.1 | 17.9 |      |      |  |
| 18         | 24.1           | 20.4 | 18.2 | 16.2 | 12.9 |      |  |
| 20         | 23.3           | 19.7 | 17.5 | 15.7 | 12.5 | 10.1 |  |
| 24         | 21.6           | 18.4 | 16.2 | 14.8 | 11.8 | 9.9  |  |
| 28         | 12.1           | 16.3 | 14.3 | 13.0 | 10.6 | 8.9  |  |
| 32         |                | 15.0 | 13.1 | 11.9 | 9.7  | 8.2  |  |
| 38         |                | 14.1 | 12.2 | 11.1 | 9.1  | 7.7  |  |
| 42         |                |      | 11.2 | 10.1 | 8.2  | 7.0  |  |
| 44         |                |      |      | 9.5  | 7.7  | 6.5  |  |
| 48         |                |      |      | 8.9  | 7.5  | 6.3  |  |
| 55         |                |      |      |      | 6.3  | 5.4  |  |
| 60         |                |      |      |      |      | 4.9  |  |

TL 106/04/0 - M00000

Traglasten in Tonnen mit verstellbarem Nadelausleger (No. 1916.xx), 82.3 Ballast + 36 t Zentralballast. Oben angeführte Traglastwerte sind nur zur Information. Für Ihren aktuellen Hub verwenden Sie bitte die Traglastwerte aus dem Traglasttabellenbuch.

## Traglasten - verstellb. Nadelausleger (No. 1916.xx)

### Hauptausleger 83°

#### Hauptausleger 23 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |      |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71   | 83  | 95  |
| 11.7       | t              | t    | t    | t    | t    | t    | t   | t   |
| 15         | 57.6           |      |      |      |      |      |     |     |
| 18         | 43.7           | 41.1 |      |      |      |      |     |     |
| 22         | 35.4           | 33.1 | 29.6 |      |      |      |     |     |
| 24         | 28.1           | 26.3 | 24.0 | 21.2 |      |      |     |     |
| 28         | 25.5           | 24.0 | 21.8 | 19.3 | 15.9 |      |     |     |
| 32         |                | 20.3 | 18.6 | 16.6 | 14.6 | 11.8 |     |     |
| 34         |                | 17.8 | 16.3 | 14.7 | 12.9 | 11.3 | 7.9 |     |
| 44         |                |      | 15.2 | 13.7 | 12.3 | 10.7 | 7.7 | 5.0 |
| 48         |                |      | 11.6 | 10.4 | 9.4  | 8.4  | 6.9 | 4.5 |
| 55         |                |      |      | 9.4  | 8.4  | 7.7  | 6.3 | 4.2 |
| 60         |                |      |      | 8.1  | 7.1  | 6.5  | 5.4 | 3.8 |
| 65         |                |      |      |      | 6.4  | 5.7  | 4.8 | 3.4 |
| 70         |                |      |      |      | 5.7  | 5.1  | 4.1 | 3.1 |
| 75         |                |      |      |      |      | 4.6  | 3.6 | 2.7 |
| 85         |                |      |      |      |      |      | 3.2 | 2.2 |
| 85         |                |      |      |      |      |      | 2.4 |     |

#### Hauptausleger 35 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |      |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71   | 83  | 95  |
| 13.1       | t              | t    | t    | t    | t    | t    | t   | t   |
| 16         | 55.3           |      |      |      |      |      |     |     |
| 20         | 45.7           | 41.0 |      |      |      |      |     |     |
| 24         | 36.2           | 32.9 | 28.3 |      |      |      |     |     |
| 26         | 29.8           | 27.3 | 23.8 | 19.3 |      |      |     |     |
| 28         | 27.7           | 25.4 | 22.1 | 18.6 | 14.3 |      |     |     |
| 32         |                | 23.7 | 20.8 | 17.8 | 14.1 | 10.6 |     |     |
| 34         |                | 21.1 | 18.5 | 16.0 | 13.4 | 10.5 | 7.1 |     |
| 36         |                | 20.0 | 17.6 | 15.2 | 13.1 | 10.3 | 7.1 |     |
| 40         |                |      | 16.6 | 14.4 | 12.8 | 10.1 | 7.0 | 4.4 |
| 46         |                |      | 15.1 | 13.2 | 11.8 | 9.8  | 6.7 | 4.3 |
| 50         |                |      | 13.2 | 11.5 | 10.6 | 9.0  | 6.4 | 4.1 |
| 55         |                |      |      | 10.7 | 9.7  | 8.5  | 6.1 | 3.9 |
| 65         |                |      |      | 9.7  | 8.8  | 7.8  | 5.8 | 3.6 |
| 75         |                |      |      |      | 7.4  | 6.5  | 5.1 | 3.1 |
| 85         |                |      |      |      |      | 5.4  | 4.2 | 2.5 |
| 85         |                |      |      |      |      |      | 3.5 | 2.1 |

#### Hauptausleger 44 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71  | 83  | 95  |
| 14.2       | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 17         | 40.8           |      |      |      |      |     |     |     |
| 22         | 36.1           | 31.3 |      |      |      |     |     |     |
| 24         | 29.1           | 26.0 | 21.4 |      |      |     |     |     |
| 26         | 27.0           | 24.1 | 20.1 | 15.7 |      |     |     |     |
| 28         | 25.7           | 22.8 | 19.1 | 15.3 |      |     |     |     |
| 30         |                | 21.6 | 18.3 | 14.7 | 12.2 |     |     |     |
| 34         |                | 20.8 | 17.5 | 14.2 | 11.9 | 9.4 |     |     |
| 36         |                | 19.0 | 16.3 | 13.3 | 11.3 | 9.2 | 6.2 |     |
| 40         |                | 12.1 | 15.6 | 12.8 | 11.0 | 9.1 | 6.2 |     |
| 46         |                |      | 14.3 | 12.1 | 10.4 | 8.6 | 6.2 | 3.7 |
| 50         |                |      | 12.9 | 10.8 | 9.5  | 8.0 | 5.8 | 3.6 |
| 55         |                |      |      | 10.1 | 8.9  | 7.8 | 5.5 | 3.5 |
| 65         |                |      |      | 9.4  | 8.2  | 7.0 | 5.2 | 3.3 |
| 75         |                |      |      |      | 7.0  | 6.0 | 4.5 | 2.8 |
| 85         |                |      |      |      |      | 5.1 | 3.8 | 2.3 |
| 85         |                |      |      |      |      |     | 3.1 |     |

#### Hauptausleger 53 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71  | 83  | 95  |
| 9          | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 11         | 38.7           |      |      |      |      |     |     |     |
| 14         | 35.3           | 29.5 |      |      |      |     |     |     |
| 16         | 30.7           | 26.1 | 20.6 |      |      |     |     |     |
| 18         | 28.1           | 24.0 | 19.4 | 14.8 |      |     |     |     |
| 20         | 26.0           | 22.2 | 17.9 | 14.2 | 11.4 |     |     |     |
| 24         | 24.0           | 20.5 | 16.7 | 13.4 | 11.1 | 8.4 |     |     |
| 26         | 12.1           | 18.1 | 14.8 | 11.9 | 10.1 | 8.1 | 5.3 |     |
| 32         |                | 17.2 | 13.9 | 11.4 | 9.7  | 7.9 | 5.3 | 3.1 |
| 36         |                | 15.5 | 12.4 | 10.3 | 8.8  | 7.2 | 5.1 | 3.1 |
| 44         |                |      | 11.6 | 9.6  | 8.2  | 6.7 | 4.9 | 3.1 |
| 48         |                |      | 10.0 | 8.5  | 7.2  | 5.9 | 4.3 | 2.7 |
| 55         |                |      |      | 8.0  | 6.8  | 5.5 | 4.0 | 2.5 |
| 60         |                |      |      | 7.0  | 6.1  | 4.9 | 3.5 | 2.1 |
| 70         |                |      |      |      | 5.6  | 4.5 | 3.2 |     |
| 75         |                |      |      |      |      | 3.7 | 2.5 |     |
| 75         |                |      |      |      |      |     | 2.2 |     |

#### Hauptausleger 56 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 35   | 41   | 53   | 62  | 71  | 80  |
| 15.7       | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 19         | 31.4           |      |      |      |      |     |     |     |
| 22         | 27.8           | 23.6 |      |      |      |     |     |     |
| 26         | 24.9           | 21.2 | 19.2 | 16.6 |      |     |     |     |
| 28         | 22.3           | 19.0 | 17.3 | 15.2 | 12.1 |     |     |     |
| 32         | 21.3           | 18.2 | 16.6 | 14.6 | 11.8 | 9.8 |     |     |
| 34         |                | 16.8 | 15.5 | 13.6 | 11.1 | 9.4 | 7.6 |     |
| 36         |                | 16.3 | 14.9 | 13.2 | 10.8 | 9.2 | 7.5 | 5.6 |
| 40         |                | 15.7 | 14.4 | 12.8 | 10.5 | 8.9 | 7.3 | 5.6 |
| 42         |                |      | 13.5 | 11.9 | 9.9  | 8.5 | 6.9 | 5.6 |
| 48         |                |      | 13.0 | 11.5 | 9.7  | 8.3 | 6.7 | 5.4 |
| 55         |                |      |      | 10.5 | 8.8  | 7.6 | 6.2 | 5.0 |
| 60         |                |      |      |      | 8.0  | 6.8 | 5.6 | 4.5 |
| 65         |                |      |      |      | 7.4  | 6.3 | 5.2 | 4.2 |
| 75         |                |      |      |      |      | 5.9 | 4.8 | 3.8 |
| 85         |                |      |      |      |      |     | 4.1 | 3.2 |
| 85         |                |      |      |      |      |     |     | 2.6 |

#### Hauptausleger 59 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |  |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|--|
|            | 20             | 29   | 35   | 41   | 53   | 62  |     |  |
| 16         | t              | t    | t    | t    | t    | t   |     |  |
| 19         | 27.4           |      |      |      |      |     |     |  |
| 22         | 24.6           | 20.9 |      |      |      |     |     |  |
| 24         | 21.9           | 18.8 | 16.8 |      |      |     |     |  |
| 26         | 20.7           | 17.7 | 15.7 | 14.2 |      |     |     |  |
| 28         | 19.6           | 16.8 | 14.9 | 13.6 | 10.9 |     |     |  |
| 30         | 18.9           | 16.1 | 14.2 | 13.0 | 10.6 |     |     |  |
| 34         |                | 15.5 | 13.6 | 12.6 | 10.3 | 8.7 |     |  |
| 38         |                | 14.5 | 12.7 | 11.7 | 9.7  | 8.2 |     |  |
| 42         |                | 12.1 | 12.0 | 10.9 | 9.0  | 7.7 |     |  |
| 46         |                |      | 11.4 | 10.3 | 8.5  | 7.2 |     |  |
| 48         |                |      |      | 9.8  | 8.0  | 6.8 |     |  |
| 55         |                |      |      | 9.5  | 7.7  | 6.6 |     |  |
| 60         |                |      |      |      | 7.1  | 5.9 |     |  |
| 65         |                |      |      |      | 6.6  | 5.5 |     |  |
| 70         |                |      |      |      |      | 5.1 |     |  |
| 70         |                |      |      |      |      |     | 4.3 |  |

TLT 10575476 - M00000

Traglasten in Tonnen mit verstellbarem Nadelausleger (No. 1916.xx), 82.3 Ballast + 36 t Zentralballast. Oben angeführte Traglastwerte sind nur zur Information. Für Ihren aktuellen Hub verwenden Sie bitte die Traglastwerte aus dem Traglasttabellenbuch.

