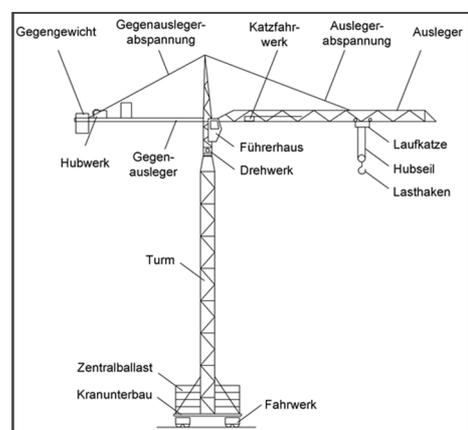
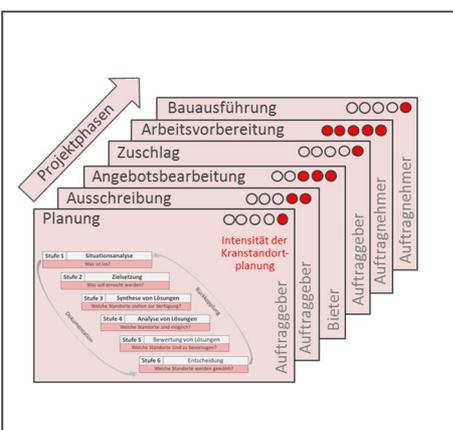


MASTERARBEIT



EINFLUSS DES KRANSTANDORTES AUF DIE PRODUKTIVITÄT IM BAUBETRIEB

Stromberger Daniela

Vorgelegt am

Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft
Projektentwicklung und Projektmanagement

Betreuer

Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler

*Das, was vor uns liegt,
und das, was hinter uns liegt,
ist nichts, verglichen mit dem,
was in uns liegt.*

(R.W. Emerson)

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

St. Stefan, am

.....

(Unterschrift)

STATUARY DECLARATION

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

St. Stefan,

date

.....

(signature)

Danksagung

Für die Betreuung und Begutachtung meiner Diplomarbeit bedanke ich mich auf universitärer Seite bei Assoc.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Hofstadler. Darüber hinaus möchte ich mich bei Dipl.-Ing. Herbert Meister und der Porr AG für ihre Zusammenarbeit bedanken.

Dank gebührt auch meinen Korrekturlesern, die sich für das Durchsehen meiner Arbeit mühevoll die Zeit nahmen.

Diese Masterarbeit ist der Abschluss einer wundervollen Studienzzeit, die nur durch die Unterstützung von besonderen Menschen zu diesem wertvollen Lebensabschnitt wurde. Besonderer Dank gebührt meiner Familie, allen voran meiner Mama, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite steht. Vom ganzen Herzen möchte ich mich bei Martin bedanken, der durch sein positives Denken in jeder Hinsicht eine Stütze für mich ist. Darüber hinaus gilt ein großes Dankeschön meinen Freunden, die durch unsere gemeinsamen Tätigkeiten einen großen Beitrag zu meiner schönen Zeit an der Universität leisteten.

St.Stefan, am 27.05.2012

(Unterschrift des Studenten)

Kurzfassung

Entscheidungen der Kranstandortplanung und die damit verbundenen Auswirkungen sind von bedeutendem Ausmaß für einen reibungslosen Bauablauf. Diese Masterarbeit greift die Thematik auf und zeigt potenzielle Einflussfaktoren auf die Kranstandortplanung von Turmdrehkränen für Hochbauprojekte im Rahmen der Rohbauarbeiten und veranschaulicht dessen Auswirkungen auf die Produktivität im Baubetrieb.

Die Methoden zur Ermittlung der Krananzahl sind ein wichtiger Schlüsselfaktor für die Anzahl der Standorte und werden im Zuge dieser Arbeit einer genaueren Betrachtung unterzogen. Um zu einer geeigneten Krananordnung zu gelangen, wird ein Ablaufmodell zur systematischen Entscheidungsfindung von Standortvarianten entwickelt. Die Daten eines vordefinierten Ziel- und Kriterienkataloges erleichtern die Auswahl der Einflussfaktoren und verhindern, dass Einwirkungen außer Acht gelassen werden. Durch die Anwendung von Bewertungssystemen wird die passendste Lösung herauskristallisiert und eine zeitsparende Vorgehensweise geschaffen. Es zeigt sich, dass der Planungsaufwand maßgebend von der Projektphase sowie vom Entscheidungsträger für die Kransituierung abhängt. Digitale Zeichenprogramme und Kraneinsatzplaner können die Planung von Kranstandorten beträchtlich unterstützen.

Für die Praxistauglichkeit findet das Ablaufmodell seine Anwendung beim Bauvorhaben Wiener Hauptbahnhof, Baulos 01 / 2. Phase.

Abstract

Decisions concerning crane location planning and associated consequences have significant influence on the construction process. This master's thesis will show potential influencing factors with regard to the planning of the location planning of tower cranes for high-building projects within the scope of shell construction and will demonstrate its effect on the productivity.

Methods for determining crane numbers are important for the number of locations and will be more closely analysed in this paper. In order to establish proper crane positioning, a flow model for the systematic determination of various location alternatives was developed. Data from a predefined list of aims and criteria facilitate the selection of influencing factors and assure that all potentially detrimental effects are taken into consideration. The application of an evaluation system allows the identification of the most suitable solution. Planning intensity is dependent on the project phase and on those responsible for the planning of crane positions. Digital design programs and crane deployment planners can be used effectively in the planning of crane positions.

Practical application of the flow model is being tested on the construction project for the Vienna Main Train Station, construction section 01 / 2. phase.

Inhaltsverzeichnis

0	Einleitung	1
1	Grundlagen der Turmdrehkrane	3
1.1	Allgemeines	3
1.2	Typologie der Krane	4
1.3	Bauelemente eines Turmdrehkranes	6
1.3.1	Kranunterbau	8
1.3.2	Turm	8
1.3.3	Führerhaus	8
1.3.4	Antriebe	9
1.3.5	Ballastierung	10
1.3.6	Klettereinrichtung	11
1.3.7	Gegenausleger	11
1.3.8	Sicherheitseinrichtungen	12
1.3.9	Steuerungssysteme	13
1.3.10	Lastaufnahmeeinrichtung	13
1.4	Der Kranausleger	13
1.4.1	Nadelausleger	14
1.4.2	Laufkatzenausleger	15
1.4.3	Teleskopausleger	15
1.4.4	Biegebalkenausleger	16
1.4.5	Knickausleger	16
1.5	Technische Kenngrößen	17
1.5.1	Ausladung	17
1.5.2	Traglast	17
1.5.3	Lastmoment	17
1.5.4	Hubhöhe	18
1.5.5	Geschwindigkeiten	18
2	Auswahl und Dimensionierung von Turmdrehkranen	20
2.1	Allgemeine Kriterien bei der Auswahl von Turmdrehkranen	21
2.2	Methoden zur Bestimmung der Krananzahl	22
2.2.1	Kennzahlenmethoden	23
2.2.2	Kranbelegungswerte	29
2.2.3	Spielzeitberechnung	34
2.2.4	Warteschlangenmodell	38
2.2.5	Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche	40
2.3	Zusammenfassung	42
3	Die Wahl des Kranstandortes in den Projektphasen	45
3.1	Die Projektphasen	45
3.1.1	Projektphase Planung	46
3.1.2	Projektphase Ausschreibung	46
3.1.3	Projektphase Angebotsbearbeitung	47
3.1.4	Projektphase Zuschlag	50
3.1.5	Projektphase Arbeitsvorbereitung	50
3.1.6	Projektphase Bauausführung	51
3.2	Zusammenfassung	51
4	Der Kranstandort	53
4.1	Vorgehensweise bei der Kranstandortbestimmung	53

4.2	Standorte von Turmdrehkränen	55
4.2.1	Außerhalb des Bauwerks liegender ortsveränderlicher Kranstandort	56
4.2.2	Außerhalb des Bauwerks liegender stationärer Kranstandort	56
4.2.3	Innerhalb des Bauwerks liegender ortsveränderlicher Kranstandort	56
4.2.4	Innerhalb des Bauwerks liegender stationärer Kranstandort	57
4.3	Einflussfaktoren auf die Wahl des Kranstandortes	57
4.3.1	Vertragsbedingte Faktoren	57
4.3.2	Sicherheitsfaktoren	58
4.3.3	Geotechnische Faktoren	66
4.3.4	Platzbedingte Faktoren	66
4.3.5	Faktor Krananzahl	72
4.3.6	Faktor Sichtfeld	72
4.3.7	Gerätespezifische Faktoren	74
4.3.8	Faktor Fertigungsabschnitt	76
4.3.9	Faktor Bauverfahren	79
4.3.10	Bauwerksbedingte Faktoren	80
4.3.11	Umgebungsbedingte Faktoren	82
4.3.12	Firmenspezifische Faktoren	83
4.3.13	Faktor Fördergut	83
4.3.14	Faktor Bauzeit	86
4.3.15	Faktor Baustelleneinrichtung	89
4.3.16	Wirtschaftliche Faktoren	92
4.4	Zusammenfassung	93
5	Messgrößen der Produktivität	94
5.1	Kennzahlen der Produktivität	94
5.1.1	Leistungswerte	96
5.1.2	Aufandswerte	98
5.2	Produktivitätsverlust durch störungsbedingte Veränderungen der Kranauslastung	100
5.3	Zusammenfassung	104
6	Kraneinsatzplanung	105
6.1	Darstellung von Kranen	105
6.2	Virtuelle Kraneinsatzplanung	106
7	Entscheidungssystem für Kranstandorte	109
7.1	Stufe 1: Situationsanalyse	110
7.2	Stufe 2: Zielsetzung	110
7.3	Stufe 3: Synthese von Lösungen	112
7.4	Stufe 4: Analyse von Lösungen	113
7.5	Stufe 5: Bewertung von Lösungen	115
7.6	Stufe 6: Entscheidung	117
8	Anwendung des Entscheidungssystems anhand eines Baustelleneinsatzes	118
8.1	Beschreibung des Projektes	118
8.2	Datengrundlage	119
8.3	Überschlägige Ermittlung der Krananzahl	120
8.4	Beschreibung der Kranstandortvarianten	120
8.4.1	Variante 1	120
8.4.2	Variante 2	121
8.4.3	Variante 3	121

8.4.4	Variante 4.....	121
8.4.5	Variante 5.....	122
8.5	Beschreibung der eingesetzten Krane.....	122
8.6	Analyse der Einflussfaktoren.....	124
8.7	Ergebnisse der Anwendung des Entscheidungssystems	127
9	Zusammenfassung und Ausblick	129
A.1	Anhang	131
	Glossar	132
	Literaturverzeichnis	133
	Judikaturverzeichnis	136
	Linkverzeichnis	137
	Normverzeichnis	138

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Typologie der Krane	4
Abbildung 2:	Bauelemente eines Obendreher mit horizontalem Ausleger	7
Abbildung 3:	Bauelemente eines Untendreher mit horizontalem Ausleger	7
Abbildung 4:	Antrieb mit Schaltstufen (oben) im Vergleich zum frequenzgesteuerten Antrieb (unten)	10
Abbildung 5:	Übersicht Auslegertypen	14
Abbildung 6:	Auslegertypen von obendrehenden Turmdrehkrane	16
Abbildung 7:	Traglasttabelle mit zugehörigen Lastmomentkurven eines Liebherr 200EC-H10 Litronic	18
Abbildung 8:	Antriebsleistungen eines Liebherr 200EC-H10 Litronic	19
Abbildung 9:	Technische Kenngrößen am Beispiel eines Liebherr 200EC-H10 Litronic	19
Abbildung 10:	Turmdrehkraneinsatz auf Baustellen mit Beton- und Mauerarbeiten	20
Abbildung 11:	Einflussfaktoren auf die Auswahl und Dimensionierung eines Kranes	21
Abbildung 12:	Zeitarten der Turmdrehkrane zur Ermittlung von Kranbelegungswerten nach <i>Drees/Sommer/Eckert</i>	30
Abbildung 13:	Nomogramm zur Spielzeitberechnung nach Meyran	35
Abbildung 14:	Übersicht Spielzeitberechnung nach Meyran (links: Aufriss, Mitte: Grundriss, rechts: Aufriss)	35
Abbildung 15:	Spielzeitberechnung nach Meyran - Fall 1: $h_2 < H$	36
Abbildung 16:	Spielzeitberechnung nach Meyran - Fall 2: $h_2 > H$	37
Abbildung 17:	Das Bediensystem zur Beschreibung des Warteschlangenmodells	39
Abbildung 18:	Schwenkbereich von einem innen- und außen platzierten stationären Kran zur Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche	41
Abbildung 19:	Die Rolle der Arbeitsvorbereitung im Rahmen eines Projektes	46
Abbildung 20:	Schema der Bauablaufplanung	49
Abbildung 21:	Intensität der Kranstandortplanung in den Projektphasen	52
Abbildung 22:	Anordnung des Kranes in Bezug auf das zu errichtende Bauwerk	55
Abbildung 23:	Sicherheitsabstände bei mehreren Kranen	60
Abbildung 24:	Sicherheitsabstände zwischen bewegten Teilen des Kranes und der Umgebung	61
Abbildung 25:	Ermittlung der erforderlichen Hakenhöhe	62
Abbildung 26:	Sicherheitsabstand zu geböschten Baugruben bei über 12 t Gesamtmasse	64
Abbildung 27:	Stellfläche von fahrbaren Kranen'	68
Abbildung 28:	Stellfläche eines Oben- und Untendreher gelagert auf Einzel-fundamenten	69
Abbildung 29:	Stellfläche eines im Blockfundament eingespannten Obendreher	70

Abbildung 30:	Erforderliche Stellfläche für einen Autokran	71
Abbildung 31:	Vergleich von Schwenkradien zufolge der Kranstandorte	75
Abbildung 32:	Ermittlung des Massenschwerpunktes bei mehreren Fertigungs- abschnitten.....	78
Abbildung 33:	Kranbedarf bei Schalarbeiten	79
Abbildung 34:	Kranbedarf bei Bewehrungsarbeiten.....	80
Abbildung 35:	Varianten bei der Standortwahl mit verschiedenen Ausleger- längen.....	81
Abbildung 36:	Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit	87
Abbildung 37:	Anzahl der Krane und der Beschäftigten über die Bauzeit	88
Abbildung 38:	Beziehung zwischen Fertigungsschwerpunkt (FS), Transport- mittel-schwerpunkt (TS) und Lagerungsschwerpunkt (LS)	92
Abbildung 39:	Zusammensetzung der Gesamtproduktivität	96
Abbildung 40:	Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert)	97
Abbildung 41:	Vielfalt der Einflüsse auf den Aufwandswert am Beispiel der Schalarbeiten	98
Abbildung 42:	Zusammenhang zwischen Aufwandswert und Produktivität.....	99
Abbildung 43:	Gewichtete Mittelwerte für eine mutmaßliche Kranengpass- situation	102
Abbildung 44:	Iterativer Planungsprozess bei der Verwendung von virtuellen Einsatzplanern.....	107
Abbildung 45:	Kennzeichnung von Kollisionsbereichen	108
Abbildung 46:	Ablaufmodell zur systematischen Entscheidungsfindung von Kranstandorten.....	109
Abbildung 47:	Einflussfaktoren der Zielsetzung.....	112
Abbildung 48:	Nummerierung der Kranstandorte zur Synthese von Lösungen	113
Abbildung 49:	Analyse von Lösungen mittels Vorselektion der Varianten auf Basis der Grundkriterien	114
Abbildung 50:	Anwendung der Nutzwertanalyse zur Bewertung von Lösungen...	116
Abbildung 51:	Übersicht des Gesamtprojektes Hauptbahnhof Wien mit Kenn- zeichnung des Baulos 01 / 2. Phase.....	119

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Chronologische Entwicklung des Proportionalitätsfaktors „Arbeiter je Kran“ in Abhängigkeit vom Betoneinbau.....	25
Tabelle 2:	Proportionalitätsfaktor „Arbeiter je Kran“ unter Berücksichtigung der Bauweise und der Netto- und Bruttoangabe.....	26
Tabelle 3:	Proportionalitätsfaktor „Arbeitskräfte je Kran“ unter Berücksichtigung der Baustellenrandbedingungen	26
Tabelle 4:	Chronologische Entwicklung des Proportionalitätsfaktors "BRI/Kran,Mo"	27
Tabelle 5:	Chronologische Entwicklung der Kennwerte zur Ermittlung der „Einbauleistung je Kran“.....	28
Tabelle 6:	Ober- und Untergrenzen von Kranbelegungswerten W_k (= Betriebsmittelgrundzeit t_{GB}).....	32
Tabelle 7:	Zuschläge für Brachzeit t_{BB} und zusätzliche Nutzzeit t_{BZ}	33
Tabelle 8:	Fixanteile der Spielzeit.....	38
Tabelle 9:	Berücksichtigung der Einflussfaktoren in die Methoden zur Bestimmung der Krananzahl	44
Tabelle 10:	Eignung der Methoden zur Ermittlung der Krananzahl in den Projektphasen	52
Tabelle 11:	Sicherheitsabstände bei Baugruben mit Normverbau	63
Tabelle 12:	Sicherheitsabstände zu geböschten Baugruben und Gräben.....	64
Tabelle 13:	Sicherheitsabstände vom Kranen zu elektrischen Freileitungen.....	65
Tabelle 14:	Fahrzeugkrane zur Montage und Demontage von Obendrehern.....	71
Tabelle 15:	Rangordnung von Kranbewegungen	75
Tabelle 16:	Schwenkradienvergleich für einen Bewegungszyklus bei Variante 1, Variante 2 und Variante 3	76
Tabelle 17:	Sicherheitsfaktor zur Berechnung der zu hebenden Masse	84
Tabelle 18:	Masse für den Betontransport (Kübel ohne Personenbeförderung).....	84
Tabelle 19:	Masse von Schalungselementen.....	85
Tabelle 20:	Masse von Bewehrungsmatten	86
Tabelle 21:	Gegenmaßnahmen für unzureichende Kranstandortplanung anhand eines konkreten Beispiels	104
Tabelle 22:	Allgemeiner Ziel- und Kriterienkatalog	111
Tabelle 23:	Beispiel einer vereinfachten Matrix zur Vorauswahl von Kranstandorten	114
Tabelle 24:	Nutzwertanalyse zur Bewertung von Lösungen.....	116
Tabelle 25:	Zusammenfassung der gerätespezifischen Eigenschaften	123
Tabelle 26:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Stufe „Analyse von Lösungen“	127
Tabelle 27:	Zusammenfassung der Ergebnisse der Stufe „Bewertung von Lösungen“	128

Abkürzungsverzeichnis

a	Abstand auf der Zeitachse lt. Diagramm nach Meyran
AG	Auftraggeber
AM-VO	Arbeitsmittelverordnung
AN	Auftragnehmer
AK	Arbeitskräfte
AK_{a,v,i}	Arbeitskräfte [Std/h], [Std/EH]
AkA	Arbeitskräfte-Aufwandswert [Std/EH]
AK_{max}	maximaler Arbeitskräfteeinsatz [AK]
AK_{RB}	Anzahl der Arbeitskräfte für die Rohbauarbeiten [AK]
ANZ_{K,AK}	Anzahl der Krane bezogen auf die Arbeitskräfte [-]
ANZ_{K,BRI}	Anzahl der Krane bezogen auf den Bruttorauminhalt [-]
ANZ_{K,GEO}	Anzahl der Krane bezogen auf die Grundrissfläche [-]
ANZ_{K,h,Mo}	Anzahl der Kranstunden je Kran und Monat [h/Mo]
ANZ_{K,KBW}	Anzahl der Krane bezogen auf die Kranbelegungswerte [-]
ANZ_{K,Mo}	Anzahl der Kranmonate, geplante Einsatzzeit der Krane [Mo]
AW_{a,v,i}	Aufwandswert [Std/EH]
AZ_{a,v,i}	Arbeitszeit [h/ZEH]
b	Steigung lt. Diagramm nach Meyran
BE_{FB}	Flächenbedarf eines Baustelleneinrichtungselementes [m ²]
BRI	Bruttorauminhalt [m ³]
BRI_{BWK}	Bruttorauminhalt des Bauwerks [m ³]
BSB_{BRI}	Kennwert für den Baustoffbedarf [t/m ³]
BSU_{K,Mo}	Kennwert für den Baustoffumschlag [t/Kran,Mo]
BVergG	Bundesvergabegesetz
BZ_{BWK}	Bauzeit zur Errichtung des Bauwerks [Mo]
CAD	computer-aided design (= rechnerunterstütztes Zeichnen)
D_{AN}	Anlaufphase
D_{AUS}	Auslaufphase
D_{GES}	Gesamtbauzeit
D_{HP}	Hauptphase
D_{RB}	Dauer der Rohbauarbeiten [Mo]
ESV	Elektroschutzverordnung
f	Faktor, zur Berücksichtigung der Krandichte [-]
FA	Fertigungsabschnitt
GF_{BWK}	Grundrissfläche des Bauwerks [m ²]
H, h₁, h₂, h_s	Höhen [m]
K_{BE}	Kosteneinfluss je Flächeneinheit [€/m ²]
K_{Kran}	Krankosten [€]

K_{T,BE}	elementgebundene Transportkosten der Baustelleneinrichtung [€]
l, l₁, l₂	Längen [m]
L_{a,v,i}	Leistungswert [EH/ZEH]
L_{Std,a,v,i}	Lohnstunden [Std]
M_{a,v,i}	Produktionsmenge [ME]
m_e	Masse des zu hebenden Förderguts [kg]
ME	Mengeneinheit [m ²], [m ³], [t]
m_M	berichtigte Gesamtmasse des zu hebenden Förderguts [kg]
m_{LAM}	Masse des Lastaufnahmemittels [kg]
MLK	Mittellohncosten [€]
N	Dauerleistung [ME/h]
η_{h3}	Humanfaktor nach der Spielzeitberechnung von Meyran [-]
η₅	Beschleunigungsfaktor nach der Spielzeitberechnung von Meyran [-]
o.A.	ohne Angabe
P_{a,v,i}	Produktivität [EH/AK]
PF_{K,AK}	Proportionalitätsfaktor bezogen auf Arbeitskräfte je Kran [AK/Kran]
PF_{K,BRI}	Proportionalitätsfaktor bezogen auf Bruttorauminhalt je Kran [BRI/Kran]
φ	Sicherheitsbeiwert zur Berichtigung der Masse des zu hebenden Förderguts [-]
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung in Deutschland
r_{Kran}	mittlerer Kranradius [m]
S	Gesamtspiel [min]
t	Zeit [ZEH]
t_B	Betriebsmittelzeit [ZEH]
t_{BA}	Ablaufbedingte Unterbrechungszeit [ZEH]
t_{BB}	Brachzeit [ZEH]
t_{BE}	Erholungszeit des Kranführers [ZEH]
t_{BH}	Hauptnutzzeit des Betriebsmittels [ZEH]
t_{BN}	Nebennutzzeit des Betriebsmittels [ZEH]
t_{BP}	Persönlich bedingte Unterbrechungszeit [ZEH]
t_{BR}	Rüstzeit des Betriebsmittels [ZEH]
t_{BS}	Störungsbedingtes Unterbrechen der Nutzungszeit [ZEH]
t_{BZ}	Zusätzliche Nutzungszeit [ZEH]
t_{fix}	konstante Spielzeit [ZEH]
T_{Fuß}	Fußwegzeiten [h]
t_{gB}	Betriebsmittelgrundzeit [ZEH]
t_i	Spielzeit für Hin- und Rückweg [min]
T_{Kran}	Kranzeiten [h]
UFT	Unterflurtrasse

V_i	Einzelmassen der Schwerpunktberechnung [m^2], [m^3]
v_h	Geschwindigkeit für Heben [m/min]
v_s	Geschwindigkeit für Senken [m/min]
W_K	Kranbelegungswert [ZEH/EH]
x_s	Abstand des Gesamtschwerpunktes entlang der x-Achse [m]
x_{si}	Abstand der Einzelschwerpunkte entlang der x-Achse [m]
y_s	Abstand des Gesamtschwerpunktes entlang der y-Achse [m]
y_{si}	Abstand der Einzelschwerpunkte entlang der y-Achse [m]
z	Abminderungsfaktor zur Berechnung der Dauerleistung [-]
ZEH	Zeiteinheit [Mo], [Wo], [d], [h], [min], [s]
z_s	Abstand des Gesamtschwerpunktes entlang der z-Achse [m]
z_{si}	Abstand der Einzelschwerpunkte entlang der z-Achse [m]

0 Einleitung

Die Redewendung „Bauen heißt Transportieren“ verdeutlicht den Stellenwert von Transportprozessen zur Erstellung einer Bauaufgabe. Im Rahmen von Hochbauprojekten stehen vor allem die Turmdrehkrane als Transportgeräte im Zentrum der logistischen Abläufe.

Höher und komplexer werdende Bauwerke stellen in Verbindung mit kurzen Bauzeiten hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit von Kranen. Wirtschaftlich zu Bauen bedeutet, die zur Verfügung stehenden Ressourcen, in diesem Fall die Krane, so einzusetzen, dass ihr Leistungspotenzial effizient ausgenützt wird. Mögliche Angriffspunkte zur Beeinflussung der Leistungsfähigkeit finden sich bei der Beantwortung von drei grundlegenden Fragestellungen:

- Welche Krane müssen eingesetzt werden?
- Wie viele Krane werden benötigt?
- Wo müssen die Krane positioniert werden?

Werden diese Fragestellungen nicht angemessen gelöst, kann es zu Konsequenzen mit weitreichenden Leistungseinbußen kommen. Diese können bis zu einer Bauzeitüberschreitung führen und für die verantwortliche Baufirma hohe Kosten verursachen. Ziel ist es, die Bewusstseinsbildung beim Planer¹ insofern zu fördern, dass jede seiner Entscheidung mit differenten Auswirkungen für den gesamten Bauablauf behaftet ist.

Dem Wunsch der Baufirmen nach einem geringen Aufwand für die Kraneinsatzplanung steht die Notwendigkeit der zeitintensiven Analyse von Einflussfaktoren und deren Randbedingungen gegenüber. Die Schwierigkeit findet sich darin, dass die Planung vorausschauend auf Basis von noch nicht Existierendem erfolgen muss. Für den Kraneinsatzplaner stellt sich auch die Frage, in welcher Projektphase wie viel Zeit investiert werden sollte, um ideale Lösungen hervorzubringen. Systematische Vorgehensweisen oder Hilfsmittel können zu Zeiteinsparungen bei der Planung führen und einen effizienteren Ressourceneinsatz bewirken.

Diese Arbeit befasst sich im Speziellen mit der Beantwortung der Frage nach einem systematischen Ablauf zur Standortwahl von Turmdrehkranen beim Einsatz auf Hochbaubaustellen im Rahmen der Rohbauarbeiten. Die eingangs erwähnten drei Fragestellungen sind stark ineinander verflochten und werden deshalb vernetzt betrachtet.

¹ Sämtliche in dieser Arbeit verwendeten Berufsbezeichnungen sind als geschlechtsneutral zu interpretieren.

Darüber hinaus wird der Einfluss auf die Kennzahlen der Produktivität zufolge defizitärer Kraneinsatzplanung aufgezeigt.

Literaturrecherchen haben ergeben, dass derzeit kein Modell zur Verfügung steht, welches die Auswahl von Kranstandorten unterstützt bzw. erleichtert. Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein zeitsparendes Entscheidungssystem zur Kranpositionierung zu entwickeln, das sämtliche Einflussfaktoren berücksichtigt und Produktivitätsverluste durch ungünstige Anordnungen vermeidet.

Um Einflussfaktoren festlegen zu können, ist eine Kenntnis der Turmdrehkrane und deren Funktionen nötig, weshalb sich Kapitel 1: „Grundlagen der Turmdrehkrane“ diesem Thema widmet.

Im Kapitel 2: „Auswahl und Dimensionierung von Turmdrehkranen“ werden allgemeine Kriterien und Methoden zur Bestimmung der Krananzahl aufgezeigt. Eine Bewertung von einflussnehmenden Faktoren auf die Methoden zur Bestimmung der Krananzahl veranschaulicht den Zusammenhang mit dem Bezug zu Kranstandorten.

Kapitel 3: „Die Wahl des Kranstandortes in den Projektphasen“ zeigt, welche Methoden zur Bestimmung der Krananzahl für welche Projektphasen zu bevorzugen sind. Analog dazu wird der Zusammenhang zwischen den Projektphasen und der Planungsintensität der Kranstandorte dargelegt.

Mögliche Positionen des Turmdrehkranes sowie sämtliche Einflussfaktoren auf die Wahl des Standortes werden im Kapitel 4: „Der Kranstandort“ dargestellt.

Kapitel 5: „Messgrößen der Produktivität“ befasst sich mit den Kennzahlen zur Beurteilung der Produktivität. Anhand eines Baustelleneinsatzes werden die negativen Einwirkungen unzureichender Kraneinsatzplanung vorgestellt und messbar mit Zahlen hinterlegt.

Mit der Darstellung von Kranen im Zuge der Planung beschäftigt sich Kapitel 6: „Kraneinsatzplanung“. Derzeit am Markt verfügbare Kraneinsatzplaner und deren Funktionen sowie sinnvolle Planinhalte werden erläutert.

Kapitel 7: „Entscheidungssystem für die Kranstandorte“ zeigt die Entwicklung und die Anwendung eines Ablaufmodells zur systematischen Entscheidungsfindung.

Abschließend erfolgt im Kapitel 8: „Anwendung des Entscheidungssystems anhand eines Baustelleneinsatzes“ der Praxiseinsatz des Entscheidungssystems für die Kranstandorte am Beispiel des Wiener Hauptbahnhofs Baulos 01 / 2.Phase.

1 Grundlagen der Turmdrehkrane

1.1 Allgemeines

Der Turmdrehkran in der Funktion als vertikales Hebezeug kristallisierte sich im Laufe der baubetrieblichen Entwicklung als das Wahrzeichen der klassischen Hochbaustellen heraus.

Als Schlüsselgerät für Transportvorgänge spielt der Kran eine bedeutende Rolle für eine erfolgreiche Abwicklung eines Bauvorhabens, weil er in der Lage ist, flächendeckend und punktgenau den Materialfluss sicherzustellen.

„Turmdrehkrane werden für Hub- und Transportarbeiten im Hoch- und Ingenieurbau bei mittel- und langfristiger Bauzeit als Bereitstellungsgeräte und ab ca. 200tm Lastmoment für die Montage von Fertigteilen im Geschos skelett- und Großtafelbau als Leistungsgeräte eingesetzt.“²

Im Laufe der geschichtlichen Entwicklung haben sich unzählige Hersteller auf den Kranbau spezialisiert und zur besseren Baustellenanpassung ein umfangreiches Sortiment an Modellen entwickelt. Aufgrund dieses vielfältigen Angebots an Bauformen und Bauelementen sowie dem ständigen Prozess des technischen Fortschritts ist es oft schwierig eine baustellenoptimierte Auswahl zu treffen.

Die Standortwahl eines Kranes ist stark mit der gewählten Bauform verknüpft. Jedes Gerät weist konstruktive und technische Grenzen auf, die bei seinem Einsatz Berücksichtigung finden müssen.

Das folgende Kapitel umfasst eine Zuordnung der Turmdrehkrane in die Gruppe der Hebezeuge und zeigt die bevorzugten Einsatzbereiche der verschiedenen Bauformen auf. Der Turmdrehkran und seine Bauteile werden beleuchtet und deren Funktionsweise beschrieben. Abschließend wird auf die technischen Kenngrößen, die für eine Auswahl maßgebend sind, hingewiesen.

² HOFFMANN, M.; KRAUSE, T.: Zahlentafeln für den Baubetrieb; S 731.

1.2 Typologie der Krane

Krane gehören zur Gruppe der Hebezeuge und werden dementsprechend dem Fachgebiet der Fördertechnik, das sich mit dem Fortbewegen von Fördergut befasst, zugeordnet. Hebezeuge befördern Güter über begrenzte Entfernungen innerhalb eines Arbeitsbereiches. Als Fördergut werden Stückgüter (Betonkübel, Schaltafeln, Bewehrungsmatten), die stückweise fortbewegt werden, bezeichnet. Dabei kann die Transporteinheit aus einem Einzelteil oder aus einem mit einer Transporthilfe (Palette) zusammengefassten System bestehen. Der Kran ist der Gruppe der Unstetigförderer zugeordnet. Dabei erfolgt ein dreidimensionaler Transportvorgang durch mehrere, zeitlich hintereinander ablaufende oder teilweise gleichzeitige durchgeführte Einzelbewegungen.³

Die Österreichische Baugeräteliste (ÖBGL) beinhaltet alle für den Baubetrieb aktuell gebräuchlichen Baugeräte, womit sie in der Bauwirtschaft ihren hohen Stellenwert rechtfertigt. Analog zu der Gliederung der Gerätehauptgruppe C wird eine graphische Darstellung der am häufigsten eingesetzten Krane in Abbildung 1 gezeigt. Nicht in der Grafik enthalten sind die Schwimmkrane. Sie sind der Gerätegruppe G.2 zugeordnet.

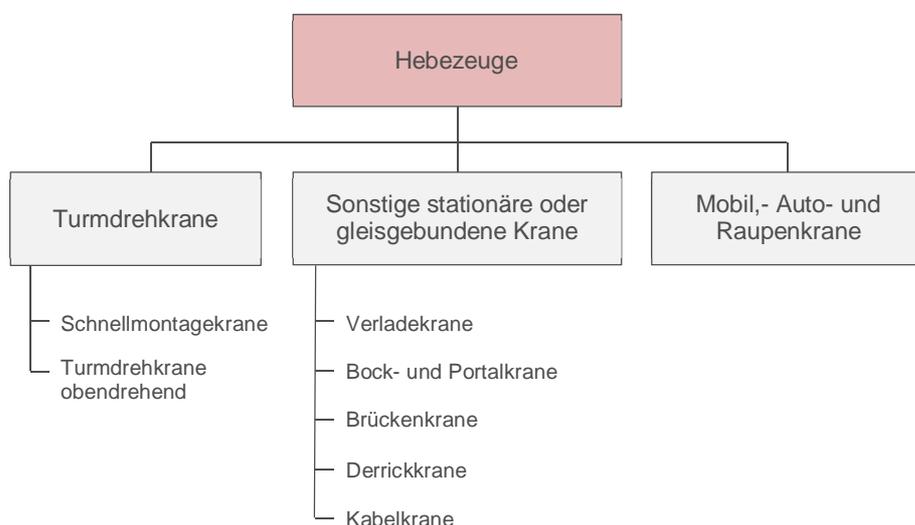


Abbildung 1: Typologie der Krane⁴

³ vgl. GROTE, K.H.; FELDHUSEN, J.: Dubbel; S. U1.

⁴ vgl. Geschäftsstelle Bau der WKÖ: ÖBGL 2009; S. C3ff.

Die Kategorie der Turmdrehkrane deckt den größten Anwendungsbereich im Baugewerbe ab.⁵ Dieser Gruppe werden Schnellmontagekrane und Turmdrehkrane obendrehend (Obendreher) zugeordnet. In einschlägiger Literatur oder bei unterschiedlichen Herstellern wird häufig für Schnellmontagekrane auch die Bezeichnung Turmdrehkrane untendrehend (Untendreher) oder Selbstmontagekrane verwendet.⁶

Bei den Unterdreheren wird der gesamte Turm gemeinsam mit dem Ausleger um die Kranachse rotiert. Der Drehkranz und die Ballastierung befinden sich am Fußpunkt des Kranes. Der Turmballast ist seitlich positioniert und erzeugt dadurch ein höheres Lichtraumprofil. Schnell- und Selbstmontagekrane sind selbstaufrichtend und selbstballastierend und werden im zusammengeklappten Zustand transportiert.

Im Gegensatz dazu ist der Turm beim Obendreher unbeweglich. Mit Hilfe des Drehwerkes im oberen Bereich des Turmes kann ausschließlich der Ausleger samt der Ballastierung geschwenkt werden.⁷ Die Montage und Demontage erfolgt mit Hilfe von Mobilkranen.

Weiters werden Turmdrehkrane hinsichtlich ihres Einsatzes in Leistungs- und Arbeitskrane unterschieden. Leistungskrane dienen zum Einbringen von Massengütern, wie etwa Beton. Unterdessen werden Arbeitskrane zur Blockbedienung eingesetzt und versorgen demnach die Arbeitspartien am Bauwerk mit Hilfsstoffen, Schalung oder Bewehrung. Sie werden auch zur Montage größerer Einzelteile herangezogen. Üblicherweise muss ein Kran beide Funktionen erfüllen.⁸

Portalkrane kommen hauptsächlich auf Lagerplätzen, Bauhöfen oder Fertigteilwerken zum Einsatz. Sie übernehmen die Aufgabe des Ein- stapelns und Verladens von schweren Lasten. Aufgrund seiner Bauform wird er nur bei linienförmigen Baustellen eingesetzt und ist deshalb für den Hochbau nur bei speziellen Anforderungen einsetzbar.⁹

Kabelkrane kommen bei breiten, lang gestreckten Bauteilen in unwegsamem Gelände, bei hohen Lasten, weiten Entfernungen und großen Höhenunterschieden zum Einsatz. Vor allem für das Errichten von Talsperren, Wehranlagen oder Brückenbauten erweist er sich als besonders geeignet.¹⁰

⁵ vgl. BÖTTCHER, P.D.P.; NEUENHAGEN, H.: Baustelleneinrichtung; S. 58.

⁶ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung; S. 17.

⁷ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung; a.a.O.

⁸ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 1ff.

⁹ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren, S. 41.

¹⁰ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, S. 225.

Brückenkrane werden vorwiegend in stationären Betrieben, wie Betonfertigteilerwerken oder Werkstätten, verwendet. Auf Baustellen kommen sie nicht zum Einsatz.¹¹

Derrickkrane sind vor allem zum Heben von schweren Lasten konzipiert, weshalb sie oft in Steinbrüchen anzutreffen sind. Weitere Einsatzgebiete sind der Freivorbau von Stahlbrücken, der Bau von Hochhäusern mit Skelettbauweise oder der Bau von Funktürmen.¹²

Mobil-, Auto oder Raupenkrane können unter dem Begriff Fahrzeugkrane zusammengefasst werden. Sie sind mobile Auslegerkrane, die im Speziellen zum Heben von großen Lasten konzipiert sind. Dem Vorteil der Standortunabhängigkeit sind die Nachteile einer geringeren Arbeitsgeschwindigkeit, geringere Auslegerlängen und der Bedarf an großen Stellflächen gegenüberzustellen.¹³

1.3 Bauelemente eines Turmdrehkranes

Die Hauptelemente eines Turmdrehkranes sind Kranunterbau, Turm, Antriebe (Drehwerk, Hubwerk, Fahrwerk, Katzfahrwerk), Führerhaus, Gegenausleger, Ballastierung (Gegengewicht, Zentralballast), Hubseil, diverse Abspannungen, Laufkatze, Ausleger, Steuerungssysteme und Lsthaken. Sie kommen je nach Hersteller, Bauform und System abgeändert zur Ausführung und sind schematisch in Abbildung 2 für Obendreher und in Abbildung 3 für Untendreher dargestellt.¹⁴

Zusätzlich zu der Standardausrüstung kann der Kran über weiteres Zubehör und Sonderausstattung, wie etwa Klettereinrichtung, Sicherheitseinrichtungen oder Schienenfahrwerke verfügen. Weiters sind zum Transport von Fördergut Lastaufnahmeeinrichtungselemente, die nicht fix mit dem Kran verbunden sind, notwendig.

Eine vollständige Liste der genormten Bauteilbezeichnungen für Oben- und Untendreher kann der ÖNORM ISO 4303-3:2009 entnommen werden.

¹¹ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, S. 224.

¹² vgl. <http://www.kranjournal.de/index.php?id=133&type=0&uid=432&cHash=d9371e7735>, Zugriff am 02.04.2012 15:00.

¹³ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 32ff.

¹⁴ vgl. GRALLA, M.: Baubetriebslehre Bauprozessmanagement; S. 548.

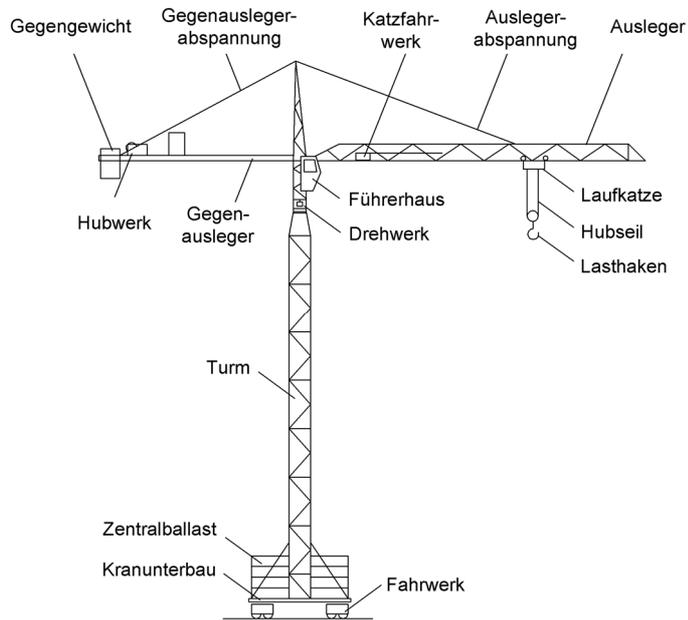


Abbildung 2: Bauelemente eines Obendrehers mit horizontalem Ausleger¹⁵

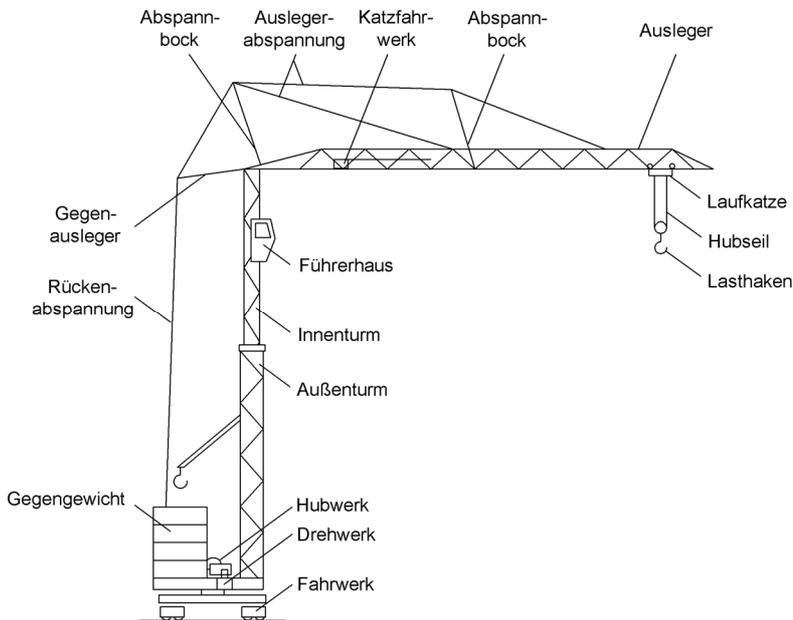


Abbildung 3: Bauelemente eines Untendrehers mit horizontalem Ausleger¹⁶

¹⁵ vgl. ÖNORM ISO4306-3:2009, Fassung vom 01.08.2009: Krane – Vokabular, S. 6.

¹⁶ vgl. ÖNORM ISO4306-3:2009, Fassung vom 01.08.2009: Krane – Vokabular, S. 10.

1.3.1 Kranunterbau

Der Unterbau kann fahrbar oder stationär ausgeführt sein.

Ein fahrbarer Unterbau erweitert den Arbeitsbereich am Baufeld und wird durch fest montierte Schienen ermöglicht, die bei Oben- und Unterdrehern installiert werden können. Bei besonderen Anforderungen des Baufeldes kann die Wahl in Einzelfällen auch auf ein Reifen- oder Raupenfahrwerk fallen. Speziell bei Streckenbaustellen oder schwierigem Gelände wird dadurch ein schneller Standortwechsel ermöglicht.¹⁷

1.3.2 Turm

Über die Auswahl des Turms wird die Hakenhöhe des Kranes bestimmt. Unter anderem ist seine Aufgabe, die über den Ausleger aufgenommenen Lasten in den Untergrund einzuleiten. Demnach hängt der erforderliche Querschnitt LxBxH von den statischen Anforderungen ab. Zur Verbindung der einzelnen Turmelemente werden hauptsächlich Bolzen- oder Schraubverbindungen eingesetzt.

Wird die vom Hersteller empfohlene Hakenhöhe des freistehenden Turms überschritten, muss dieser mit einer Verankerung oder Abspannung am Gebäude befestigt werden.

Die Turmhöhe kann mit Hilfe von Turmstücken oder mit einem Teleskop, speziell bei Schnelleinsatzkränen, verändert werden. Die ÖBGL unterscheidet zwischen kletterbaren und nichtkletterbaren Turmstücken. Für den Einsatz von kletterbaren Turmstücken ist eine Klettervorrichtung erforderlich, die einen Ein- oder Ausbau am Fuß- oder Kopfpunkt ermöglicht.^{18, 19}

1.3.3 Führerhaus

Das Führerhaus stellt den Arbeitsplatz des Kranbedieners dar und ist je nach Hersteller zentral oder seitlich nach rechts oder links vom Turm versetzt angebracht. Eine ungehinderte Sicht zum Fördergut und über den Arbeitsbereich gewährleistet hohe Umschlagsleistungen. Zusätzlich zu den Anzeigegeräten und Steuerungseinrichtungen muss die Kabine definierte Standards erfüllen. In Anbetracht der Arbeitsschutzrichtlinien sind Zugang, Größe, Dämmung, Schallschutz, Heizung, Innenausstattung (z.B. Scheibenwischer) definiert und vorgeschrieben.

¹⁷ vgl. BÖTTCHER, P.D.P.; NEUENHAGEN, H.: Baustelleneinrichtung; S. 61.

¹⁸ vgl. BÖTTCHER, P.D.P.; NEUENHAGEN, H.: Baustelleneinrichtung; S. 60.

¹⁹ vgl. Geschäftsstelle Bau der WKÖ: ÖBGL 2009; S. C20ff.

1.3.4 Antriebe

Abhängig von der Bauform eines Turmdrehkranes setzen sich die Antriebe aus Hubwerk, Drehwerk, Katzfahrwerk und Kranfahrwerk zusammen.

Das Hubwerk kann abhängig vom Hersteller, Modell oder Kranbauform am Gegenausleger, auf der Drehbühne, am Ausleger oder am Unterbau positioniert sein. Die Hubgeschwindigkeit eines Hubwerks sollte möglichst effizient an die Hublast abgestimmt sein und dabei die gesamte Motorleistung ausnutzen können. Ältere Modelle verwenden für die stufenweise Anpassung ein Schaltgetriebe mit Kurzschlussläufer- oder Schleifringläufermotor. Heutzutage werden für eine optimale Angleichung frequenzgesteuerte Antriebe eingesetzt. Ein vorgeschalteter Frequenzumrichter wandelt das standardisierte Drehstromnetz (400 V, 50 Hz) in ein variables Netz um, wodurch der Motor jede gewünschte Drehzahl annehmen kann. Dadurch wird die Hubgeschwindigkeit optimal auf die Last eingestellt und es erhöht sich die Produktivität. Der Kranfahrer kann ruckfreie Bewegungen durchführen und eine höhere Umschlagleistung erbringen. Es können sowohl feine Positioniergeschwindigkeiten als auch Hubgeschwindigkeiten bis zu 180 m/min erreicht werden. Abbildung 4 zeigt exemplarisch den Vergleich zwischen einem Antrieb mit Schaltstufen und einem frequenzgesteuerten Antrieb.^{20, 21}

Das Drehwerk gibt die Geschwindigkeit der Schwenkbewegung vor. Die Drehebene kann sich am Fuß (Untendreher) oder in Auslegerhöhe (Obendreher) befinden. Äquivalent zu den Hubwerken wird der Motor hauptsächlich mit einem Frequenzumrichter gesteuert, um stoß- und ruckfreies Drehen zu gewährleisten. Übliche Drehgeschwindigkeiten sind zwischen 0,7 bis 1,0 U/min.²²

Mit dem Katzfahrwerk wird das horizontale Fahren der Katze entlang des Auslegers ermöglicht. Der Antrieb ist vorwiegend am Ausleger angebracht und wird hauptsächlich frequenzgesteuert angetrieben. Abhängig von Gewicht und Größe der Last werden Katzfahrgeschwindigkeiten von über 100 m/min erreicht.

Krane mit fahrbarem Unterbau weisen zusätzlich ein am Fußpunkt der Krankonstruktion eingebautes Fahrwerk auf. Bei Turmdrehkranen treten Durchschnittsgeschwindigkeiten von 25 m/min auf.²³

²⁰ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 48ff.

²¹ vgl. LIEBHERR: Produktkatalog – Die Baukrane, www.liebherr.com, Zugriff am 08.01.2012 18:00.

²² vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 50.

²³ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 51.

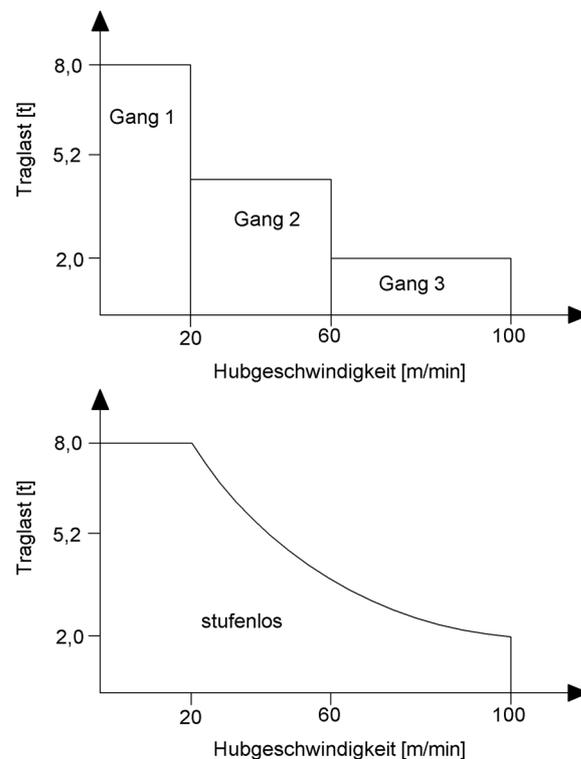


Abbildung 4: Antrieb mit Schaltstufen (oben) im Vergleich zum frequenzgesteuerten Antrieb (unten)

1.3.5 Ballastierung

Die Ballastierung wird am Gegenausleger, bei Untendrehern außermittig der Kranachse oder bei Oberdrehern zentral am Fußpunkt des Kranunterbaus positioniert. Sie wird nach den statischen Erfordernissen gewählt. Sowohl die Positionierung als auch das Gewicht wird vom Hersteller vorgeschrieben.

Die Ballastblöcke werden als Stahlbetonfertigteile hergestellt, wobei ein Element eine Masse von bis zu 6.000 kg erreichen kann. Um eine formschlüssige Verbindung zwischen den aufeinander gestapelten Elementen zu gewährleisten, werden sie mit Hilfe von ineinandergreifenden Steckverbindungen gesichert.²⁴

²⁴ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 42ff.

1.3.6 Klettereinrichtung

Elementweise aufgestellte Turmdrehkrane können mit Hilfe einer Außen- oder einer Innenklettereinrichtung an Höhe gewinnen.

Beim Klettern im Gebäude sind für die Errichtung des Kranes ein festes Fundament, ein Schacht und am Gebäude verankerte Kletterrahmen vorzusehen. Noch vor Errichtung der untersten Gebäudeetage muss als erstes Turmsegment das Kletterstück eingesetzt werden. Erst nachfolgend werden die weiteren Turmelemente und der Ausleger bis zu der erforderlichen Höhe mit einem Autokran freistehend montiert. Sodann kann der Aufbau der unteren Gebäudeetage beginnen. Um die gesamte Höhe des Gebäudes errichten zu können, beginnt der Klettervorgang. Das weitere Anwachsen der Turmhöhe wird mit Hilfe der mittig angeordneten hydraulischen Presse, Traversen, am Kletterrahmen befestigten Kletterleitern und Nocken erreicht. Nach Beendigung des Klettervorganges wird der Turm am unteren Kletterrahmen auf kurzen Trägern abgesetzt und ist wieder einsatzbereit. Trotz der wachsenden Kranhöhe werden keine zusätzlichen Turmstücke benötigt.

Bevorzugt eingesetzt wird aufgrund der unkomplizierten Handhabung und dem zeitlichen Gewinn das Klettern außerhalb des Gebäudes. Der Vorteil liegt darin, dass sich der Kran bereits nach einer geringen mit einem Autokran aufgestellten Turmhöhe selbstständig aufbauen kann. Auch das Abbauen wird mit kraneigener Klettereinrichtung durchgeführt. Im Gegensatz zum Klettervorgang im Gebäude wird nicht der gesamte Turm nach oben gefahren. Beim Klettervorgang werden Turmstücke eingebaut, wodurch sich ein erhöhter Materialbedarf ergibt. Der Klettervorgang wird mit Hilfe von einem einseitig offenen Führungsstück mit eingebautem Hydraulikzylinder und Hydraulikaggregat, einer Turmabstützung und einer Plattform, die für das Aufsetzen des neuen Turmstücks benötigt wird, bewerkstelligt.²⁵

1.3.7 Gegenausleger

Der Gegenausleger wird mit Hilfe von Halteseilen oder Zugstangen an der Turmspitze abgespannt. Der Gegenballast wird am Gegenausleger angebracht und gleicht damit die Nutzlast des Kranes aus.

²⁵ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 45ff.

1.3.8 Sicherheitseinrichtungen

Um ein sicheres und unfallfreies Arbeiten gewährleisten zu können, müssen Krane mit Sicherheitseinrichtungen ausgestattet sein. Mit der Fassung vom 15.12.2009 gilt die europaweit standardisierte Norm ÖNORM EN 14439, die Sicherheitsanforderungen für Turmdrehkrane und Klettereinrichtungen festlegt. Sie definiert Funktionsanforderungen an technische Bauteile, um signifikante Gefährdungen und daraus resultierende Risiken zu verringern bzw. zu eliminieren.

Verpflichtend vorgeschrieben werden:^{26, 27}

- Überlastsicherungen
 - Höchstlastbegrenzer
 - Lastmomentbegrenzer
- Bewegungsbegrenzer
 - Hubendbegrenzer
 - Katzfahrendbegrenzer
 - Fahrwerksendschalter
- Windmessgeräte (außer bei Schnelleinsatzkranen mit einer Höhe unter 30 m)
- Schnittstellen für Antikollisionssysteme
- Möglichkeit, eine Arbeitsbereichsbegrenzung nachzurüsten
- diverse Anzeigen sowie Not- und Warnschalter

Bei den Lastbegrenzern wird der Überlastzustand erkannt und die Kranbewegung wird aus sicherheitstechnischen Aspekten unterbrochen.

Mit der elektronischen Begrenzung des Arbeitsbereiches, kann das Überschwenken von definierten Bereichen ausgespart werden. Vor allem Hochspannungsleitungen, Straßen oder bestehende Bauwerke dürfen meist mit Last nicht überschwenkt werden.

Bei überschneidenden Arbeitsbereichen unterbindet die Verwendung von Antikollisionssystem eine gegenseitige Behinderung. Voraussetzung dafür ist ein Kommunikationssystem (Verkabelung) zwischen den Kranen, indem die Position der Laufkatzen und der Drehwerke abgeglichen werden.²⁸

²⁶ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 51ff.

²⁷ vgl. ÖNORM EN 14439, Fassung vom 15.12.2009: Krane – Sicherheit – Turmdrehkrane.

²⁸ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 56ff.

1.3.9 Steuerungssysteme

Um mit dem Kran die erforderlichen Bewegungsabläufe ausführen zu können, werden Steuerungssysteme benötigt.

Bei Obendrehern befindet sich ein fest installiertes Kransteuerungssystem vorwiegend im Führerhaus.

Untendreher können über ein Steuerpult vom Führerhaus oder von extern tragbaren Funkfernsteuerungen betätigt werden. Dadurch ist die Bedienposition des Kranführers frei wählbar und schlecht einsehbare Baustellenbereiche können besser versorgt werden. Bei kleineren Baustellen und geringer Kranauslastung kann der Kranführer zudem während der Kranstehtzeiten andere Tätigkeiten übernehmen.

1.3.10 Lastaufnahmeeinrichtung

Anschlagmittel und Lastaufnahmemittel können unter dem Begriff Lastaufnahmeeinrichtung zusammengefasst werden und dienen als Verbindung zwischen Lashaken und Fördergut. Sie kommen als Seile, Ketten, Bänder oder Gurte zur Ausführung. Als Lastaufnahmemittel werden Greifer, Hebeklemmen, Traversen oder Lasthebemagnete verstanden.

Je nach Gewicht und Geometrie des Transportgutes sind passende Anschlag- und Lastaufnahmemittel laut den Herstellerkatalogen zu wählen und die vorgeschriebenen Neigungswinkel bei der Montage zu beachten.

Als Ketten ausgeführte Anschlagmittel können einsträngig mit einem Neigungswinkel von 0° oder mehrsträngig bis zu einem maximalen Neigungswinkel von 60° eingesetzt werden.²⁹

1.4 Der Kranausleger

Laut *Schach/Otto*³⁰ wird die Auswahl eines geeigneten Kranes besonders vom Auslegertyp beeinflusst. Eine untergeordnete Rolle für eine baustellenangepasste Kranentscheidung spielt der Aufbau von Turm und Unterbau.

Um einen effizienteren Kraneinsatz und eine optimale Baustellenadaptierung erreichen zu können, werden Kranausleger in unterschiedlichen Ausführungsformen hergestellt. Demnach verfügt jedes Modell über seine gerätespezifische Vor- und Nachteile.

²⁹ vgl. www.hebetchnik.at, Datum des Zugriffs 19.03.2012 19:00.

³⁰ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung; S. 16.

Die wesentlichen Charakteristika eines Auslegers sind die Auslegerlänge, die Traglast und die Hakenaufhängung. Die Auswahl dieser Parameter richtet sich nach den Gegebenheiten und Bedürfnissen des Bauvorhabens.³¹

Die Auslegerlänge bestimmt die Reichweite, in der Güter von einem Kran bewegt werden können und beträgt bis zu 100 m (z.B. Liebherr 4000 HC 100).

Abbildung 5 zeigt eine Übersicht der hauptsächlich eingesetzten Auslegertypen von Turmdrehkranen, die in den Unterkapiteln eingehender erklärt werden. Analog zur Baugeräteliste wird beim obendrehenden Turmdrehkrane zwischen dem Laufkatzenausleger, Nadelausleger und Knickausleger unterschieden.³²

Der Katzausleger stellt gegenwärtig die übliche Bauform für eine Anwendung auf Baustellen dar.³³

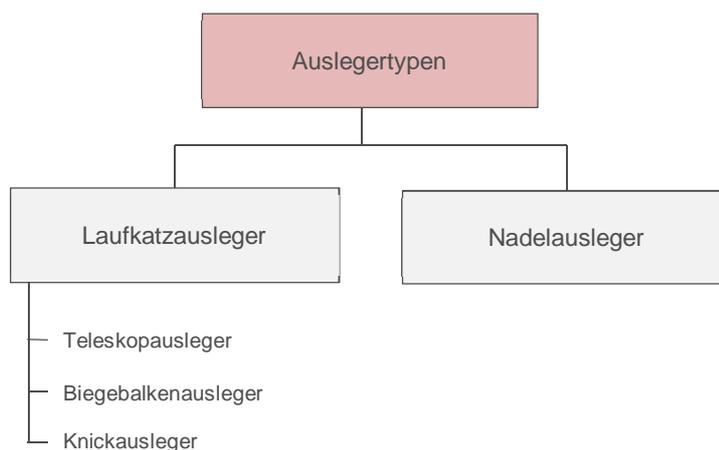


Abbildung 5: Übersicht Auslegertypen

1.4.1 Nadelausleger

In themenverwandter Literatur trägt der Nadelausleger auch die Bezeichnung Wipp- oder Verstellausleger.

Beim Nadelausleger (vgl. Abbildung 6) ist das Auslegerhubseil mit einem fixen Seilführungspunkt an der Turmspitze befestigt. Durch die Umlenckrolle und ein rückgespanntes Halteseil kann je nach Baureihe eine

³¹ vgl. BÖTTCHER, P.D.P.; NEUENHAGEN, H.: Baustelleneinrichtung; S. 58.

³² vgl. Geschäftsstelle Bau der WKÖ: ÖBGL 2009; S. C3ff.

³³ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung; S. 16.

Auslegersteilstellung zwischen 15° und 85° erreicht und damit die Position des Hakens festgelegt werden. Dadurch kann sich der maximale Drehkreisradius auf unter 10 m verringern aber sich zugleich die Hubhöhe vergrößern.³⁴

Durch speicherprogrammierbare Steuerungssysteme kann der Haken wie bei dem Laufkatzenausleger horizontal bewegt und ein zielgenaues Absetzen ermöglicht werden.³⁵

Der Nadelausleger kommt im Speziellen bei beengten Baustellenverhältnissen, bei Baulücken oder für das Berücksichtigen von Hindernissen im Schwenkbereich zum Einsatz. Beim Zusammenarbeiten von mehreren Kranen auf einem Baufeld können durch Nadelausleger sich kritisch überschneidende Drehbereiche entschärft werden. Das Nichterreichen von Lasten in unmittelbarer Nähe der Kransäule, eine geringere maximale Ausladung, langsame Verstellmöglichkeit der Ausladung sowie erhöhter Steueraufwand des Kranführers sind die charakteristischen Schwierigkeiten.^{36, 37}

1.4.2 Laufkatzenausleger

Im Gegensatz zum geneigten Nadelausleger befindet sich der Laufkatzenausleger (vgl. Abbildung 6) in waagrechter höhenunveränderlicher Stellung. Demnach muss seine feststehende Position in Rücksicht auf das höchste zu bedienenden Bauteil am Baufeld gewählt werden. Die Laufkatze wird entlang des Laufkatzenauslegers bewegt und das Fördergut somit in seine geforderte Lage positioniert. Durch das Katzfahren ist eine schnellere Versorgung der Baustelle möglich.³⁸

1.4.3 Teleskopausleger

Der Teleskopausleger (vgl. Abbildung 6) besteht aus zwei waagrecht angeordneten Auslegern. Der obere, mit der Kransäule verbundene Ausleger, ist feststehend. Je nach Modell kann der zweite Lastauslegerteil stufenlos unter oder im oberen Ausleger aus- und eingefahren werden. Das Einsatzgebiet eines Teleskopauslegers liegt bei begrenzten Baugrundabmessungen und Hindernissen, die eine Veränderung des maximalen Drehkreisradius erfordern.^{39, 40}

³⁴ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; S. 32.

³⁵ vgl. LIEBHERR: Produktkataloge der Reihe HC-L, www.liebherr.com, Zugriff am 06.01.2012 09:00.

³⁶ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; a.a.O.

³⁷ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung; S. 16.

³⁸ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; a.a.O.

³⁹ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; a.a.O.

1.4.4 Biegebalkenausleger

Bei der Konstruktion des Biegebalken- bzw. Kragarmauslegers (vgl. Abbildung 6) entfällt die Turmspitze und die Abspannung des Gegenauslegers. Durch Ausbleiben des Turmendes werden niedrigere Bauhöhen für Turmdrehkrane erzielt und bei der Anzahl der Turmstücke eingespart. Beim Ausleger selbst handelt es sich um einen Laufkatzenausleger.

Bei engen Baugrundabmessungen und gleichzeitiger Verwendung von mehreren Obendrehern, deren Schwenkbereiche sich überschneiden, kann ein Biegebalkenausleger Höhenvorteile bringen.^{41, 42}

1.4.5 Knickausleger

Der Knickausleger (vgl. Abbildung 6) vereint die Funktionsweise eines Nadel- und Laufkatzenauslegers. Das am Turm angrenzende Element besitzt eine veränderliche Neigung, während der weiterführende Teil als horizontaler Katzausleger fungiert. Dadurch wird die Ausladung in Höhe umgewandelt und die Turmhöhe bleibt geringer. Dieser Vorteil wird speziell bei hohen Gebäuden und Türmen ausgenutzt.⁴³

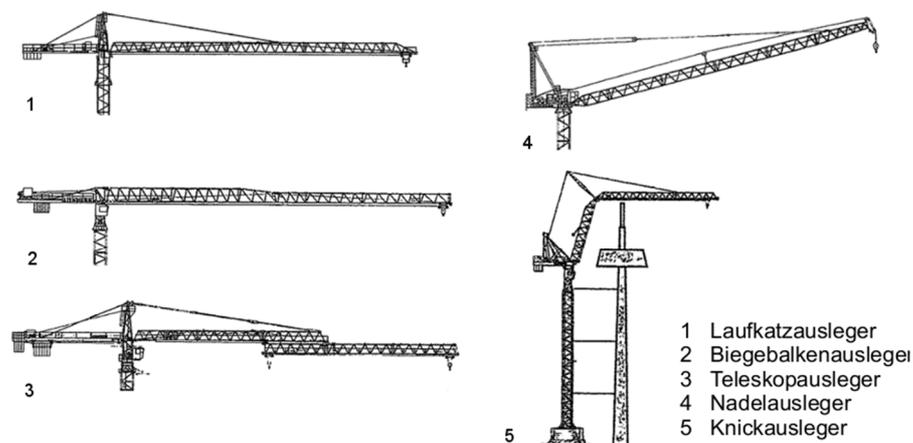


Abbildung 6: Auslegertypen von obendrehenden Turmdrehkranen⁴⁴

⁴⁰ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 35.

⁴¹ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; S. 32.

⁴² vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; a.a.O.

⁴³ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung; S. 16.

⁴⁴ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; S. 33.

1.5 Technische Kenngrößen

Technische Kenngrößen definieren potenzielle Leistungen und einschränkende Grenzen eines Turmdrehkranes. Eine baustellenangepasste Kombination und Auswahl der technischen Kenngrößen ist signifikant für den wirtschaftlichen Einsatz des Hebezeugs.

Als Grundlage für die Auswahl eines Kranmodells anhand seiner technischen Kenngrößen dienen die von den Herstellern zur Verfügung gestellten Krantypenblätter.

1.5.1 Ausladung

Die Ausladung ist der horizontale Abstand zwischen dem Drehmittelpunkt und der belasteten Hakenposition (vgl. Abbildung 9).⁴⁵

1.5.2 Traglast

Die maximale Tragfähigkeit gibt die höchste zulässige Belastung bei unterschiedlichen Lastpositionen entlang des Auslegers an.

Traglasttabellen enthalten in Abhängigkeit von Auslegerlänge und Ausladung die zulässigen Traglasten (vgl. Abbildung 7).⁴⁶

1.5.3 Lastmoment

Das Lastmoment [mt] ist die wichtigste Kenngröße von Turmdrehkranen und wird nach Glg. [1.1] aus der Multiplikation von der Ausladung [m] mit der Traglast [t] ermittelt.

$$\text{Lastmoment} = \text{Ausladung} * \text{Traglast} \quad [1.1]$$

Jeder Kran verfügt über eine Lastmomentenkurve, die eine zulässige Traglast in Abhängigkeit von der Ausladung darstellt. Das statische Moment eines Kranes ist aufgrund der erforderlichen Standsicherheit eine Konstante, wodurch die Lastmomentenkurve als Hyperbel beschrieben werden kann.

Die Kennzahl Nennlastmoment wird zur Einstufung von Turmdrehkranen in der ÖBGL herangezogen. Zur Ermittlung beinhaltet die ÖBGL ein Traglastkurvendiagramm, welches bei Angabe von verschiedenen Traglasten und der dazugehörigen Ausladung das tatsächliche Nennlast-

⁴⁵ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; S. 30.

⁴⁶ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; a.a.O.

moment feststellt. Die Hersteller benutzen das Nennlastmoment auch für die Bezeichnung des Kranes. So beispielsweise bedeutet Liebherr 200EC-H10 Litronic, dass es sich um einen Kran mit einem Nennlastmoment von 200mt handelt.^{47, 48}

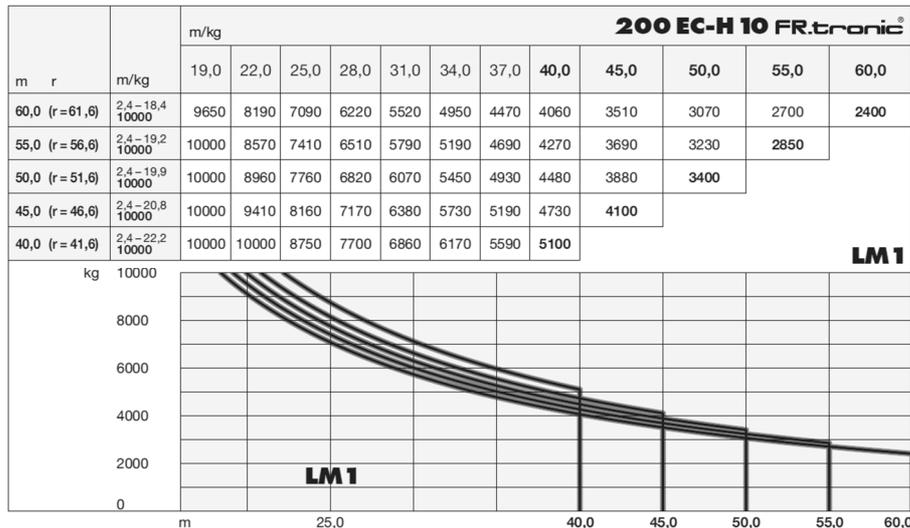


Abbildung 7: Traglasttabelle mit zugehörigen Lastmomentkurven eines Liebherr 200EC-H10 Litronic⁴⁹

1.5.4 Hubhöhe

Die Hubhöhe ist der Abstand zwischen der Fundament- oder Schienenoberkante und der höchsten Hakenposition (vgl. Abbildung 9).⁵⁰

Die Auswahl des Fundamenttyps und die in der Region vorherrschende Windstärke sind maßgebende Kriterien für die Hubhöhe.

1.5.5 Geschwindigkeiten

Analog zu den Antrieben wird zwischen der Hub-, Dreh-, Katzfahr- und Kranfahrgeschwindigkeit unterschieden.

Abbildung 8 zeigt charakteristische Geschwindigkeiten eines Liebherr 200EC-H10 Litronic mit Laufkatzenausleger.

⁴⁷ vgl. DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren; S. 30ff.

⁴⁸ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; S. 33ff.

⁴⁹ vgl. LIEBHERR: Produktkataloge der Reihe HC-L, www.liebherr.com, Zugriff am 10.01.2012 10:00.

⁵⁰ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb; a.a.O.

Weiters sind die Geschwindigkeiten für das Teleskopieren und das Verstellen der Neigung des Auslegers von Bedeutung. Ein Mobilkran (Liebherr LTM 1100–5.2⁵¹) benötigt z.B. 40 s um eine Neigung von 82° zu erreichen und 360 s um die Auslegerlänge von 11 auf 52 m zu verstellen.

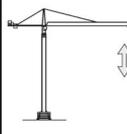
	0 ↔ 0,8 U/min		25,0 m/min						
	0 ↔ 100,0 m/min		<table border="0"> <tr> <td>kg</td> <td>m/min</td> </tr> <tr> <td>10.000</td> <td>0 ↔ 33</td> </tr> <tr> <td>2.200</td> <td>0 ↔ 110</td> </tr> </table>	kg	m/min	10.000	0 ↔ 33	2.200	0 ↔ 110
kg	m/min								
10.000	0 ↔ 33								
2.200	0 ↔ 110								

Abbildung 8: Antriebsleistungen eines Liebherr 200EC-H10 Litronic⁵²

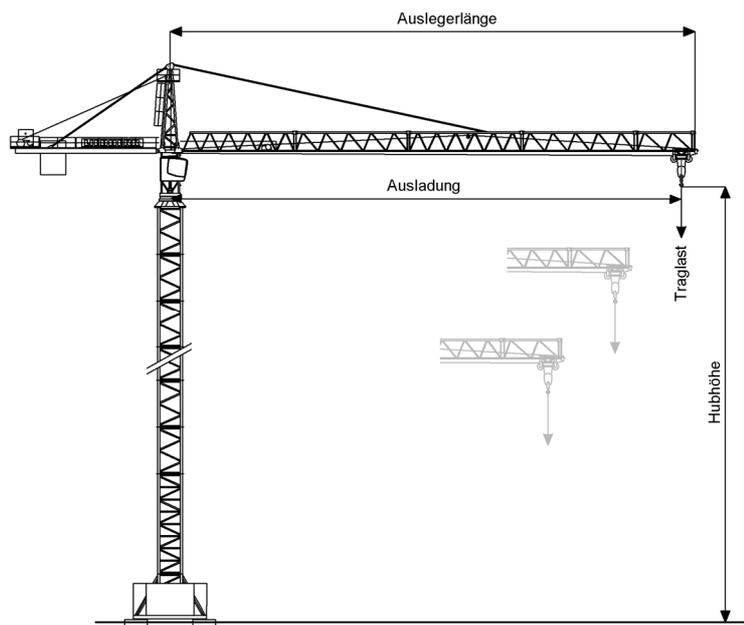


Abbildung 9: Technische Kenngrößen am Beispiel eines Liebherr 200EC-H10 Litronic⁵³

⁵¹ vgl. LIEBHERR: Produktkatalog Mobilkrane LTM 1100 – 5.5, http://www.liebherr.com/AT/de-DE/products_at.wfw/id-7932-0/measure-nonMetric/tab-5515_1477, Zugriff am 22.03.2012 10:00.