## Traglasten - verstellb. Nadelausleger (No. 1916.xx)

### Hauptausleger 75°

#### Hauptausleger 23 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |      |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|------|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71   | 83  | 95  |
| 17.4       | t              | t    | t    | t    | t    | t    | t   | t   |
| 22         | 24.0           | 33.1 | 31.7 |      |      |      |     |     |
| 28         | 12.1           | 23.4 | 21.9 |      |      |      |     |     |
| 32         |                | 19.9 | 18.6 | 17.1 |      |      |     |     |
| 36         |                | 17.4 | 16.2 | 15.0 | 13.6 |      |     |     |
| 40         |                |      | 14.2 | 13.1 | 12.0 | 10.5 |     |     |
| 44         |                |      | 12.8 | 11.7 | 10.7 | 9.7  | 7.0 |     |
| 48         |                |      | 11.4 | 10.5 | 9.6  | 8.8  | 6.7 |     |
| 50         |                |      |      | 9.9  | 9.1  | 8.3  | 6.6 | 4.3 |
| 55         |                |      |      | 8.8  | 7.9  | 7.4  | 6.1 | 4.0 |
| 60         |                |      |      | 6.9  | 7.1  | 6.4  | 5.5 | 3.7 |
| 65         |                |      |      |      | 6.3  | 5.7  | 4.9 | 3.3 |
| 70         |                |      |      |      |      | 5.1  | 4.2 | 3.1 |
| 75         |                |      |      |      |      | 4.5  | 3.7 | 2.6 |
| 80         |                |      |      |      |      |      | 3.2 | 2.3 |
| 85         |                |      |      |      |      |      | 2.8 |     |

#### Hauptausleger 35 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71  | 83  | 95  |
| 20.5       | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 26         | 24.0           | 31.0 | 29.9 |      |      |     |     |     |
| 30         | 25.9           | 25.6 | 23.7 |      |      |     |     |     |
| 36         |                | 20.5 | 19.6 | 17.4 |      |     |     |     |
| 40         |                | 12.1 | 17.5 | 15.7 | 13.1 |     |     |     |
| 44         |                |      | 15.4 | 14.1 | 12.7 | 9.8 |     |     |
| 48         |                |      | 13.8 | 12.8 | 11.7 | 9.5 | 6.4 |     |
| 50         |                |      | 13.0 | 12.2 | 11.3 | 9.3 | 6.3 |     |
| 55         |                |      |      | 10.9 | 10.2 | 8.9 | 6.1 | 3.8 |
| 60         |                |      |      | 9.6  | 9.2  | 8.3 | 5.8 | 3.6 |
| 65         |                |      |      |      | 8.2  | 7.5 | 5.6 | 3.3 |
| 70         |                |      |      |      | 7.3  | 6.8 | 5.3 | 3.1 |
| 75         |                |      |      |      |      | 6.0 | 4.9 | 2.8 |
| 80         |                |      |      |      |      | 5.3 | 4.6 | 2.6 |
| 85         |                |      |      |      |      |     | 4.2 | 2.3 |
| 90         |                |      |      |      |      |     | 3.6 | 2.1 |

#### Hauptausleger 44 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71  | 83  | 95  |
| 22.8       | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 28         | 24.0           | 23.3 |      |      |      |     |     |     |
| 32         | 23.0           | 21.3 | 18.0 |      |      |     |     |     |
| 38         |                | 18.3 | 16.2 | 13.5 |      |     |     |     |
| 42         |                | 16.0 | 15.2 | 12.7 | 10.8 |     |     |     |
| 46         |                |      | 13.8 | 11.9 | 10.4 | 8.4 |     |     |
| 48         |                |      | 13.1 | 11.7 | 10.1 | 8.3 |     |     |
| 50         |                |      | 12.4 | 11.3 | 9.8  | 8.2 | 5.7 |     |
| 55         |                |      |      | 10.3 | 9.2  | 7.7 | 5.5 | 3.4 |
| 60         |                |      |      | 9.1  | 8.5  | 7.4 | 5.3 | 3.3 |
| 65         |                |      |      | 8.0  | 7.7  | 6.8 | 5.0 | 3.1 |
| 70         |                |      |      |      | 6.8  | 6.2 | 4.7 | 2.8 |
| 75         |                |      |      |      |      | 5.5 | 4.4 | 2.6 |
| 80         |                |      |      |      |      | 4.9 | 4.1 | 2.3 |
| 85         |                |      |      |      |      |     | 3.5 | 2.1 |
| 90         |                |      |      |      |      |     | 3.1 |     |

#### Hauptausleger 53 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |     |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62  | 71  | 83  | 95  |
| 25.2       | t              | t    | t    | t    | t   | t   | t   | t   |
| 30         | 24.0           | 21.6 | 18.6 |      |     |     |     |     |
| 34         | 20.0           | 17.1 | 13.8 |      |     |     |     |     |
| 36         | 12.1           | 16.6 | 13.6 |      |     |     |     |     |
| 40         |                | 15.5 | 12.7 | 10.6 |     |     |     |     |
| 44         |                | 14.3 | 11.9 | 10.1 | 8.6 |     |     |     |
| 48         |                |      | 11.2 | 9.5  | 8.2 | 6.7 |     |     |
| 55         |                |      | 10.1 | 8.6  | 7.5 | 6.2 | 4.5 |     |
| 60         |                |      |      | 8.1  | 6.9 | 5.7 | 4.2 | 2.5 |
| 65         |                |      |      | 7.4  | 6.4 | 5.3 | 3.9 | 2.4 |
| 70         |                |      |      |      | 6.0 | 4.9 | 3.6 | 2.1 |
| 75         |                |      |      |      | 5.4 | 4.6 | 3.3 |     |
| 80         |                |      |      |      |     | 4.1 | 3.0 |     |
| 85         |                |      |      |      |     | 3.6 | 2.8 |     |
| 90         |                |      |      |      |     |     | 2.4 |     |
| 95         |                |      |      |      |     |     | 2.0 |     |

#### Hauptausleger 56 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 35   | 41   | 53   | 62  | 71  | 80  |
| 26         | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 30         | 24.1           | 21.9 | 18.8 |      |      |     |     |     |
| 34         | 19.3           | 17.7 | 16.2 |      |      |     |     |     |
| 36         | 18.2           | 17.1 | 15.7 | 13.7 |      |     |     |     |
| 40         |                | 15.4 | 14.7 | 12.9 | 10.6 |     |     |     |
| 44         |                | 13.9 | 13.3 | 12.3 | 10.2 | 8.4 |     |     |
| 48         |                |      | 12.0 | 11.5 | 9.7  | 8.3 | 6.5 |     |
| 50         |                |      | 11.5 | 11.0 | 9.5  | 8.1 | 6.5 |     |
| 55         |                |      |      | 9.8  | 8.8  | 7.6 | 6.2 | 4.9 |
| 60         |                |      |      |      | 7.8  | 7.1 | 5.8 | 4.7 |
| 65         |                |      |      |      | 7.0  | 6.4 | 5.5 | 4.4 |
| 70         |                |      |      |      |      | 5.7 | 4.9 | 4.1 |
| 75         |                |      |      |      |      | 5.1 | 4.3 | 3.7 |
| 80         |                |      |      |      |      |     | 3.8 | 3.2 |
| 85         |                |      |      |      |      |     | 3.4 | 2.8 |
| 90         |                |      |      |      |      |     |     | 2.4 |

#### Hauptausleger 59 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |     |     |  |
|------------|----------------|------|------|------|-----|-----|--|
|            | 20             | 29   | 35   | 41   | 53  | 62  |  |
| 26.7       | t              | t    | t    | t    | t   | t   |  |
| 32         | 20.4           | 19.2 | 16.3 |      |     |     |  |
| 34         | 18.6           | 15.7 | 13.8 |      |     |     |  |
| 36         | 17.6           | 15.2 | 13.4 | 12.0 |     |     |  |
| 38         |                | 14.8 | 12.9 | 11.8 |     |     |  |
| 40         |                | 14.3 | 12.5 | 11.5 |     |     |  |
| 42         |                | 13.9 | 12.2 | 11.1 | 9.1 |     |  |
| 44         |                | 13.4 | 11.8 | 10.8 | 8.9 |     |  |
| 46         |                | 12.1 | 11.5 | 10.5 | 8.7 | 7.3 |  |
| 48         |                |      | 11.3 | 10.2 | 8.4 | 7.2 |  |
| 50         |                |      | 11.0 | 10.0 | 8.2 | 7.0 |  |
| 55         |                |      |      | 9.4  | 7.8 | 6.6 |  |
| 60         |                |      |      |      | 7.3 | 6.2 |  |
| 65         |                |      |      |      | 6.7 | 5.8 |  |
| 70         |                |      |      |      |     | 5.3 |  |
| 75         |                |      |      |      |     | 4.8 |  |

TLJ 106/14/0 - M00000

Traglasten in Tonnen mit verstellbarem Nadelausleger (No. 1916.xx), 82.3 Ballast + 36 t Zentralballast. Oben angeführte Traglastwerte sind nur zur Information. Für Ihren aktuellen Hub verwenden Sie bitte die Traglastwerte aus dem Traglasttabellenbuch.