⁵² vgl. LIEBHERR: Produktkatalog 200EC-H10 Litronic, [http://www.liebherr.com/CC/de-DE/region-\(europe\)/products_cc.wfw/id-15091-0/measure-nonMetric/tab-1646_1560](http://www.liebherr.com/CC/de-DE/region-(europe)/products_cc.wfw/id-15091-0/measure-nonMetric/tab-1646_1560), Zugriff am 22.03.2012 10:00.

⁵³ vgl. LIEBHERR: Produktkataloge der Reihe HC-L, www.liebherr.com, Zugriff am 10.01.2012 10:00.

2 Auswahl und Dimensionierung von Turmdrehkränen

Der Turmdrehkran kommt hauptsächlich als Bereitstellungsgerät zum Einsatz. Um einen stetigen Baufortschritt sicherzustellen, befindet er sich zum Großteil der Bauzeit auf der Baustelle, obwohl sein Einsatzfaktor⁵⁴ auf Baustellen mit Beton- und Mauerarbeiten maximal 50 % beträgt (vgl. Abbildung 10).⁵⁵

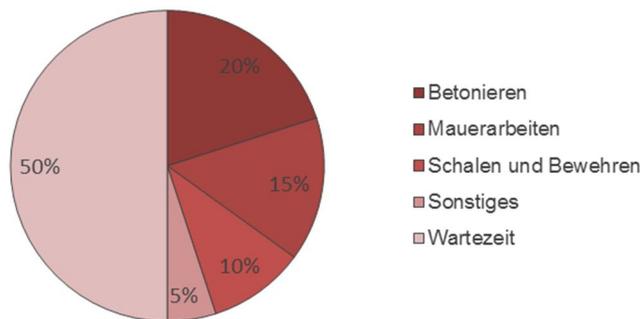


Abbildung 10: Turmdrehkraneinsatz auf Baustellen mit Beton- und Mauerarbeiten⁵⁶

Ziel bei der Auswahl und Dimensionierung der Turmdrehkrane ist es, unter Einhaltung aller Rahmenbedingungen und baubetrieblichen Vorgaben, die wirtschaftlichste Lösung für seinen Einsatz zu finden. Dabei ist es von wesentlicher Bedeutung das Gleichgewicht zwischen Aus- und Überlastung der Geräte zu eruieren, um den Bauablauf reibungslos zu gestalten.

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den verschiedenen Möglichkeiten, mit denen eine bauprozessabgestimmte Krananzahl festgelegt werden kann. Es werden allgemeine Kriterien, die eine Auswahl und Dimensionierung bestimmen, aufgezeigt. Die Anwendung von Kennzahlen zur Abschätzung der Krananzahl wird vorgestellt und die Berechnung mit Hilfe von Formeln unterstrichen. Darüber hinaus zeigt dieses Kapitel vier weitere umfassende Methoden zur Bestimmung der Anzahl von Kranen. Die Ermittlung der Krankapazität über Kranbelegungswerte wird vorgestellt. Eine Berechnung der Kranspielzeit, die Bauwerksgeometrie und Leistung des Gerätes miteinbezieht, wird gezeigt. Das Warteschlangenmodell, welches das System Mensch – Maschine beleuchtet, wird vorgestellt. Abschließend wird die Ermittlung der Krananzahl zufolge der Grundrissfläche ermittelt.

⁵⁴ Der Einsatzfaktor entspricht der Betriebsmittelgrundzeit t_{gB} aus Kapitel 2.2.2.

⁵⁵ vgl. HOFFMANN, M.; KRAUSE, T.: Zahlentafeln für den Baubetrieb; S. 733.

⁵⁶ vgl. HOFFMANN, M.; KRAUSE, T.: Zahlentafeln für den Baubetrieb; a.a.O.

2.1 Allgemeine Kriterien bei der Auswahl von Turmdrehkränen

Ein Turmdrehkran befindet sich in ständiger Abhängigkeit vom Bauprozess und umgekehrt. Durch seinen umfangreichen Einflussbereich ergeben sich unzählige Faktoren, die eine Entscheidung für die Auswahl und die Anzahl von Kranen bestimmen können.

Der Turmdrehkran als Schlüsselement der Baustelle kann als Mittelpunkt eines Netzes betrachtet werden (vgl. Abbildung 11). Die Quervernetzungen der Knotenpunkte stellen die Verknüpfungen zwischen den Einflussfaktoren dar. Alle Knoten stehen in Abhängigkeit zueinander und beeinflussen demnach die Auswahl und die Kapazität eines Turmdrehkranes mit unterschiedlicher Intensität. Die Größe des Netzes ist je nach Bauaufgabe und Bauumfang frei erweiterbar und die Priorität der einzelnen Knotenpunkte neu zu vergeben.⁵⁷

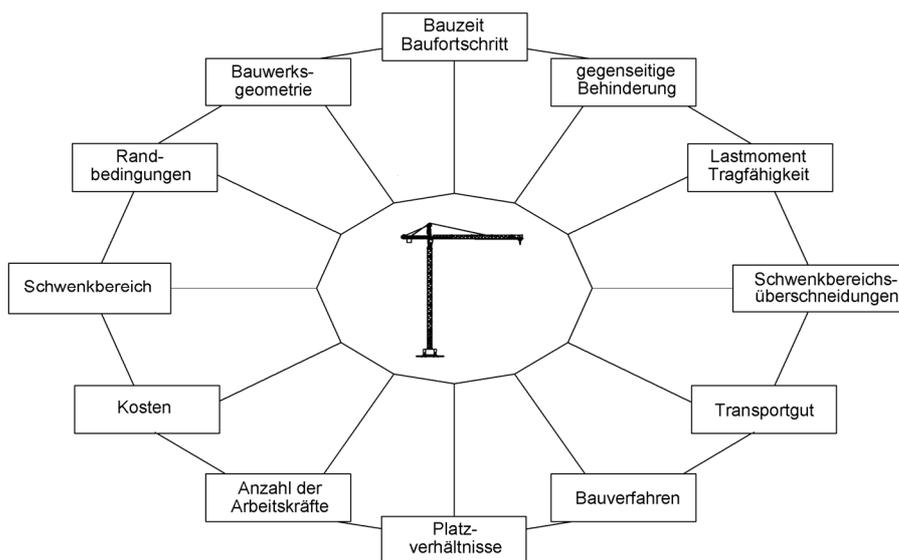


Abbildung 11: Einflussfaktoren auf die Auswahl und Dimensionierung eines Kranes

Ergänzend zu den Einflussfaktoren sollte firmenspezifisches Zahlenmaterial aus der Nachkalkulation oder der Abrechnung gesammelt und für zukünftige Bauvorhaben genutzt werden. Diese Daten dienen als Grundlage für eine optimierte Anwendung von Kennwerten.

Für eine Anpassung der Krankapazität an die Bauleistung sind ein zeitversetzter Einsatz und eine variable Anzahl der Turmdrehkrane über die Bauzeit denkbar. Wobei eine nachträgliche, in der Planung unberück-

⁵⁷ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung; S. 18ff.

sichtige Kranaufstellung erhebliche Kosten verursacht und die Gesamtkapazität meist nicht nennenswert erhöht.⁵⁸

Um an Krankapazität einzusparen, können kranunabhängigen Bauverfahren und Bauverfahren die weniger Kranstunden beanspruchen eingesetzt werden. Weiters können Belastungsspitzen durch den Einsatz eines zusätzlichen Autokranes abgedeckt werden. Ebenso führt die Verwendung von zusätzlichen speziellen Fördermitteln, wie z.B. Aufzüge, zu einer Reduktion der Kranbelegung.

Die am Baufeld maximale installierbare Krananzahl kann die bestimmende Größe werden und Bedarf spezieller Berücksichtigung. Bei großen Bauvorhaben und mehreren eingesetzten Kranen ist der Einfluss von gegenseitiger Behinderung durch das Zusammenarbeiten und die Überlappung von Schwenkbereichen zu beachten.

Eine Abstimmung der Anzahl der Krane mit der Personalkapazität und mit der Größe der Arbeitsgruppen sollte durchgeführt werden.⁵⁹ Außerdem ist das Zusammenspiel der Baustelleneinrichtungselemente mit dem Kran ebenso von entscheidender Bedeutung.

2.2 Methoden zur Bestimmung der Krananzahl

Der umfangreiche Einfluss der Turmdrehkrane auf den baubetrieblichen Prozess veranlasste viele Schriftsteller sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen und Berechnungsmodelle sowie Kennwerte zu entwickeln.

Grundsätzlich haben sich fünf Hauptmethoden zur Bestimmung der Krananzahl herauskristallisiert:

- Kennzahlenmethode
- Anwendung von Kranbelegungswerten
- Spielzeitberechnung
- Warteschlangenmodell
- Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche

Jedes Berechnungsmodell wird von seinen spezifischen Vor- und Nachteilen begleitet. Abhängig vom Berechnungsaufwand wird eine mehr oder weniger genaue Abschätzung erreicht. Dabei wirkt sich hauptsächlich die Qualität der zur Verfügung stehenden Daten auf die Zuver-

⁵⁸ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, S. 24.

⁵⁹ vgl. BRÜSSEL, W.; KNOOP, R.: Störungsbedingte Veränderungen der Kranauslastung, http://www.prof-bruessel.de/Doku/Veroeffentlichungen/Krane_1507a.pdf, Datum des Zugriffs 15.02.2010 11:00, S. 2.

lässigkeit der Ergebnisse aus. Eine Synthese aus den Berechnungsmethoden kann unter Umständen Sicherheit für das Ergebnis bringen.

Angesichts des Aspektes, dass es sich bei jeder Baustelle um ein Unikat handelt, müssen für die Anwendung von Berechnungsmodellen sämtliche Einflussfaktoren untersucht und berücksichtigt werden.

Ein fehlerhafter Umgang bei der Anwendung von Berechnungsmodellen oder Kennzahlen seitens der Planer oder der Kalkulanten kann zu Fehlinterpretationen und in weiterer Folge zu Fehlentscheidungen und erhöhten Kosten führen.

Die wirtschaftliche Beurteilung der Krankapazitäten sieht zwei Ansätze zur Auswertung vor:⁶⁰

- Krananzahl wird konstant gehalten
- Bauzeit wird konstant gehalten

Üblicherweise ist die Bauzeit fester Bestandteil der vertraglichen Vereinbarungen zwischen dem AG und dem AN. Deshalb findet der zweite Ansatz häufiger Verwendung und ist das bestimmende Element für die Festlegung der Krananzahl. Die folgenden Berechnungsmodelle stützen sich demnach auf eine vorgegebene Bauzeit.

Weiters kann die Bauzeit entweder direkt oder indirekt in die Berechnung einfließen. Beim direkten Einfluss werden z.B. die Dauer der Rohbauarbeiten oder die Kranmonate in die Berechnung eingesetzt. Indirekt bedeutet, dass die Bauzeit in anderen Kennwerten bereits enthalten ist (z.B. Anzahl der Arbeitskräfte).

Die Berechnungsmodelle liefern als Resultat eine Anzahl von Kranen, die in den meisten Fällen nicht ganzzahlig sein wird. Wenn als Ergebnis 2,5 Krane einzusetzen sind ist eine Rundung auf zwei oder drei möglich, was zu freien oder überlasteten Krankapazitäten führt. Angesichts dessen ist die Beeinflussung durch Rundung bei der Kapazitätsermittlung zu beachten.⁶¹

2.2.1 Kennzahlenmethoden

Kennzahlen stellen Richtwerte für den Einsatz zur Bestimmung der Anzahl von Turmdrehkränen dar. Sie dienen zur überschlägigen Leistungsberechnung und sollten mit Vorsicht zum Einsatz kommen. Es obliegt dem Anwender Besonderheiten und voraussehbare Erschwer-

⁶⁰ vgl. BLECKEN, U.; MISCH, V.: Verfahrensoptimierung im Stahlbetonbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 09/1980, S. 614.

⁶¹ vgl. BLECKEN, U.; MISCH, V.: Verfahrensoptimierung im Stahlbetonbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 09/1980, S. 618.

nisse eines Bauvorhabens durch Aufschläge zu berücksichtigen. Planer sollten sich bewusst sein, dass unzählige Einflussfaktoren die Anzahl der Krane beeinflussen und somit Kennzahlen verfälschen können. Komplizierte Grundrisse, besondere Sichtbetonanforderungen oder aufwändige Bauverfahren können zu einer Erhöhung der Kennzahlen beitragen. Die Verwendung von kranunabhängigen Bauverfahren oder Schalsystemen kann hingegen zu einer Entlastung der Hebegeräte führen.⁶²

Bei den Kennzahlenmethoden wird unterschieden zwischen den Kennzahlen:

- Arbeiter je Kran
- Bruttonauminhalt (BRI) je Kran
- Einbauleistung (Baustoffmenge) je Kran

Vergleicht man die veröffentlichten Kennwerte der letzten Jahrzehnte ist eine deutliche Streuung zu vermerken. Die Rechtfertigung ist womöglich im technologischen Fortschritt, aber auch in den effizienteren Planungsmöglichkeiten für den Baubetrieb zu suchen. Vor allem modernere Bauverfahren oder höhere Leistungen der Transportgeräte tragen ihren Anteil dazu bei.

2.2.1.1 Arbeiter je Kran

Laut *Drees/Repmann*⁶³ ist die zahlenmäßige Relation zwischen Arbeiter und Kran von entscheidender Bedeutung für den Bauablauf.

Die Anzahl der Krane bezogen auf die Arbeitskräfte $ANZ_{K,AK}$ [-] lässt sich über die Anzahl der Arbeitskräfte AK_{RB} [AK] und dem Proportionalitätsfaktor $PF_{K,AK}$ [AK/Kran] nach Glg. [2.1] bestimmen. Die Anzahl der Arbeitskräfte AK_{RB} ist für die gesamten Rohbauarbeiten zu ermitteln.

$$ANZ_{K,AK} = \frac{AK_{RB}}{PF_{K,AK}} \quad [2.1]^{64}$$

Beim Proportionalitätsfaktor $PF_{K,AK}$ ist zu unterscheiden, ob es sich um eine Netto- oder Bruttoangabe handelt. Eine Bruttoangabe beinhaltet im Urlaub befindliche oder kranke Arbeitnehmer, das Aufsichtspersonal, Magazineure, Werkstättenpersonal und den Kranführer selbst. Die

⁶² vgl. DREES, G.; REPMMANN, G.: Kennzahlen für den Einsatz von Turmdrehkränen im Hochbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 10/1977, S. 601ff.

⁶³ vgl. DREES, G.; REPMMANN, G.: Kennzahlen für den Einsatz von Turmdrehkränen im Hochbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 10/1977, S. 606.

⁶⁴ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 159.

bereinigte Nettoangabe umfasst demnach nur die produktiven Arbeitskräfte eines Kranbereiches.⁶⁵

Der Proportionalitätsfaktor unterliegt einer großen Schwankungsbreite, weil er den unterschiedlichen Einsatz von kranabhängigen Arbeiten nicht berücksichtigt. Darüber hinaus führten der technische Fortschritt und der größere Mechanisierungsgrad in den letzten Jahrzehnten zu einer Veränderung der Kennwerte. Es zeigt sich auch, dass durch die Verwendung von Betonpumpen die Anzahl der Arbeiter je Kran erhöht werden kann. Im Gegensatz dazu wird der Wert durch viel Mauerungsarbeiten verringert.

Tabelle 1 zeigt chronologisch die Kennwerte von 1971 bis 1997 bei unterschiedlicher Betoneinbringung. Beim Einbau des Betons mit dem Kran schwankt der Proportionalitätsfaktor zwischen 13 und 35 AK/Kran. Wird der Beton mit der Pumpe eingebracht, erhöht sich im Allgemeinen der Proportionalitätsfaktor und liegt zwischen 10 und 50 AK/Kran.

Tabelle 1: Chronologische Entwicklung des Proportionalitätsfaktors „Arbeiter je Kran“ in Abhängigkeit vom Betoneinbau⁶⁶

Quelle	Erscheinungsjahr	Anzahl der Arbeiter je Kran	
		Einbau des Betons mit Kran	Einbau des Betons mit Pumpe
Hruschka	1971	20 - 35	30 - 50
Spranz	1976	15 - 20	20 - 30
Drees/Repmann	1977	13 - 14	13 - 14
Drees/Sommer	1980	20	20
Drees/Schütz	1993	14 - 18	18 - 22
Hoffmann	1996	14	14
Böttcher/Neuenhagen	1997	10 - 20	10 - 20

Tabelle 2 beinhaltet den Proportionalitätsfaktor „Arbeiter je Kran“ in Abhängigkeit von der Brutto- und Nettoangabe. Der höchste Proportionalitätsfaktor wird bei Ortbetonarbeiten mit viel Mauerwerk und einem

⁶⁵ vgl. DREES, G.; REPMANN, G.: Kennzahlen für den Einsatz von Turmdrehkränen in: Hochbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 10/1977, S. 607.

⁶⁶ vgl. BRÜSSEL, W.; KNOOP, R.: Störungsbedingte Veränderungen der Kranauslastung, http://www.prof-bruessel.de/Doku/Veroeffentlichungen/Krane_1507a.pdf, Datum des Zugriffs 15.02.2010 11:00, S. 12.

Belegschaftsdurchschnitt von 22 Personen erreicht. Für die Fertigteilmontage sollten nur 3 AK/Kran angesetzt werden.

Tabelle 2: Proportionalitätsfaktor „Arbeiter je Kran“ unter Berücksichtigung der Bauweise und der Netto- und Bruttoangabe⁶⁷

Bauweise	Produktive Arbeitskräfte	Produktive Arbeitskräfte mit Aufsicht und Bedienung	Belegschaftsdurchschnitt (inkl. abwesenden Arbeitnehmern)
Reine Ortbetonweise	10	13	15
Ortbeton mit viel Mauerwerk	15	19	22
Fertigteilmontage	3	5	o.A.

Die aktuellsten Werte sind Tabelle 3 zu entnehmen. Der Proportionalitätsfaktor berücksichtigt teilweise die Baustellenrandbedingungen und schwankt zwischen 6 und 23 AK/Kran.

Tabelle 3: Proportionalitätsfaktor „Arbeitskräfte je Kran“ unter Berücksichtigung der Baustellenrandbedingungen⁶⁸

Arbeiter je Kran	Baustellenrandbedingungen
6 - 8	Reine Montagebaustellen
15 - 20	Teilweise kranunabhängigen Arbeiten, wie z.B. Einsatz von Betonpumpen bei größeren Betonierabschnitten
max. 23	Hoher Pumpeinsatz und kranunabhängige Schalverfahren, wie z.B. Gleitschalungseinsatz bei der Herstellung der Gebäudekerne.

2.2.1.2 Bruttorauminhalt je Kran

Durch eine Betrachtung des Bruttorauminhaltes wird ein weiterer Kennwert zur Abschätzung der benötigten Anzahl von Kränen gebildet.

Die Anzahl der Krane bezogen auf den Bruttorauminhalt $ANZ_{K,BRI}$ [-] kann nach Glg. [2.2] ermittelt werden. Für den Zähler ist der Bruttorauminhalt des Bauwerkes BRI_{BWK} [m³] anhand der Pläne zu ermitteln. Der Nenner ergibt sich aus der Multiplikation von Proportionalitätsfaktor $PF_{K,BRI}$ [BRI/Kran,Mo] und der Anzahl der Kranmonate

⁶⁷ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, S. 24.

⁶⁸ vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S. 112.

$ANZ_{K,Mo}$ [Mo]. Die Kranmonate entsprechen der geplanten Einsatzzeit der Krane auf der Baustelle.

$$ANZ_{K,BRI} = \frac{BRI_{BWK}}{PF_{K,BRI} * ANZ_{K,Mo}} \quad [2.2]^{69}$$

Spranz^{70,71}, Drees/Repmann⁷², Seeling⁷³ geben unter anderem Anhaltswerte für den Proportionalitätsfaktor „Bruttorauminhalt je Kran“ an. Abhängig von Bezugsquelle und Veröffentlichungsjahr werden differierende Randbedingungen gewählt, weshalb sich große Schwankungsbreiten bei den Kennwerten finden. Tabelle 4 zeigt eine chronologische Auflistung der bereits genannten veröffentlichten Quellen mit den dazugehörigen Proportionalitätsfaktoren.

Tabelle 4: Chronologische Entwicklung des Proportionalitätsfaktors "BRI/Kran,Mo"

Quelle	Erscheinungsjahr	Kranbauleistung [BRI/Kran,Mo]	Anmerkungen zum Kennwert
Spranz	1976	3.000 – 4.000	Betontransport mit Betonpumpe, Großflächenschalung, Stahl außerhalb der normalen Arbeitszeit auf Decken liefern
Drees/Repmann	1977	1.328 – 2.000	o.A.
Seeling	1979	800 – 1.200	Die Werte verdoppeln sich in der Hauptbauzeit.
Spranz	2003	2.500 – 3.500	Nicht für Wohnbaumaßnahmen oder reinen Montagebau geeignet.

2.2.1.3 Einbauleistung je Kran

Ein weiteres Instrument zur wirtschaftlichen Beurteilung der Krananzahl sind Kennzahlen, die eine monatliche Einbauleistung von Baustoffen eines Kranes widerspiegeln.

⁶⁹ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 163.

⁷⁰ vgl. SPRANZ, D.: Kriterien bei der Auswahl von Turmdrehkränen, in: Baumaschine + Bautechnik, 03/1979, S. 116.

⁷¹ vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S. 110.

⁷² vgl. DREES, G.; REPMANN, G.: Kennzahlen für den Einsatz von Turmdrehkränen im Hochbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 10/1977, S. 601ff.

⁷³ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, S. 25.

Die Berechnung ist mit großen Unsicherheiten behaftet, weil der Baustoffumschlag und der Baustoffbedarf sehr schwanken.⁷⁴ Die tatsächliche Einbaumenge hängt unter anderem von den Bauphasen ab.

Die Anzahl der Kranmonate $ANZ_{K,Mo}$ [Mo] berechnet sich über die Einbauleistung eines Kranes nach Glg. [2.3]. Im Zähler wird der Bruttorauminhalt des Bauwerks BRI_{BWK} [m³] mit dem Kennwert für den Baustoffbedarf BSB_{BRI} [t/m³] multipliziert. Im Nenner befindet sich der Kennwert zum Baustoffumschlag $BSU_{K,Mo}$ [t/Kran,Mo].

$$ANZ_{K,Mo} = \frac{BRI_{BWK} * BSB_{BRI}}{BSU_{K,Mo}} \quad [2.3]^{75}$$

Die Division der Anzahl der Kranmonate $ANZ_{K,Mo}$ [Mo] durch die Bauzeit BZ_{BWK} [Mo] ergibt die Anzahl der erforderlichen Krane $ANZ_{K,EBL}$ in Abhängigkeit von der Einbauleistung. Glg. [2.4] zeigt die Berechnung.

$$ANZ_{K,EBL} = \frac{ANZ_{K,Mo}}{BZ_{BWK}} \quad [2.4]^{76}$$

*Hruschka*⁷⁷, *Seeling*⁷⁸ oder *Spranz*⁷⁹ geben unter anderem Kennwerte zur Ermittlung der Krananzahl hinsichtlich der Einbauleistung an. Tabelle 5 zeigt bezugnehmend auf die Verfasser eine Zusammenstellung.

Tabelle 5: Chronologische Entwicklung der Kennwerte zur Ermittlung der „Einbauleistung je Kran“

Quelle	Erscheinungsjahr	Baustoffumschlag [t/Kran,Mo]	Baustoffbedarf [t/m ³ ,BRI]
Hruschka	1971	664	0,40 - 0,50
Spranz	1976	1.000	0,38
Seeling	1979	306 – 510	0,36 – 0,66

⁷⁴ vgl. SEELING, R.: Die Kranbemessung im Hochbau unter besonderer Berücksichtigung des Warteschlangenansatzes, in: Baumaschine + Bautechnik, 03/1981, S. 119.

⁷⁵ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, S. 25.

⁷⁶ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, a.a.O.

⁷⁷ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel, in: Baumaschinen + Bautechnik, 01/1979, S. 21. in: HRUSCHKA, H.: Die Anwendung des Normproduktes in der Baubetriebsplanung, erläutert am Beispiel der Rohrbauarbeiten im Hochbau, Diss TU München 1969.

⁷⁸ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, S. 25.

⁷⁹ vgl. SPRANZ, D.: Kriterien bei der Auswahl von Turmdrehkränen, in: Baumaschine + Bautechnik, 03/1979, S. 116.

Hruschkas Angaben zum Baustoffumschlag gelten für die gesamte Vorhaltezeit, wobei der Beton bei seinen Analysen vollständig mit dem Kran eingebaut wird. In der Praxis kann man heutzutage davon ausgehen, dass die Verwendung von Betonpumpen zur Bauunterstützung üblich ist.

Ebenso *Seelings* Angaben geben den Baustoffumschlag für die gesamte Vorhaltezeit an, wobei sich der Baustoffumschlag während der Hauptbauzeit verdoppeln kann.

2.2.2 Kranbelegungswerte

Im Rahmen einer Studie aus dem Jahr 1980 von *Drees/Sommer/Eckert*⁸⁰ wird ein Dimensionierungsverfahren entwickelt, das den Verbrauch der Kranstunden im Verhältnis zur erstellten Bauleistung abbildet. Es ermöglicht die Ermittlung der Krananzahl über Kranbelegungswerte. In der Fachliteratur findet sich dieser Ablauf auch unter der Bezeichnung „Kranzeiten für die maßgebende Verrichtung“ wieder.

In Anlehnung an REFA erfolgt zur Analyse der Arbeitsvorgänge sowohl für den Turmdrehkran (vgl. Abbildung 12) als auch für den Mensch eine Zeitgliederung. Die Zeitgliederung des Menschen wird im Folgenden nicht ausführlicher behandelt, weil sie für diese Arbeit als nicht relevant eingestuft wird.

Die Zeitgliederung für Turmdrehkrane unterscheidet:

- t_{BH} : Hauptnutzzeit des Betriebsmittels
z.B. Transport von Beton, Stahl, Schalung usw.
- t_{BN} : Nebennutzzeit des Betriebsmittels
z.B. Entleeren oder Füllen des Kübels, Warten auf Abnahme der Last
- t_{BA} : Ablaufbedingte Unterbrechungszeit
z.B. Warten auf einen Arbeiter zum Füllen des Kübels
- t_{BZ} : Zusätzliche Nutzungszeit
Sie kann nicht im Vorhinein bestimmt werden.
z.B. Transport einer Person
- t_{BS} : Störungsbedingtes Unterbrechen der Nutzungszeit
z.B. Reparatur am Kran
- t_{BP} : Persönlich bedingte Unterbrechungszeit
z.B. Rauchen

⁸⁰ vgl. DREES, G.; SOMMER, H.; ECKERT, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 12/1980, S. 822ff.

- t_{BE} : Erholungszeit des Kranführers
 t_{BE} und t_{BP} können nicht getrennt betrachtet werden.
 Deshalb werden in der Zeitgliederung t_{BE} und t_{BP} unter der Zeitart t_{BP} zusammengefasst.
- t_{BR} : Rüstzeit des Betriebsmittels
 z.B. Einbau eines Turmschusses
- t_{BB} : Brachzeit
 Der Kran ist unbeansprucht, weil kein Transportbedarf besteht. Es handelt sich demnach um keine ablaufbedingte Unterbrechung.

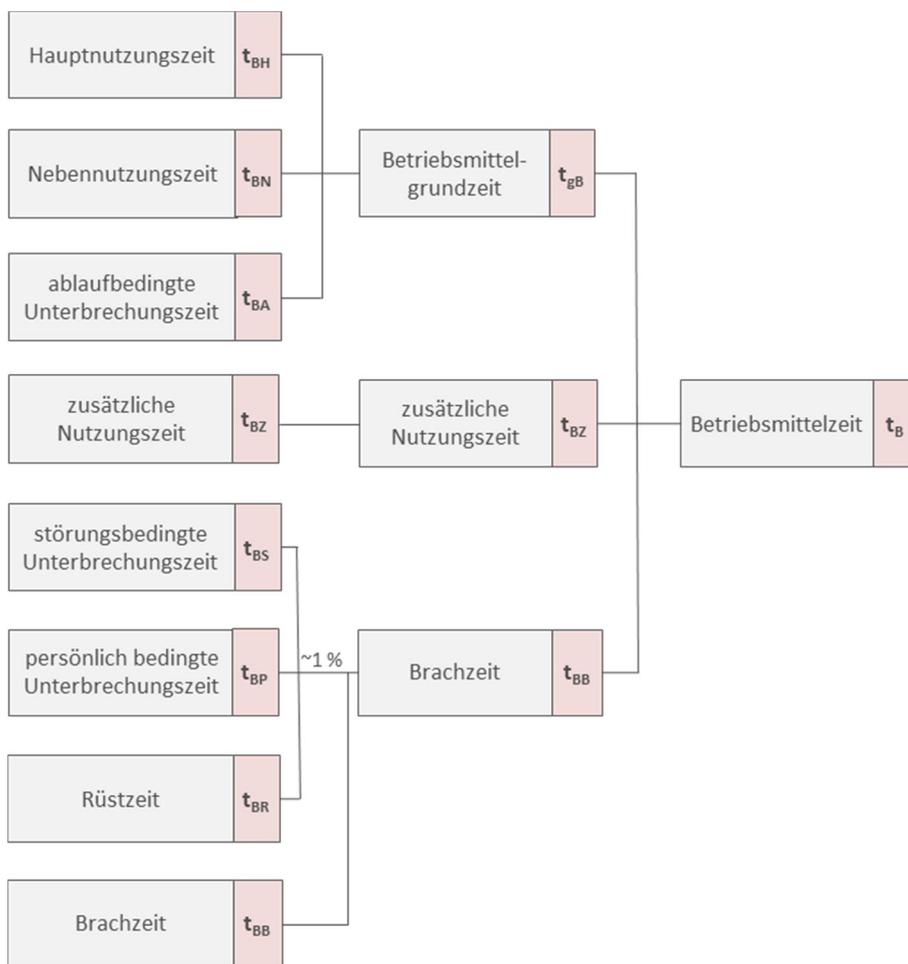


Abbildung 12: Zeitarten der Turmdrehkrane zur Ermittlung von Kranbelegungs-
 werten nach *Drees/Sommer/Eckert*⁸¹

⁸¹ DREES, G.; SOMMER, H.; ECKERT, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 12/1980, S. 831.

Die Betriebsmittelzeit t_B ergibt sich aus der Summe von Betriebsmittelgrundzeit, zusätzlicher Nutzungszeit und Brachzeit, wobei die zwei letzteren mittels Prozentzuschlag (vgl. Tabelle 7) berücksichtigt werden.

Durch Analysen von Baustellen und der Erfassung der Häufigkeit einer Zeitart kann der Anteil eines bestimmten Arbeitsvorganges an der Gesamtzeit ermittelt werden. Als Ergebnis der Zeitstudie werden Ober- und Untergrenzen für die Kranbelegungswerte W_k (vgl. Tabelle 6) festgelegt. Diese sind der Betriebsmittelgrundzeit t_{gB} gleichzusetzen und können zur Krankapazitätsplanung in der Arbeitsvorbereitung eingesetzt werden. Die Abweichung der einzelnen Kranbelegungswerte drückt den unterschiedlichen Schwierigkeitsgrad der Fertigung aus. Bei der Auswahl ist ein besonderes Augenmerk auf Arbeitsvorgänge, die den Bauprozess stark beeinflussen, zu legen.

Tabelle 6: Ober- und Untergrenzen von Kranbelegungswerten W_k (= Betriebsmittelgrundzeit t_{gB})⁸²

Vorgang	Untergrenze	Obergrenze
SCHALEN [h/m²]		
konv. Deckenschalung [1]	0,020	0,090
Deckentische	0,020	0,030
Stützen	0,020	0,045
Großflächen Wände	0,040	0,080
konv. Wandschalung [1]	0,020	0,045
Unterzüge auf Tischen	0,025	0,035
Unterzüge auf Böcken	0,030	0,040
Rippendecke	0,050	0,090
Fundamente	0,010	0,020
BEWEHRUNG [h/t]		
Matten	0,300	0,550
Rund-, Stabstahl	0,200	0,350
Bewehrung gesamt	0,240	0,400
MAUERWERK [h/m³]		
Tragende Wände	0,200	0,250
Fassadenmauerung und nichttragende Innenwände	0,170	0,210
FERTIGTEILE [h/Stk]		
Gitterträger-, Deckenplatten	0,145 (8 m ²)	0,165 (15 m ²)
Bimsbetonplatten	0,044 (4 m ²)	
Treppen	0,400	
Unterzüge	0,700 (25 t/Stk)	
Fassadenplatten	0,500 (bis 3 t/Stk)	
Stützen	0,900 (bis 17 t/Stk)	
T-Träger	0,600 (18 t/Stk)	
Rahmenträger	0,800 (26 t/Stk)	
BETONIEREN [h/m³]		
Decken	0,060	0,120
Fundamente	0,050	0,090
Wände	0,080	0,150
Stützen	0,120	0,260
[1] Schaltafeln und Schalungsträger		

⁸² DREES, G.; SOMMER, H.; ECKERT, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 12/1980, S. 832.

Die Streuung der Brachzeit t_{BB} und der zusätzliche Nutzeit t_{BZ} ist höher als die der Kranbelegungswerte W_k . Zur Berücksichtigung der unterschiedlichen Bauweisen dienen die Prozentsätze aus Tabelle 7.

Tabelle 7: Zuschläge für Brachzeit t_{BB} und zusätzliche Nutzeit t_{BZ} ⁸³

Bauweise	Anteil t_{BZ} [%]		Anteil t_{BB} [%]		Zuschlag [%] $\frac{t_{BZ} + t_{BB}}{t_{gB}}$
	von - bis	im Mittel	von - bis	im Mittel	
Mauerwerksbaustelle	o.A.	12	o.A.	10	28
Betonbaustelle (Ingenieurhochbau)	6,5 – 18	14,8	25,2 – 46,3	32,4	89,4
Fertigteilhaustelle	9,0 – 20,4	14,7	10,5 – 14,1	12,3	37

Der Brachzeitanteil ist ein ausschlaggebendes Kriterium für den wirtschaftlichen Einsatz der Krane. Aus diesem Grund spielt das Thema Brachzeitanteil eine nicht unwesentliche Rolle in der Literatur. Die Brachzeit t_{BB} des Turmdrehkranes und die Wartezeit des Personals sollten in einem günstigen Verhältnis zueinander stehen. Laut *Drees/Sommer/Eckert*⁸⁴ sollte der Brachzeitanteil t_{BB} bezogen auf die Betriebsmittelzeit einen Wert von 30 - 35 % nicht unterschreiten. Ein Überschreiten dieses Werts würde hingegen ein spürbares Ansteigen der Wartezeit der Arbeitskräfte mit sich führen.

Aufgrund der technischen Weiterentwicklung bei Kranen durch stufenlose Antriebe sowie einfacherer Bedienbarkeit sind die Richtwerte aus Tabelle 6 seit der Veröffentlichung aus dem Jahr 1980 gesunken.⁸⁵

Zur Ermittlung der Anzahl der Krane in Abhängigkeit von den Kranbelegungswerte $ANZ_{K,KBW}$ [-] erfolgt die Berechnung laut Glg. [2.5]. Der Zähler beinhaltet die Betriebsmittelzeit t_B [h]. Im Nenner wird die Dauer der Rohbauarbeiten D_{RB} [Mo] mit der Anzahl der Kranstunden je Kran und Monat $ANZ_{K,h,Mo}$ [h/Mo] multipliziert.

$$ANZ_{K,KBW} = \frac{t_B}{D_{RB} * ANZ_{K,h,Mo}} \quad [2.5]^{86}$$

⁸³ vgl. DREES, G.; SOMMER, H.; ECKERT, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 12/1980, S. 833.

⁸⁴ vgl. DREES, G.; SOMMER, H.; ECKERT, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 12/1980, a.a.O.

⁸⁵ vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S. 112.

⁸⁶ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 167.

Um die Kranbelegungswerte für einen Bauabschnitt oder kürzere Zeitbereiche anwenden zu können, kann die Einheit für die Dauer D_{RB} verändert werden.

2.2.3 Spielzeitberechnung

Zur Ermittlung der Krankapazität kann eine Spielzeitberechnung durchgeführt werden. Sie berücksichtigt sowohl die Betriebsgeschwindigkeiten des Baugerätes als auch die Transportentfernungen.

Für die Berechnung der Kranspielzeit wurden einige Modelle entwickelt, in etwa von *Burkhardt*, *Kranz*, *Meyran* oder *Warszawski*. In dieser Arbeit wird der Ansatz nach *Meyran* vorgestellt, weil er in der Baupraxis häufig zum Einsatz kommt und eine vereinfachte Betrachtung darstellt.

Generell sollte der Nachweis der erforderlichen Kranleistung nicht allein durch die Spielzeitberechnung erbracht werden, sondern unter Berücksichtigung von ablaufbedingten Warte- und Leerzeiten.

*Meyran*⁸⁷ beschreibt ein Kranspiel mit Hilfe von Teilbewegungen, die räumlich und zeitlich unterschiedlich überlappt werden können. Er unterscheidet zwischen vertikalen (Heben und Senken) und horizontalen Bewegungen (Katzfahren, Kranfahren, Schwenken, Wippen). Geübte Kranfahrer steuern mehrere Aktivitäten gleichzeitig, daher kommt es zu einer zeitlichen Überlappung. Tendenziell beginnt der Kranfahrer das Kranspiel mit dem Heben der Last, um anschließend die horizontalen Bewegungen störungsfrei durchführen zu können.

Für die Berechnung des Kranspiels sind folgende Angaben erforderlich:

- Leistungsdaten des Kranes
 - Geschwindigkeiten für Heben und Senken (v_h , v_s)
 - Weg-Zeitkurve für horizontale Geschwindigkeiten (vgl. Abbildung 13)
- Geometrie
 - Abstände und Höhenunterschiede zwischen Start- und Zielpunkt (vgl. Abbildung 14)
- Humanfaktor η_{h3} und Beschleunigungsfaktor η_5

Abbildung 13 zeigt ein Nomogramm, das die Dimensionen Höhe [m], Länge [m] und Zeit [s] in Abhängigkeit voneinander abbildet. Dieses von *Meyran* entwickelte Weg-Zeit Diagramm setzt eine sinnvolle Aufstellung des Krans bereits voraus.

⁸⁷ vgl. MEYRAN, G.: Berechnung der Kranspielzeiten von Turmdrehkränen, in: fördern und heben, Nr.17/1973, S. 943ff.

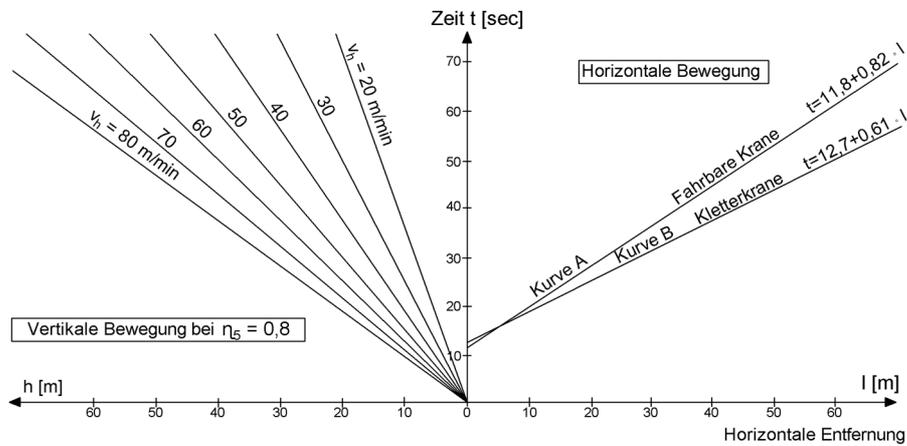


Abbildung 13: Nomogramm zur Spielzeitberechnung nach Meyran

Die erforderliche Teilzeit für horizontale Bewegungen wird über die Entfernung und unter Differenzierung zwischen fahrbaren Kranen und Kletterkränen (stationäre Geräte) ermittelt. Die Weg-Zeit-Kurve wird durch die Gleichung $a + b \cdot l$ beschrieben.

Die linke Diagrammhälfte liefert in Abhängigkeit von der Höhe und der Geschwindigkeit des Hebens und Senkens die erforderliche Teilzeit für vertikale Bewegungen. Das Diagramm berücksichtigt für das Beschleunigen und Abbremsen des vertikalen Bewegungsvorganges einen Beiwert von $\eta_5 = 0,8$.

Analog zum Nomogramm zeigt Abbildung 14 den Grund- und Aufriss eines Bauwerkes der Höhe h mit den für die Spielzeitberechnung relevanten Abständen. Die horizontale Distanz l zwischen dem Start- und dem Endpunkt wird an der Bauwerkskante in die Längen l_1 und l_2 unterteilt. Für die Höhe H ist zusätzlich die Sicherheitshöhe h_s zu berücksichtigen, mit der das Gebäude überschwenkt werden muss.

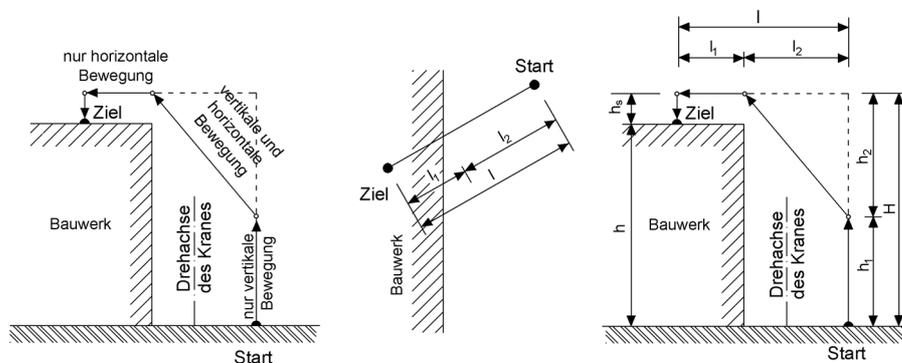


Abbildung 14: Übersicht Spielzeitberechnung nach Meyran (links: Aufriss, Mitte: Grundriss, rechts: Aufriss)

Unter der Bedingung, dass die Dauer für die Bewegungen h_2 und l_2 gleich und die Überlappungszeiten zwischen den horizontalen und vertikalen Bewegungen identisch sind ergibt sich die Formel nach Glg. [2.6].

$$t = t(H) + t(l_1) + t(h_s) \quad [2.6]^{88}$$

$$t = t(h_1) + t(l) + t(h_s)$$

Die kleine Teilzeit von $t(l_1)$ kann aufgrund des beträchtlichen Achsenabstandes a verfälscht auftreten, weshalb anstelle von $t(l_1) = t(l) - t(l_2)$ eingesetzt wird. Daraus ergibt sich Glg. [2.7].

$$t = t(H) + \{t(l) - t(l_2)\} + t(h_s) \quad [2.7]$$

Ersetzt man die Zeiten $t()$ aus der Glg. [2.7] mit

$$t(H) = \frac{H}{v_h * \eta_5} \quad \text{bzw.} \quad t(h_1) = \frac{h_1}{v_h * \eta_5} \quad [2.8]$$

$$t(h_s) = \frac{h_s}{v_s * \eta_5}$$

$$t(l_1) = a + b * l_1 \quad \text{bzw.} \quad t(l) = a + b * l$$

ergibt sich die Gesamtspielzeit t nach Glg. [2.9].

$$t = \frac{H}{v_h * \eta_5} + \{(a + b * l) - (a + b * l_2)\} + \frac{h_s}{v_s * \eta_5} \quad [2.9]$$

$$t = \frac{H}{v_h * \eta_5} + b * (l - l_2) + \frac{h_s}{v_s * \eta_5}$$

Darüber hinaus unterscheidet *Meyran* zwischen zwei Normfällen:

- Fall 1: $h_2 < H$

Während der Teilzeit $t(l_2)$ kann das Transportgut nicht auf die volle Höhe H gehoben werden, weshalb die Last vor Beginn der Horizontalbewegung auf die Höhe h_1 anzuheben ist.

Es gilt die Formel:

$$t = t(H) + \{t(l) - t(l_2)\} + t(h_s)$$

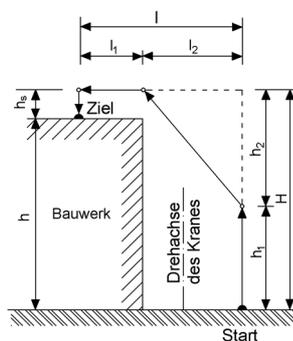


Abbildung 15: Spielzeiberechnung nach Meyran - Fall 1: $h_2 < H$

⁸⁸ MEYRAN, G.: Berechnung der Kranspielzeiten von Turmdrehkränen, in: fördern und heben, 17/1973, S. 945.

- Fall 2: $h_2 > H$

Während der Teilzeit $t(l_2)$ kann das Transportgut auf die volle Höhe H gehoben werden. Zu berücksichtigen ist aber die Sicherheitshöhe h_s , bevor eine Horizontalbewegung ausgeführt werden kann.

Es gilt die Formel:

$$t = t(h_s^*) + t(l) + t(h_s)$$

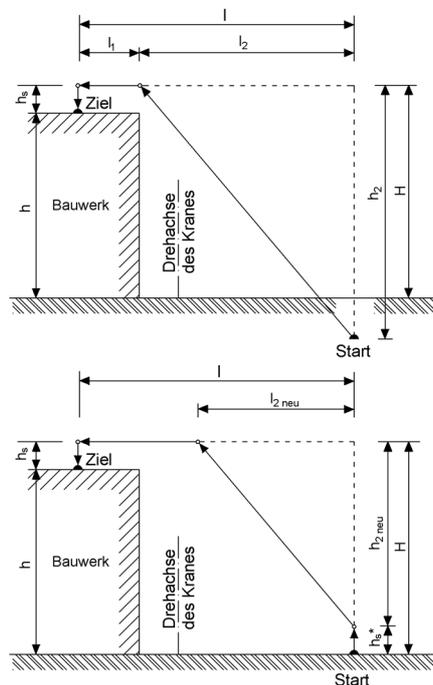


Abbildung 16: Spielzeiberechnung nach Meyran - Fall 2: $h_2 > H$

Für eine vollständige Berechnung muss die Zeit für den Hin- und Rückweg berücksichtigt werden.

Bei der Ermittlung der Kranspielzeiten ist es von Bedeutung, welches Kranspiel als maßgebend angesehen wird. Laut *Seeling*⁸⁹ nimmt die Anzahl der Spiele pro Stunde mit der Gebäudehöhe ab, während sich die Transportentfernungen steigern. Statt einer Spielzeitberechnung zum Fertigungsschwerpunkt führt eine Betrachtung zwischen mehreren repräsentativen Spielen zu einer zuverlässigeren Aussage.

Das Gesamtspiel S [min] ergibt sich aus der konstanten Spielzeit t_{fix} [min] und der Spielzeit t_i [min] für Hin- und Rückweg. t_{fix} beinhaltet Zeiten für Be- und Entladen oder An- und Abschlagen (vgl. Tabelle 8). Glg. [2.10] zeigt den Berechnungsschritt.

$$S = t_{fix} + \sum_i t_i \quad [2.10]^{90}$$

⁸⁹ vgl. SEELING, R.: Die Kranbemessung im Hochbau unter besonderer Berücksichtigung des Warteschlangeansatzes, in: Baumaschine + Bautechnik, 03/1981, S. 119.

⁹⁰ SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, S. 26.

Tabelle 8: Fixanteile der Spielzeit⁹¹

Tätigkeit	Fixanteil der Spielzeit t_{fix} [s]
Anschlagen der Last bzw. Füllen des Betonkübels	30 - 180
Entleeren des Kübels bzw. Abhängen der Last	30 - 300

Der Fixanteil der Spielzeit ergibt sich beim Entleeren des Betonkübels aus der einzuhaltenen maximalen Steiggeschwindigkeit aufgrund des Frischbetondrucks. Speziell bei schlanken Bauteilen, wie in etwa bei Stützen führt das Betonieren zu einem hohen Fixanteil der Spielzeit.⁹²

Die mögliche Dauerleistung N [ME/h) errechnet sich nach Glg.[2.11]. Im Zähler wird A [ME/Spiel] mit der Zeitumrechnungskonstante 60 [-] und dem Abminderungsfaktor z [-] multipliziert. z nimmt Werte zwischen 0,51 bis 0,83 an. Genauere Angaben für den Abminderungsfaktor werden in der Arbeit nach *Seeling*⁹³ nicht genannt. Die Mengeneinheit wird je nach Transportgut in t, m³ oder Stk eingesetzt. Im Nenner steht das Spiel S [min].

$$N = \frac{A * 60 * z}{S} \quad [2.11]^{94}$$

2.2.4 Warteschlangenmodell

Im folgenden Kapitel wird das Warteschlangenmodell nach *Blecken*⁹⁵ vorgestellt.

Das Warteschlangenmodell beruht auf der Theorie, dass ein System mit voneinander abhängigen zufallsbedingten Prozessen mathematisch dargestellt werden kann.

Das zeitliche Eintreffen der Anfrage einer Arbeitsgruppe an einem Turmdrehkran ist nicht vorhersehbar, jedoch entstehen über einen längeren Zeitraum Gesetzmäßigkeiten. Mit der Warteschlangentheorie wird versucht, diese Situation möglichst genau abzubilden und somit eine Optimierung von Leer- und Wartezeiten zu erreichen. Ziel ist es,

⁹¹ HÜSTER, F.: Leistungsberechnung der Baumaschinen, S. 125.

⁹² vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 319.

⁹³ vgl. SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, S. 26.

⁹⁴ SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979, a.a.O.

⁹⁵ vgl. BLECKEN, U.: Der Hochbaukran, in: der baubetriebsberater, 07-08/1971, S. 52ff.

das Modell Mensch – Maschine darzustellen, um in weiterer Folge das Optimum zwischen den Kran- und Personalkosten zu eruieren.

Zur Beschreibung von Warteschlangen kann das Bediensystem, das die Komponenten Ankunftsstrom, Warteraum, Bedienstelle und Abgangsstrom beinhaltet, herangezogen werden (vgl. Abbildung 17).⁹⁶

Eine Arbeitsgruppe (AG) stellt eine Anforderung (z.B. Bewehrungsmatten von Lagerplatz zu Einbaustelle transportieren) an die Bedienstelle (Kran) und betritt damit das Bediensystem. Ist die Bedienstelle belegt muss sich die Arbeitsgruppe im Warteraum in die Warteschlange der bereits vorhandenen Arbeitsgruppen anreihen. Nachdem die Anforderung von einer Bedienstelle abgearbeitet wurde verlassen die Arbeitsgruppe als Abgangsstrom wieder das Bediensystem und üben keinen Einfluss mehr auf dieses aus.

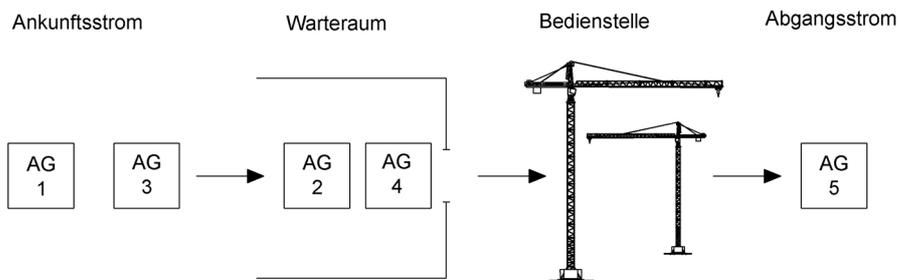


Abbildung 17: Das Bediensystem zur Beschreibung des Warteschlangenmodells

Der Ankunftsstrom wird durch die Ankunftsrate beschrieben. Die Ankunftsrate ist die mittlere Anzahl von Ankünften pro Zeiteinheit. Die Ankunft der Arbeitsgruppen in ein Bediensystem ist zufällig und daher schwierig zu messen. Die Verteilungsfunktion muss demnach empirisch ermittelt werden. Einflussfaktoren auf die Ankunftsrate sind Arbeitsarten (Schalen, Bewehren, Maurerarbeiten), Arbeitsverfahren (Schalungstyp), Gruppengröße und Randleistungen.

Im Warteraum wird die Warteschlange gebildet. Sie kann nicht länger werden, als die Anzahl der Arbeitsgruppen im System. Sind zu wenig Bedienstellen vorhanden, ist die Beanspruchung und demnach die Wartezeit für eine Anforderung groß. Zu niedrige Beanspruchung führt zu Leerzeiten der Bedienstellen.

Die Bedienstelle ist als Engpassstelle im System zu betrachten. Der Wirkungsbereich eines Kranes wird durch seine überstreichende Fläche beschrieben. Krane, deren Arbeitsbereiche sich überlappen, werden im

⁹⁶ vgl. ARENS, A.; AUGÉ, B.: Warteschlangentheorie, http://www.rz.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaavhwr, Datum des Zugriffs 08.02.2012 16:00.

Zuge der Warteschlangentheorie als Parallelstationen bezeichnet. Anforderungen der Arbeitsgruppen können demnach von dem einen oder dem anderen Kran ausgeführt werden. Die maximal mögliche Anzahl der parallel arbeitenden Krane beträgt zwei.

Die Bedienstellen werden über die Bedienrate (Abfertigungsrate) definiert. Die Bedienrate gibt an, wie viele Arbeitsgruppen pro Zeiteinheit von der Bedienstelle bedient werden können. Zur Ermittlung der Bedienrate kann die Verteilungsfunktion der Spielzeiten herangezogen werden. Die Bedienrate ist abhängig vom Krantyp, der Last und der Art des Transports.

Zusätzlich gelten für die Bedienstellen Prioritätsregeln. Sie legen fest in welcher Reihenfolge die Arbeitsgruppen in der Warteschlange bedient werden müssen. Bei der Bedienregel „first in – first out“ gilt die Abfolge des Eintretens in der Warteschlange als Grundlage für die Versorgung.

Bei Engpässen sollten Leittätigkeiten, die den baubetrieblichen Fortschritt maßgebend beeinflussen, bevorzugt behandelt werden.⁹⁷

Um eine unüberschaubare Anzahl von Modellansätzen der Warteschlangentheorie ausschließen zu können, müssen für die Anwendung auf Kranen die spezifischen Merkmale berücksichtigt werden.

2.2.5 Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche

Die Größe des Baufeldes und die Geometrie des Bauvorhabens sind Parameter, die als Grenzen für die Anzahl der Krane bestimmend sein können.

Speziell bei beengten Platzverhältnissen ist der Arbeitsradius oder die Stellfläche von Kranen am Baufeld beschränkt und bedarf spezieller Berücksichtigung bei der Planung.⁹⁸

*Hofstadler*⁹⁹ sieht als Möglichkeit die Bestimmung der Krananzahl über die Grundrissfläche des Bauwerks und dem Kranradius vor. Die stationäre Aufstellungsposition eines Kranes kann innerhalb oder außerhalb der Bauwerksgrenzen liegen (vgl. Kapitel 4.2). Krane die innerhalb des Bauwerk positioniert sind, können mit ihrem Schwenkradius bis zu 100 % des Bauwerks überstreichen. Bei außerhalb platzierten Geräten wird nur ein Teil des Gebäudes überstrichen.

⁹⁷ vgl. SPRANZ, D.: Kriterien bei der Auswahl von Turmdrehkränen, in Baumaschine + Bautechnik, 03/1976, S. 116.

⁹⁸ vgl. MEISTER, H.R.: Anforderungen und Nutzen der Arbeitsvorbereitung bei beengten Platzverhältnissen im Hochbau, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium – Arbeitsvorbereitung für Bauprojekte, S. 74ff.

⁹⁹ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 174ff.

Bei innerhalb des Bauwerks platzierten Kranen, die einen Wirkungsbereich von über 50 % aufweisen, reduziert sich die benötigte Krananzahl. Der Materialfluss über Umschlagplätze sollte dabei sichergestellt sein. Das Zureichen von Fördergut durch andere Krane kann sowohl die eigene als auch die Leistungsfähigkeit der Bedienstelle negativ beeinflussen.

Die Anzahl der Krane bezogen auf die Grundrissfläche des Bauwerks $ANZ_{K,GEO}$ [-] wird nach Glg. [2.12] berechnet. Im Zähler wird der Faktor f [-] mit der Grundrissfläche des Bauwerks GF_{BWK} [m²] multipliziert. Der Faktor f ist ein Maß für die ‚Krandichte‘ und bezieht sich auf die Grundrissfläche des Bauwerks. Der Wert bewegt sich zwischen 1,5 (ca. 50 % der Krane sind innerhalb der Grundrissfläche) für eine geringere und 2,5 für eine größere ‚Krandichte‘. Im Nenner wird der mittlere Kranradius r_{Kran} [m] in die Gleichung eingesetzt.

$$ANZ_{K,GEO} = \frac{f_{Kran} * GF_{BWK}}{r_{Kran}^2 * \pi} \quad [2.12]^{100}$$

Abbildung 18 zeigt beispielhaft den Grundriss eines Bauwerks mit zwei stationär arbeitenden Kranen.

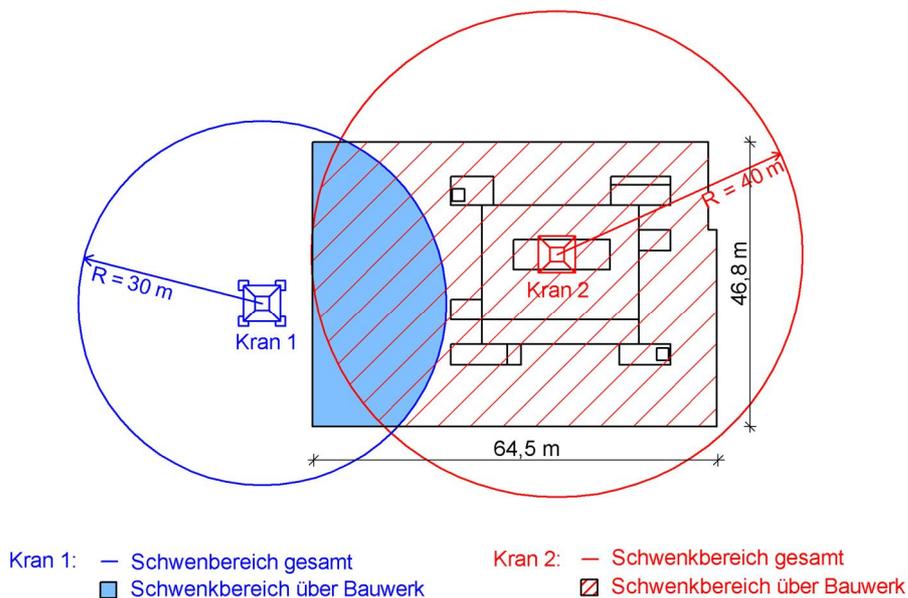


Abbildung 18: Schwenkbereich von einem innen- und außen platzierten stationären Kran zur Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche

¹⁰⁰ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 174.

Das Bauwerk hat eine Grundrissfläche von etwa 3.000 m². Der Innenhof und sonstige Aussparungen werden von der Fläche nicht abgezogen, da sie vom Kran ebenso überschwenkt werden müssen. Der mittlere Kranradius beträgt $r_{\text{Kran}} = 35\text{m}$. Anhand der Pläne werden die Aufstellpositionen innerhalb und außerhalb des Gebäudes berücksichtigt, wodurch sich für den Faktor f_{Kran} ein gewählter Wert von 2,0 ergibt.

$$ANZ_{K,GEO} = \frac{2,0 * 3000}{35^2 * \pi} = 1,6 \text{ Krane}$$

2.3 Zusammenfassung

Zur Ermittlung der Krananzahl steht eine Vielzahl an Methoden zur Verfügung, von denen sieben in dieser Arbeit vorgestellt werden. Jede Methode zur Bestimmung der Krananzahl berücksichtigt verschiedene Einflussfaktoren um zu einem Ergebnis zu gelangen. Je nach Art und Anzahl der Einflussfaktoren ist der Berechnungsaufwand unterschiedlich hoch und liefert ein mehr oder weniger genaues Resultat.

Allen Methoden gemeinsam ist, dass sie nur eingeschränkt an die ständig veränderten Arbeitsbedingungen angepasst werden können. Darüber hinaus obliegt die Verantwortung über Korrektheit des Ergebnisses dem Anwender, indem er die Einflüsse richtig einschätzt und Randbedingungen ausreichend berücksichtigt.

Um eine Zuordnung der Einflussfaktoren zu den Methoden zur Bestimmung der Krananzahl durchführen zu können werden diese in sechs Hauptfaktoren gruppiert. Der Inhalt der Faktoren wird folgend beschrieben:

- Bauverfahren
 - Betoneinbau (Pumpe, Kran, Bauteil)
 - Ortbetonanteil
 - Bauweise (Mauerwerksbau, Betonbau, Fertigteilbau, Montagebaustellen)
 - Kranabhängigkeit
 - Tätigkeiten (Schalen, Bewehren usw.)
- Bauwerk
 - BRI
 - Geometrie (Aufriss- und Grundrissgestaltung)
 - Baustoff, Baustoffbedarf
- Bauzeit (direkter und indirekter Einfluss)

- Anzahl der Kranstunden je Monat
- Kranmonate
- Dauer der Rohbauarbeiten
- Anzahl der Arbeitskräfte
- Gerät
 - Auslegerlänge
 - Bewegungsgeschwindigkeiten
- Kranstandort
 - Krandichte (innerhalb, außerhalb des Gebäudes)
 - geometrische Entfernungen
- Mensch
 - Arbeiter
 - Arbeitsgruppe
 - Kranführer
 - Wartezeit des Personals

Ob und wie intensiv die Hauptfaktoren von den Methoden zur Ermittlung der Krananzahl berücksichtigt werden, veranschaulicht Tabelle 9. Zusätzlich erfolgt eine Beurteilung des Anwendungsaufwandes der verschiedenen Methoden.

Bei der Kennzahlenmethode „Arbeiter je Kran“ sind die Einflussfaktoren von der angewendeten Literaturquelle abhängig. Einige Quellen berücksichtigen das Bauverfahren, indem zwischen Einbau des Betons oder den Baustellenrandbedingungen unterschieden wird. Die Bauzeit wird indirekt berücksichtigt, da die Anzahl der Arbeiter auf Basis der Bauzeit ermittelt wird.

Ebenso bei der Kennzahl „BRI je Kran“ wird von einigen Autoren hinsichtlich der Bauweise, des Bauverfahrens und der Bauzeit unterschieden.

Die Verfasser der Literatur zur Kennzahl „Einbauleistung je Kran“ unterscheiden zwischen den Einbaumengen in den unterschiedlichen Bauphasen.

Die Methode der Krananzahl über Kranbelegungswerte berücksichtigt am besten das Bauverfahren, weil eine relativ genaue Zuordnung zu den Tätigkeiten erfolgen kann. Dazu ist die Kenntnis über die Einbaustoffe erforderlich. Weiters wird die unterschiedliche Baustellenart mit Hilfe des Brachanteils berücksichtigt.

Die Spielzeitberechnung veranschaulicht den Einfluss des Kranstandortes, weil die Berechnung anhand von geometrischen Größen erfolgt. Damit wird auch das Bauwerk abgebildet, weil ebenso die Abmessungen des Gebäudes Einfluss nehmen. Um die Wegzeiten berechnen zu können, wird unter anderem auch die Leistungsfähigkeit des Gerätes und dessen Bedieners berücksichtigt.

Das Warteschlangenmodell kann über den Einfluss von Wahrscheinlichkeitsrechnung und Verteilungsfunktionen eine große Anzahl an Einflussfaktoren berücksichtigen, wobei der Berechnungsaufwand mit der Anzahl der Einflussfaktoren exponentiell ansteigt. Der Einfluss des Kranstandortes fließt indirekt über die Verteilung der Spielzeit in die Methode ein.

Die Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche stellt über geometrische Abhängigkeiten die Abdeckung des Bauwerks sicher. Dafür werden sowohl die Abmessungen des Bauwerks als auch die Auslegerlänge des Kranes und dessen überschlägiger Standort benötigt.

Tabelle 9: Berücksichtigung der Einflussfaktoren in die Methoden zur Bestimmung der Krananzahl

	Bauverfahren	Bauwerk	Bauzeit	Gerät	Kranstandort	Mensch	Anwendungsaufwand
Kennzahlenmethode "Arbeiter je Kran"	o	-	o	-	-	+	-
Kennzahlenmethode "BRI je Kran"	o	+	+	-	-	-	-
Kennzahlenmethode "Einbauleistung je Kran"	-	+	+	-	-	-	-
Kranbelegungswert	+	o	+	-	-	o	o
Spielzeitberechnung	-	+	o	o	+	o	o
Warteschlangenmodell	o	o	o	o	o	+	+
Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche	-	o	-	o	o	-	-

(+) hoch (o) mäßig (-) niedrig

3 Die Wahl des Kranstandortes in den Projektphasen

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Rolle der Kranstandortwahl in den Projektphasen. Zur Veranschaulichung der Projektphasen wird eine Darstellung nach *Hofstadler* gezeigt, die zusätzlich die Einwirkung der Arbeitsvorbereitung auf das gesamte Bauprojekt berücksichtigt. Den Projektphasen werden einerseits die Methoden zur Ermittlung der Krananzahl zugeordnet und andererseits auf die Intensität der Kranstandortwahl hingewiesen. Weiters wird ein Schema der Bauablaufplanung nach *Bauer* vorgestellt. Diese ordnet den Zeitpunkt der Baustelleneinrichtungsplanung, unter die auch die Kranplanung zählt, in den Ablauf ein.

3.1 Die Projektphasen

*Hofstadler*¹⁰¹ zeigt in seiner Darstellung (vgl. Abbildung 19) sowohl die Projektphasen, als auch die Rolle der Arbeitsvorbereitung unter den Einflüssen von Marktsituation, Strategie, Bauvertrag und Wirtschaftslage. In Anhängigkeit der Projektphasen Planung, Ausschreibung, Angebotsbearbeitung, Zuschlag, Arbeitsvorbereitung und Bauausführung wird die Intensität der Arbeitsvorbereitung durch Zuhilfenahme einer Punktebewertung dargestellt, wobei der gleichnamigen Phase die höchste Intensität zukommt. Die Planungsinstrumente innerhalb der Arbeitsvorbereitung sind Verfahrensvergleich, Baustelleneinrichtung, Bauablaufplanung, Baulogistik, Arbeitskalkulation und der Soll-Ist Vergleich. Sie sind stets als vernetzte Vorgänge zu betrachten. Die Arbeitsvorbereitung ist als dynamischer Prozess zu verstehen und erfordert eine ständige Anpassung an die Bauwerks-, Betriebs-, Baustellen- und Bauverfahrensbedingungen. Den Projektphasen werden die Sphären des AG, Bieters oder AN zugeordnet. Umrahmt werden sowohl die Projektphasen, als auch die Planungsinstrumente der Arbeitsvorbereitung von den dispositiven Produktionsfaktoren Organisation, Koordination, Dokumentation und Kommunikation (vgl. Kapitel 5.1). Die Soll-Planungsmaßnahmen sind den neuen Ist-Situationen gegenüberzustellen, um so Abweichungen feststellen und mit Gegensteuerungsmaßnahmen handeln zu können.

¹⁰¹ vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 147ff.

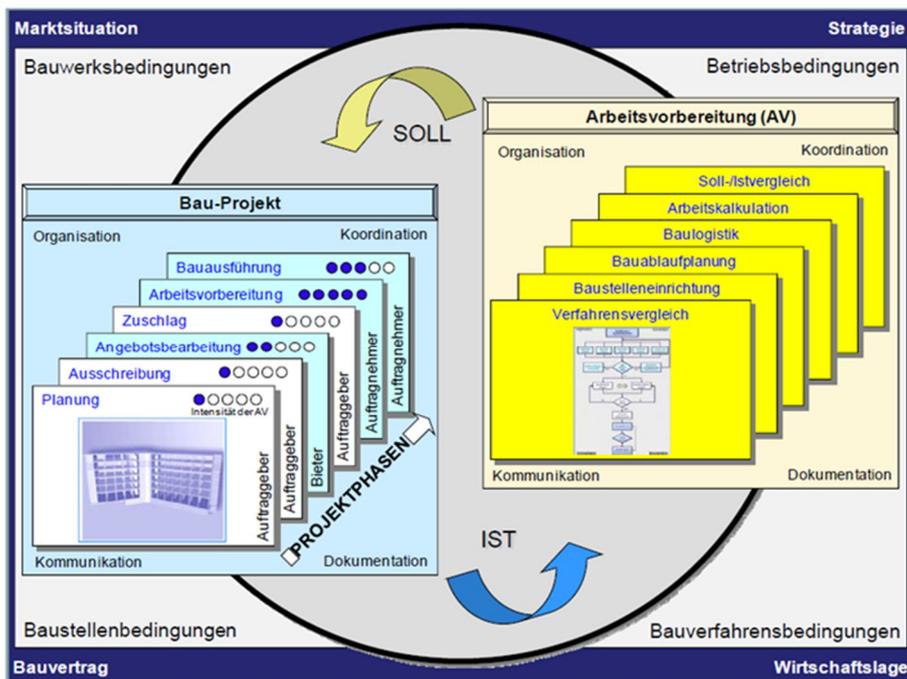


Abbildung 19: Die Rolle der Arbeitsvorbereitung im Rahmen eines Projektes¹⁰²

3.1.1 Projektphase Planung

Die Projektphase Planung wird hauptsächlich vom AG durchgeführt und beinhaltet zusätzlich zur Grundlagenermittlung auch den Vorentwurf, den Entwurf und die generelle Planung der Konstruktion für ein Bauvorhaben. Hier wird der Grundstein für die Grund- und Aufrissgestaltung gelegt.

3.1.2 Projektphase Ausschreibung

Unter der Projektphase Ausschreibung versteht man das Ausarbeiten der Gliederung und Baubeschreibung der Bauleistung, der Mengenermittlung, das Festlegen der besonderen technischen Vorschriften und aller weiteren, zusätzlichen und besonderen Vertragsbedingungen. Der Umfang der Angaben einer Ausschreibung hängt von der rechtlichen Stellung (z.B. privater AG, öffentlicher Bauherr) und von der Art des Projektes (z.B. Hochbau, Tunnelbau, Brückenbau) ab.¹⁰³

¹⁰² HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 152.

¹⁰³ vgl. HOFSTADLER, C.: Baubetriebliche Angaben in der Ausschreibung, in: bau.zeitung, 49-50/07, S. 17.

Liegen das BVergG¹⁰⁴ (öffentlicher AG) oder die ÖNORM A 2050¹⁰⁵ (privater Bauherr) als Vertragsgrundlage vor, sind alle örtlichen und zeitlichen Umstände der Leistungserbringung in der Ausschreibung anzuführen, zu dem auch die Einflüsse auf die Baustelleneinrichtung und in weiterer Folge auf die Krane zählen.

Die Bauzeit (Baubeginn, Zwischentermine und Endtermin), als zeitlicher Umstand der Leistungserbringung wird im Regelfall vom AG festgelegt. Dadurch werden die Überlegungen zur Realisierbarkeit eines Bauprojektes zum Aufgabenbereich vom AG.

Unter anderem hängt die Produktivität in der Erbringung der Bauleistung wesentlich von dem geplanten Ausführungszeitraum ab. Zu kurze Bauzeiten können den produktiven Maximaleinsatz von Geräten oder Arbeitskräften überschreiten und in weiterer Folge zu Produktivitätsverlusten führen.¹⁰⁶

„Ein Bauherr, der Termine vorgibt, soll die Termine derart wählen, dass das vereinbarte Bauwerk mit einer üblichen durchschnittlichen Leistung (z.B. in Bezug auf den zur Verfügung stehenden Arbeitsraum, Anzahl der einsetzbaren Engpassgeräte) zu erbringen ist.“¹⁰⁷

Für die Festlegung von realisierbaren Ausführungsfristen wird von Spranz¹⁰⁸ die Anwendung der Kennzahlenmethode „BRI je Kran“ als sinnvoll erachtet. Derartige Überlegungen können bereits zu Hebezeuganordnungen beitragen. Ausführenden Unternehmen wird wegen der großen Schwankungsbreite generell von der Anwendung dieser Kennzahl abgeraten.

Lilienthal¹⁰⁹ stellt fest, dass bereits in der Ausschreibungsphase für die Kalkulationsgrundlagen Auskünfte über Bodenbeschaffenheit und vorbereitende Kranstandortmaßnahmen eingeholt werden sollten.