## Traglasten - verstellb. Nadelausleger (No. 1916.xx)

### Hauptausleger 65°

#### Hauptausleger 23 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |      |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62   | 71  | 83  | 95  |
| 24.1       | t              | t    | t    | t    | t    | t   | t   | t   |
| 30         | 24.0           |      |      |      |      |     |     |     |
| 32         | 25.7           | 25.4 |      |      |      |     |     |     |
| 38         | 12.1           | 23.5 |      |      |      |     |     |     |
| 40         |                | 18.7 | 18.0 |      |      |     |     |     |
| 44         |                | 17.3 | 16.7 |      |      |     |     |     |
| 50         |                |      | 14.5 | 13.9 |      |     |     |     |
| 55         |                |      | 12.2 | 11.5 | 10.6 |     |     |     |
| 55         |                |      |      | 9.9  | 9.3  | 8.3 |     |     |
| 60         |                |      |      | 8.7  | 8.0  | 7.5 |     |     |
| 65         |                |      |      |      | 7.1  | 6.6 | 5.5 |     |
| 70         |                |      |      |      | 6.2  | 5.8 | 5.1 | 3.3 |
| 75         |                |      |      |      |      | 5.1 | 4.4 | 3.0 |
| 80         |                |      |      |      |      | 4.5 | 3.9 | 2.7 |
| 85         |                |      |      |      |      |     | 3.4 | 2.4 |
| 90         |                |      |      |      |      |     | 2.8 | 2.2 |

#### Hauptausleger 35 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |      |     |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53   | 62  | 71  | 83  | 95  |
| 29.2       | t              | t    | t    | t    | t   | t   | t   | t   |
| 32         | 24.0           |      |      |      |     |     |     |     |
| 36         | 21.9           |      |      |      |     |     |     |     |
| 42         | 18.8           | 18.5 |      |      |     |     |     |     |
| 44         |                | 15.2 | 14.6 |      |     |     |     |     |
| 50         |                | 14.3 | 13.7 |      |     |     |     |     |
| 55         |                |      | 11.6 | 11.0 |     |     |     |     |
| 55         |                |      | 10.1 | 9.6  | 9.1 |     |     |     |
| 60         |                |      |      | 8.4  | 8.0 | 7.4 |     |     |
| 65         |                |      |      | 7.4  | 7.0 | 6.5 |     |     |
| 70         |                |      |      |      | 6.2 | 5.7 | 4.8 |     |
| 75         |                |      |      |      | 5.5 | 5.0 | 4.2 | 3.0 |
| 80         |                |      |      |      |     | 4.3 | 3.7 | 2.8 |
| 85         |                |      |      |      |     | 3.8 | 3.2 | 2.3 |
| 90         |                |      |      |      |     |     | 2.7 |     |
| 95         |                |      |      |      |     |     | 2.3 |     |

#### Hauptausleger 44 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |      |     |     |     |     |
|------------|----------------|------|------|-----|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41   | 53  | 62  | 71  | 83  |
| 33         | t              | t    | t    | t   | t   | t   | t   |
| 40         | 19.4           |      |      |     |     |     |     |
| 46         | 15.2           | 14.7 |      |     |     |     |     |
| 48         |                | 12.3 | 11.7 |     |     |     |     |
| 55         |                | 11.6 | 11.0 |     |     |     |     |
| 55         |                |      | 9.1  | 8.4 |     |     |     |
| 60         |                |      | 8.0  | 7.4 | 6.7 |     |     |
| 65         |                |      |      | 6.5 | 5.9 | 5.2 |     |
| 70         |                |      |      | 5.7 | 5.3 | 4.5 | 3.6 |
| 75         |                |      |      |     | 4.7 | 3.9 | 3.0 |
| 80         |                |      |      |     | 4.1 | 3.4 | 2.6 |
| 85         |                |      |      |     |     | 3.0 | 2.1 |
| 90         |                |      |      |     |     | 2.5 |     |

#### Hauptausleger 53 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |     |     |     |     |  |
|------------|----------------|------|-----|-----|-----|-----|--|
|            | 20             | 29   | 41  | 53  | 62  | 71  |  |
| 36.8       | t              | t    | t   | t   | t   | t   |  |
| 42         | 15.0           |      |     |     |     |     |  |
| 44         | 12.9           | 12.1 |     |     |     |     |  |
| 48         | 12.1           | 11.5 |     |     |     |     |  |
| 48         |                | 10.3 |     |     |     |     |  |
| 50         |                | 9.8  | 8.8 |     |     |     |  |
| 55         |                |      | 7.8 |     |     |     |  |
| 60         |                |      | 6.9 | 5.9 |     |     |  |
| 65         |                |      | 6.1 | 5.2 | 4.6 |     |  |
| 70         |                |      |     | 4.6 | 4.0 | 3.2 |  |
| 75         |                |      |     | 4.1 | 3.5 | 2.7 |  |
| 80         |                |      |     |     | 3.0 | 2.3 |  |
| 85         |                |      |     |     | 2.6 |     |  |

#### Hauptausleger 56 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |     |     |     |     |     |
|------------|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 35  | 41  | 53  | 62  | 71  |
| 38.1       | t              | t    | t   | t   | t   | t   | t   |
| 44         | 13.7           |      |     |     |     |     |     |
| 44         | 11.6           | 10.8 |     |     |     |     |     |
| 46         | 10.9           | 10.2 |     |     |     |     |     |
| 48         |                | 9.7  | 9.1 |     |     |     |     |
| 55         |                |      | 7.6 | 7.2 |     |     |     |
| 60         |                |      | 6.8 | 6.4 | 5.4 |     |     |
| 65         |                |      |     | 5.6 | 4.7 | 4.1 |     |
| 70         |                |      |     |     | 4.1 | 3.5 | 2.7 |
| 75         |                |      |     |     | 3.6 | 3.0 | 2.3 |
| 80         |                |      |     |     |     | 2.6 |     |
| 85         |                |      |     |     |     | 2.2 |     |

#### Hauptausleger 59 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |     |     |     |     |     |
|------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29  | 35  | 41  | 53  | 62  |
| 39.4       | t              | t   | t   | t   | t   | t   |
| 44         | 12.4           |     |     |     |     |     |
| 44         | 10.9           |     |     |     |     |     |
| 46         | 10.4           | 9.5 |     |     |     |     |
| 48         |                | 9.1 | 8.4 |     |     |     |
| 50         |                | 8.6 | 8.0 |     |     |     |
| 55         |                | 7.6 | 7.1 | 6.6 |     |     |
| 60         |                |     | 6.3 | 5.8 | 4.9 |     |
| 65         |                |     |     | 5.2 | 4.2 | 3.6 |
| 70         |                |     |     |     | 3.7 | 3.0 |
| 75         |                |     |     |     | 3.2 | 2.6 |
| 80         |                |     |     |     |     | 2.2 |

TLT 1057547s - M00000

Traglasten in Tonnen mit verstellbarem Nadelausleger (No. 1916.xx), 82.3 Ballast + 36 t Zentralballast. Oben angeführte Traglastwerte sind nur zur Information. Für Ihren aktuellen Hub verwenden Sie bitte die Traglastwerte aus dem Traglasttabellenbuch.

## Traglasten - verstellb. Nadelausleger (No. 1916.xx)

### Hauptausleger 45°

#### Hauptausleger 23 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |      |     |     |     |     |     |
|------------|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|            | 20             | 29   | 41  | 53  | 62  | 71  | 83  |
| 35.4       | t              | t    | t   | t   | t   | t   | t   |
| 38         | 18.9           |      |     |     |     |     |     |
| 44         | 17.3           |      |     |     |     |     |     |
| 46         |                | 14.0 |     |     |     |     |     |
| 55         |                | 13.2 |     |     |     |     |     |
| 65         |                |      | 9.9 |     |     |     |     |
| 70         |                |      |     | 7.2 |     |     |     |
| 75         |                |      |     | 6.3 | 5.9 |     |     |
| 80         |                |      |     |     | 5.2 |     |     |
| 85         |                |      |     |     |     | 4.1 |     |
| 90         |                |      |     |     |     | 3.8 |     |
| 95         |                |      |     |     |     |     | 2.6 |
|            |                |      |     |     |     |     | 2.1 |

#### Hauptausleger 35 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |     |     |     |     |  |  |
|------------|----------------|-----|-----|-----|-----|--|--|
|            | 20             | 29  | 41  | 53  | 62  |  |  |
| 43.8       | t              | t   | t   | t   | t   |  |  |
| 44         | 12.0           |     |     |     |     |  |  |
| 46         | 12.0           |     |     |     |     |  |  |
| 55         | 11.3           |     |     |     |     |  |  |
| 60         |                | 8.4 |     |     |     |  |  |
| 65         |                |     | 6.0 |     |     |  |  |
| 75         |                |     |     | 4.0 |     |  |  |
| 80         |                |     |     |     | 3.1 |  |  |
| 85         |                |     |     |     | 2.7 |  |  |

#### Hauptausleger 44 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |     |     |     |  |  |  |
|------------|----------------|-----|-----|-----|--|--|--|
|            | 20             | 29  | 41  | 53  |  |  |  |
| 50.2       | t              | t   | t   | t   |  |  |  |
| 60         | 8.2            |     |     |     |  |  |  |
| 70         |                | 5.8 |     |     |  |  |  |
| 80         |                |     | 3.9 |     |  |  |  |
|            |                |     |     | 2.3 |  |  |  |

#### Hauptausleger 53 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |     |  |  |  |  |  |
|------------|----------------|-----|--|--|--|--|--|
|            | 20             | 29  |  |  |  |  |  |
| 56.6       | t              | t   |  |  |  |  |  |
| 65         | 5.2            |     |  |  |  |  |  |
|            |                | 3.6 |  |  |  |  |  |

#### Hauptausleger 56 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |     |  |  |  |  |  |
|------------|----------------|-----|--|--|--|--|--|
|            | 20             | 29  |  |  |  |  |  |
| 58.7       | t              | t   |  |  |  |  |  |
| 60         | 4.3            |     |  |  |  |  |  |
| 70         | 4.1            |     |  |  |  |  |  |
|            |                | 2.5 |  |  |  |  |  |