3.1.3 Projektphase Angebotsbearbeitung

Um den vertraglichen Vorgaben zu entsprechen, ist eine Planung des Geräteeinsatzes zum Zeitpunkt der Angebotsbearbeitung erforderlich.

¹⁰⁴ vgl. BVergG: Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen 2006, Fassung vom 13.04.2012.

¹⁰⁵ vgl. ÖNORM A 2050, Fassung vom 01.11.2006: Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag.

¹⁰⁶ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauzeit und Baukosten für Stahlbetonarbeiten – Berechnungsmethoden und Anwendung, in: Beton- und Stahlbetonbau, 104/2009, S. 268.

¹⁰⁷ HOFSTADLER, C.: Baubetriebliche Angaben in der Ausschreibung, in: bau.zeitung, 49-50/07, S. 17.

¹⁰⁸ vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau; S. 110.

¹⁰⁹ vgl. LILIENTHAL, L.: Projektierung von Kraneinsätzen, in: Tiefbau 5/2000, S. 282.

Abhängig von der Art des Vergabeverfahrens, der Informationsbereitstellung seitens des AG und der Dringlichkeit hat der Bieter einen begrenzten Zeitraum um sein Angebot abzugeben.

In der Angebotsbearbeitung wird vom Bieter eine generelle Arbeitsvorbereitung durchgeführt, die nach Auftragserteilung in eine ausführliche Arbeitsvorbereitung (vgl. Kapitel 3.1.5) überfließt. Demnach sind in der Angebotsbearbeitung also die Planung und somit auch die Arbeitsvorbereitung noch nicht abgeschlossen.¹¹⁰

„Für eine Angebotskalkulation werden Bauablauf und Baustelleneinrichtung häufig nur grob geplant, da offen ist, ob die Unternehmung den Auftrag erhält. Allerdings müssen auch derartige Pläne alle wesentlichen Vorgänge enthalten und in sich schlüssig sein.“¹¹¹

Eine unvollständige Arbeitsvorbereitung wirkt sich negativ auf diese Phase aus und beruht hauptsächlich auf den Einflüssen aus Budget, begrenzter Bearbeitungszeit oder Ressourcen.¹¹²

Als Ausgangsdaten für die Planung und die Kalkulation eines Angebots dienen dem Bieter die Ausschreibungsunterlagen. Sie beinhalten:¹¹³

- Ausführungs- und Bauwerkspläne
- Leistungsverzeichnis
- Vertragsbedingungen

Damit liegen sämtliche Informationen über Bauwerk, Bauzeit, Standort- oder Randbedingungen vor, um im Rahmen der Bauablaufplanung den Kranstandort wählen zu können. Zusätzlich kann eine Begehung des Baugeländes während der Angebotsbearbeitung offene Fragen klären.

*Bauer*¹¹⁴ beschreibt die Bauablaufplanung und ihre komplexen Zusammenhänge für die Abwicklung einer Bauaufgabe im Zuge eines in mehreren Schritten gegliederten Modells (vgl. Abbildung 20). Im Speziellen wird auch auf den Zeitpunkt für die Festlegung der Baustelleneinrichtungselemente, zu denen auch der Kran zählt, hingewiesen.

Bei der Bauablaufplanung handelt es sich um einen iterativen Prozess bei dem die Schritte mehrmals durchlaufen werden müssen, um ein optimales Planungsergebnis zu erzielen.

¹¹⁰ vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 152.

¹¹¹ BAUER, H. Baubetrieb, S. 538.

¹¹² vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, a.a.O.

¹¹³ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, S. 533ff.

¹¹⁴ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, a.a.O.

Die Planung des Bauablaufs ist im Speziellen die Aufgabe der ausführenden Firma und sollte dabei immer vom ‚Groben‘ ins ‚Detail‘ erfolgen. Ein einseitiges Fokussieren sollte vermieden werden, weil der Gesamtzusammenhang verloren gehen kann.¹¹⁵

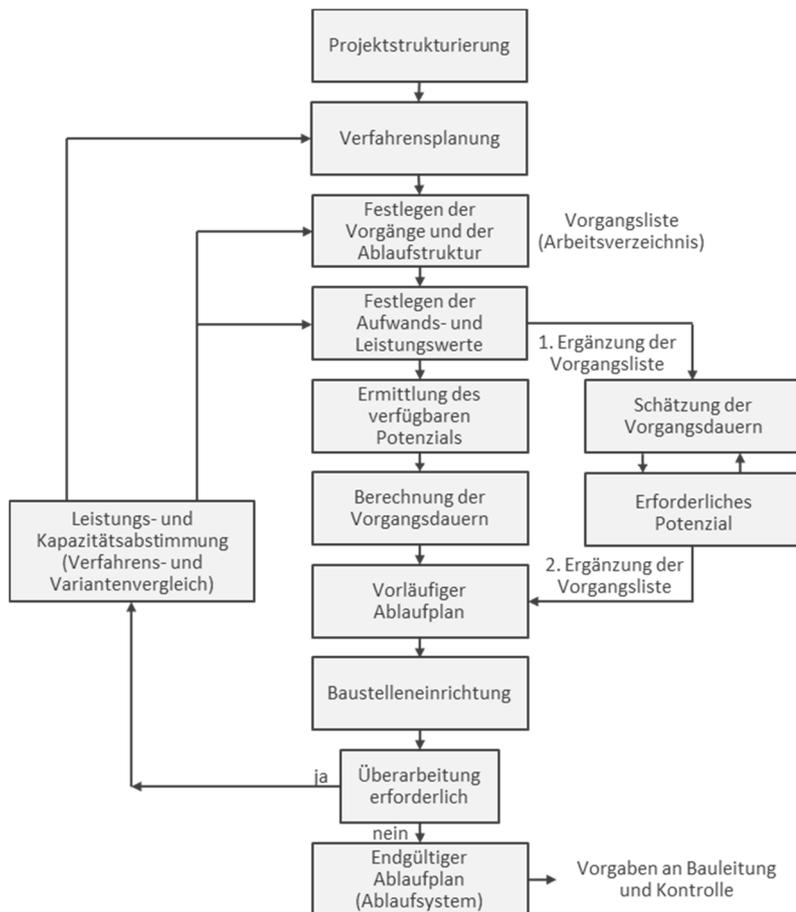


Abbildung 20: Schema der Bauablaufplanung¹¹⁶

In der Projektstrukturierung wird die Bauaufgabe in Bauteile und Bauabschnitte gegliedert. Anschließend werden die Bauverfahren ausgewählt. Im dritten Schritt legt man die Teilvorgänge nach ihrer Art, der Reihenfolge und den Ablaufbedingungen fest und erhält daraus die Ablaufstruktur. Für die Teilproduktionsvorgänge ergeben in weiterer Folge Aufwand- und Leistungswerte verbunden mit dem verfügbaren Potenzial die erforderlichen Vorgangsdauern (vgl. Kapitel 5.1). Ausgehend von der Bauzeit kann die Dauer von Vorgängen und daraus resultierend das erforderliche Potenzial für die Bauaufgabe abgeschätzt

¹¹⁵ vgl. HOFSTADLER, C.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, S. 247ff.

¹¹⁶ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, S. 537.

werden. Unter Berücksichtigung der technischen und technologischen Abhängigkeiten kann aus den vorhandenen Daten ein Zeitplan erstellt werden, der den vorläufigen Ablaufplan darstellt. Um alle Randbedingungen und Optimierungskriterien zu erfüllen, werden Leistungs- und Kapazitätsabstimmungen durchgeführt bis der endgültige Ablaufplan entsteht.¹¹⁷

„Aus dem endgültigen Ablaufplan und der darauf abgestimmten Baustelleneinrichtung geht dann i.E. hervor, wann, wo und wie lange das erforderliche Potenzial nach Art und Menge bereitgestellt werden muss.“¹¹⁸

Für das Angebotsstadium und beim Entwurf des Baustelleneinrichtungsplanes empfiehlt Spranz¹¹⁹ zur Krankapazitätsermittlung zusätzlich zur Kennzahlmethode „Arbeiter je Kran“ und „BRI je Kran“ bereits die Anwendung von Kranbelegungswerten. Insbesondere bei knappen Terminvorgaben liefert das Verfahren bei richtiger Anwendung Kontrollmöglichkeiten und genauere Ergebnisse als die Kennzahlenmethoden.

3.1.4 Projektphase Zuschlag

Die Projektphase Zuschlag befasst sich mit der Prüfung der Angebote und dem Erteilen des Auftrages.

Vom AG wird darüber hinaus überprüft, ob Vorgaben zur Kransituierung gemäß den Ausschreibungsunterlagen vom Bieter eingehalten werden.

3.1.5 Projektphase Arbeitsvorbereitung

In der Projektphase Angebotsbearbeitung stellt die Arbeitsvorbereitung ein Bruchteil der gesamten für einen Bauablauf notwendigen Vorbereitung dar. Währenddessen die Intensität der Arbeitsvorbereitung in der gleichnamigen Phase sich nach Erteilung des Zuschlags intensiver darstellen wird.¹²⁰

Für die Arbeitsvorbereitung nach Erhalt des Zuschlags gibt es interne und externe Vorgaben. Im Gegensatz zur Angebotsbearbeitung werden externe Vorgaben aus der Sphäre des AG, wie in etwa Pläne, Leistungsverzeichnisse, besondere technische Bestimmungen, Richtlinien, Normen usw. als Vertrag zum Hauptvertragsbestandteil zwischen dem AG und dem AN. Interne Vorgaben sind der Sphäre des AN

¹¹⁷ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, S. 538.

¹¹⁸ BAUER, H.: Baubetrieb, a.a.O.

¹¹⁹ vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S. 112.

¹²⁰ vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 153ff.

zuzuordnen und können Material- und Gerätebeschaffung, Informationsfluss, bevorzugte Bauverfahren usw. betreffen.¹²¹

In der Arbeitsvorbereitung sind Änderungen, die sich auf Vertragsverhandlungen begründen, einzuarbeiten. Es können sich Abweichungen und Optimierungen im Zuge der ausführlichen Arbeitsvorbereitung und der Bauablaufplanung (vgl. Abbildung 20) ergeben. Dadurch kann es auch zu einer Abweichung der geplanten Kranstandorte aus der Angebotsbearbeitung kommen.

3.1.6 Projektphase Bauausführung

In der Bauausführung kommt der Arbeitsvorbereitung eine hohe Bedeutung zu. Planungsänderungen, geänderte Baustellenbedingungen, Störungen im Bauablauf oder neue Erkenntnisse (z.B. Baugrundverhältnisse), erfordern eine dynamische Reaktion.¹²² Diese Umstände können sich gegebenenfalls auch auf den Kranstandort auswirken.

Problematisch ist eine nachträgliche Kranaufrüstung bei Überschreitung der geplanten Krankapazitäten während der Bauausführung. Eine Integration von nicht rechtzeitig geplanten Kranstandorten in die grundsätzlich abgestimmte vorhandene Kranordnung ist ohne besondere Vorkehrungen schwierig.¹²³

3.2 Zusammenfassung

Kapitel 3 führt vor Augen, dass das Ausmaß der Kranstandortplanung maßgebend von der Projektphase abhängt. Abbildung 21 veranschaulicht zusammenfassend die Intensität der Kranstandortplanung für einen herkömmlichen Projektablauf und zeigt zusätzlich die Verantwortlichen (AG, Bieter, AN). Es kann festgestellt werden, dass mit der Kranstandortplanung bereits zu einem frühen Zeitpunkt der Projektphasen begonnen werden sollte, um rechtzeitig eine Anpassung an die Bedürfnisse der Baustelle durchführen zu können. Die Detailplanung eines Kranstandortes erfolgt erst zu einem späteren Zeitraum nach Auftragserteilung während der ausführlichen Arbeitsvorbereitung.

¹²¹ vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 151.

¹²² vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 153.

¹²³ vgl. BRÜSSEL, W.; KNOOP, R.: Störungsbedingte Veränderungen der Kranauslastung, http://www.prof-bruessel.de/Doku/Veroeffentlichungen/Krane_1507a.pdf, Datum des Zugriffs 15.02.2010 11:00, S. 35.

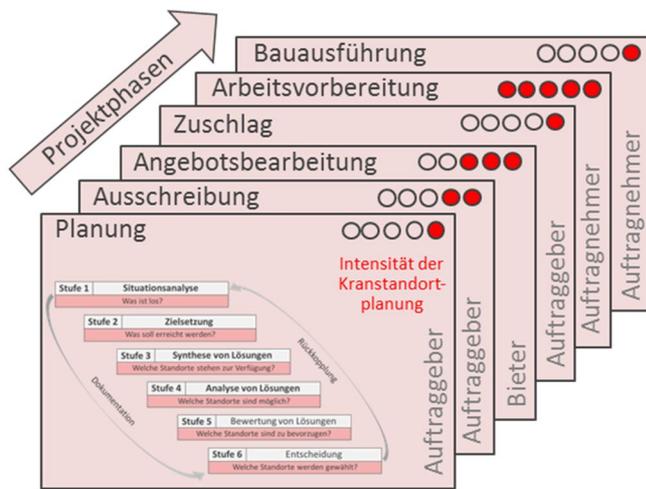


Abbildung 21: Intensität der Kranstandortplanung in den Projektphasen

Tabelle 10 zeigt die Eignung der Methoden zur Ermittlung der Krananzahl in den sechs Projektphasen. Eine Zuordnung der Phase Planung, Zuschlag und Bauausführung ist nicht möglich.

Tabelle 10: Eignung der Methoden zur Ermittlung der Krananzahl in den Projektphasen

	Planung	Ausschreibung	Angebotsbearbeitung	Zuschlag	Arbeitsvorbereitung	Bauausführung
Kennzahlenmethode "Arbeiter je Kran"	nicht zuordbar	o	+	nicht zuordbar	-	nicht zuordbar
Kennzahlenmethode "BRI je Kran"		+	o		-	
Kennzahlenmethode "Einbauleistung je Kran"		o	+		-	
Kranbelegungswert		-	+		+	
Spielzeitberechnung		-	o		+	
Warteschlangenmodell		-	-		+	
Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche		o	+		o	

(+) geeignet (o) bedingt geeignet (-) nicht geeignet

4 Der Kranstandort

In Hinblick auf Krane stellt die Standortbestimmung neben der Ermittlung der Kranparameter das wesentliche Kriterium für die Planung dar.¹²⁴

In den folgenden Abschnitten werden drei verschiedenen Literaturquellen für die Vorgehensweise bei der Kranstandortbestimmung aufgezeigt. Anschließend werden mögliche Standorte von Kranen in Bezug auf das zu errichtende Bauwerk, dargestellt. Darüber hinaus werden Einflussfaktoren auf die Kranstandortwahl genannt.

4.1 Vorgehensweise bei der Kranstandortbestimmung

Die bisher in dieser Arbeit vorgestellten Berechnungsverfahren dienen zur Ermittlung der Krananzahl, wobei die Spielzeitberechnung, das Warteschlangenmodell und die Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche die Fragestellung der Kranstandorte berücksichtigt.

Für die Ermittlung der Wegzeiten in der Spielzeitberechnung (vgl. Kapitel 2.2.3) muss die Position des Kranes bereits vor der Anwendung des Berechnungsverfahrens feststehen. Somit müssen sämtliche Einflussfaktoren den Kranstandort betreffend bereits Berücksichtigung gefunden haben.

Das soeben genannte gilt auch für das Warteschlangenmodell (vgl. 2.2.4), weil sich diese Methode auf die Spielzeitberechnung bezieht.

Ebenso bei der Bestimmung der Krananzahl über die Grundrissfläche (vgl. Kapitel 2.2.5) müssen die Standorte schon vor Anwendung dieser Methode feststehen.

Dementsprechend hängt die Reihenfolge der Ablaufschritte in der Kraneinsatzplanung auch davon ab, welches Verfahren zur Bestimmung der Krananzahl verwendet wird.

Folgend werden drei Literaturquellen (*Proporowitz, Gralla, Böttcher/Neuenhagen*) vorgestellt, die jeweils die Vorgehensweise bei der Kraneinsatzplanung in unterschiedlicher Reihenfolge aufschlüsseln.

*Proporowitz*¹²⁵ spricht allgemein von vier maßgebenden Aufgaben, die bei der Einsatzvorbereitung von Kranen zu lösen sind:

1. einzusetzende Kranart
2. Anordnung des Kranes

¹²⁴ vgl. BARGSTÄDT, H.J.; BLICKLING, A.; KATH, T.: Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3-D-Technologien, in: Hoch & Tiefbau, 01-02/2004, S. 25.

¹²⁵ vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, S. 158.

3. erforderliche Krananzahl
4. Ermittlung der Krangröße

Laut dem Autor müssen diese Schritte nacheinander abgearbeitet werden, wobei eine Rückkopplung zu erwägen ist. Unter der Kranart wird in diesem Zusammenhang die Typologie des Kranes verstanden (vgl. Abbildung 1). Die Anordnung des Kranes sollte demnach direkt nach Bestimmung der Kranart festgelegt werden.

Die systematische Vorgehensweise bei der Dimensionierung von Kranen ergibt sich nach *Gralla*¹²⁶ ebenfalls aus vier Hauptschritten:

1. Analyse der Baustellensituation
2. Vorüberlegungen zum Bauverfahren
 - a. Ermittlung der Kranleistung (Dauer von Lastspielen)
 - b. Ermittlung der Anzahl von Kranen
 - c. Ermittlung der Anzahl zugeordneter Arbeitskräfte
3. technische Dimensionierung der Krane (Lastmoment, Höhe, Reichweite, Aufstellungsfläche)
4. Festlegung des endgültigen Aufstellungsortes

Gralla nennt die Festlegung des endgültigen Aufstellungsortes als abschließenden Schritt, wobei es während des gesamten Ablaufs bereits zu Vorüberlegungen kommen sollte. Eine Ermittlung der Dauer von Lastspielen ist nur mit dem Wissen über die Transportentfernungen möglich.

*Böttcher/Neuenhagen*¹²⁷ hingegen definieren zwei Schritte zur Bestimmung von Turmdrehkränen.

1. Wie viele Krane sollen auf der Baustelle eingesetzt werden?
2. Welcher Kran ist für das Arbeitsfeld der Baustelle zu wählen?

Diese Autoren nehmen keinen direkten Bezug auf die Festlegung vom Kranstandort. Die Unterteilung in Arbeitsfelder legt jedoch den Tätigkeitsbereich für einen Kran und damit seinen Standort fest.

Der Vergleich zwischen den drei Literaturquellen zeigt, dass zur Berücksichtigung aller Parameter ein iterativer Vorgang vorausgesetzt wird. Darüber hinaus weisen alle Autoren darauf hin, dass eine intensive Auseinandersetzung mit den vorhandenen Gegebenheiten notwendig ist.

Trotz einer gründlichen Betrachtung der Randbedingungen und der Einflussfaktoren bleibt eine Beurteilung des Kranstandortes stets

¹²⁶ vgl. GRALLA, M.: Baubetriebslehre Bauprozessmanagement, S. 558.

¹²⁷ vgl. BÖTTCHER, P.D.P.; NEUENHAGEN, H.: Baustelleneinrichtung, S. 62.

subjektiv. Unsicherheiten können durch systematische Berücksichtigung von Variationsbreiten reduziert, aber nicht gänzlich eliminiert werden.¹²⁸

4.2 Standorte von Turmdrehkränen

Die Varianten zur Positionierung eines Kranes können grundlegend auf zwei Aspekte reduziert werden. Einerseits muss entschieden werden, ob der Kran innerhalb oder außerhalb des zu errichtenden Bauwerks liegen soll. Andererseits stellt sich die Frage, ob der Einsatz eines stationären oder eines achsgebundenen fahrbaren Hebezeugs zu bevorzugen ist (vgl. Abbildung 22). Bei größeren Bauvorhaben, die den Einsatz von mehreren Kranen erfordern, kann die Kombination der Möglichkeiten zu einer ideale Lösung führen. Allen Alternativen gemeinsam ist, dass die Arbeitsbereiche vollständig abgedeckt werden müssen.¹²⁹

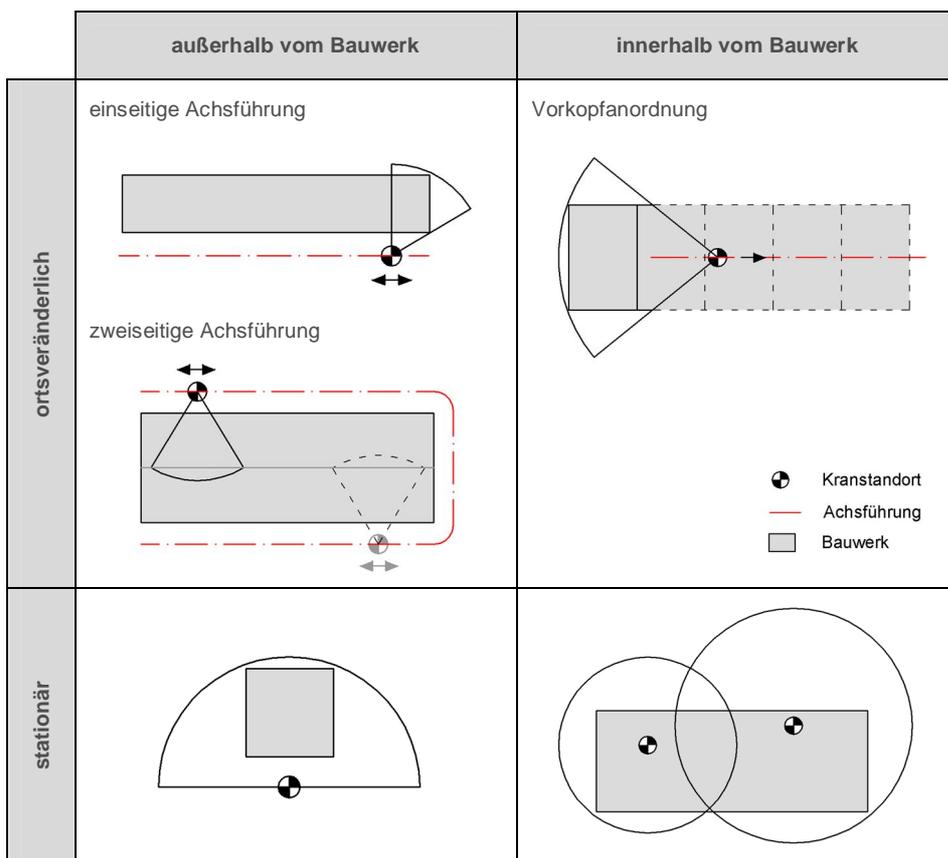


Abbildung 22: Anordnung des Kranes in Bezug auf das zu errichtende Bauwerk¹³⁰

¹²⁸ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik, S. 17ff.

¹²⁹ vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, S. 159ff.

¹³⁰ vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, a.a.O.

4.2.1 Außerhalb des Bauwerks liegender ortsveränderlicher Kranstandort

Ein außerhalb des Bauwerks liegender ortsveränderlicher Kranstandort wird auf Schienen als achsgebundenes Gerät bewegt. Dabei ist eine einseitige oder zweiseitige Anordnung der Schienen längsseitig des zu errichtenden Bauwerks möglich.

Die einseitige Anordnung erweist sich dabei als kostengünstigere Variante, weil im Vergleich zur zweiseitigen Ausführung weniger Gleislänge benötigt wird. Der Einsatz ist jedoch nur bei schmalen Gebäuden sinnvoll, weil der Ausleger über die gesamte Bauwerksbreite ragen muss. Auf eine ausreichende Tragkraft über die gesamte Ausladungslänge ist zu achten.

Überschreitet das Gebäude die maximal mögliche Breite für die der Ausleger eines Kranes dimensioniert ist, kann eine Zweigleisanordnung eingesetzt werden.¹³¹

4.2.2 Außerhalb des Bauwerks liegender stationärer Kranstandort

Bei der stationären Anordnung außerhalb der Bauwerksgrenzen kann die Aufstellung des Kranes innerhalb oder außerhalb der Baugrube erfolgen. Eine Entscheidung darüber wirkt sich auf die Länge des Auslegers, die Turmhöhe und eine eventuelle Vergrößerung der Baugrube aus. In der Regel wird der Standort außerhalb einer Baugrube bevorzugt, weil die Kosten, verursacht durch einen Mehraushub, ausbleiben. Bei tiefen Baugruben (ohne Verbau) ist der Platzbedarf der Böschung zu berücksichtigen und eine ausreichende Auslegerlänge zu wählen. Wird der Standort dennoch innerhalb der Baugrube gewählt, sollte der Kran möglichst nahe beim Gebäude positioniert werden, um an Auslegerlänge einzusparen.^{132, 133}

4.2.3 Innerhalb des Bauwerks liegender ortsveränderlicher Kranstandort

Stationäre Anordnungen innerhalb eines zu errichtenden Bauwerks begründen sich hauptsächlich auf Platzmangel am Baufeld. Weitere Faktoren sind der Wunsch einer gleichmäßigen Verteilung der Krankapazitäten oder der Bedarf an Schwenkkreisüberschneidungen. Der

¹³¹ vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, S. 159ff.

¹³² vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, a.a.O.

¹³³ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.; Baustelleneinrichtung, S. 24.

Kran wird in Schächte, Lifte oder dezidiert geplante Aussparungen aufgestellt und ermöglicht den Einsatz von Innenklettereinrichtungen.¹³⁴

4.2.4 Innerhalb des Bauwerks liegender stationärer Kranstandort

Eine platzsparende Alternative bei beengten Baustellenverhältnissen bietet eine an Schienen gebundene Vorkopfanordnung, die sich aber ungünstig auf den fertigungsorganisatorischen Ablauf auswirkt. Für das in Teile gegliederte Bauwerk ist die gesamte Bauwerkshöhe eines Abschnittes fertigzustellen, bevor mit dem nächsten begonnen werden kann. Wegen bautechnologischen Vorgängen, wie das Abbindeverhalten von Beton, kommt es für den Kran häufiger zu Wartezeiten.¹³⁵

4.3 Einflussfaktoren auf die Wahl des Kranstandortes

Eine Vielzahl von Faktoren ist bei der Anordnung von Kranen zu beachten. Abhängig von der Bauaufgabe nehmen diese Einflüsse einen niedrigeren oder höheren Stellenwert ein und besitzen ein bestimmtes Maß an Beeinflussbarkeit.

Der Wirkungsbereich eines Kranes wird ausgehend von seinem Standort in Form seiner überstreichenden Fläche beschrieben. Auf Basis der Kranpositionierung wird also das Zusammenspiel zwischen dem Gerät und seiner Umgebung festgelegt.

4.3.1 Vertragsbedingte Faktoren

Schwer beeinflussbare Faktoren mit hoher Priorität für die Planung des gesamten Bauablaufs sind im Bauvertrag verankert.

Ein Studium des Bauvertrages ist für die Planung aller Baustelleneinrichtungselemente und deren Standorte unerlässlich und sollte an erster Stelle der Vorgehensweise gereiht sein.

Im Speziellen kann die Standortwahl des Kranes bereits durch den AG festgelegt oder einschränkende Randbedingungen vorgeschrieben werden. Für Gefahrenbereiche oder bestehende Elemente der Umgebung kann ein vollständiges Verbot für das Überschwenken bestehen oder Sicherheitsabstände gefordert werden. Oftmals werden vom AG auch Empfehlungen für die Anordnung der Baustelleneinrichtungselemente den Ausschreibungsunterlagen beigelegt. Auch auf Möglich-

¹³⁴ vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, S. 159ff.

¹³⁵ vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, a.a.O.

keiten der Nutzung von öffentlichen Flächen wird primär im Bauvertrag hingewiesen.

Eine Kooperation zwischen den Beteiligten ist stets anzustreben und in Zusammenarbeit mit bereits beauftragten Firmen zu koordinieren.

Verhandlungen nach Auftragserteilung können dazu führen, dass sich Rahmenbedingungen ändern und sich neue Möglichkeiten für die Kranstandortwahl eröffnen.

4.3.2 Sicherheitsfaktoren

Dieser Abschnitt befasst sich mit den Sicherheitsabständen, die bei der Positionierung eines Turmdrehkranes berücksichtigt und in weiterer Folge bei der Auswahl des Gerätes beachtet werden müssen.

Der Einfluss der Sicherheitsabstände kann die Größe der erforderlichen Stellfläche, die Auslegerlänge oder die Hakenhöhe eines Turmdrehkranes beeinflussen. Bei beengten Platzverhältnissen erfordert die Berücksichtigung von Sicherheitsabständen eine zusätzliche Herausforderung für den Planer.

Bei der Planung sind vier maßgebende Situationen für die Sicherheit zu untersuchen:

- Sicherheitsabstände zwischen Kranen
- Sicherheitsabstände zur Umgebung
- Sicherheitsabstände bei Baugruben
- Sicherheitsabstände zu elektrischen Freileitungen

Zusätzlich zu den vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Sicherheitsabständen, kann der AG weitere Sperrzonen und Abstände festlegen, weshalb Vorgaben aus dem Vertrag gründlich zu analysieren sind.

Turmdrehkrane unterliegen einer hohen Anzahl an Sicherheitsanforderungen. Bei jedem Baustelleneinsatz müssen stetige Abnahme- und wiederkehrende Prüfungen durchgeführt und im Kranprüfbuch festgeschrieben werden.¹³⁶ Prüfer können bei kritischen Verstößen gegen die Sicherheitsauflagen zusätzlich zu hohen Geldstrafen ein Einstellen der Arbeiten auf der Baustelle erzwingen. Als Konsequenz können Verzögerungen bei der Bauzeit auftreten und unvorhergesehenen Kosten resultieren.

¹³⁶ vgl. ARBEITSINSPEKTION: <http://www.arbeitsinspektion.gv.at/Al/Bauarbeiten/Pruefpflichten/default.htm>, Datum des Zugriffs: 22.03.2012 13:00.

Darüber hinaus wird für Österreich in der Arbeitsmittelverordnung¹³⁷ (AM-VO) vorgeschrieben, dass für Krane schriftlich ausgeführte Betriebsanleitungen und Betriebsanweisungen formuliert werden müssen.

Die Betriebsanleitung ist vom Hersteller zu verfassen und enthält Angaben über das sichere Benutzen des Arbeitsmittels.

Die Betriebsanweisung wird auf Basis der Betriebsanleitung, einschlägigen Normen oder Merkblätter erstellt und beinhaltet zusätzlich zu allgemein geltende Vorschriften auch betriebspezifischen Anweisungen und lokale Besonderheiten. Sie kann nicht ident auf andere Baustellen übertragen werden. Der Mindestinhalt einer Betriebsanweisung ist in §19 AM-VO¹³⁸ geregelt.

Ein Studium der Betriebsanweisung und der Betriebsanleitung ist für die Berücksichtigung von Sicherheitsabständen bei der Planung von Kranstandorten erstrebenswert.

4.3.2.1 Sicherheitsabstände zwischen Kranen

Der Einsatz von mehreren Kranen auf einer Baustelle kann zu sich überschneidenden Arbeitsbereichen und dadurch zu verschärften Sicherheitsmaßnahmen führen.

Die Ausleger müssen auf unterschiedlichen Höhen positioniert werden, damit sie den gesamten Schwenkradius von 360° befahren können. Die Steuerung vom Hubseil des höheren Kranes kann eine Kollision mit dem unten liegenden Ausleger oder Gegenausleger verursachen.

„Werden zwei oder mehrere Krane mit einander überschneidenden Arbeitsbereichen eingesetzt, so sind geeignete Maßnahmen durchzuführen, um Gefahr bringende Zusammenstöße zwischen den Lasten oder zwischen den Kranen selbst zu verhindern.“¹³⁹

Um das Risiko eines Zusammenstoßes zu verringern, können Arbeitsbereichbegrenzer oder Antikollisionseinrichtungen (vgl. Kapitel 1.3.8) Abhilfe schaffen. Zur weiteren Gefahrenverhütung sollte die Betriebsanweisung festlegen, welche Vorrangregeln von den Kranführern einzuhalten sind. Weiters sollte eine geregelte Funkordnung festgelegt werden.

Die Sicherheitsabstände zwischen Kranen müssen gemäß den Betriebsanleitungen der Hersteller berücksichtigt werden und sind exemplarisch für den Einsatz von zwei Kranen in Abbildung 23 dargestellt. In der

¹³⁷ vgl. BGBl II Nr. 164/2000: Arbeitsmittelverordnung.

¹³⁸ vgl. BGBl II Nr. 164/2000 §19 (5): Arbeitsmittelverordnung, S. 1396.

¹³⁹ BGBl II Nr. 164/2000 §19 (5): Arbeitsmittelverordnung, a.a.O.

Planung sind demnach Abstände von mindestens 2,0 m für verschiedene Aufstellungspositionen mit oder ohne Last einzuhalten.

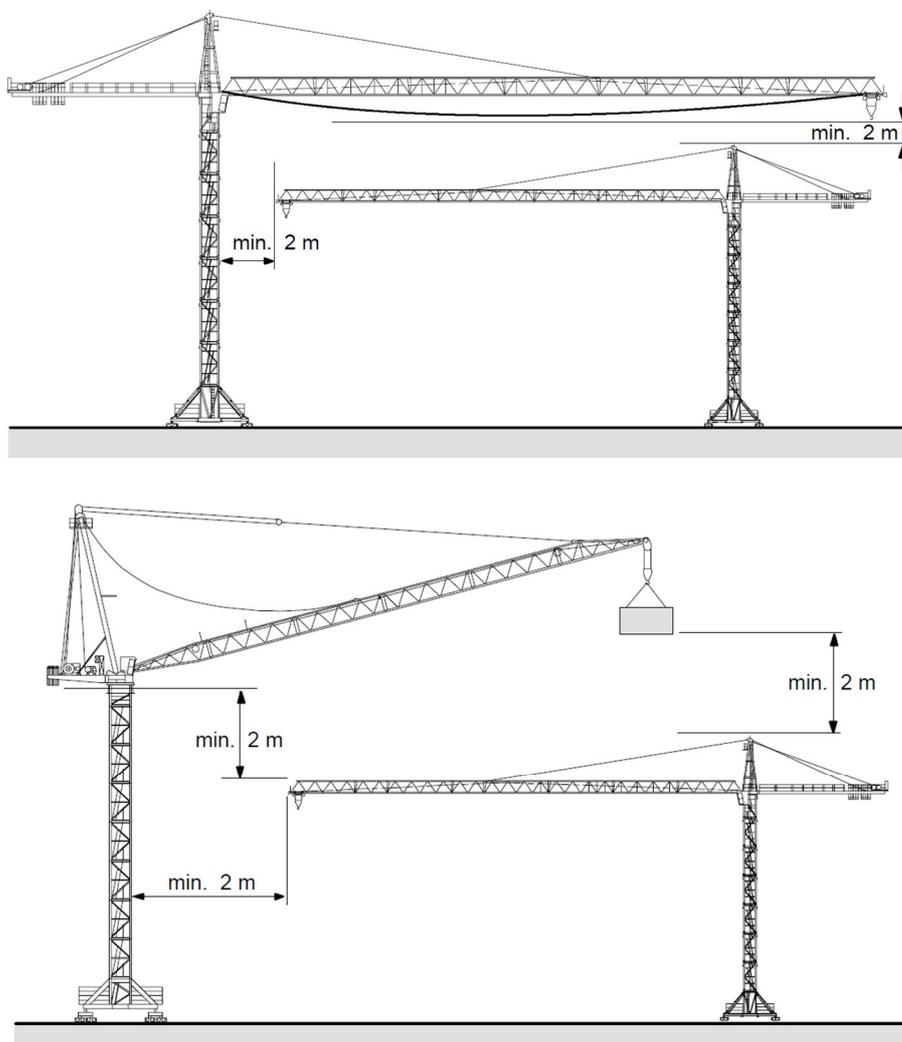


Abbildung 23: Sicherheitsabstände bei mehreren Kranen¹⁴⁰

4.3.2.2 Sicherheitsabstände zur Umgebung

Speziell bei bewegten Teilen eines Kranes entsteht ein erhöhtes Gefahrenpotenzial, weil Personen zwischen Kran und Elementen der Umgebung eingeklemmt werden können. Um ein unfallfreies Arbeiten zu gewährleisten, müssen diese Risiken möglichst verringert bzw. eliminiert

¹⁴⁰ MAN WOLFFKRAN: Betriebshandbuch, www.wolffkran.ch, Zugriff am 12.01.2012.

und Sicherheitsabstände seitlich und im Überschwenkbereich von Kranen eingehalten werden.

Die ÖNORM M 9601:2007¹⁴¹ schreibt als Sicherheitsabstand ein Mindestmaß von 0,5 m vor:

„Beim Lagern von Gütern ist zwischen den bewegten Teilen des Kranes und den Lagergütern ein Sicherheitsabstand von mindestens 0,5 m einzuhalten.“¹⁴²

Dieser Abstand sollte auch zu anderen festen Bestandteilen der Umgebung, wie in etwa zu Gebäuden oder Außengerüsten, eingehalten werden.