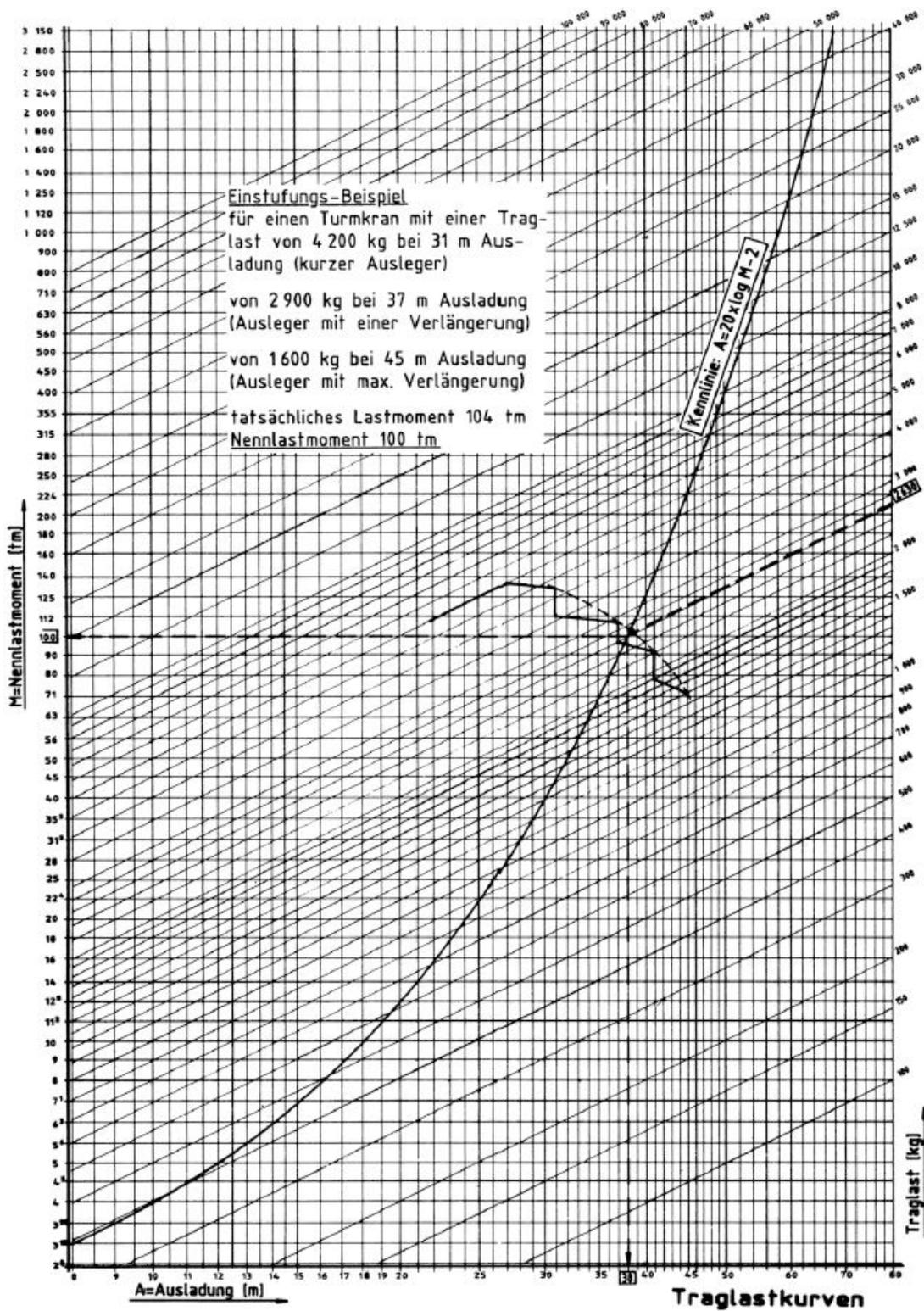
#### Hauptausleger 59 m

| Radius (m) | Nadellänge (m) |  |  |  |  |  |  |
|------------|----------------|--|--|--|--|--|--|
|            | 20             |  |  |  |  |  |  |
| 60.8       | t              |  |  |  |  |  |  |
|            | 3.4            |  |  |  |  |  |  |

TLT 10675476 - M00000

Traglasten in Tonnen mit verstellbarem Nadelausleger (No. 1916.xx), 82.3 Ballast + 36 t Zentralballast. Oben angeführte Traglastwerte sind nur zur Information. Für Ihren aktuellen Hub verwenden Sie bitte die Traglastwerte aus dem Traglasttabellenbuch.

# Anhang B<sup>330</sup>



<sup>330</sup> ÖBGL: Nennlastmoment Diagramm. <http://www.bgl-online.info/BGL/downloads/572/Traglastkurve.pdf>. 21.10.2015

Anhang C<sup>331</sup>

## 91 EC, Turmsystem 120HC, Unterwagen 120HC 4.5m Spur fahrbar/stationär

Kran fahrbar und stationär, ohne Klettereinrichtung

**Warnung!**

Diese statischen Daten dürfen nur unter Beachtung der „Allgemeinen Sicherheitshinweise für Eckkrafttabellen“ und der Betriebsanleitung des Kranes verwendet werden.

| Krantyp: 91 EC  |               | Ausleger: 45,00m     |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |          |  |
|---|---------------|----------------------|---------------------------------------|------------------|-----|-----|------|---------------|------------------------------------|-----|-----|----------|--|
| Turmsystem: 120HC                                       |               | Turmstücklänge: 2,5m |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |          |  |
| Grundturmstück: Grundturmstueck 120HC 10m               |               |                      |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |          |  |
| Kranbasis: Unterwagen 120HC 4.5m Spur fahrbar/stationär |               | Spur: 4,5m           |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |          |  |
| Kran fahrbar und stationär                              |               | Radstand: 4,5m       |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |          |  |
| Zahl d. Turm-Stücke                                     | Hakenhöhe [m] | Zentralballast [to]  | Eckdrücke in Betrieb [kN], MD=150 kNm |                  |     |     |      | H.-Kraft [kN] | Eckdrücke außer Betrieb [kN], MD=0 |     |     |          |  |
|   |               |                      | Ecke                                  | Auslegerstellung |     |     | Ecke |               | Auslegerstellung                   |     |     | H.-Kraft |  |
|   |               |                      | A                                     | 1                | 2   | 3   |      | A             | 1                                  | 2   | 3   |          |  |
| 0   | 18,24         | 21,892               | A                                     | 169              | 274 | 52  | 29   | A             | 152                                | 162 | 142 | 51       |  |
|   |               |                      | B                                     | 335              | 297 | 286 |      | B             | 170                                | 162 | 162 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 169              | 63  | 286 |      | C             | 152                                | 142 | 162 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 2                | 40  | 52  |      | D             | 133                                | 142 | 142 |          |  |
| 1   | 20,74         | 21,892               | A                                     | 167              | 279 | 49  | 30   | A             | 154                                | 178 | 130 | 55       |  |
|   |               |                      | B                                     | 347              | 305 | 292 |      | B             | 192                                | 178 | 178 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 167              | 62  | 292 |      | C             | 154                                | 130 | 178 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 0                | 35  | 49  |      | D             | 115                                | 130 | 130 |          |  |
| 2   | 23,24         | 21,892               | A                                     | 164              | 285 | 45  | 31   | A             | 156                                | 194 | 118 | 58       |  |
|   |               |                      | B                                     | 363              | 314 | 299 |      | B             | 216                                | 194 | 194 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 164              | 60  | 299 |      | C             | 156                                | 118 | 194 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 0                | 31  | 45  |      | D             | 95                                 | 118 | 118 |          |  |
| 3   | 25,74         | 27,704               | A                                     | 189              | 305 | 57  | 31   | A             | 172                                | 226 | 118 | 62       |  |
|   |               |                      | B                                     | 378              | 338 | 321 |      | B             | 256                                | 226 | 226 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 189              | 73  | 321 |      | C             | 172                                | 118 | 226 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 0                | 40  | 57  |      | D             | 88                                 | 118 | 118 |          |  |
| 4   | 28,24         | 27,704               | A                                     | 184              | 311 | 53  | 32   | A             | 174                                | 245 | 103 | 66       |  |
|   |               |                      | B                                     | 395              | 347 | 329 |      | B             | 284                                | 245 | 245 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 184              | 71  | 329 |      | C             | 174                                | 103 | 245 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 0                | 35  | 53  |      | D             | 64                                 | 103 | 103 |          |  |
| 5   | 30,74         | 27,704               | A                                     | 180              | 317 | 49  | 33   | A             | 176                                | 265 | 87  | 69       |  |
|   |               |                      | B                                     | 412              | 356 | 336 |      | B             | 313                                | 265 | 265 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 180              | 69  | 336 |      | C             | 176                                | 87  | 265 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 0                | 30  | 49  |      | D             | 39                                 | 87  | 87  |          |  |
| 6   | 33,24         | 33,516               | A                                     | 204              | 338 | 60  | 34   | A             | 193                                | 301 | 84  | 73       |  |
|   |               |                      | B                                     | 429              | 380 | 359 |      | B             | 359                                | 301 | 301 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 204              | 81  | 359 |      | C             | 193                                | 84  | 301 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 0                | 38  | 60  |      | D             | 26                                 | 94  | 84  |          |  |
| 7   | 35,74         | 39,328               | A                                     | 226              | 358 | 70  | 35   | A             | 209                                | 339 | 80  | 77       |  |
|   |               |                      | B                                     | 450              | 405 | 382 |      | B             | 407                                | 339 | 339 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 226              | 93  | 382 |      | C             | 209                                | 80  | 339 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 2                | 47  | 70  |      | D             | 11                                 | 80  | 80  |          |  |
| 8   | 38,24         | 45,140               | A                                     | 242              | 379 | 80  | 35   | A             | 220                                | 377 | 74  | 80       |  |
|   |               |                      | B                                     | 476              | 429 | 404 |      | B             | 463                                | 377 | 377 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 242              | 105 | 404 |      | C             | 220                                | 74  | 377 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 9                | 55  | 80  |      | D             | 0                                  | 74  | 74  |          |  |
| 9   | 40,74         | 50,952               | A                                     | 259              | 401 | 90  | 36   | A             | 217                                | 417 | 67  | 84       |  |
|   |               |                      | B                                     | 502              | 454 | 427 |      | B             | 533                                | 417 | 417 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 259              | 117 | 427 |      | C             | 217                                | 67  | 417 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 15               | 63  | 90  |      | D             | 0                                  | 67  | 67  |          |  |
| 10  | 43,24         | 56,764               | A                                     | 275              | 422 | 99  | 37   | A             | 213                                | 458 | 59  | 88       |  |
|   |               |                      | B                                     | 529              | 479 | 451 |      | B             | 608                                | 458 | 458 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 275              | 128 | 451 |      | C             | 213                                | 59  | 458 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 22               | 71  | 99  |      | D             | 0                                  | 59  | 59  |          |  |
| 11  | 45,74         | 68,388               | A                                     | 306              | 458 | 123 | 38   | A             | 236                                | 515 | 64  | 92       |  |
|   |               |                      | B                                     | 570              | 520 | 489 |      | B             | 687                                | 515 | 515 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 306              | 154 | 489 |      | C             | 236                                | 64  | 515 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 42               | 93  | 123 |      | D             | 0                                  | 64  | 64  |          |  |
| 12  | 48,24         | 80,012               | A                                     | 337              | 494 | 147 | 38   | A             | 256                                | 573 | 68  | 96       |  |
|   |               |                      | B                                     | 612              | 560 | 527 |      | B             | 769                                | 573 | 573 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 337              | 180 | 527 |      | C             | 256                                | 68  | 573 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 62               | 114 | 147 |      | D             | 0                                  | 68  | 68  |          |  |
| 13  | 50,74         | 91,636               | A                                     | 368              | 530 | 171 | 39   | A             | 275                                | 632 | 70  | 100      |  |
|   |               |                      | B                                     | 654              | 601 | 565 |      | B             | 856                                | 632 | 632 |          |  |
|   |               |                      | C                                     | 368              | 206 | 565 |      | C             | 275                                | 70  | 632 |          |  |
|   |               |                      | D                                     | 82               | 136 | 171 |      | D             | 0                                  | 70  | 70  |          |  |

<sup>331</sup> Liebherr: Statische Daten laut EN14439:2009/FEM1.005-C25 – Eckkräfte: 91 EC, Turmsystem 120 HC, Unterwagen 120HC 4,5 m Spur fahrbar/stationär; ohne Jahresangabe

Anhang D<sup>332</sup>

## 91 EC, Turmsystem 120HC, Fundamentkreuz 91EC 4.6m fahrbar/stationär

Kran fahrbar und stationär, ohne Klettereinrichtung



**Warnung!** Diese statischen Daten dürfen nur unter Beachtung der „Allgemeinen Sicherheitshinweise für Eckkrafttabellen“ und der Betriebsanleitung des Kranes verwendet werden.

| Krantyp: 91 EC  |               | Ausleger: 45,00m             |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |    |  |
|---|---------------|------------------------------|---------------------------------------|------------------|-----|-----|------|---------------|------------------------------------|-----|-----|----|--|
| Turmsystem: 120HC                                     |               | Turmstücklänge: 2,5m         |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |    |  |
| Grundturmstück: Grundturmstueck 120HC 10m             |               |                              |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |    |  |
| Kranbasis: Fundamentkreuz 91EC 4.6m fahrbar/stationär |               | Spur: 4,6m<br>Radstand: 4,6m |                                       |                  |     |     |      |               |                                    |     |     |    |  |
| Zahl d. Turm-Stücke                                   | Hakenhöhe [m] | Zentralballast [to]          | Eckdrücke in Betrieb [kN], MD=150 kNm |                  |     |     |      | H.-Kraft [kN] | Eckdrücke außer Betrieb [kN], MD=0 |     |     |    |  |
|   |               |                              | Ecke                                  | Auslegerstellung |     |     | Ecke |               | Auslegerstellung                   |     |     |    |  |
|   |               |                              |                                       | 1                | 2   | 3   |      |               | 1                                  | 2   | 3   |    |  |
| 0   | 15,44         | 20,000                       | A                                     | 165              | 261 | 59  | 29   | A             | 152                                | 147 | 158 | 49 |  |
|   |               |                              | B                                     | 327              | 294 | 277 |      | B             | 147                                | 147 | 147 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 171              | 75  | 277 |      | C             | 152                                | 158 | 147 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 9                | 42  | 59  |      | D             | 158                                | 158 | 158 |    |  |
| 1   | 17,94         | 20,000                       | A                                     | 167              | 265 | 58  | 29   | A             | 153                                | 163 | 144 | 52 |  |
|   |               |                              | B                                     | 335              | 303 | 284 |      | B             | 170                                | 163 | 163 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 173              | 75  | 284 |      | C             | 153                                | 144 | 163 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 4                | 37  | 56  |      | D             | 136                                | 144 | 144 |    |  |
| 2   | 20,44         | 20,000                       | A                                     | 169              | 270 | 53  | 30   | A             | 155                                | 177 | 133 | 56 |  |
|   |               |                              | B                                     | 344              | 312 | 291 |      | B             | 192                                | 177 | 177 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 174              | 74  | 291 |      | C             | 155                                | 133 | 177 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 0                | 32  | 53  |      | D             | 119                                | 133 | 133 |    |  |
| 3   | 22,94         | 20,000                       | A                                     | 166              | 274 | 50  | 31   | A             | 157                                | 194 | 121 | 59 |  |
|   |               |                              | B                                     | 358              | 321 | 298 |      | B             | 215                                | 194 | 194 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 171              | 73  | 298 |      | C             | 157                                | 121 | 194 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 0                | 26  | 50  |      | D             | 100                                | 121 | 121 |    |  |
| 4   | 25,44         | 20,000                       | A                                     | 163              | 279 | 47  | 32   | A             | 159                                | 211 | 107 | 63 |  |
|   |               |                              | B                                     | 373              | 331 | 305 |      | B             | 240                                | 211 | 211 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 167              | 73  | 305 |      | C             | 159                                | 107 | 211 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 0                | 21  | 47  |      | D             | 79                                 | 107 | 107 |    |  |
| 5   | 27,94         | 25,000                       | A                                     | 188              | 293 | 60  | 33   | A             | 175                                | 239 | 110 | 67 |  |
|   |               |                              | B                                     | 362              | 351 | 322 |      | B             | 275                                | 239 | 239 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 195              | 89  | 322 |      | C             | 175                                | 110 | 239 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 0                | 31  | 60  |      | D             | 74                                 | 110 | 110 |    |  |
| 6   | 30,44         | 25,000                       | A                                     | 178              | 301 | 52  | 33   | A             | 175                                | 261 | 90  | 70 |  |
|   |               |                              | B                                     | 406              | 363 | 332 |      | B             | 308                                | 261 | 261 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 184              | 83  | 332 |      | C             | 175                                | 90  | 261 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 0                | 21  | 52  |      | D             | 43                                 | 90  | 90  |    |  |
| 7   | 32,94         | 30,000                       | A                                     | 200              | 318 | 61  | 34   | A             | 190                                | 295 | 85  | 74 |  |
|   |               |                              | B                                     | 422              | 386 | 352 |      | B             | 351                                | 295 | 295 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 204              | 95  | 352 |      | C             | 190                                | 85  | 295 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 0                | 27  | 61  |      | D             | 29                                 | 85  | 85  |    |  |
| 8   | 35,44         | 35,000                       | A                                     | 217              | 336 | 69  | 35   | A             | 204                                | 329 | 79  | 78 |  |
|   |               |                              | B                                     | 443              | 410 | 373 |      | B             | 395                                | 329 | 329 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 224              | 106 | 373 |      | C             | 204                                | 79  | 329 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 0                | 32  | 69  |      | D             | 13                                 | 79  | 79  |    |  |
| 9   | 37,94         | 40,000                       | A                                     | 230              | 350 | 82  | 36   | A             | 214                                | 365 | 72  | 81 |  |
|   |               |                              | B                                     | 466              | 432 | 391 |      | B             | 447                                | 365 | 365 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 243              | 122 | 391 |      | C             | 214                                | 72  | 365 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 7                | 41  | 82  |      | D             | 0                                  | 72  | 72  |    |  |
| 10  | 40,44         | 45,000                       | A                                     | 242              | 371 | 85  | 36   | A             | 209                                | 402 | 64  | 85 |  |
|   |               |                              | B                                     | 495              | 457 | 414 |      | B             | 516                                | 402 | 402 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 258              | 129 | 414 |      | C             | 209                                | 64  | 402 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 5                | 42  | 85  |      | D             | 0                                  | 64  | 64  |    |  |
| 11  | 42,94         | 50,000                       | A                                     | 255              | 389 | 93  | 37   | A             | 201                                | 440 | 55  | 89 |  |
|   |               |                              | B                                     | 521              | 482 | 435 |      | B             | 588                                | 440 | 440 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 274              | 139 | 435 |      | C             | 201                                | 55  | 440 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 8                | 47  | 93  |      | D             | 0                                  | 55  | 55  |    |  |
| 12  | 45,44         | 60,000                       | A                                     | 279              | 419 | 112 | 38   | A             | 217                                | 493 | 57  | 93 |  |
|   |               |                              | B                                     | 561              | 519 | 470 |      | B             | 665                                | 493 | 493 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 304              | 163 | 470 |      | C             | 217                                | 57  | 493 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 21               | 63  | 112 |      | D             | 0                                  | 57  | 57  |    |  |
| 13  | 47,94         | 75,000                       | A                                     | 313              | 462 | 140 | 39   | A             | 256                                | 558 | 70  | 97 |  |
|   |               |                              | B                                     | 616              | 569 | 521 |      | B             | 745                                | 558 | 558 |    |  |
|   |               |                              | C                                     | 348              | 199 | 521 |      | C             | 256                                | 70  | 558 |    |  |
|   |               |                              | D                                     | 46               | 92  | 140 |      | D             | 0                                  | 70  | 70  |    |  |

<sup>332</sup> Liebherr: Statische Daten laut EN14439:2009/FEM1.005-C25 – Eckkräfte: 91 EC, Turmsystem 120 HC, Fundamentkreuz 91EC 4,6 m fahrbar/stationär; ohne Jahresangabe

## Anhang E<sup>333</sup>

### 91 EC, Turmsystem 120HC

Kran stationär, ohne Klettereinrichtung



**Warnung!** Diese statischen Daten dürfen nur unter Beachtung der „Allgemeinen Sicherheitshinweise für Fundamentbelastungstabellen“ und der Betriebsanleitung des Kranes verwendet werden.

|                 |   |                       |
|-----------------|---|-----------------------|
| Kran-typ:       | 91 EC                                   | Ausleger: 45,00m      |
| Turmsystem:     | 120HC                                   | Turmstücklänge: 2,50m |
| Grundturmstück: | Grundturmstueck 120HC 10m               |                       |
| Kranbasis:      | Fundamentanker 120HC (C026.001-372.111) |                       |

Voraussetzung für die Standsicherheit des Kranes ist:  
Ausleger außer Betrieb frei drehbar !

$$\text{Exzentrizität: } e = \frac{M + (H \cdot h)}{V + G} \leq \frac{L}{3}$$

Die zulässige Belastung des Baugrundes darf nicht überschritten werden !

$$\sigma_B = \frac{2 \cdot (V + G)}{3 \cdot L \cdot c} \leq \sigma_{Bzul}$$

$$c = \frac{L}{2} - e$$

G = Eigengewicht des Fundaments

Katzstellung außer Betrieb: 2,4 m

Die folgenden Belastungswerte enthalten keinen Eigenlast- und Hublastbeitrag.

Drehmoment in Betrieb MD = 150 kNm

| Zahl d. Turmstücke | Haken-höhe | Kran in Betrieb |        |        | Kran außer Betrieb |    |     |                 |    |     | Kran in Montage |        |        |
|--------------------|------------|-----------------|--------|--------|--------------------|----|-----|-----------------|----|-----|-----------------|--------|--------|
|                    |            | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] | Sturm von hinten   |    |     | Sturm von vorne |    |     | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] |
| 0                  | 14,0       | 978             | 26     | 362    | 128                | 33 | 345 | 790             | 20 | 345 | 791             | 13     | 195    |
| 1                  | 16,5       | 1019            | 26     | 370    | 26                 | 36 | 352 | 865             | 23 | 352 | 826             | 14     | 203    |
| 2                  | 19,0       | 1062            | 26     | 377    | 117                | 40 | 356 | 993             | 28 | 360 | 863             | 15     | 211    |
| 3                  | 21,5       | 1107            | 27     | 385    | 241                | 44 | 364 | 1121            | 32 | 368 | 901             | 15     | 218    |
| 4                  | 24,0       | 1154            | 28     | 393    | 375                | 47 | 372 | 1211            | 34 | 376 | 942             | 16     | 226    |
| 5                  | 26,5       | 1202            | 29     | 401    | 521                | 51 | 379 | 1322            | 36 | 383 | 984             | 17     | 234    |
| 6                  | 29,0       | 1253            | 30     | 408    | 677                | 54 | 387 | 1440            | 39 | 391 | 1028            | 18     | 242    |
| 7                  | 31,5       | 1305            | 31     | 416    | 844                | 58 | 395 | 1564            | 42 | 399 | 1074            | 19     | 249    |
| 8                  | 34,0       | 1359            | 31     | 424    | 1023               | 62 | 403 | 1695            | 44 | 407 | 1123            | 19     | 257    |
| 9                  | 36,5       | 1416            | 32     | 432    | 1213               | 66 | 410 | 1833            | 47 | 414 | 1172            | 20     | 265    |
| 10                 | 39,0       | 1474            | 33     | 439    | 1414               | 69 | 418 | 1977            | 50 | 422 | 1224            | 21     | 273    |
| 11                 | 41,5       | 1534            | 34     | 447    | 1627               | 73 | 426 | 2128            | 52 | 430 | 1278            | 22     | 280    |
| 12                 | 44,0       | 1596            | 35     | 455    | 1852               | 77 | 433 | 2285            | 55 | 438 | 1334            | 22     | 288    |
| 13                 | 46,5       | 1659            | 35     | 462    | 2088               | 81 | 441 | 2450            | 58 | 445 | 1391            | 23     | 296    |
| 14                 | 49,0       | 1732            | 36     | 470    | 2336               | 85 | 449 | 2621            | 60 | 453 | 1450            | 24     | 303    |