Untendreher müssen in Ruhestellung frei schwenkbar sein, damit sich das Gerät bei Windeinflüssen mitdrehen kann.¹⁴³ Der Gefahrenradius ergibt sich aus dem Drehradius inklusive dem Sicherheitsabstand von 0,5 m (vgl. Abbildung 23). Ist dies nicht möglich, muss der Bereich durch eine Umbauung bzw. eine feste Absperrung gesichert werden.

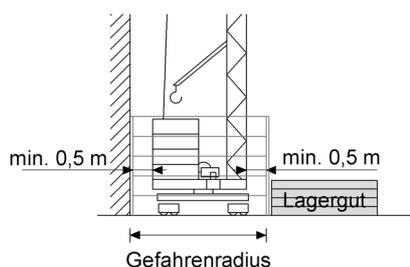


Abbildung 24: Sicherheitsabstände zwischen bewegten Teilen des Kranes und der Umgebung

Zusätzlich zum seitlichen Sicherheitsabstand darf eine Last nur mit ausreichendem Abstand über das Baustellenpersonal geschwenkt werden.¹⁴⁴

*Schach/Otto*¹⁴⁵ empfehlen zusätzlich zum 2,5 m hohen Arbeitsbereich einer Person einen weiteren Sicherheitsabstand von 1,0 m.

Bei der Planung ist auf die Dimensionierung einer ausreichenden Hakenhöhe zu achten. Demnach ergibt sich die erforderliche Hakenhöhe (vgl. Abbildung 25) aus der Summe der Abstände:

- zu überschwenkendes Element

¹⁴¹ vgl. ÖNORM M 9601:2007, Fassung vom 01.11.2008, Krane und Hebezeuge, S. 5.

¹⁴² ÖNORM M 9601:2007, Fassung vom 01.11.2008, Krane und Hebezeuge, S. 5.

¹⁴³ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 22.

¹⁴⁴ vgl. HÜSTER, F.: Leistungsberechnung der Baumaschinen, S. 129.

¹⁴⁵ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 28.

- Arbeitsraum für Personen
- Sicherheitsabstand
- zu hebendes Bauteil
- Lastaufnahmeeinrichtung

Die Abstände von zu überschwenkendem Element, dem Transportgut und der Lastaufnahmeeinrichtung sind variabel und sollten für den Maximalfall ermittelt werden. Als zu überschwenkende Elemente können das zu errichtende Gebäude, Nachbarbebauungen oder Bäume als Maximalfall maßgebend werden.

Die Länge der Lastaufnahmeeinrichtungen (vgl. Kapitel 1.3.10) hängt unter anderem von der Last, der Tragfähigkeit und der Befestigungsmethode bzw. dem Neigungswinkel ab.

Laut AM-VO §18 (5)¹⁴⁶ sollte das Hinwegführen von Lasten über Arbeitnehmer möglichst vermieden werden. Zusätzlich gilt:

„Hängende Lasten dürfen nicht über ungeschützte ständige Arbeitsplätze bewegt werden; ist dies erforderlich, sind geeignete technische oder organisatorische Schutzmaßnahmen festzulegen und durchzuführen.“¹⁴⁷

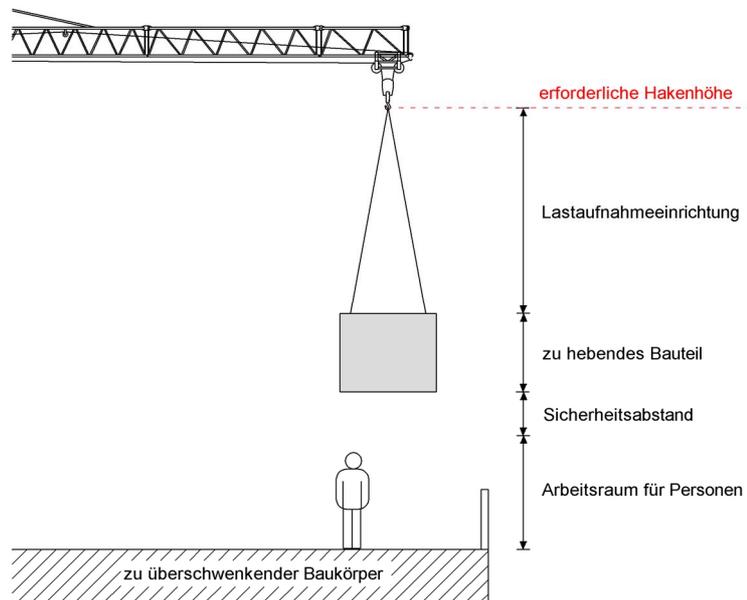


Abbildung 25: Ermittlung der erforderlichen Hakenhöhe¹⁴⁸

¹⁴⁶ vgl. BGBl II Nr. 164/2000 §18 (5): Arbeitsmittelverordnung, S. 1395.

¹⁴⁷ ÖNORM M 9601:2007, Fassung vom 01.11.2008, Krane und Hebezeuge, S. 4.

¹⁴⁸ vgl. SCHACH, R., OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 28.

4.3.2.3 Sicherheitsabstände bei Baugruben

Abhängig von der Aufstellung innerhalb oder außerhalb der Baugrube sind Sicherheitsabstände von der Geräteaußenkante bis zur Böschung zu berücksichtigen. Bei Nichteinhaltung kann eine Überbelastung oberhalb der Böschung einen Böschungsbruch auslösen und einen Kransturz verursachen.

Der Sicherheitsabstand für außerhalb der Baugrube positionierte Krane ergibt sich aus den Kriterien:¹⁴⁹

- Morphologie und Geometrie der Baugrube
- Schichtenaufbau des Untergrundes
- Eigenschaften des Bodens
- Grundwasserverhältnisse
- externe Lasten
- Spannungszustand des Baugrundes

Generell muss in Österreich ein unbelasteter Schutzstreifen von 50 cm zur Baugrubenkante eingehalten werden, außer es werden zusätzlich geeignete Sicherungsmaßnahmen (z.B. Bohrpfähle) getroffen. Wirkt eine zusätzliche Belastung oberhalb des Böschungsrandes ist dieser Abstand zu vergrößern.¹⁵⁰

Bei besonderen Auflasten ist ein rechnerischer Nachweis der Standfestigkeit der Böschung von einem Fachbeauftragten durchzuführen.

Als Richtwerte für Sicherheitsabstände können zur Planung der Standorte die Werte aus Tabelle 11 und Tabelle 12 herangezogen werden. Der Sicherheitsabstand wird von der Außenkante der Aufstandsfläche (krafteinleitende Stelle) bis zur Böschungskante der Baugrube gemessen und ist in Abbildung 26 dargestellt.¹⁵¹

Tabelle 11: Sicherheitsabstände bei Baugruben mit Normverbau¹⁵²

Sicherheitsabstände bei Baugruben mit Normverbau	
bis 12 t Gesamtmasse	≥ 0,60 m
über 12 t Gesamtmasse	≥ 1,00 m

¹⁴⁹ vgl. WU, W.: Geländebruchsicherheit VL Skriptum, S. 3.

¹⁵⁰ vgl. AUVA: M 223 Grube, Gräben, Künetten, http://www.auva.at/mediaDB/MMDB125864_M223.pdf Zugriff am 10.03.2012 18:00.

¹⁵¹ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 23.

¹⁵² SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, a.a.O.

Tabelle 12: Sicherheitsabstände zu geböschten Baugruben und Gräben¹⁵³

Sicherheitsabstände bei geböschten Baugruben und Gräben	
bis 12 t Gesamtmasse	≥ 1,0 m
über 12 t Gesamtmasse	≥ 2,0 m
Bodenart	Sicherheitsabstände
nicht bindig, aufgefüllt	2 * Baugrubentiefe, aber ≥ 2,0 m
bindig, gewachsen	Baugrubentiefe, aber ≥ 2,0 m

Die Sicherheitsabstände zu Baugruben sind auch von Schienen bei ortveränderlich aufgestellten Kranen einzuhalten.

Darüber hinaus ist bei Fahrzeugkränen, die zur Montage von Obendrehern dienen, ein Sicherheitsabstand von der Außenkante der ausgefahrenen Pratzen bis zur Geländekante der Baugrube einzuhalten.¹⁵⁴

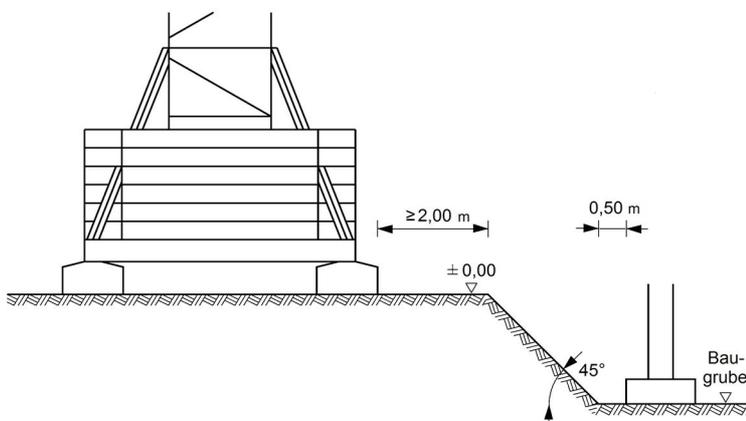


Abbildung 26: Sicherheitsabstand zu geböschten Baugruben bei über 12 t Gesamtmasse¹⁵⁵

¹⁵³ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 23.

¹⁵⁴ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 34.

¹⁵⁵ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 25.

4.3.2.4 Sicherheitsabstände zu elektrischen Freileitungen

Bei der Analyse des Baufeldes und seiner Umgebung sind vorhandene elektrische Freileitungen zu beachten. Eine Prüfung, ob sich der planmäßige Schwenkradius in diesem Bereich befindet ist zwingend erforderlich, um im Zuge der Planung die Sicherheitsabstände berücksichtigen zu können.

Die Elektroschutzverordnung¹⁵⁶ (ESV) schreibt Mindestabstände für die Annäherung zwischen einem Arbeitsmittel und einer Freileitung vor. Tabelle 13 beinhaltet die Sicherheitsabstände in Abhängigkeit von der Netz-Nennspannung. Ist die Leitung abgeschaltet, gelten diese Mindestabstände nicht.

Tabelle 13: Sicherheitsabstände vom Kranen zu elektrischen Freileitungen¹⁵⁷

Netz-Nennspannung [kV]	äußere Grenze der Annäherungszone [cm]
bis 1	50
über 1 bis 30	150
über 30 bis 110	200
über 110 bis 220	300
über 220 bis 380	400

Auf Basis von §19 AM-VO¹⁵⁸ ist zusätzlich in der Betriebsanweisung darauf hinzuweisen, wie das Verhalten in der Nähe oder bei einer unvorhergesehenen Berührung von Freileitungen sein muss.

Bei starker Windbeeinflussung oder anderen ortsbezogenen Einflüssen müssen die erforderlichen Mindestabstände zur Freileitung vergrößert werden.

Als vorkehrende Maßnahme können Krane mit Arbeitsbereichbegrenzer (vgl. 1.3.8) ausgestattet werden.

Die ESV dient auch als Grundlage der Sicherheitsabstände für die Eisenbahnoberleistungen.

¹⁵⁶ vgl. BGBl II 33/2012: Elektroschutzverordnung Anhang 2, S. 8.

¹⁵⁷ vgl. BGBl II 33/2012: Elektroschutzverordnung Anhang 2, a.a.O.

¹⁵⁸ vgl. BGBl II Nr. 164/2000 §19 (5): Arbeitsmittelverordnung, S. 1396.

4.3.3 Geotechnische Faktoren

Auf den Kran einwirkende Kräfte und Momente werden über den Unterbau in den Untergrund eingeleitet. Das Bodengutachten, als Beilage zu den Ausschreibungs- oder Vertragsunterlagen gibt der bauausführenden Firma Auskunft über die anzutreffenden Bodenverhältnisse. Darüber hinaus sollten bei einer Baustellenbesichtigung augenscheinliche Baugrundverhältnisse abgeklärt werden.

Stehen der Aufstellungsort und die Belastungen auf den Kran fest, hat der Statiker folgende Nachweise immer zu führen:¹⁵⁹

- Einhaltung der zulässigen Bodenpressung
- Nachweis gegen Grundbruch
- Nachweis gegen Kippen
- Nachweis gegen Gleiten

Bei Blockfundamenten (=Zentralballast) die im Boden eingegraben werden, muss auch ein Nachweis gegen Auftrieb geführt werden (bzw. ein Nachweis gegen Kippen unter Auftrieb des Zentralballastes), sofern nicht garantiert wird, dass das Kranfundament nicht mit Wasser eingestaut werden kann.¹⁶⁰

Auf Basis der Ergebnisse aus den Nachweisen können vom Statiker Maßnahmen zur statischen Sicherheit vorgeschrieben werden. Durch Bodenverdichtungsmaßnahmen oder Fundamente kann der Kran oder die Gleisanlage auf statisch einwandfreiem Untergrund aufgestellt und die Nachweise eingehalten werden. Fundamente müssen vor Auskolkung und Unterspülung gesichert werden.

4.3.4 Platzbedingte Faktoren

Der Platzbedarf eines Baustellenbetriebes richtet sich nach den erforderlichen Kapazitäten der Einrichtungsanlagen und ist den Gegebenheiten anzupassen. Meist herrschen beengte Platzverhältnisse vor, weshalb das verfügbare Baufeld die Anzahl der maximal einsetzbaren Krane sowie Aufstellungsort und Montagemöglichkeiten beschränken.¹⁶¹

Der Platzbedarf eines Kranes kann in drei Phasen gegliedert werden:

1. Montage
2. Betrieb

¹⁵⁹ vgl. MEISTER, H.: AW: Diplomarbeit; email: herbert.meister@porr.at, 25.05.2012.

¹⁶⁰ vgl. MEISTER, H.: AW: Diplomarbeit; email: herbert.meister@porr.at, 25.05.2012.

¹⁶¹ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 1.

3. Demontage

Besteht am Baufeld nicht ausreichend Platz, kann die Inanspruchnahme von öffentlichen Verkehrsflächen im Zuge der drei Phasen in Betracht gezogen werden.

4.3.4.1 Ermittlung der Kranstellfläche im Betrieb

Der Platzbedarf für einen Kran im Betrieb ist über folgende Faktoren festgelegt:

- Arbeitsraum
- Sicherheitsabstände
- erforderliche Stellfläche

Der Arbeitsraum eines Kranes wird durch die Auslegerlänge und der Auslegerhöhe beschrieben.

Die Sicherheitsabstände werden bereits im Kapitel 4.3.2 erläutert.

Zur Ermittlung der erforderlichen Stellfläche sind vorwiegend zwei gerätespezifische Merkmale ausschlaggebend. Einerseits die Klassifizierung in stationäre oder fahrbare Geräte und andererseits das Entscheidungskriterium Oben- oder Untendreher.

Die Abmessungen der erforderlichen Stellflächen sind nach dem anstehenden Baugrund und den statischen Erfordernissen zu dimensionieren, beziehungsweise aus den Produktkatalogen der Hersteller zu entnehmen. Bei beengten Platzverhältnissen kann in einzelnen Fällen der umgekehrte Weg zum Ziel führen und auf Basis der verfügbaren Stellfläche muss ein Gerät ausgewählt werden.

Bei stationären Geräten wird die Stellfläche vom Kranfundament beeinflusst. Dieses wird in der Regel aus Beton hergestellt und folgende Varianten können zur Ausführung kommen:¹⁶²

- Ortbeton-Einzelfundamente
- Fertigteilfundamente (schneller Auf- und Abbau möglich)
- bewehrte oder unbewehrte Schachtringe
- Bohrpfähle

Fahrbare Krane hingegen werden auf Schienen entlang einer Gleisachse geführt (vgl. Abbildung 27). Die üblichen Spurweiten von Turmdrehkränen bewegen sich zwischen 3,8 m und 6,0 m. Bei Kranen mit einem

¹⁶² vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung: S. 21.

Lastmoment größer als etwa 300 mt werden Spurweiten von 8,0 m, 10,0 m und 15,0 m verwendet. Neben Kurzschwelengleis und Träger-Gleis, die für eine Spurweite bis zu 8,0 m konzipiert sind, kommen für Großkrane bewehrte Betonfundamente mit verankerten Laufschiene zum Einsatz.¹⁶³

Für die Schwellen des Kurzschwelengleises bedient man sich dem Werkstoff Beton oder Holz, wobei der Abstand zwischen den einzelnen Elementen 0,6 m nicht überschreiten darf. In einem Abstand von 4,0 - 5,0 m wird eine Spurhaltestange angebracht, um ein gleichbleiben der Spurweite zu gewährleisten. Die Montage des Kurzschwelengleises hat auf einem stabilen, verdichteten Untergrund zu erfolgen.¹⁶⁴

Für das Träger-Gleis müssen Betonstreifenfundamente am Baufeld vorgesehen werden, auf dem die Stahlträger und die Laufschiene zu montieren sind. Die Genauigkeit der Spur wird ebenfalls durch Haltestange in einem Abstand von 4,0 - 5,0 m gewährleistet.¹⁶⁵

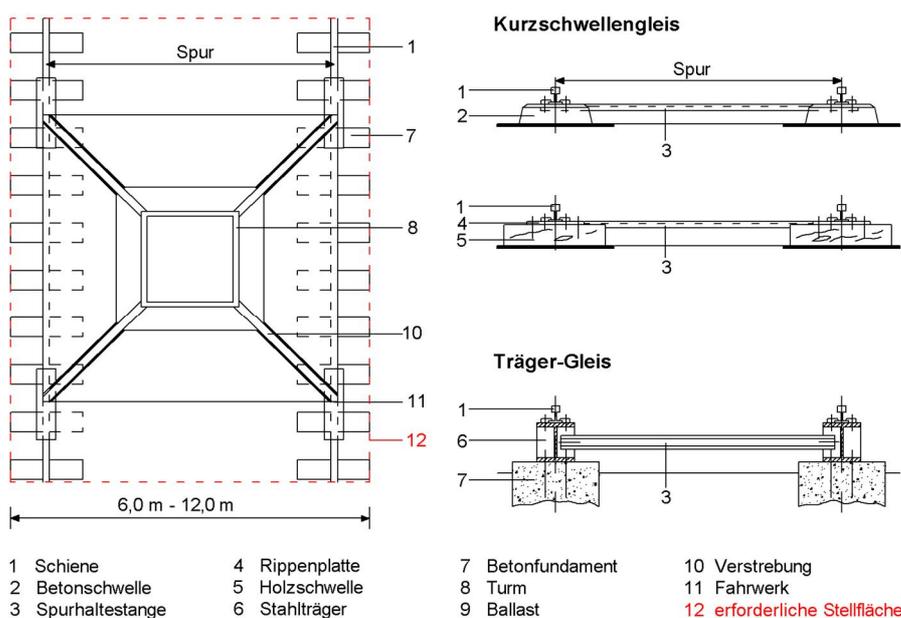


Abbildung 27: Stellfläche von fahrbaren Kranen^{166, 167}

Abbildung 28 vergleicht die erforderliche Stellfläche eines Obendrehers mit der eines Untendrehers bei Lagerung auf Einzelfundamenten.

¹⁶³ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 60.

¹⁶⁴ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, a.a.O.

¹⁶⁵ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, a.a.O.

¹⁶⁶ vgl. SCHACH, R., OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 21.

¹⁶⁷ vgl. KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb, S. 60.

Untendreher benötigen häufig eine größere Stellfläche, weil die Drehbewegung samt Ballast am Fußpunkt des Kranes durchgeführt wird. Die Abmessungen der erforderlichen kreisförmigen Stellfläche eines Untendrehers können zwischen 4,0 und 9,0 m liegen.¹⁶⁸

Obendreher benötigen üblicherweise quadratische Stellflächen, deren erforderliche Kantenlänge zwischen 4,0 und 10,0 m liegen.¹⁶⁹

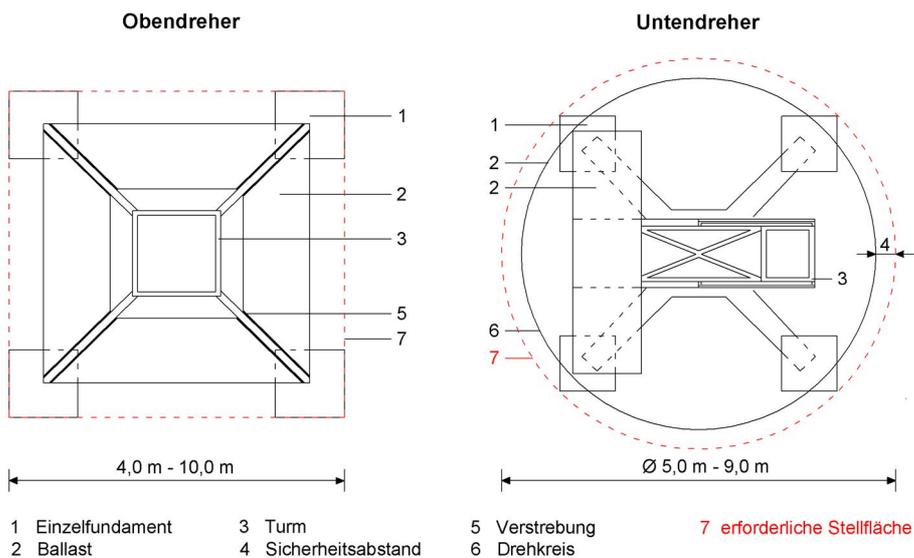


Abbildung 28: Stellfläche eines Oben- und Untendrehers gelagert auf Einzelfundamenten¹⁷⁰

Die kleinste Stellfläche wird bei Blockfundamente für eingespannte Krane (vgl. Abbildung 29) benötigt. Ein Nachteil zeigt sich bei der Zeitspanne, die für das Erhärten des Betonfundamentes notwendig ist. Darüber hinaus verbleiben die Ankerbolzen nach Abbau des Kranes in der Konstruktion.¹⁷¹

¹⁶⁸ vgl. SCHACH, R., OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 21.

¹⁶⁹ vgl. SCHACH, R., OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 23.

¹⁷⁰ vgl. SCHACH, R., OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 21.

¹⁷¹ vgl. SCHACH, R., OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 23.

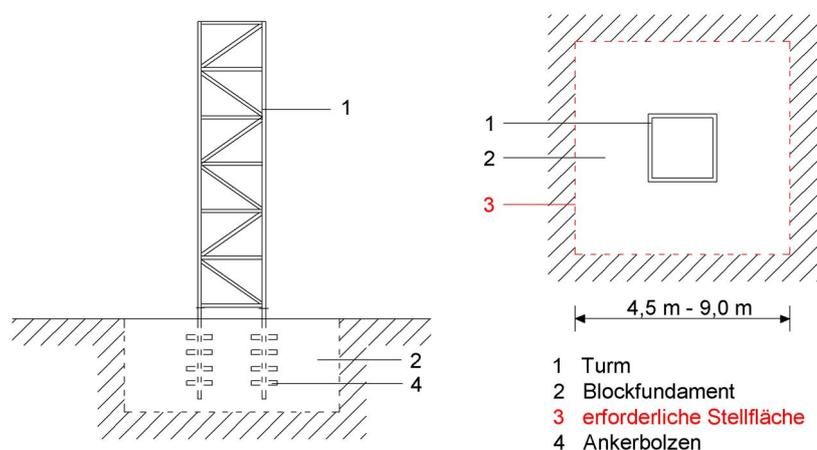


Abbildung 29: Stellfläche eines im Blockfundament eingespannten Obendrehers

4.3.4.2 Ermittlung der Stellfläche für Montage und Demontage

In Abhängigkeit vom ausgewählten Gerät ergibt sich der Ablauf der Montage und Demontage, der kompatibel mit dem Platzbedarf sein muss. Es müssen Stellflächen für Transportfahrzeuge, Zu- und Abfahrtsstraßen vorgesehen werden.

Für einen mittleren straßenverkehrstauglichen Untendreher sind Abmessungen von $l = 16,0$ m, $h = 4,0$ m, $b = 2,5$ m und eine durchschnittliche Masse von 20 t zu erwarten.¹⁷²

Bei Obendrehern sind zur Anlieferung der Teile abhängig von der Krangröße eine Anzahl von Sattelzügen erforderlich. Eine geeignete Radienwahl für Kurvenfahrten entlang der Baustraße und Entladestellen ist im Zuge der Planung zu beachten. Für einen großen Obendreher werden 8 bis 10 Sattelzüge mit einer Länge von etwa 18 m benötigt.¹⁷³

Weiters benötigen Obendreher für den Auf- und Abbau einen Fahrzeugkran. Je nach erforderlicher Traglast werden die Fahrzeugkrane in drei Gruppen (vgl. Tabelle 14) klassifiziert. Zur Krafteinleitung in den Untergrund werden seitliche Pratzen ausgefahren, die mit lastverteilenden Platten aus Stahlplatten, Kanthölzer oder Bohlen unterlegt werden können. Zusätzlich müssen Sicherheitsabstände, in etwa zu Baugruben oder andere Teilen der Umgebung eingehalten werden. Zusammenfassend ergibt sich daraus die tatsächlich erforderliche Stellfläche für das Montagegerät (vgl. Abbildung 30). Ein großer

¹⁷² vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 29.

¹⁷³ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. a.a.O.

Obendreher benötigt für die Montage und Demontage einen großen Fahrzeugkran mit einer erforderlichen Stellfläche von etwa 20 x 10 m.¹⁷⁴

Tabelle 14: Fahrzeugkrane zur Montage und Demontage von Obendrehern¹⁷⁵

Größe des Kranes	max. erf. Stellfläche l x b [m]	max. Hubhöhe [m]	max. Ausladung [m]	max. Traglast [t]	Traglast [t] bei max. Ausladung [m]
kleiner Fahrzeugkran 35-Tonner, 2-Achser, 24 t Einsatzmasse	11 x 7	45	40	35 t bei 3 m Ausladung	0,5 t bei 40 m Ausladung
mittlerer Fahrzeugkran 100-Tonner, 4-Achser, 50 t Einsatzmasse	13 x 8	75	60	100 t bei 3 m Ausladung	1,0 t bei 50 m Ausladung
großer Fahrzeugkran 300-Tonner, 6-Achser, 75 t Einsatzmasse	20 x 10	115	90	300 t bei 3 m Ausladung	1,0 t bei 70 m Ausladung

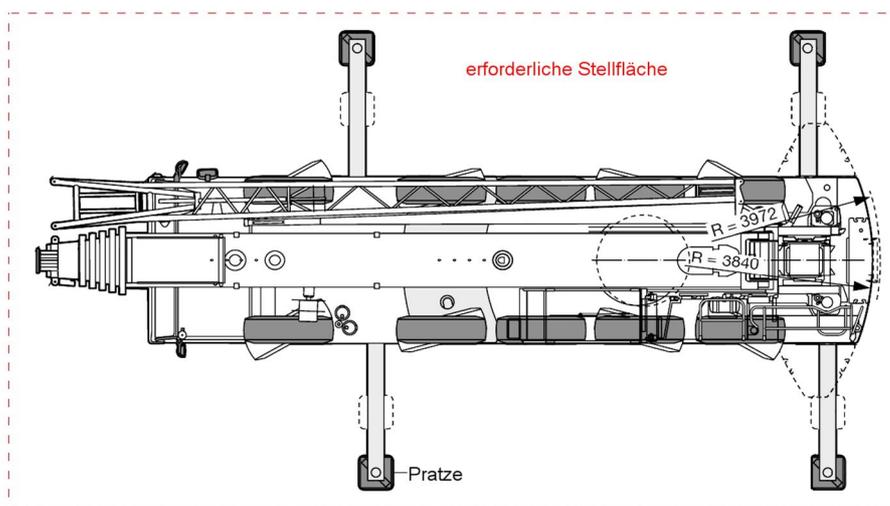


Abbildung 30: Erforderliche Stellfläche für einen Autokran¹⁷⁶

¹⁷⁴ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 33ff.

¹⁷⁵ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 34.

¹⁷⁶ vgl. LIEBHERR: Produktnutzen LTM 1100-5.2, http://www.liebherr.com/AT/de-DE/products_at/wfw/id-7932-0/measure-metric/tab-5515_1477, Zugriff am 12.03.2012 12:00.

Besteht keine Platzreserve zur Montage- oder Demontage des Hebezeugs wird von Herstellern ein An- oder Abbau mit dem Flugzeug ermöglicht, was aber sehr hohe Kosten verursacht.

4.3.5 Faktor Krananzahl

Für die Errichtung eines Bauvorhabens in einer vorgegeben Bauzeit ist es oftmals erforderlich mehrere Krane gleichzeitig einzusetzen. Die Ermittlung der Krananzahl wird bereits im Kapitel 2 eingehend behandelt.

Um eine effiziente Nutzung von mehreren Kranen zu erlangen, sollten bei der Positionierung folgende Punkten beachtet werden.

Zur Übersichtlichkeit sollte ein Durchnummerieren der Krane mit einem großen Schriftzug an den Geräten erfolgen. Eine Anforderung oder Zuordnung von Arbeitsanweisungen wird dadurch effektiver ermöglicht.

Bei der Anordnung der Arbeitsbereiche und der dafür verantwortlichen Krane dürfen keine ‚toten‘ Winkel entstehen. Deshalb sollte bei der Planung ein Überlappungsbereich vorgesehen werden. Eine Weitergabe des Förderguts von einem zum nächsten Kran sollte vermieden werden.

Eine gegenseitige Behinderung der Krane sollte bereits bei der Planung berücksichtigt werden.

4.3.6 Faktor Sichtfeld

Bei der Positionierung und Auswahl von Kranen wird häufig die Sichtproblematik und der damit einhergehende Produktivitätsverlust unterschätzt.

Bei Obendrehern überblickt der Kranführer das Baufeld aus der in Auslegerhöhe liegenden Führerkabine. Untendreher bieten wegen der am Boden positionierten Führerkabine ein eingeschränkteres Sichtfeld. In beiden Fällen ist der Kranführer oftmals auf die Instruktionen des Einweisungspersonals angewiesen. Bei parallel arbeitenden Arbeitsgruppen ergeben sich für den Kranführer mehrere Bedienstellen, die oft den simultanen Einsatz des Einweisers erfordern.

Es werden fünf Fälle von Sichtbeeinträchtigungen unterschieden:¹⁷⁷

- Sichtbehinderung durch den Arbeitsbereich selbst
 - z.B. Gebäude oder Bewuchs versperrt die Sicht zu den Lade- oder Entladestellen

¹⁷⁷ vgl. SHAPIRA, A.; ROSENFELD, Y.; MIZRAHI, I.: Vision Systems for Tower Cranes, in: Journal of Construction Engineering and Management, 05/2008, S. 320ff.

- schlechte Lichtverhältnisse
z.B. Dämmerung, Nacht
- Wechsel von Lichtverhältnissen
z.B. Schatten, dunkle Arbeitsbereiche wie Schächte oder Lifte
- ungünstiger Einsichtswinkel
z.B. große Einbauteile mit genauer Positionierung
- hohe vertikale Sichtentfernung
z.B. Bau von Hochhäusern

Der letzte Punkt spiegelt die Tatsache wider, dass Krane unnotwendigerweise ihre vollständige Höhe bereits zu Baubeginn aufweisen (abgesehen von Kletterkranen). Der Grund dafür liegt einerseits im Platzmangel am Baufeld, der einer Erhöhung des Gerätes bei fortschreitenden Bauarbeiten widerspricht. Andererseits entstehen durch die ständigen Montagearbeiten Unterbrechungen während des Baufortschrittes, die eine Kostenerhöhung verursachen können.

Die Sichtbeeinträchtigungen können durch die Planung nicht gänzlich eliminiert werden. Eine Reduktion von offensichtlichen Hindernissen ist jedoch durch die Festlegung eines geeigneten Kranstandortes möglich.

Eine weitere Alternative zur Verbesserung des Sichtfeldes bietet ein am Kran installiertes Kamerasystem. Von einer auf das Transportgut gerichteten Kamera werden Daten auf einem im Führerhaus installierten Bildschirm übertragen, die dem Kranführer eine neue Sichtperspektive eröffnen. Das System ermöglicht eine ununterbrochene Sicht sowohl auf Arbeitsbereiche als auch auf Transportvorgänge und fördert zusätzlich den Sicherheitsaspekt.¹⁷⁸

Arbeitsstudien haben ergeben, dass der Effekt von Sichtsystemen zu einer Verkürzung der Spielzeit und in weiterer Folge zu einer Produktivitätssteigerung führt. Diese Feststellung beruht darauf, dass Bewegungen gleichzeitig ausgeführt werden, solange der Kranführer den Haken sehen kann. Befindet sich der Haken außer seinem Sichtfeld werden fortlaufende, langsamere Bewegungen ausgeführt.¹⁷⁹

Im Gegensatz zu Amerika hat sich in Europa der Einsatz von Sichtsystemen dieser Art noch nicht durchgesetzt.

¹⁷⁸ vgl. Mobile Turmdrehkrane: <http://www.ortaco.de/mobile-turmkrane.htm>, Zugriff am 03.03.2012 17:00.

¹⁷⁹ vgl. SHAPIRA, A.; ROSENFELD, Y.; MIZRAHI, I.: Vision Systems for Tower Cranes, in: Journal of Construction Engineering and Management, 05/2008, S. 320ff.

4.3.7 Gerätespezifische Faktoren

Für eine bauausführende Firma stehen vor allem die Kostenfrage und die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Es besteht die Möglichkeit ein Miet- oder Kaufgerät einzusetzen. Ist die Verfügbarkeit des erforderlichen Kranes firmenintern nicht gegeben, muss auf einen Mietkran zurückgegriffen werden.

Ein Mietkran gestattet eine freie Auswahl der technischen Kenngrößen, womit gegebenenfalls eine bessere Baustellenadaptierung erreicht werden kann. Nach einer Produkthanfrage liefert der Hersteller die technischen Details des Gerätes, die sodann bei der Planung berücksichtigt werden können.

Generell ist ein Bauunternehmen bestrebt, den überwiegenden Bedarf mit firmeninternen Geräten abzudecken.¹⁸⁰

Jedes Hebezeug weist abhängig von Ausführungstyp bestimmte Grenzen auf, die durch seine technischen Kenngrößen beschrieben werden (vgl. Kapitel 1). Bei der Kransituierung sollte zusätzlich zur Traglast, Ausladung, Lastmoment und Hubhöhe speziell die technische Kenngröße „Geschwindigkeit“ (vgl. Kapitel 1.5.5) beachtet werden.

Allgemein kann festgestellt werden, dass eine Lastenbeförderung umso schneller möglich ist, je weniger Eigengewicht aus den Kranteilen mitbewegt wird. Mit dieser Feststellung kann eine Priorisierung der Bewegungsabläufe eines Kranes erfolgen (vgl. Tabelle 15). Dabei wird die Kranbewegung „Heben und Senken“ als führende Rangordnung mit „1“ und „Verfahren des ganzen Kranes“ als langsamste Bewegung mit „6“ bewertet.¹⁸¹

„Grundsätzlich ist bei der Anordnung aller Kranarten darauf zu achten, dass die rascheste Bewegungsart lagemäßig Vorrang vor den schwerfälligeren Bewegungen hat, ...“¹⁸²

Bei Verladearbeiten sind zweckmäßig die langsamsten Bewegungen durch entsprechende Zufahrten und Stellflächen zu vermeiden. Insbesondere sollte bei Leistungskranen im Dauerbetrieb auf eine günstige Positionierung geachtet werden. Fahrbare Turmdrehkrane sollten so aufgestellt werden, dass der Schwenkanteil möglichst gering gehalten und ein Stellungswechsel nur in Pausen getätigt wird.¹⁸³

¹⁸⁰ vgl. BARGSTÄDT, H.J.; BLICKLING, A.; KATH, T.: Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3-D-Technologien, in: Hoch & Tiefbau, 01-02/2004, S. 24.

¹⁸¹ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 2.

¹⁸² TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 26.

¹⁸³ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, a.a.O.

Tabelle 15: Rangordnung von Kranbewegungen¹⁸⁴

Rangordnung	Kranbewegung
1	Heben und Senken
2	Katzfahren
3	Ausleger schwenken
4	Ausleger teleskopieren
5	Auslegerneigung verstellen
6	Verfahren des ganzen Kranes

Abbildung 31 zeigt einen rechteckigen Grundrissquerschnitt eines Bauwerks mit drei Varianten für einen stationären Kranstandort. Das Zusammenspiel von Einbauort und Lagerflächen für Schalung und Bewehrung wird unter der Annahme untersucht, dass das Schwenken den größten Zeitanteil verursacht und deshalb reduziert werden sollte. Weitere Bewegungsabläufe sowie der Betoneinbau werden zur Vereinfachung in dieser Betrachtung vernachlässigt. Als Bezugspunkte werden die Mittelpunkte der Grundriss- und der Lagerflächen herangezogen.

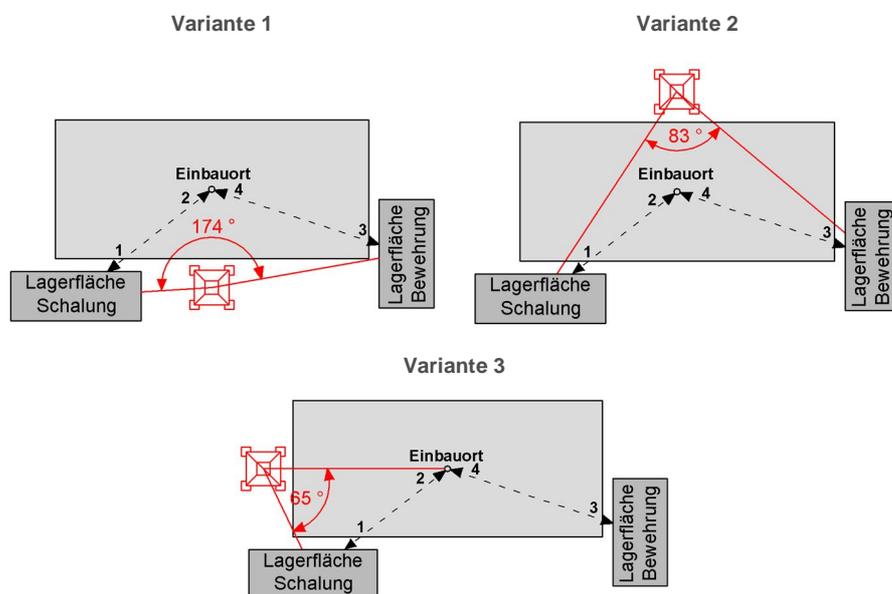


Abbildung 31: Vergleich von Schwenkradien zufolge der Kranstandorte

¹⁸⁴ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 2.

Bei Variante 1 und Variante 2 wird der Kranstandort längsseitig des Gebäudes positioniert. Variante 1 weist den größten maximalen Öffnungswinkel für das Schwenken von 174° auf. Bei Variante 2 hingegen, kann die Schwenkbewegung auf 83° reduziert werden. Bei Variante 3 wird der Kran linksseitig des Gebäudes positioniert, wodurch der Schwenkbereich nur noch 65° beträgt. Dies entspricht in etwa 38 % des Schwenkanteils der Variante 1.

Der Vergleich eines Bewegungszyklus hinsichtlich der Schwenkbewegung (vgl. Tabelle 16), verdeutlicht den Unterschied beim Schwenkanteil. Variante 1 weist mit 348° den größten Schwenkanteil auf, während Variante 2 mit 166° von Variante 1 mit 150° sogar noch unterboten wird.

Tabelle 16: Schwenkradienvergleich für einen Bewegungszyklus bei Variante 1, Variante 2 und Variante 3

Nr.	Bewegungsfolge	Schwenkwinkel [°]		
		Variante 1	Variante 2	Variante 3
1	Einbauort	94	33	65
	Lagerfläche Schalung			
2	Lagerfläche Schalung	94	33	65
	Einbauort			
3	Einbauort	80	50	10
	Lagerfläche Bewehrung			
4	Lagerfläche Bewehrung	80	50	10
	Einbauort			
Summe		348	166	150

4.3.8 Faktor Fertigungsabschnitt

Ein wesentlicher Aspekt bei den baubetrieblichen Abläufen stellt die Unterteilung eines Bauwerks in seine Fertigungsabschnitte dar. Die Fertigungsabschnitte definieren den Arbeitsraum der Arbeitspartien, in denen sie sich von Abschnitt zu Abschnitt bewegen und ihre Tätigkeiten ausführen.¹⁸⁵

Die Kranstandorte sind so zu wählen, dass eine günstige Arbeitsfeldverteilung vorliegt und gleich große Tätigkeitsfelder mit gleichmäßiger Kranauslastung zugeordnet werden.¹⁸⁶

¹⁸⁵ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 75.

¹⁸⁶ vgl. SPRANZ, S.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S. 139.

Für eine Positionierung des Kranes nahe am Fertigungsschwerpunkt jedes Fertigungsabschnittes, kann sich eine Ermittlung der Schwerpunkte als nützlich erweisen.

*„Weiterhin kann es für die Bestimmung der erforderlichen Kranstandorte hilfreich sein, die „Schwerpunkte“ der zu transportierenden Mengen im Gebäudegrundriss zu ermitteln. Sind diese Bereiche als kritisch einzuschätzen, sollten diese Bereiche von mehreren Kranen überstrichen werden“.*¹⁸⁷

Der Fertigungsschwerpunkt kann aus der Betonkubatur [m³] oder aus dem umbauten Raum [m²] bestimmt werden. Die Massenermittlung ist getrennt nach den Fertigungsabschnitten über die gesamte Gebäudehöhe durchzuführen. Vor allem bei Decken und Fundamentplatten ist die Ermittlung des Körperschwerpunktes sehr rasch zu errechnen. Bei Wänden bedarf es eines größeren Aufwandes, daher ist eine tabellarische Auflistung erstrebenswert.

Aus der Summe der ermittelten Einzelmassen V_i [m² oder m³] und den dazugehörigen Abständen x_{si} [m], y_{si} [m], z_{si} [m] kann der Schwerpunkt x_s [m], y_s [m] und z_s [m] berechnet werden. Glg. [4.1], [4.2] und [4.3] zeigen die Formeln zur Berechnung des Körperschwerpunktes.

Die Berechnung des Fertigungsschwerpunktes kann auch im Zuge der Spielzeitberechnung (vgl. Kapitel 2.2.3) eingesetzt werden. Zur Lagepositionierung des Kranes sind hauptsächlich die Schwerpunkte um die x- und y- Achse von Bedeutung.

$$x_s = \frac{\sum V_i * x_{si}}{\sum V_i} \quad [4.1]$$

$$y_s = \frac{\sum V_i * y_{si}}{\sum V_i} \quad [4.2]$$

$$z_s = \frac{\sum V_i * z_{si}}{\sum V_i} \quad [4.3]$$

Beispielhaft wird folgend die Berechnung des Gesamtkörperschwerpunktes x_s , y_s für die Geschossdecken und die Fundamentplatte, einerseits für die Betonkubatur und andererseits für den umbauten Raum durchgeführt. Das Gebäude ist in zwei Fertigungsabschnitte unterteilt (FA1 und FA2). Die Abmessungen und weitere Angaben sind aus Abbildung 32 zu entnehmen.

- Fertigungsschwerpunkt aus Betonkubatur:

$$V_{FA1} = 12 * (45 * 20) * 0,25 + (45 * 25) * 0,50 = 3150 \text{ m}^3$$

¹⁸⁷ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 18.

$$V_{FA2} = 10 * (25 * 35) * 0,25 + (25 * 35) * 0,50 = 2625 \text{ m}^3$$

$$x_s = \frac{3150 * 22,5 + 2625 * 12,5}{3150 + 2625} = 17,95 \text{ m}$$

$$y_s = \frac{3150 * 10 + 2625 * 37,5}{3150 + 2625} = 22,50 \text{ m}$$

- Fertigungsschwerpunkt aus umbautem Raum:

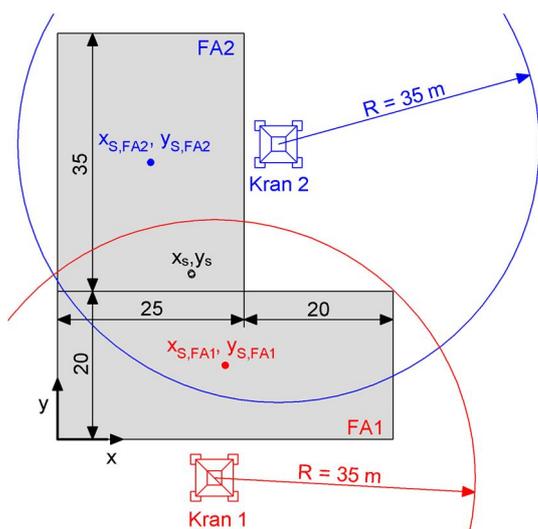
$$V_{FA1} = 12 * (45 * 20) * 3,20 + (45 * 25) * 0,50 = 35010 \text{ m}^3$$

$$V_{FA2} = 10 * (25 * 35) * 3,20 + (25 * 35) * 0,50 = 28437,5 \text{ m}^3$$

$$x_s = \frac{35010 * 22,5 + 28437,5 * 12,5}{35010 + 28437,5} = 18,02 \text{ m}$$

$$y_s = \frac{35010 * 10 + 28437,5 * 37,5}{35010 + 28437,5} = 22,30 \text{ m}$$

Sowohl der Gesamtmassenschwerpunkt, als auch die Einzelmassenschwerpunkte der Fertigungsabschnitte werden in Abbildung 32 dargestellt. In Anbetracht der Ergebnisse wird ein Lösungsvorschlag für die Positionierung der Krane gezeigt. Kran 1 deckt vollständig den FA1 ab. Mit Kran 2 wird der FA2 bedient. Die Kranstandorte werden so gewählt, dass sie möglichst nahe an den Fertigungsschwerpunkten liegen und das Bauwerk vollständig überschwenken.



Angaben zum Gebäude:

Anzahl der Geschosse FA1: 12

Anzahl der Geschosse FA2: 10

Deckenstärke: 0,25 m

Dicke Fundamentplatte: 0,50 m

Geschosshöhe: 3,20 m

x_s, y_s : Gesamtmassenschwerpunkt

$x_{s,FA}, y_{s,FA}$: Einzelmassenschwerpunkte

Abbildung 32: Ermittlung des Massenschwerpunktes bei mehreren Fertigungsabschnitten

4.3.9 Faktor Bauverfahren

Die Wahl der Bauverfahren bestimmt, ob kranabhängige oder kranunabhängige Transportvorgänge notwendig sind. Im Zuge der Rohbauarbeiten ist für den Kran vor allem mit folgenden Tätigkeiten zu rechnen:

- Heben von Schalung
- Einbau von Bewehrung
- Betonieren mit dem Kübel
- Verlegen von Fertigteilen

Durch das Bauverfahren werden das Transportgut, die Transportgröße, der Kranbedarf und das Anschlagmittel bestimmt. Die Wahl des Bauverfahrens legt fest, ob, wo und wie viele Krane auf der Baustelle benötigt werden.

Abbildung 33 zeigt den Kranbedarf bei Schalarbeiten. Krane können sowohl für Abladen, Grundmontage, Umbauten, Umsetzen, Zwischenlagern, Demontage und Aufladen von Schalelementen zum Einsatz kommen. Schalungen, die außerhalb der Reichweite von Kranen liegen, müssen händisch bewegt werden können.¹⁸⁸

Wird in etwa ein kranunabhängiges Schalverfahren eingesetzt, ist ein Zugriff zur Lagerfläche der Schalung nicht zwingend notwendig. Der Kranstandort ist demnach unabhängig zur Schalungslagerfläche.

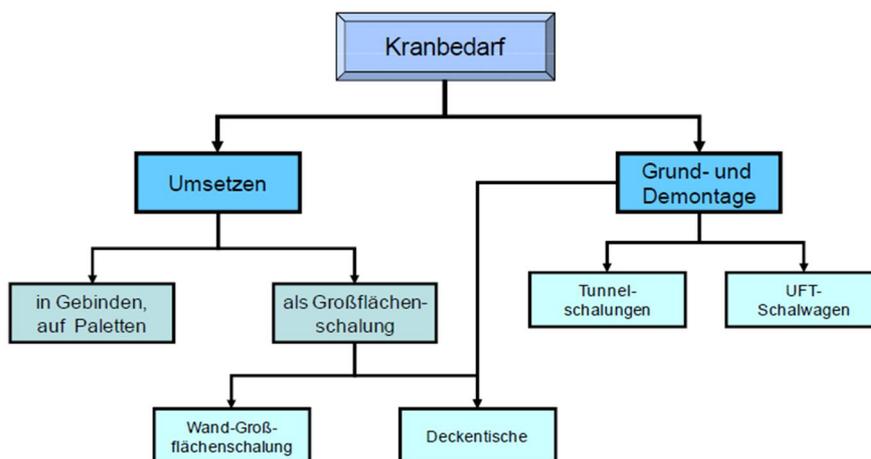


Abbildung 33: Kranbedarf bei Schalarbeiten¹⁸⁹

¹⁸⁸ vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, S. 18.

¹⁸⁹ HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten, S. 18.

Bewehrungssysteme können kranabhängig oder kranunabhängig transportiert werden. Es können sowohl vorgefertigte, als auch an den Flechtplätzen produzierte Bewehrungen eingesetzt werden. Der Kranbedarf für Bewehrungsarbeiten wird in Abbildung 34 dargestellt. Werden kranunabhängige Bewehrungselemente eingesetzt, muss die Bewehrung händisch transportiert werden. Folglich sollte die Bewehrung möglichst nahe am Verlegeort abgeladen werden.¹⁹⁰

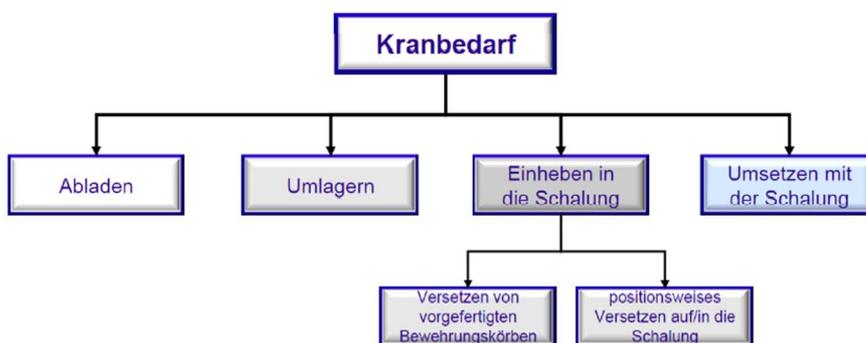


Abbildung 34: Kranbedarf bei Bewehrungsarbeiten¹⁹¹

Wird der Beton durch eine Pumpe eingebracht, entfällt der Transportanteil für das Betonieren, weshalb der Kranstandort anderen Tätigkeiten anzupassen ist.

Werden Fertigteile statt Ortbeton eingesetzt, bleiben die Einzeltätigkeiten Schalen, Bewehren und Betonieren aus. Der Zugriff zum Fertigteillager oder zur Anlieferungsstelle der Fertigteile steht im Vordergrund und sollte bei der Wahl des Kranstandortes berücksichtigt werden.

4.3.10 Bauwerksbedingte Faktoren

Die Form eines Bauwerks wird über seine Geometrie beschrieben. Die Geometrie und der Einsatz von Baustoffen sind bedeutende Faktoren sowohl für die Wahl des Kranes als auch für seinen Standort. Ziel ist es, eine vollkommene Bauwerksabdeckung (Grund- und Aufriss) zu gewährleisten, um alle Arbeitsbereiche bedienen zu können. Vor allem bei weitläufigen oder komplizierten Gebäudegrundrissen ist eine Abdeckung schwieriger, daher bedarf es der Anordnung mehrerer stationärer Kranstandorte oder ortsunabhängiger Krane.

Die erforderliche Höhe des Kranes wird hauptsächlich von der Gebäudehöhe des zu errichtenden Bauwerks, den Nachbarbebauungen, den

¹⁹⁰ vgl. HOFSTADLER, C.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, S. 16.

¹⁹¹ HOFSTADLER, C.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, S. 16.

Arbeitsbereichen anderer Krane und den Sicherheitsabständen bestimmt (vgl. auch Kapitel 4.3.2.2 und Abbildung 25). Wird der Kran in einer Baugrube positioniert, ist zusätzlich benötigte Höhe für den Turm zu berücksichtigen.

Die erforderliche Auslegerlänge wird unter anderem vom Verhältnis Breite zu Länge der Grundrissfläche bestimmt. Zusätzlich zum Bauwerksgrundriss wirkt sich der Platzbedarf von Baugruben und dessen Böschungen auf die Auslegerlänge aus. Beim Einsatz von Turmdrehkränen mit langen Auslegern ist zu beachten, dass die maximale Tragfähigkeit mit der Entfernung von Kranstandort abnimmt (vgl. Kapitel 4.3.13).

Abbildung 35 zeigt drei Varianten für stationäre Kranstandorte in Abhängigkeit von der Auslegerlänge und der Bauwerksabdeckung. Weitere Faktoren, die bei der Standortwahl oder der Kapazitätsplanung einfließen, werden zur Vereinfachung für diese Betrachtung vernachlässigt.

Für die Variante 1 werden zwei Krane seitlich des Gebäudes positioniert, wodurch eine Auslegerlänge von $R = 30\text{ m}$ zur Grundrissabdeckung ausreicht. Der Kranstandort von Variante 2 befindet sich linksseitig des Bauwerks und benötigt zur vollständigen Abdeckung des Arbeitsbereiches einen Schwenkradius von $R = 50\text{ m}$. Bei Variante 3 wird der Kran mit einem Schwenkradius von $R = 35\text{ m}$ an der Längsseite des Gebäudes situiert.

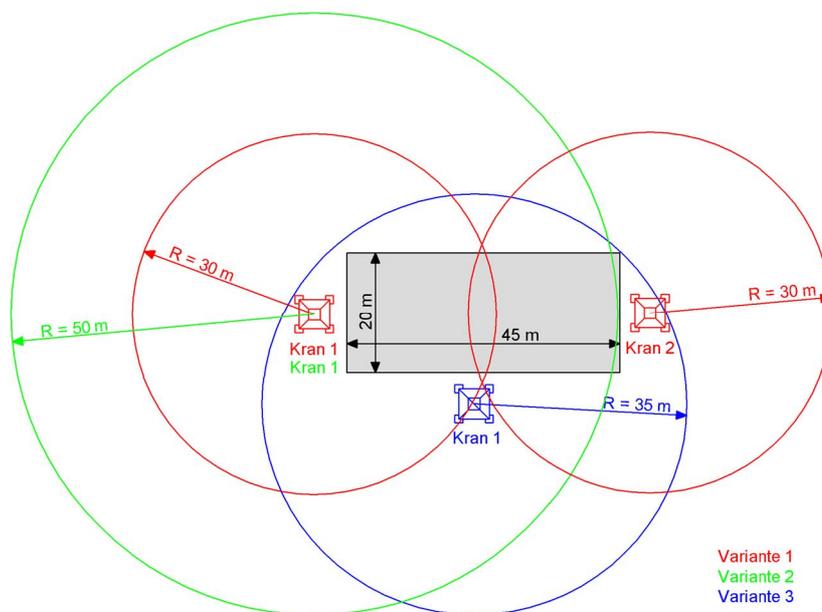


Abbildung 35: Varianten bei der Standortwahl mit verschiedenen Auslegerlängen

4.3.11 Umgebungsbedingte Faktoren

Im Gegensatz zu den Baustelleneinrichtungselementen, die einen flexiblen Standort aufweisen, sind Elemente der Umgebung räumlich gebunden und können nicht verändert werden. Dadurch werden sie zu Hindernissen für den Kran. Diese Barrieren wirken sich sowohl auf die Kranauswahl als auch auf den Kranstandort aus. Deshalb ist die Umgebung genau zu untersuchen und im Zuge der Kranstandortplanung sind rechtzeitig Maßnahmen einzuplanen.

Zu den Elementen der Umgebung zählen unter anderem:

- Nachbarbebauungen
z.B. Gebäude, Stützmauern
- öffentlicher Verkehrsraum
z.B. Straßen, Gehwege, Anflugschneisen
- Bewuchs
z.B. Bäume
- elektrische Freileitungen

Weiters können korrespondierende Baustelleneinrichtungselemente oder Standorte von anderen Geräten zu einem Teil der Umgebung werden und ein Hindernis für einen Kran darstellen.

Um eine Kollision vom Kran mit den Objekten der Umgebung zu vermeiden, können allgemein zwei Möglichkeiten unterschieden werden:

1. Anpassung durch das Gerät
 - Variation vom Auslegertyp
 - Erhöhung der Auslegerstellung
 - Verkürzung der Auslegerlänge
 - Steuerungssysteme
2. Veränderung des Kranstandortes

Infolge von Hindernissen kann eine Anpassung durch das Geräte mit der Variation des Auslegertyps durchgeführt werden. Im Gegensatz zum Knick- oder Nadelausleger ist beim Laufkatzenausleger (vgl. Kapitel 1.4) die Auslegerhöhe nicht verstellbar. Eine Erhöhung der Auslegerstellung ist demnach nur durch zusätzliche Turmstücke zu erreichen. Ist die Anordnung einer höheren Auslegerstellung nicht möglich, kann eine Kollision mit der Umgebung auch durch einen verkürzter Ausleger vermieden werden. Es müssen alle zu bedienenden Stellen dennoch erreicht werden können. Weiters kann das Hebezeug mit Steuerungs-

systemen (vgl. 1.3.9) ausgestattet sein, die einer Kollision mit der Umgebung vorbeugen.

Kann keine Anpassung durch das Gerät selbst erfolgen, ist eine Veränderung des Kranstandortes notwendig.

4.3.12 Firmenspezifische Faktoren

Die Firmenpolitik legt fest, wie viel Zeit und welche Werkzeuge (Datenbanken, Programme) für die Planung der Baustelleneinrichtung zur Verfügung stehen. Es wird demnach nicht immer möglich sein, sämtliche Berechnungsverfahren in einer festgelegten Zeit anzuwenden um alle Einflussfaktoren gründlich zu untersuchen. So werden virtuelle Baustelleneinsatzplaner nur selten von der Firma zur Verfügung gestellt.

Jede Firma besitzt einen internen Wissenspool, der sich im Laufe ihres Bestehens ansammelt. Wissen und Erfahrungen aus bereits bearbeiteten Projekten können in die Baustelleneinrichtungsplanung von neuen Projekten einfließen. Eine sorgfältige Dokumentation ist nötig, damit ein Wissensfluss garantiert werden kann.

Methoden zur Bestimmung der Krananzahl (vgl. Kapitel 2.2) können durch firmeninternes Wissen erweitert und optimiert werden.

Erfahrungen, die bereits aus unterschiedlichen Kranstandorten gewonnen wurden, können als Vorgabe in neue Planungen einfließen.

4.3.13 Faktor Fördergut

Abhängig vom Bauvorhaben und den vorgesehenen Bauverfahren ergeben sich die vom Kran zu transportierende Fördergüter, wie etwa Beton, Schalung, Stahl, Ziegel oder Fertigteile.

Dabei spielen vor allem die Transportentfernungen zwischen Kranstandort, Lagerfläche und Einbauort verbunden mit den maßgebenden Transportmassen eine bestimmende Rolle sowohl bei der Auswahl des erforderlichen Gerätes als auch beim Kranstandort.

Die zu hebende Masse m_M [kg] eines Förderguts wird nach Glg.[4.4] . bestimmt. Zur Berücksichtigung von Maßtoleranzen, unterschiedlicher Dichten der Baustoffe und der Durchfeuchtung ist für die Berechnung die Masse des zu hebenden Teiles m_e [kg] mit einem Sicherheitsbeiwert ϕ [-] (vgl. Tabelle 17) zu multiplizieren. Die berichtigte Masse ist mit der Masse des Lastaufnahmemittels m_{LAM} [kg] zu addieren.¹⁹² Die Massen der Lastaufnahmemittel sind aus den Herstellerkatalogen zu entnehmen.

¹⁹² vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, S. 163.

$$m_M = m_e * \varphi + m_{LAM} \quad [4.4]^{193}$$

Tabelle 17: Sicherheitsfaktor zur Berechnung der zu hebenden Masse¹⁹⁴

Werkstoff	Sicherheitsbeiwert φ [-]
Stahl, farbkonserviert	1,03
Stahl, feuerverzinkt	1,07
Schwerbeton	1,10
Leichtbeton	1,30
Holz	1,25

Die maximale Traglast wird vorwiegend durch die Lastfälle Betontransport oder den Transport von Fertigteilen bestimmt.¹⁹⁵ Die Last der Schalungselemente oder der Bewehrung ist nur in seltenen Fällen maßgebend.

Die Masse für den Betontransport ergibt sich aus dem Kübel, dem Frischbeton (vgl. Tabelle 18) und den Elementen der Lastaufnahme-einrichtung. Zur Ermittlung der Masse zufolge vom Frischbeton kann mit einer durchschnittlichen Dichte von $\rho = 2,1 \text{ t/m}^3$ gerechnet werden. Eine Entfernung vom Fahrmischer bis zur Einbaustelle ist zu überwinden.

Tabelle 18: Masse für den Betontransport (Kübel ohne Personenbeförderung)¹⁹⁶

Fassungsvermögen [l]	Kübel ohne Beton [kg]	durchschnittliche Masse Kübel mit Beton [kg]
500	150 – 200	1.400
750	200 – 270	2.000
1.000	220 – 350	2.800
1.500	370 – 450	4.000
2.000	450 – 500	5.300

¹⁹³ PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, S. 163.

¹⁹⁴ vgl. PROPOROWITZ, A. (Hrsg.): Baubetrieb – Bauverfahren, a.a.O.

¹⁹⁵ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J: Baustelleneinrichtung, S. 25.

¹⁹⁶ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J: Baustelleneinrichtung, S. 26.

Für den Transport von Fertigteilen dient zur Bemessung des Kranes als hilfreiches Werkzeug eine Tabelle mit den maßgebenden Elementen und der dazugehörigen Transportentfernung. Vor allem weil Fertigteile in der Regel nicht zerlegbar sind, bedarf es einer gründlichen Betrachtung. Eine Transportunterstützung durch den Einsatz eines Fahrzeugkrans oder sonstiger Transporteinrichtungen erweist sich in einzelne Fälle als sinnvoll, um eine Überdimensionierung vom Kran zu vermeiden.¹⁹⁷

Bei Schalungselementen ist die Masse vorwiegend von der Elementgröße abhängig (vgl. Tabelle 19).

Tabelle 19: Masse von Schalungselementen¹⁹⁸

Schalungselement (aus der Produktpalette von PERI)	Abmessungen [m]	Masse je	
		Element [kg]	kg/m ²
Abschalelement: Rahmenschalung z.B. TRIO	2,7 x 2,4	330	51
Standardelement: Trägerwandschalung z.B. VARIO	2,5 x 3,0	350	47
2-seitiges Stützenschalelement: Alu z.B. RAPID (mit Betonierplattform)	h = 3,0 b = 0,8	350	115
Rundsäulenschalung: Stahl z.B. SRS	h = 3,0 d = 0,5	350	115
Deckenschaltische für Deckenstärke 30 cm z.B. UNIPORTAL	4,0 x 5,0	1.000	50
Umsetzgabel – Entenschnabel für Deckentisch	o.A.	1.500	o.A.

Der Transport von Bewehrungselementen (vgl. Tabelle 20) wird zumeist in zusammengefassten Einheiten durchgeführt. Matten können stehend oder liegend gelagert werden, wobei bei einer liegenden Lagerung die Matten für den Transport leichter greifbar sind. Bei Matten mit einer Masse über 200 kg ist ein manuelles Heben kaum möglich und ein Hebwerkzeug wird zur Unterstützung benötigt.¹⁹⁹

¹⁹⁷ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J: Baustelleneinrichtung, S. 27.

¹⁹⁸ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J: Baustelleneinrichtung, a.a.O.

¹⁹⁹ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J: Baustelleneinrichtung, S. 120.

Tabelle 20: Masse von Bewehrungsmatten²⁰⁰

Bezeichnung Mattenstahl	Länge x Breite [m]	Masse je Matte [kg]
AQ50	6,0 x 2,4	44,35
AQ70		86,98
AQ100		177,70

Allgemein kann festgestellt werden, dass durch größere Mengen die je Hub befördert werden, die Kranbelegungswerte sinken. Darüber hinaus sind die Stundenansätze für das jeweilige Fertigungsverfahren umso geringer, desto größer das Fördergut ist.²⁰¹ Die maximalen Abmessungen der Transporteinheiten sind jedoch zu beachten.

Das Fördergut ist so zu lagern, dass es vom Kran schnell aufgenommen und vom Bodenpersonal durch einfache Handgriffe an- und abgeschlagen werden kann. Wegen der Zugänglichkeit für das An- und Abschlagen sollten bei den Lagerflächen Wege von mindestens 0,50 m Breite vorgesehen werden. Erst ein Unterlegen von Stapelhölzern vereinfacht oder ermöglicht das An- und Abschlagen von großen Lasten.²⁰²

4.3.14 Faktor Bauzeit

Die Bauzeit und die Produktionsmenge sind vorwiegend vertraglich festgelegt. Auf Basis dieser Daten lässt sich der notwendige Ressourceneinsatz (Arbeitskräfte, Geräte usw.) planen.

Bei der Ermittlung der Krananzahl stützen sich die meisten Berechnungsmodelle direkt auf die zur Verfügung stehende Bauzeit bzw. die Einsatzzeit der Krane (Kranmonate) oder indirekt auf Faktoren, die bereits auf Basis der Bauzeit ermittelt werden, wie in etwa der Kennwert „Arbeiter je Kran“ (vgl. Kapitel 2.2).

Die Länge der Bauzeit hat einen wesentlichen Einfluss auf die Bauausführung und bestimmt den wirtschaftlichen Einsatz der Produktionsfaktoren. Je kürzer eine Bauzeit ist, umso höher sind die Ansprüche an die Arbeitsvorbereitung.²⁰³

²⁰⁰ vgl.: Produktkatalog Filli: http://www.fillistahl.at/files/dokumente/bewehrung/aaq_26.pdf, Zugriff am 09.03.2012 18:00.

²⁰¹ vgl. BLECKEN, U.; MISCH, V.: Verfahrensoptimierung im Stahlbetonbau, in: Baumaschine + Bautechnik, S. 610.

²⁰² vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 117ff.

²⁰³ vgl. HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 153.

„Bei baubetrieblich zu kurzer Bauzeit muss beispielsweise überlegt werden, wie fehlende, weil nicht installierbare Krane, durch andere Transportmittel oder andere Bauweisen kompensiert werden können.“²⁰⁴

Es lassen sich nicht beliebig viele Krane auf einem Baufeld aufstellen. Demnach ist der Kran ein limitierender Faktor für die Bauzeit.²⁰⁵

Während der gesamten Bauzeit D_{GES} eines Bauvorhabens wird der Bauablauf in drei charakteristische Phasen gegliedert, die Anlauf- D_{AN} , die Haupt- D_{HP} und die Auslaufphase D_{AUS} . In der Anlauf- und in der Auslaufphase ist ein reduzierter Arbeitskräftebedarf zu vermerken, unterdessen ist in der Hauptbauzeit mit einem annähernd gleichbleibenden und dem maximalen Arbeitskräfteeinsatz AK_{MAX} zu rechnen. Näherungsweise kann die Gesamtdauer eines Bauprojekts in Abhängigkeit zur Anzahl der Arbeitskräfte als treppenförmig an- und absteigendes Trapez dargestellt werden. Abbildung 36 stellt die Gesamtbauzeit idealisiert dar.²⁰⁶

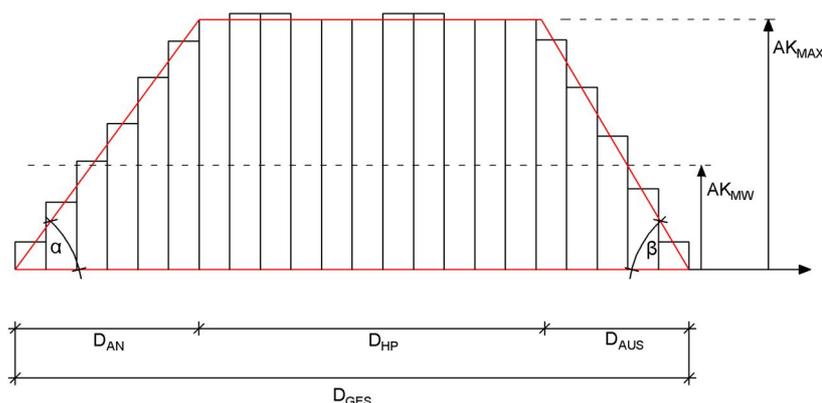


Abbildung 36: Darstellung der Anzahl der Arbeitskräfte über die Bauzeit²⁰⁷

Auch die Anzahl der Geräte auf der Baustelle wird dem Baufortschritt angepasst. In der Anlaufphase erfolgt ein schrittweises Aufbauen und Anliefern der Geräte, währenddessen in der Auslaufphase ein kontinuierlicher Abbau und die Rücklieferung zu erfolgen hat.

Exemplarisch wird in Abbildung 37 der zeitversetzte Einsatz der Krane in Abhängigkeit der Beschäftigten über die Bauzeit dargestellt. Drees/Repmann²⁰⁸ zeigen bei einem ausgewählten Projekt deutlich, die

²⁰⁴ HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/ Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 153.

²⁰⁵ vgl. BLECKEN, U.; MISCH, V.: Verfahrensoptimierung im Stahlbetonbau, in: Baumaschine + Bautechnik, S. 618.

²⁰⁶ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 56ff.

²⁰⁷ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 59.

²⁰⁸ vgl. DRESS, G.; REPMANN, G.: Kennzahlen für den Einsatz von Turmdrehkränen im Hochbau, in: Baumaschine + Bautechnik, S. 601ff.

Anpassung der Beschäftigungszahlen zur Krananzahl. Mit durchschnittlich 20 Beschäftigten je Kran werden in einer Bauzeit von etwa 1,5 Jahre maximal fünf Krane gleichzeitig eingesetzt. Kurzfristige Auslastungsspitzen, die den Bedarf eines weiteren Kranes begründen, werden in Kauf genommen.

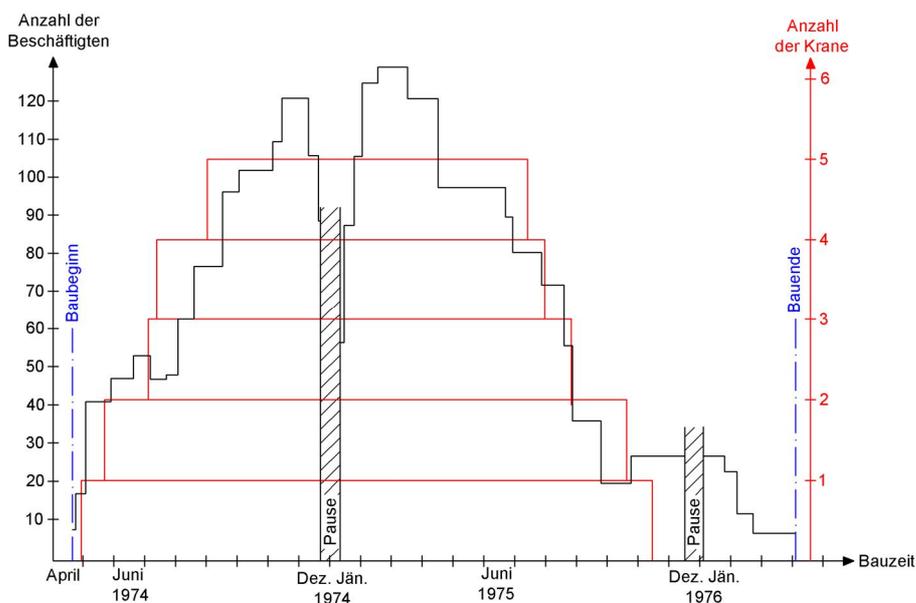


Abbildung 37: Anzahl der Krane und der Beschäftigten über die Bauzeit²⁰⁹

Eine parallele Darstellung von Arbeitskräften als auch von Kranen kann mit einem Ressourcenband erfolgen. (z.B. computerunterstützt mit Power Project oder Microsoft Project).

*Spranz*²¹⁰ empfiehlt bereits beim frühestmöglichen Beginn der Gründungs- und Kanalisationsarbeiten ein Hebezeug am Baufeld bereitzustellen. Für Erdarbeiten oder Verbauarbeiten wird kein Hebezeug benötigt, weshalb eine Vorlaufzeit bis zum Kraneinsatz zu berücksichtigen ist.

Um auf Veränderungen im Bauablauf reagieren zu können, ist für die Kransituierung eine Betrachtung der gesamten Bauzeit notwendig. Bei einer zeitlich versetzten Aufstellung von Kranen ist eine Zufahrt für die Montage bzw. Demontage zu ermöglichen und der benötigte Platz freizuhalten.