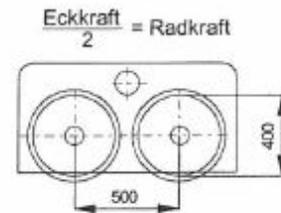
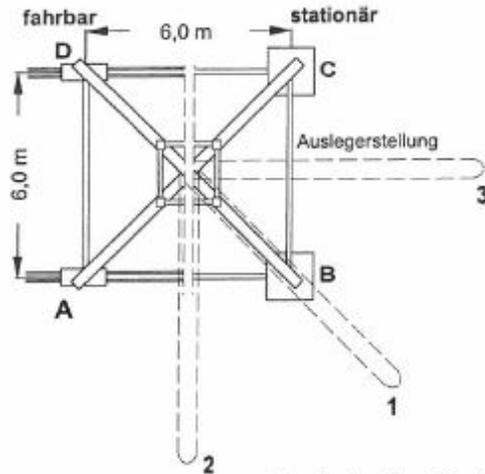
<sup>333</sup> Liebherr: Statische Daten laut EN14439:2009/FEM1.005-C25 – Fundamentbelastung: 91 EC, Turmsystem 120 HC; ohne Jahresangabe

# Anhang F<sup>334</sup>

LIEBHERR

Erläuterung zu den Eckkrafttabellen:

**180 EC-H 10 Litronic**  
auf 185 HC Unterwagen  
6,0 m Spur  
(Zeichnungs-Nr. C 027.025-310.000)

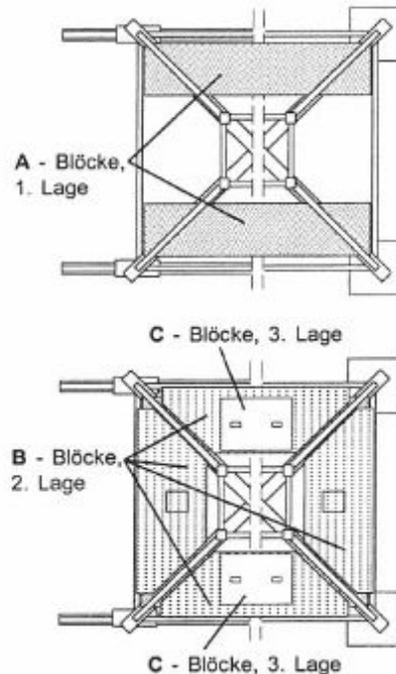


**Zentralballast-Aufteilung:**

- Erforderlichen Zentralballast entsprechend der Hakenhöhe und Auslegerlänge auflegen! Eckkrafttabellen
- Ballastblöcke in jeder Lage gleichmäßig gegenüberliegend verteilen!

Gewicht: **A - Block** 6,940 t C 028.058 - 318.411  
**B - Block** 4,845 t C 028.058 - 318.412  
**C - Block** 2,200 t C 028.058 - 318.413

| Zentralballast | Anzahl der Ballastblöcke |
|----------------|--------------------------|
| 13,88 t        | 2 x A                    |
| 18,28 t        | 2 x A + 2 x C            |
| 23,57 t        | 2 x A + 2 x B            |
| 27,97 t        | 2 x A + 2 x B + 2 x C    |
| 33,26 t        | 2 x A + 4 x B            |
| 37,66 t        | 2 x A + 4 x B + 2 x C    |
| 42,95 t        | 2 x A + 6 x B            |
| 47,35 t        | 2 x A + 6 x B + 2 x C    |
| 52,64 t        | 2 x A + 8 x B            |
| 57,04 t        | 2 x A + 8 x B + 2 x C    |
| 62,33 t        | 2 x A + 10 x B           |
| 66,73 t        | 2 x A + 10 x B + 2 x C   |
| 72,02 t        | 2 x A + 12 x B           |
| 76,42 t        | 2 x A + 12 x B + 2 x C   |
| 81,71 t        | 2 x A + 14 x B           |
| 86,11 t        | 2 x A + 14 x B + 2 x C   |
| 91,40 t        | 2 x A + 16 x B           |
| 95,80 t        | 2 x A + 16 x B + 2 x C   |
| 101,09 t       | 2 x A + 18 x B           |
| 105,49 t       | 2 x A + 18 x B + 2 x C   |
| 110,78 t       | 2 x A + 20 x B           |



Jede Arbeitsweise unterlassen, welche die Standsicherheit des Kranes beeinträchtigt.

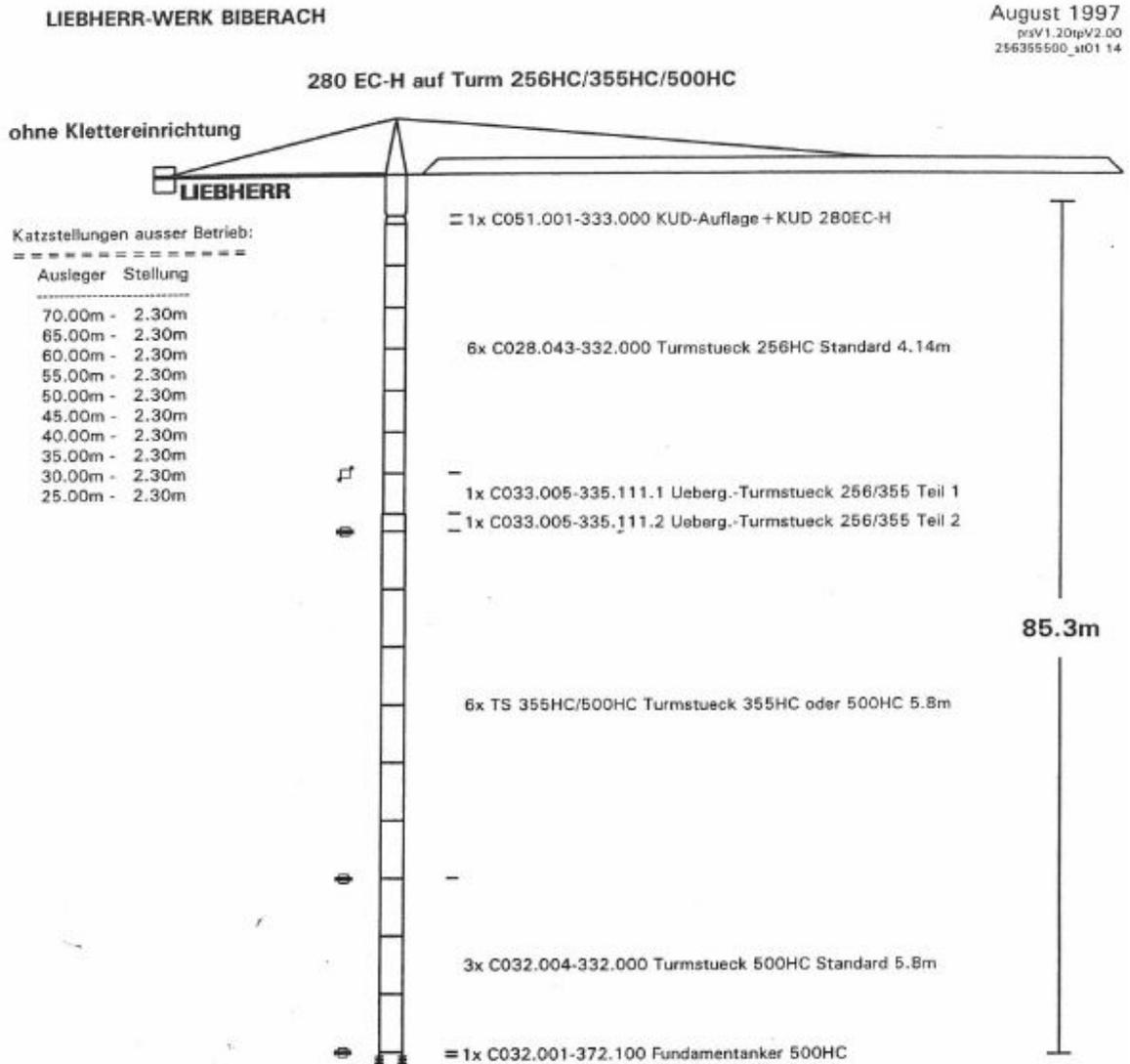
Anhang G<sup>335</sup>

256HC/290HC GRUND-TURMSTÜCKE / BASE TOWER / MATS DE BASE

| NR.  | LAENGE | ZÜCHENUNGSNUMMER<br>GROSSART<br>NO. COMPLETE | ZÜCHENUNGSNUMMER<br>SCHWEISSPROZESS<br>NO. WELDED PART | ANSCHLÜSS<br>OBEREN<br>CONNECTION<br>TOP<br>LUSION EN<br>HAUT | ANSCHLÜSS<br>UNTEREN<br>CONNECTION<br>BOTTOM<br>LUSION EN<br>DAS | BOCKHÖHE<br>CORNER<br>POST<br>PROFIT DU<br>MONTANT | REINIG.<br>SIGN<br>SCHE | AUFSTIEG<br>LADDER<br>ECHELLE | GEWICHT<br>WEIGHT<br>POIDS | TRANSPORT-<br>ADRESSIERUNG<br>DIMENSIONS FOR<br>TRANSPORT<br>LE TRANSPORT | ERSATZ FÜR<br>REPLACEMENT<br>OF<br>POUR | BEZUGSDRUCK<br>VARIANTING<br>NOTES | GRUNDLAGE<br>FOUNDATION<br>ANCHORS<br>PIEDS DE<br>SCRIE/PANNE |
|------|--------|--|--|---|--|--|-------------------------|-------------------------------|----------------------------|---|---|------------------------------------|---|
| 9.1  | 8,85   | C028.006-336.000<br>95529101                 | C028.005-335.111<br>95529201                           | 2 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 4385                       | 8,85/2,3/2,3  | C028.006-336.000                        | C028.001-372.111                   |   |
| 9.2  | 8,85   | C028.043-336.000<br>954435201                | C028.043-336.111<br>954436201                          | 2 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 4580                       | 8,85/2,3/2,3  | C028.006-336.000                        | C028.001-372.111                   |   |
| 9.3  | 8,85   | C028.047-336.000<br>954435601                | C028.047-336.111<br>954436601                          | 2 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 4830                       | 8,85/2,3/2,3  | C028.043-336.000                        | C028.001-372.111                   |   |
| 9.4  | 8,85   | C028.083-336.000<br>956375801                | C028.083-336.111<br>956376801                          | 2 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 5882                       | 8,85/2,3/2,3  |   | C028.001-372.111                   |   |
| 9.5  | 8,85   | C028.083-337.000<br>956376001                | C028.083-337.111<br>956377001                          | 4 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 5900                       | 8,85/2,3/2,3  |   | C013.056-372.111                   |   |
| 9.6  | 12,42  | C013.056-331.000<br>952141501                | C013.056-331.111<br>952141601                          | 4 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 8110                       | 12,42/3,2/3   |   | C013.056-372.111                   |   |
| 9.7  | 12,42  | C028.003-336.000<br>955328001                | C028.003-336.111<br>955328101                          | 2 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 7560                       | 12,42/3,2/3   |   | C028.001-372.111                   |   |
| 9.8  | 12,42  | C028.006-337.000<br>955420501                | C028.006-337.111<br>955420601                          | 3 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 7880                       | 12,42/3,2/3   |   |                                    |   |
| 9.9  | 12,42  | C028.024-336.000<br>955444901                | C028.024-336.111<br>955445001                          | 3 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 8690                       | 12,42/5,2/5   |   | C028.073-372.311                   |   |
| 9.10 | 12,42  | C028.024-337.000<br>955445201                | C028.024-337.111<br>955445301                          | 4 x M45-<br>PL  | 6 x M45-<br>12,9 PL  | □  | □                       | □                             | 9020                       | 12,42/5,2/5   |   | C028.024-372.311                   |   |
| 9.11 | 12,42  | C028.043-337.000<br>954437801                | C028.043-337.111<br>954437901                          | 2 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 7660                       | 12,42/3,2/3   |   | C028.001-372.111                   |   |
| 9.12 | 12,42  | C028.043-338.000<br>954412001                | C028.043-338.111<br>954412101                          | 4 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 8105                       | 12,42/5,2/5   |   | C028.073-372.311                   |   |
| 9.13 | 12,42  | C028.047-337.000<br>954440501                | C028.047-337.111<br>954440601                          | 2 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 7940                       | 12,42/3,2/3   | C028.043-337.000                        | C028.001-372.111                   |   |
| 9.14 | 12,42  | C028.047-338.000<br>957409101                | C028.047-338.111<br>957409201                          | 4 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 8000                       | 12,42/3,2/3   | C013.056-331.000                        | C013.056-372.111                   |   |
| 9.15 | 12,42  | C028.073-336.000<br>957484801                | C028.073-336.111<br>957484901                          | 4 x M45-  | 4 x M45-   | □  | □                       | □                             | 8100                       | 12,42/3,2/3   |   | C013.056-372.111                   |   |
| 9.16 | 12,42  | C028.073-337.000<br>957421601                | C028.073-337.111<br>957421701                          | 4 x M45-<br>PL  | 6 x M45-<br>12,9 PL  | □  | □                       | □                             | 9610                       | 12,42/5,2/5   | C028.024-337.000                        | C028.024-372.311                   |   |
| 9.17 | 12,42  | C028.073-338.000<br>957478301                | C028.073-338.111<br>957478401                          | 4 x M45-  | 4 x M45-<br>12,9 PL  | □  | □                       | □                             | 8350                       | 12,42/3,2/3   | C028.043-338.000                        | C028.073-372.311                   |   |

FETTDRUCK  
BOLD TYPE  
CARACTÈRES GRAS =  
= ACTUELLE VERSION  
= CURRENT VERSION  
= VERSION ACTUELLE

LIEBHERR-VERSIEK  
Übersicht Turmstücke  
Stand Januar 2004  
Blatt 8 von 10

Anhang H<sup>336</sup>

FUNDAMENTBELASTUNG

Wind : DIN/FEM

st93dv1.30:v1.30

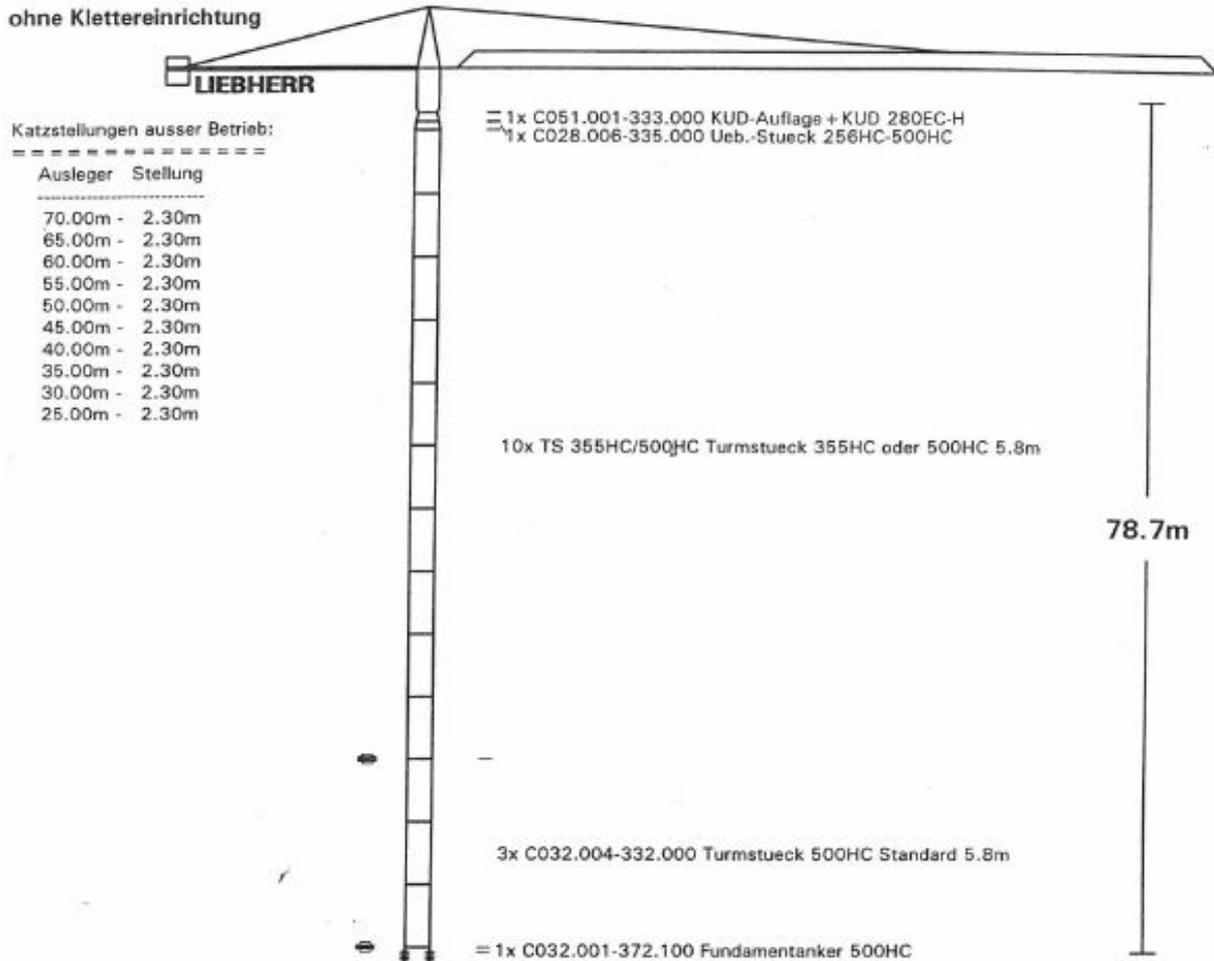
| Ausleger<br>Kat. a.B. | MD<br>[kNm] | Kran in Betrieb |        |        | Kran ausser Betrieb |        |        | Kran in Montage |        |        |
|-----------------------|-------------|-----------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
|                       |             | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] | M [kNm]             | H [kN] | V [kN] | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] |
| 70.0/ 2.3             | 460.0       | 5850            | 86     | 1343   | 9819                | 168    | 1309   | 4505            | 51     | 980    |
| 65.0/ 2.3             | 396.0       | 5768            | 85     | 1318   | 9946                | 168    | 1281   | 4505            | 51     | 980    |
| 60.0/ 2.3             | 355.0       | 5780            | 85     | 1318   | 9946                | 168    | 1271   | 4505            | 51     | 980    |
| 55.0/ 2.3             | 303.0       | 5719            | 84     | 1294   | 10005               | 168    | 1241   | 4505            | 51     | 980    |
| 50.0/ 2.3             | 287.0       | 5423            | 62     | 1333   | 10050               | 168    | 1271   | 3861            | 51     | 962    |
| 45.0/ 2.3             | 250.0       | 5490            | 62     | 1304   | 10059               | 168    | 1232   | 3861            | 51     | 962    |
| 40.0/ 2.3             | 222.0       | 5478            | 62     | 1297   | 10128               | 168    | 1212   | 3861            | 51     | 962    |
| 35.0/ 2.3             | 222.0       | 5522            | 62     | 1271   | 10058               | 168    | 1173   | 3861            | 51     | 962    |
| 30.0/ 2.3             | 222.0       | 5546            | 62     | 1251   | 10095               | 168    | 1133   | 3861            | 51     | 962    |
| 25.0/ 2.3             | 222.0       | 5384            | 62     | 1228   | 10056               | 168    | 1102   | 3861            | 51     | 962    |

LIEBHERR-WERK BIBERACH

August 1997  
prs/v1.20tp/v2.00  
355500\_st01.3

## 280 EC-H auf Turm 355HC/500HC

ohne Klettereinrichtung



FUNDAMENTBELASTUNG

Wind : DIN/FEM

st93dV1.30:v1.30

| Ausleger<br>Kat. a.B. | MD<br>[kNm] | Kran in Betrieb |        |        | Kran ausser Betrieb |        |        | Kran in Montage |        |        |
|-----------------------|-------------|-----------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
|                       |             | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] | M [kNm]             | H [kN] | V [kN] | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] |
| 70.0/ 2.3             | 460.0       | 5689            | 89     | 1396   | 9978                | 175    | 1363   | 4555            | 53     | 1033   |
| 65.0/ 2.3             | 396.0       | 5615            | 88     | 1371   | 10105               | 175    | 1334   | 4555            | 53     | 1033   |
| 60.0/ 2.3             | 355.0       | 5631            | 87     | 1371   | 10105               | 175    | 1325   | 4555            | 53     | 1033   |
| 55.0/ 2.3             | 303.0       | 5577            | 86     | 1347   | 10164               | 175    | 1294   | 4555            | 53     | 1033   |
| 50.0/ 2.3             | 287.0       | 5399            | 64     | 1386   | 10209               | 175    | 1324   | 3911            | 53     | 1016   |
| 45.0/ 2.3             | 250.0       | 5465            | 64     | 1357   | 10218               | 175    | 1285   | 3911            | 53     | 1016   |
| 40.0/ 2.3             | 222.0       | 5453            | 64     | 1350   | 10287               | 175    | 1266   | 3911            | 53     | 1016   |
| 35.0/ 2.3             | 222.0       | 5497            | 64     | 1324   | 10217               | 175    | 1226   | 3911            | 53     | 1016   |
| 30.0/ 2.3             | 222.0       | 5521            | 64     | 1304   | 10254               | 175    | 1186   | 3911            | 53     | 1016   |
| 25.0/ 2.3             | 222.0       | 5359            | 64     | 1282   | 10215               | 175    | 1155   | 3911            | 53     | 1016   |

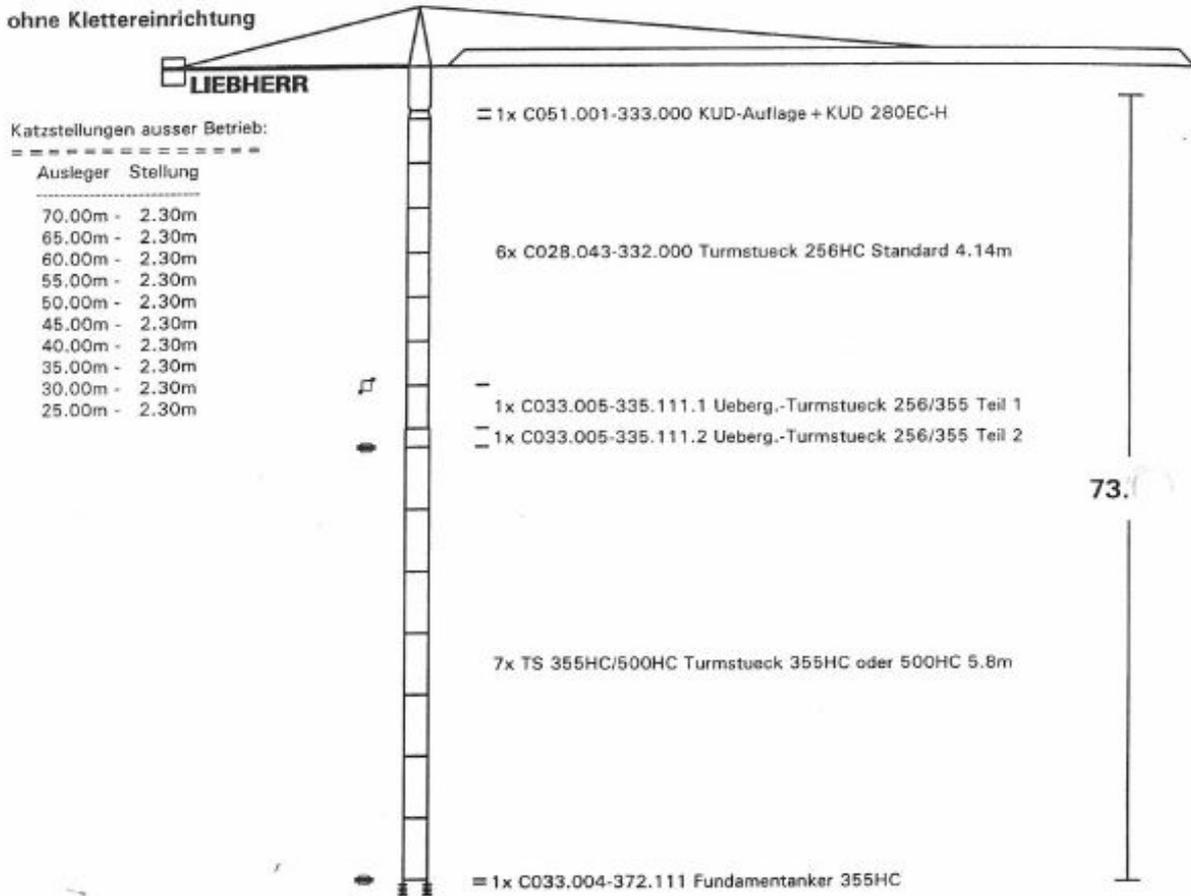
LIEBHERR-WERK BIBERACH

August 1997

prSV1.20tpv2.00  
286355500\_003 18

## 280 EC-H auf Turm 256HC/355HC/500HC

ohne Klettereinrichtung



FUNDAMENTBELASTUNG

Wind : DIN/FEM

st93dv1.30:v1.30

| Ausleger<br>Kat. a.B. | MD<br>[kNm] | Kran in Betrieb |        |        | Kran ausser Betrieb |        |        | Kran in Montage |        |        |
|-----------------------|-------------|-----------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|-----------------|--------|--------|
|                       |             | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] | M [kNm]             | H [kN] | V [kN] | M [kNm]         | H [kN] | V [kN] |
| 70.0/ 2.3             | 460.0       | 4962            | 79     | 1206   | 7852                | 144    | 1172   | 3955            | 44     | 842    |
| 65.0/ 2.3             | 396.0       | 4896            | 78     | 1181   | 7979                | 144    | 1143   | 3955            | 44     | 842    |
| 60.0/ 2.3             | 355.0       | 4923            | 78     | 1180   | 7979                | 144    | 1134   | 3955            | 44     | 842    |
| 55.0/ 2.3             | 303.0       | 4878            | 77     | 1157   | 8037                | 144    | 1103   | 3955            | 44     | 842    |
| 50.0/ 2.3             | 287.0       | 4743            | 55     | 1196   | 8083                | 144    | 1133   | 3310            | 44     | 825    |
| 45.0/ 2.3             | 250.0       | 4810            | 55     | 1167   | 8092                | 144    | 1095   | 3310            | 44     | 825    |
| 40.0/ 2.3             | 222.0       | 4797            | 55     | 1159   | 8161                | 144    | 1075   | 3310            | 44     | 825    |
| 35.0/ 2.3             | 222.0       | 4841            | 55     | 1133   | 8091                | 144    | 1036   | 3310            | 44     | 825    |
| 30.0/ 2.3             | 222.0       | 4865            | 55     | 1113   | 8128                | 144    | 996    | 3310            | 44     | 825    |
| 25.0/ 2.3             | 222.0       | 4704            | 55     | 1091   | 8089                | 144    | 964    | 3310            | 44     | 825    |

Anhang I<sup>337</sup>

| Wann                         | Was  | Seite     |
|------------------------------|--|-----------|
| Täglich                      | Funktionskontrolle aller <b>Antriebe</b>   | 5-29      |
| Nach jedem Arbeitseinsatz    | Bei Verschmutzung <b>Kolbenstangen der Abstützylinder</b> reinigen   | 5-12      |
|                              | Bei starker Verschmutzung <b>Laufwerk der Raupen</b> reinigen  | 5-17      |
| Vor jeder Montage            | <b>HV-Schraubverbindungen</b> (Kugeldrehkranz) kontrollieren   | 5-7       |
|                              | Kugeldrehkranz: <b>Laufbahn</b> und <b>Verzahnung</b> schmieren  | 5-20      |
|                              | Lasthaken: <b>Klinkentrichter</b> schmieren  | 5-7       |
|                              | <b>Unterflasche</b> und <b>Lasthaken</b> prüfen  | 5-7       |
|                              | <b>Drahtseile</b> und <b>Seilbefestigungen</b> überprüfen  | 5-11      |
|                              | <b>Seilfestpunkte</b> und <b>Einscherung</b> kontrollieren   | 5-11      |
|                              | Alle <b>Umlenkrollen</b> kontrollieren   | Kapitel 6 |
|                              | <b>Teleskopflasche</b> kontrollieren   | 5-8       |
|                              | <b>Gleitflächen</b> Turmbertel bzw. Turmstücke schmieren   | 5-8       |
|                              | <b>Alle Schmierstellen am Turm und Ausleger</b>  | 5-8/5-9   |
|                              | <b>Alle Schmierstellen an der Drehbühne</b>  | 5-10      |
|                              | <b>Katzfahrseilspannung prüfen</b>   | 5-11      |
| Wöchentlich                  | Kugeldrehkranz: <b>Verzahnung</b> schmieren  | 5-20      |
|                              | <b>Verbindung Drehbühne - Turm</b> auf festen Sitz überprüfen  | 5-19      |
|                              | <b>Drahtseile</b> schmieren  | Kapitel 6 |
|                              | <b>Hubseil</b> abspulen. Unter Vorspannung neu aufspulen.<br>(wenn die unteren Seilagen kaum benutzt werden) | 5-11      |
|                              | <b>Schaltschrank</b> überprüfen  | Kapitel 7 |
|                              | Befestigungsbolzen der <b>Schiebehelmzylinder</b> schmieren  | 5-13      |
|                              | <b>Libelle</b> prüfen ggf. einstellen  | 5-18      |
|                              | <b>Hydraulikanlage</b> auf Dichtigkeit prüfen  | 5-40      |
|                              | <b>Hydraulikölbehälter</b> Ölstand prüfen  | 5-41      |
| Vierteljährlich              | Kugeldrehkranz: <b>Laufbahnen</b> schmieren  | 5-20      |
|                              | <b>HV-Schraubverbindungen</b> kontrollieren  | 5-49      |
|                              | Schleifringkörper in der Drehbühne: <b>Schleifringe</b> und <b>Kohlebürsten</b> kontrollieren                | Kapitel 7 |
|                              | Kontrolle: <b>Schraubverbindungen</b> Drehwerk - Drehbühne   | 5-23      |
| Jährlich                     | <b>Schmierstoffanalyse Hydraulikanlage</b> durchführen   | 5-44      |
|                              | Leitungen und Schläuche der <b>Hydraulikanlage</b> überprüfen  | 5-40      |
|                              | <b>HV-Schraubverbindungen</b> kontrollieren  | 5-49      |
|                              | <b>Unterflasche</b> und <b>Lasthaken</b> prüfen  | 5-7       |
| Alle 8 – 50 Betriebsstunden  | <b>Kettenspannung</b> auf Sicht prüfen, ggf. nachspannen   | 5-16      |
| Alle 10 – 50 Betriebsstunden | Befestigung der <b>Bodenplatten</b> und <b>Turasräder</b> prüfen   | 5-15      |

| Wann                        | Was   | Seite     |
|-----------------------------|---|-----------|
| Nach 250 Betriebsstunden    | <b>Schiebebohrme</b> auf Gängigkeit kontrollieren, schmieren  | 5-13      |
| Nach 500 Betriebsstunden    | Erstmaliger Ölwechsel beim <b>Fahrwerksgetriebe</b> , danach Ölwechsel alle 2 000 Betriebsstunden   | 5-25      |
|                             | <b>Fahrwerksgetriebe</b> : Ölstand und Dichtheit prüfen   | 5-25      |
|                             | Funktion und Wirkung der Fahrwerksbremse prüfen   |           |
|                             | <b>Fahrwerksgetriebe</b> : Befestigung von Getriebe und Ölmotor prüfen                              | 5-15      |
|                             | <b>Fahrwerk</b> : Gleitflächen der <b>Spannvorrichtung</b> reinigen, schmieren                      | 5-14      |
| Nach 2 000 Betriebsstunden  | Ölwechsel beim <b>Hubwerksgetriebe</b>  | 5-21      |
|                             | Ölwechsel beim <b>Montagewerksgetriebe</b>  | 5-22      |
|                             | Ölwechsel beim <b>Drehwerksgetriebe</b>   | 5-23      |
|                             | Ölwechsel beim <b>Fahrwerksgetriebe</b>   | 5-25      |
| Nach 10 000 Betriebsstunden | Erster Ölwechsel spätestens nach 4 Jahren<br>weitere Ölwechsel: alle 2 Jahre<br><b>Katzfahrwerk</b> | 5-24      |
|                             | Fett der <b>Wälzlager</b> (Motoren) erneuern  | Kapitel 7 |
|                             |   |           |