Eine nachträgliche Änderung oder Verstärkung der Kranauslastung ist nur eingeschränkt möglich, da die Integration eines zusätzlichen Kranstandortes mit Schwierigkeiten verbunden ist. Ein Austausch der

²⁰⁹ vgl. DRESS, G.: REPMANN, G.: Kennzahlen für den Einsatz von Turmdrehkränen im Hochbau, in: Baumaschine + Bautechnik, S. 605.

²¹⁰ vgl. SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau, S. 115.

vorhandenen Geräte durch leistungsfähigere ist zudem sehr aufwendig und der Effekt niedrig.²¹¹

Bei weiträumigen Baumaßnahmen ist ein Umsetzen der Hebezeuge während der Bauzeit denkbar.

4.3.15 Faktor Baustelleneinrichtung

Es wird darauf hingewiesen, dass die komplexen Zusammenhänge und die Bemessung der Baustelleneinrichtungselemente nicht Thema dieser Arbeit sind und deshalb auf eine eingehende Erläuterung verzichtet wird. Eine allgemeine Betrachtung ist dennoch nötig, um die Kranstandorte in Abhängigkeit zu den Baustelleneinrichtungselementen untersuchen zu können.

„Unter dem Begriff der Baustelleneinrichtungsplanung wird die Auswahl, Dimensionierung und Planung der räumlichen und zeitlichen Anordnung aller Produktions-, Lager-, Transport- und Arbeitsstätten und zugehörigen Ausrüstungen verstanden.“²¹²

Demnach ist die räumliche Anordnung der Krane und dessen Zusammenspiel mit den anderen Elementen der Baustelle ein wichtiges Kriterium bei der Baustelleneinrichtungsplanung.

„Fehler in der Baustelleneinrichtung – z.B.: falsche Standortwahl von stationären Geräten (z.B. Krane) – wirken sich negativ auf den Bauablauf, die Logistik und in weiterer Folge auf die Zielgrößen aus.“²¹³

Die Genauigkeit der Planung steht in Bezug zu der Verfügbarkeit des Einrichtungsgeländes. Kleine Baufelder mit beengten Platzverhältnissen bedingen eine intensivere Planung als große Baufelder. Bei großen Baufeldern sollte eine weitläufige Anordnung der Baustelleneinrichtungselemente vermieden werden, weshalb nahe am Bauwerk positionierte Elemente generell vorzuziehen sind.²¹⁴

„Alle Einrichtungsteile sind zwischen Zulieferungsseiten und endgültigem Einbau der Hauptbaustoffe mit Bedacht auf möglichst geringen Transportaufwand und Vermeidung von Behinderungen der Zulieferung des Einbaus anzuordnen.“²¹⁵

Dabei sollten keine Rückläufe oder Umwege bei den Transporten entstehen. Dieser Grundsatz ist jedoch auch bei einem idealen Zusammen-

²¹¹ vgl. BRÜSSEL, W.; KNOOP, R.: Störungsbedingte Veränderungen der Kranauslastung, S. 35.

²¹² SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 1.

²¹³ HOFSTADLER, C.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb, S. 13.

²¹⁴ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 11ff.

²¹⁵ TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 24.

spiel nicht einzuhalten, weil der Ort des Materialeinbaus und dadurch die räumliche Anordnung ständig wechseln.²¹⁶

Kranbereiche, vom gegebenen Bauwerk ausgehend, bilden meist den ersten Planungsschritt für den Platzbedarf der Einrichtung.²¹⁷

In der Planung ist die Distanz zwischen Aufstellort der Krane und den weiteren Baustelleneinrichtungselementen als flexibel zu betrachten. Aus diesem Vorteil der Beeinflussbarkeit werden folgend Hinweise für ein günstiges Zusammenspiel zwischen dem Kran und den Elementen aufgezeigt.

- Magazine

Speziell das hoch frequentierte Magazin sollte möglichst nahe am Bauwerk im Schwenkbereich der Krane positioniert werden.²¹⁸

- Unterkünfte

Unterkünfte sollten aus Sicherheitsgründen nicht im Schwenkbereich der Krane liegen.²¹⁹

- Lagerfläche Mauersteine

„Zudem ist anzustreben, bei Kranentladung die Mauersteine direkt beim späteren Einbauort zwischenzulagern. (...) Es ist zu beachten, dass die Paletten mit ausreichendem Abstand gelagert werden, um sie später mit den Lastaufnahmemitteln heben zu können.“²²⁰

- Lagerfläche Betonstabstahl

Die Lagerflächen für Betonstabstahl sollten möglichst in der Nähe einer Zufahrt, im Schwenkbereich des Kranes und des Verbraucherschwerpunktes positioniert werden. Darüber hinaus sollte der Betonstabstahl für Decken nach Möglichkeit direkt auf den Decken zwischengelagert werden, um nachträgliche Hebearbeiten des Kranes zu reduzieren.²²¹

„Bei mehreren Krane oder verschiedenen großen Bauwerkskörpern kann es weiterhin von Vorteil sein, statt eines zentralen Lagerplatzes (möglichst im Schwenkbereich mehrerer Krane) mehrere getrennten Lagerflächen anzuordnen, auf denen der Betonstabstahl für die einzelnen Krane bzw. Bauwerkskörper getrennt gelagert werden kann.“²²²

²¹⁶ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktischen Baustelleneinrichtung, S. 30.

²¹⁷ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 4ff.

²¹⁸ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 90ff.

²¹⁹ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 85ff.

²²⁰ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 119.

²²¹ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 119 – S. 120.

²²² SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 119.

- Lagerfläche Betonstahlmatten

Die Standortwahl erfolgt ident zu den Lagerflächen des Betonstabstahls.²²³

- Einbau- und Anlageteile

„Diese Lagerflächen müssen unter Umständen im Bereich einer erhöhten Tragfähigkeit des Krans angeordnet werden.“²²⁴

- Lagerfläche Schal- und Rüstmaterial

Für eine geeignete Standortwahl gelten die gleichen Anforderungen wie beim Betonstabstahl.²²⁵

Bei Großflächenschalung gehen nur etwa 40 % der Krantransporte über das eigentliche Lager. In den restlichen 60 % der Fälle wird die Schalung ohne Zwischenlager versetzt.²²⁶

- Lagerung von Fertigteilen

Große Fertigteile sollten direkt vom Transportfahrzeug eingebaut werden. Um Zwischentransporte zu vermeiden, sollte die Lagerfläche von Fertigteilen im Schwenkbereich der Krane liegen und das Hebezeug eine ausreichende Tragfähigkeit (vgl. Kapitel 4.3.13) zum hebenden Fördergut aufweisen. Ein ausreichender Abstand zwischen den gelagerten Fertigteilen ist anzustreben, damit ausreichend Arbeitsraum zum Anschlagen vorhanden ist.²²⁷

- Werk- und Bearbeitungsflächen

Sie sollten zumindest teilweise im Schwenkbereich des Kranes liegen. Vor allem Bearbeitungsflächen zur Vorfertigung von Bewehrungskörben müssen im Schwenkbereich eines oder besser mehrerer Krane liegen.²²⁸

- Baustraßen

Ausreichende Straßenbreiten für den Auf- und Abbau von Kranen sind vorzusehen. Werden Teile direkt vom Fahrzeug aus mit einem Kran eingebaut, sind Entladestellen im Schwenkbereich vorzusehen.²²⁹

²²³ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 120.

²²⁴ SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 121.

²²⁵ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, a.a.O.

²²⁶ vgl. BELCKEN, U.: Optimierung der Baustelleneinrichtung, S. 111.

²²⁷ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 122 – S. 123.

²²⁸ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 114ff.

²²⁹ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 96ff.

- Bevorratung von Gas und Öl

Stellflächen für die Bevorratung von Gas und Öl in unmittelbarer Nähe von Kranen oder in deren Schwenkbereichen sind aus Sicherheitsgründen zu vermeiden.²³⁰

- Abfallcontainer

Abfallbehälter sollten sich gegebenenfalls im Schwenkbereich des Kranes befinden.²³¹

Der Fertigungsschwerpunkt (vgl. Kapitel 4.3.8) kann um die Ermittlung der Lager- und Transportmittelschwerpunkte erweitert werden und berücksichtigt damit die Verteilung der Lagerflächen.

Die Fertigungsschwerpunkte werden analog nach der bereits vorgestellten Vorgehensweise (vgl. 4.3.8) berechnet. Aus den Eckpunkten der Schwerpunkte bildet sich ein Dreieck, das eine möglichst geringe Fläche mit kurzen Abständen aufweisen sollte.²³²

Abbildung 38 zeigt den Grundriss eines Gebäudes mit der schematischen Anordnung von zwei Kranen und den dazugehörigen Lagerungs- und Fertigungsschwerpunkten.

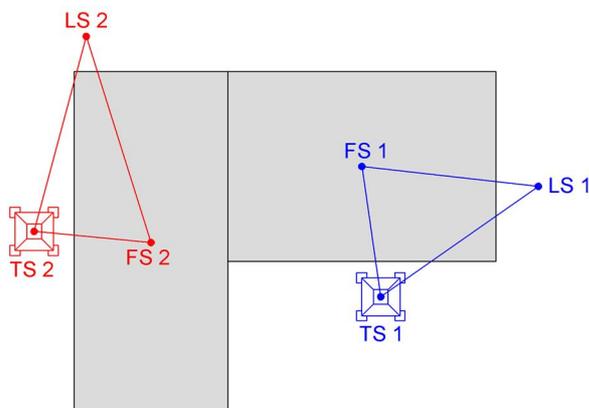


Abbildung 38: Beziehung zwischen Fertigungsschwerpunkt (FS), Transportmittelschwerpunkt (TS) und Lagerungsschwerpunkt (LS)

4.3.16 Wirtschaftliche Faktoren

Um den weiteren Bestand der Unternehmung sicherzustellen, steht für jede Baufirma der wirtschaftliche Erfolg im Vordergrund ihres Handelns.

²³⁰ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 272.

²³¹ vgl. SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung, S. 124.

²³² vgl. HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten – Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation, S. 17.

Entscheidungen in Bezug auf die Wahl des Kranstandortes hängen vordergründig von durch den Kran verursachten Kosten ab.

Damit ein vollständiger Kostenvergleich durchgeführt werden könnte, müssten demnach alle Kriterien (vgl. Kapitel 4.2) mit Kosten hinterlegt werden.

Dabei können Kosten für Miete, Abschreibung, Verzinsung, Kauf, Reparatur, Betriebskosten, Kosten für An-, Abtransport, Montage, Lohnkosten für den Kranführer, Maßnahmen zur Standortvorbereitung, Zeit-, Wegkosten usw. richtungweisend für eine Entscheidung sein.

Die vorliegende Arbeit analysiert Faktoren, die bei der Wahl eines Kranstandortes zu berücksichtigen sind. Das Thema Kosten wird ausgegrenzt und nicht weiter untersucht, da diese Betrachtungsweise nicht im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführt werden kann.

4.4 Zusammenfassung

Dieses Kapitel zeigt die gegenständlichen Auffassungen dreier Literaturquellen in Bezug auf die unterschiedliche Reihenfolge der Vorgehensweise für die Kraneinsatzplanung. Es werden Möglichkeiten für die Krananordnung dargestellt und dessen Vor- und Nachteile abgewogen.

Eine Zusammenstellung der maßgebenden Einflussfaktoren für die Wahl des Kranstandortes wird getroffen. Darauf basiert, dass eine absolut ideale Lageanordnung infolge von technischen oder lokalen Zwangssituationen nicht möglich ist. Vielmehr ist ein Kompromiss zwischen den einzelnen Einflussfaktoren zu wählen, um die geeignetste Lösung herauszukristallisieren. Zu diesem Zweck ist es notwendig, unterschiedliche Aspekte gegenseitig abzuwägen und die Prioritäten für jedes Bauvorhaben neu zu formulieren.

5 Messgrößen der Produktivität

Die Produktivität ist ein entscheidendes Kriterium für den wirtschaftlichen Erfolg eines Bauvorhabens. Als zentrale Kennzahl bildet sie die Grundlage zur Berechnung von Aufwand und Leistung der Bauprozesse und beeinflusst damit maßgebend die Kosten und in weiterer Konsequenz die Preise.²³³

Der kombinierte Einsatz der Produktionsfaktoren „Arbeit“, „Betriebsmittel“ und „Stoff“ wirkt sich auf den Preis einer Baustelle steigend oder senkend aus.

„Dabei dominiert der Materialfluss als wesentlicher Zeit- und Kostenfaktor.“²³⁴

Krane zählen zur Gruppe der Betriebsmittel und bilden mit ihrem Einsatz eine technische Voraussetzung der betrieblichen Leistungserstellung, insbesondere der Produktion.

Für eine optimale Produktivität ist ein angepasstes Verhältnis zwischen der erstellten Bauleistung und dem Einsatz der Produktionsfaktoren anzustreben. Eine gründliche Analyse der Randbedingungen kann dabei helfen Risiken abzuschätzen und wirtschaftliche Verluste weitgehend zu vermeiden.

Wie bereits im Kapitel 2 verdeutlicht, ist die Ermittlung der Krankkapazität ein wichtiges Kriterium für den wirtschaftlichen Erfolg einer Baustelle.

Das folgende Kapitel untermauert den Zusammenhang zwischen der Krankkapazität und den Produktionsfaktoren. Es werden Messgrößen für die Produktivität vorgestellt und auf den Einfluss der Aufwandswerte hingewiesen.

Abschließend wird eine Studie gezeigt, die den Zusammenhang zwischen störungsbedingtem Bauablauf und Kranauslastung aufgrund veränderter Randbedingungen und ungünstig positionierten Kranen belegt.

5.1 Kennzahlen der Produktivität

Für den Ablauf eines Bauverfahrens müssen technologische Mittel eingesetzt werden, um eine bestimmte Produktion oder erwünschte Zustandsveränderung bewirken zu können. Diese Faktoren werden als

²³³ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 16.

²³⁴ BAUER, H.: Baubetrieb, S. 523.

Produktionsfaktoren oder produktive Faktoren bezeichnet und unterschieden in:²³⁵

- Elementare Faktoren
- Dispositive Faktoren

Unter den Elementarfaktoren versteht man:

- Arbeitspersonen

„die objektbezogenen, durch Arbeitspersonen zu verrichtende Tätigkeit, die unmittelbar mit der Leistungserstellung und –verwertung im Zusammenhang stehen, ohne dispositiv-angeordneter Natur zu sein.“²³⁶

- Betriebsmittel

„die Arbeits- und Betriebsmittel, d.h. alle Einrichtungen (Maschinen, Geräte und Anlagen), welche die technische Voraussetzung betrieblicher Leistungserstellung, insbesondere der Produktion bilden, sowie alle Hilfs- und Betriebsstoffe (Energie), die notwendig sind, um den Betrieb arbeitsfähig zu machen und zu erhalten.“²³⁷

- Werkstoffe

„die Werkstoffe, in unserem Fall die Bau- und Bauhilfsstoffe, Halb- und Fertigerzeugnisse, die als Ausgangs- und Grundstoff für die Herstellung von Bauprodukten dienen. Nach der Vornahme von Form- und Substanzänderungen oder nach dem Einbau in das Fertigerzeugnis werden sie Bestandteil des neuen Produkts, hier des Bauwerks oder einzelner Bauteile.“²³⁸

Die Kombination der Elementarfaktoren zu einer produktiven Einheit wird durch die dispositiven Faktoren beschrieben. Personen bzw. Personengruppen steuern das baubetriebliche Geschehen durch planende oder gestaltende Maßnahmen und tragen so hauptsächlich zur Leistungsfähigkeit eines Betriebes bei.²³⁹

Abbildung 39 zeigt das vernetzte Zusammenwirken zwischen den dispositiven und den elementaren Produktionsfaktoren, die das Verhältnis von Input zu Output wiedergeben. Die Gesamtproduktivität wird durch Effizienz in der Kombination der Elementarfaktoren bestimmt. Die Arbeitsproduktivität wird dabei vorwiegend vom Aufwandswert beeinflusst.²⁴⁰

²³⁵ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, S. 523.

²³⁶ BAUER, H. Baubetrieb, a.a.O.

²³⁷ BAUER, H. Baubetrieb, a.a.O.

²³⁸ BAUER, H. Baubetrieb, a.a.O.

²³⁹ vgl. BAUER, H.: Baubetrieb, S. 523ff.

²⁴⁰ vgl. HOFSTADLER, C.: Nachweis von Produktivitätsverlusten am Beispiel der Stahlbetonarbeiten – Literaturansätze im Vergleich zu aktuellen Untersuchungsergebnissen, in: 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 49.

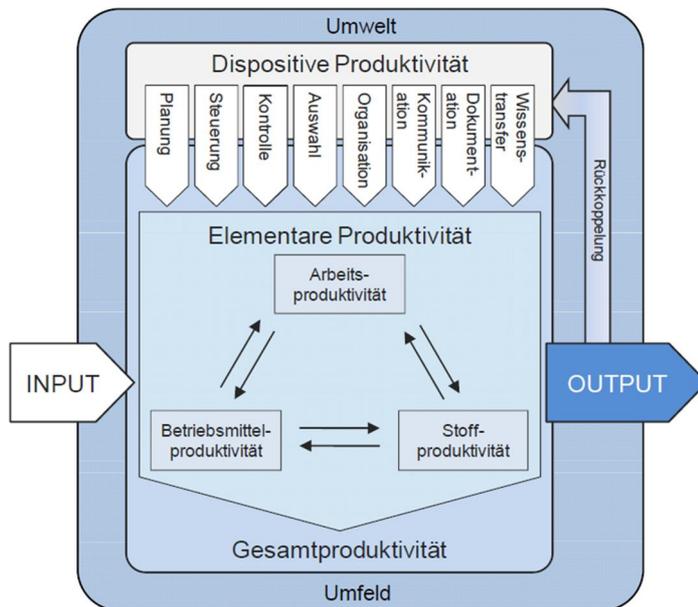


Abbildung 39: Zusammensetzung der Gesamtproduktivität²⁴¹

Um die Produktionsfaktoren effizient einsetzen zu können, ist die Bauzeit von entscheidender Bedeutung. Zu kurze Bauzeiten führen zu Produktivitätsverlusten, weil die Grenzwerte für einen produktiven Einsatz von Produktionsfaktoren unter- oder überschritten werden.

Bei den Soll-Produktivitätsfaktoren (kalkulierte Produktivität aus der Urkalkulation) kann es aufgrund von Ablaufstörungen zu einer Erhöhung oder einer Verringerung der Produktivität kommen. Als Folge daraus kann es (nicht zwingend) zu Mehrkostenforderungen kommen. Liegt der Verursachungsgrund für Bauablaufstörungen (z.B. unzureichende Arbeitsvorbereitung gefolgt von schlecht geplante Kranstandorten) in der Sphäre des AN, hat er auch dessen Konsequenzen zu tragen, wobei dieselbe Verantwortung ebenso für den AG gilt.²⁴²

Die Messgrößen der Produktivität sind die Aufwands- und die Leistungswerte.

5.1.1 Leistungswerte

Leistungswerte geben die Produktionsmenge an, die in einer festgelegten Zeiteinheit hergestellt werden kann.

²⁴¹ HOFSTADLER, C.: Nachweis von Produktivitätsverlusten am Beispiel der Stahlbetonarbeiten – Literaturansätze im Vergleich zu aktuellen Untersuchungsergebnissen, in: 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 49.

²⁴² vgl. HOFSTADLER, C.: Nachweis von Produktivitätsverlusten am Beispiel der Stahlbetonarbeiten – Literaturansätze im Vergleich zu aktuellen Untersuchungsergebnissen, in: 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 47ff.

Übliche Einheiten für die Produktionsmengen [ME] sind m³ (Beton, Aushub), m² (Schalung), t (Bewehrung verlegen) oder Stück (Fertigteile). Die Einheit der Zeit wird je nach Planungsphase und notwendigem Genauigkeitsgrad definiert. Leistungswerte können nur eine begrenzte Genauigkeit vorhersagen, da sie einer Vielfalt an Einflüssen unterliegen (vgl. Abbildung 40).²⁴³

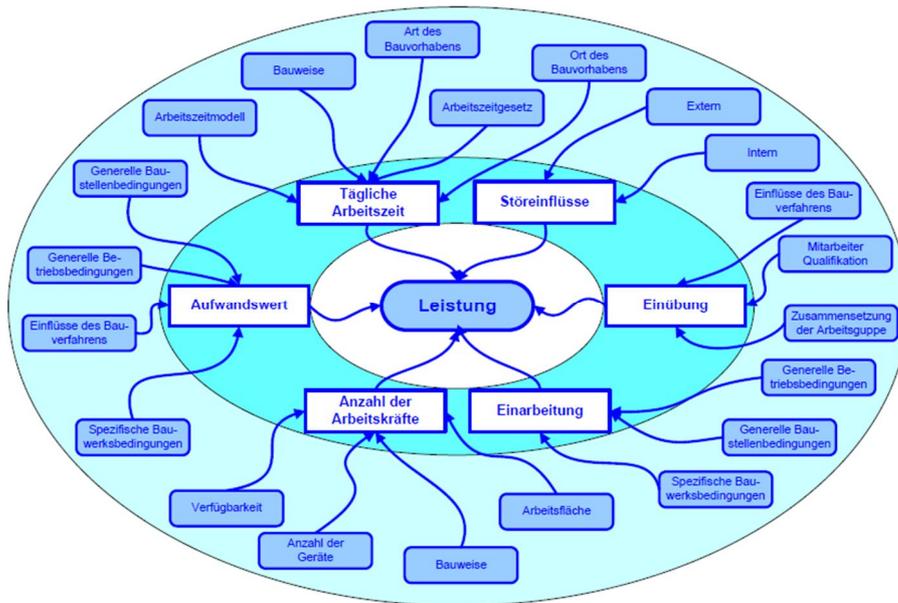


Abbildung 40: Vielfalt der Einflüsse auf die Leistung (Leistungswert)²⁴⁴

Die Berechnung der Leistung $L_{a,v,i}$ erfolgt nach Glg. [5.1]. Die Anzahl der Arbeitskräfte $AK_{a,v,i}$ [Std/h] wird mit der Arbeitszeit $AZ_{a,v,d}$ [h/ZEH] multipliziert und durch den spezifischen $AW_{a,v,i}$ [Std/EH], der im Nenner steht, dividiert.

$$L_{a,v,i} = \frac{AK_{a,v,i} * AZ_{a,v,d}}{AW_{a,v,i}} \quad [5.1]$$

Die Leistung wird maßgeblich von der Höhe des Aufwandwertes beeinflusst.

„Gleiche Leistungswerte bedeuten in der Regel nicht gleichzeitig eine Übereinstimmung der Produktivität.“²⁴⁵

²⁴³ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 18.

²⁴⁴ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung – Interaktionsdiagramm für Bewehrungsarbeiten, in: Bauprodukt und Bauwirtschaft, 01/2005, S. 54ff.

²⁴⁵ HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, a.a.O.

5.1.2 Aufwandswerte

Aufwandswerte stellen für den AN während aller Bauphasen eine große Bedeutung dar. In der Angebotsphase dienen sie als Grundlage zur Kalkulation von Zeit und Kosten. In der Arbeitsvorbereitung werden sie als Ausgangswert für die Berechnung der Dauer von Vorgängen herangezogen. Im Zuge der Nachkalkulation ist ein Vergleich der Soll- mit den Ist-Werten möglich. Eine fortschreitende Aufzeichnung der Aufwandswerte zur Anwendung für neue Projekte ist erstrebenswert.²⁴⁶

Der Aufwandswert wird von sämtlichen komplexen Faktoren beeinflusst, die je nach Bauvorhaben in unterschiedlicher Art und Weise ausgeprägt sein können. Die Leistungen sind klar und tätigkeitsbezogen abzugrenzen, um eine Doppelerfassung auszuschließen. Abbildung 41 stellt systematisch die Einflussfaktoren auf den Aufwandswert für das Schalen dar.²⁴⁷

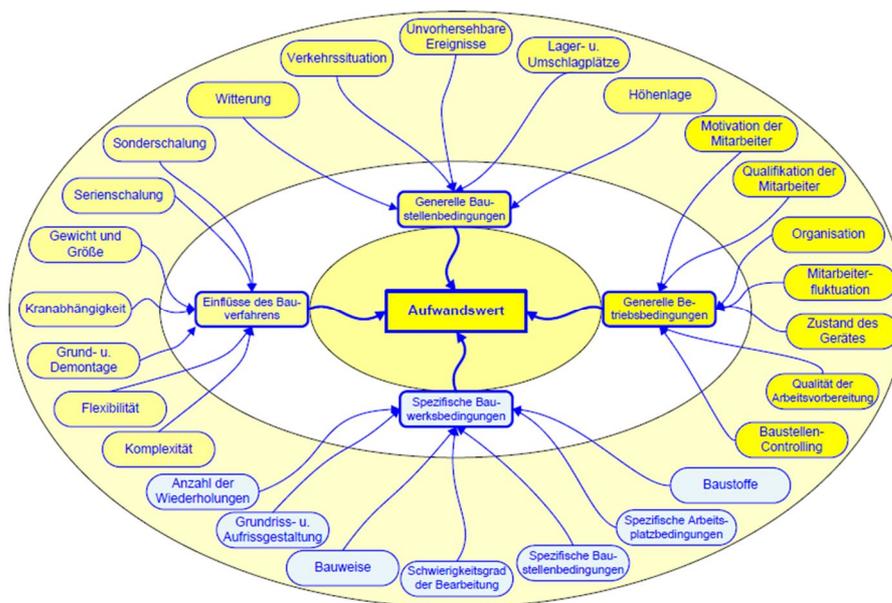


Abbildung 41: Vielfalt der Einflüsse auf den Aufwandswert am Beispiel der Schalarbeiten²⁴⁸

Die Berechnung des Aufwandswertes $AW_{a,v,i}$ [Std/EH] erfolgt nach Glg. [5.2]. Im Zähler wird die Summe der Lohnstunden $L_{Std,a,v,i}$ [Std] gebildet und durch die Produktionsmenge $M_{a,v,i}$ [ME] dividiert.

²⁴⁶ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, S. 20.

²⁴⁷ vgl. HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb, a.a.O.

²⁴⁸ HOFSTADLER, C.: Schwierigkeitsgrad von Schalarbeiten – Darstellung der Auswirkungen im IAD, in: Österreichische Bauzeitung, 14/2005, S.33ff.

$$AW_{a,v,i} = \frac{\sum L_{Std,a,v,i}}{M_{a,v,i}} \quad [5.2]$$

Aufandswerte und Produktivität beeinflussen sich gegenseitig. Kommt es zu einer Erhöhung vom Aufwandswert, sinkt die Produktivität und umgekehrt. Der Grund liegt darin, dass die Arbeitsproduktivität $P_{a,v,i}$ [EH/AK] aus dem Reziprokwert des Aufwandwertes $AW_{a,v,i}$ [Std/EH] nach Glg. [5.3] gebildet wird.²⁴⁹

$$P_{a,v,i} = \frac{1}{AW_{a,v,i}} \quad [5.3]^{250}$$

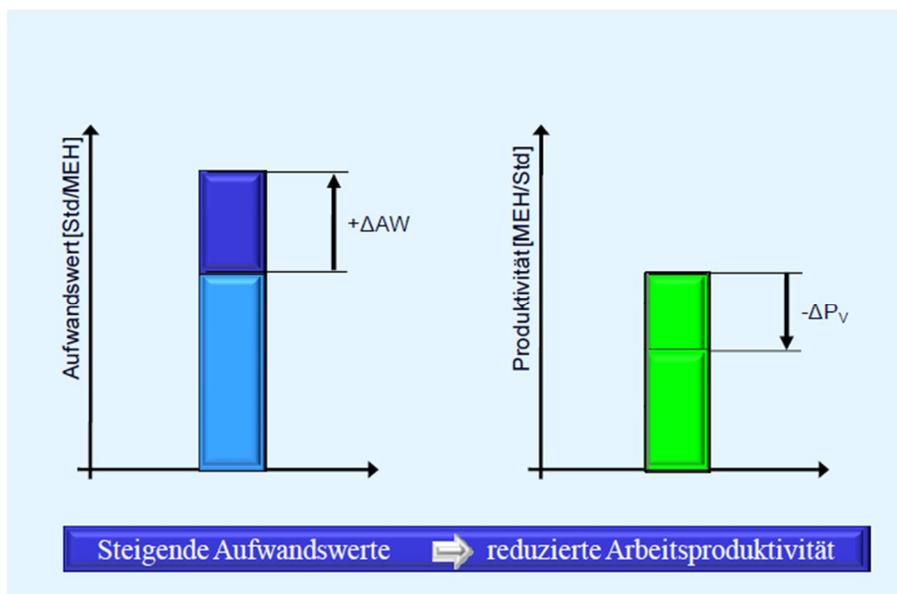


Abbildung 42: Zusammenhang zwischen Aufwandswert und Produktivität²⁵¹

²⁴⁹ vgl. HOFSTADLER, C.: Nachweis von Produktivitätsverlusten am Beispiel der Stahlbetonarbeiten – Literaturansätze im Vergleich zu aktuellen Untersuchungsergebnissen, in: 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 49ff.

²⁵⁰ HOFSTADLER, C.: Nachweis von Produktivitätsverlusten am Beispiel der Stahlbetonarbeiten – Literaturansätze im Vergleich zu aktuellen Untersuchungsergebnissen, in: 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 49ff.

²⁵¹ HOFSTADLER, C.: Nachweis von Produktivitätsverlusten am Beispiel der Stahlbetonarbeiten – Literaturansätze im Vergleich zu aktuellen Untersuchungsergebnissen, in: 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, S. 50.

5.2 Produktivitätsverlust durch störungsbedingte Veränderungen der Kranauslastung

Die Autoren *Brüssel/Knoop*²⁵² untersuchten anhand eines Bauvorhabens die störungsbedingten Veränderungen der Kranauslastung, bei dem es im Zuge der Bauarbeiten zu einem beschleunigten Bauablauf kommt. Das hat eine Erhöhung von geplanten 60 auf ein Maximum von 175 Arbeitskräften zur Folge.

Im ersten Schritt der Untersuchung wird die geplante Kranausstattung nach Kriterien bewertet, die unter anderem die Kennzahlenmethoden „Arbeiter je Kran“, „BRI je Kran“ und „Einbauleistung je Kran zur Bestimmung der Krananzahl beinhaltet. Aus dem Ergebnis der Kennzahlenmethoden resultiert eine erforderliche Krananzahl zwischen 7,6 und 7,8 Kranen. Die Wahl für den Baustelleneinsatz beläuft sich auf den leicht unterdimensionierten Wert von 7 Kranen.

Zusätzlich wird das Baufeld einer Analyse der Schwenkbereiche und der Kranstandorte unterzogen. Eine Betrachtung hinsichtlich der Standortunterschiede und der Besonderheiten bei der Anordnung auf die tatsächliche Leistungsfähigkeit wird durchgeführt. Folgende Ergebnisse resultieren aus der Untersuchung:

- Der Anteil der Überschneidungsbereiche ist sehr ungünstig gewählt.
- Durch die Nachbarbebauung kommt es zu eingeschränkten Bewegungsradien.
- Das Zureichen von einem zum anderen Kran ist notwendig, zumal keine direkten Andienungsmöglichkeiten vorhanden sind.
- Die Lagerflächen sind nicht von allen Kranen erreichbar, womit ein Zureichen erforderlich ist.
- Reduzierte Kübellasten müssen eingehalten werden, damit die erforderliche Traglast für alle Betonierbereiche eingehalten wird.
- Ein großer Schwankungsbereich zwischen der Betonmassenverteilung in Relation zu den Schwenkbereichen ist zu verzeichnen.

Zusammenfassend stellen *Brüssel/Knoop* für die Kranausstattung und die Krananordnung fest, dass sogar bei einem ungestörten Bauablauf mit unzureichenden Krankapazitäten zu rechnen ist.

Im zweiten Schritt erfolgte von den Autoren eine Bewertung der Kranausstattung im tatsächlichen Bauablauf.

²⁵² vgl. BRÜSSEL, K.; KNOOP, W.: Störungsbedingte Veränderung der Kranauslastung, http://www.prof-bruessel.de/Doku/Veroeffentlichungen/Krane_1507a.pdf, Datum des Zugriffs 11.02.2012 18:00.

Durch die Erhöhung der Arbeitskräfteanzahl um mehr als die Hälfte zeigt die Wiederholung der Kennzahlmethode „Arbeiter je Kran“ ein Überschreiten des Sollwertes von 15 Arbeiter je Kran um 2/3 auf 25 Arbeiter je Kran.

$$\frac{175}{7} = 25 \text{ Arbeitskräfte je Kran}$$

Als Ergebnis des Kranengpasses weisen sich deutlich Defizite bei der Krankapazität nach. Als Konsequenzen für eine nicht bediente Arbeitsgruppe können genannt werden:

- Die Arbeitskräfte müssen warten.
- Die Arbeitskräfte führen manuelle Transporte oder Haltearbeiten durch.
- Die Arbeitskräfte nehmen eine Ausweichtätigkeit auf.
- Bei den Mischformen müssen Arbeitskräfte warten und nehmen dann eine Ausweichtätigkeit auf.

2.351 durchgeführte Zeitmessungen liefern darüber hinaus Auswertungen für die Ablaufarten:

- Betonieren
- Transport von Schalung
- Transport von Bewehrung
- Transport für Ausbaugewerke
- Sonstige Arbeitstransporte
- Wartezeit
- Sonderfälle

Auf Basis der Daten kann festgestellt werden, dass die kritische Grenze des Brachzeitanteils (vgl. Kapitel 2.2.2) bei einigen Kranen deutlich unterschritten wird. Auch die Gesamtheit der Krane erreichen die „Normal“-Bedingungen oberhalb von 40 % Brachzeitanteil bei weitem nicht.

Exemplarisch wird von *Brüssel/Knoop* eine auch Quantifizierung der Auswirkungen von unzureichender Krankapazität am Beispiel einer Wandschalung für die Tätigkeiten „Vorschalen“, „Zuschalen“ und „Ausschalen“ durchgeführt. Als die maßgebenden Kennwerte der Störungen infolge von mutmaßlichen Kranengpasssituationen stellen sich heraus (vgl. Abbildung 43):

- Arbeitskräfte-Aufwandswert AkA^{253} [Std/m²]
- manueller Anteil der Schalungstransporte [%]
- relative Wartezeit auf einen Kran [%]

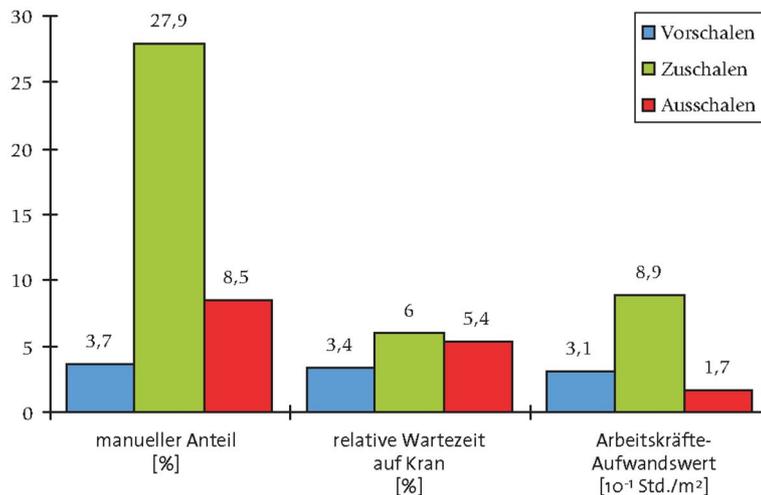


Abbildung 43: Gewichtete Mittelwerte für eine mutmaßliche Kranengpassituation

Unter Berücksichtigung der Flächenanteile für Vorschalen (V) und Zuschalen (Z) von 50 % sowie für Ausschalen (A) von 100 % kann der mittlere Arbeitskräfteaufwand für das Schalen $AkA_m(S)$ nach Glg. [5.4] ermittelt werden.

$$AkA_m(S) = 0,5 * (AkA_m(V) + AkA_m(Z)) + AkA_m(A) \quad [5.4]$$

Durch Einsetzen der gewichteten Mittelwerte laut Abbildung 43, erhält man:

$$AkA_m(S) = 0,5 * (0,31 + 0,89) + 0,17 = 0,77 \text{ Std./m}^2$$

Mit Hilfe einer Regressionsanalyse wird eine Abschätzung des unbeeinträchtigten Arbeitskräfte-Aufwandswertes für das Zuschalen, (wenn es zu keine Reaktionen auf den Kranengpass kommt), durchgeführt. Aufgrund des geringen Datenumfanges werden die Arbeitskräfte-Aufwandswerte für das Vor- und Ausschalen unter näherungsweise Übertragung der gewonnenen Regressionsbeziehung aus dem Zuschalen, angepasst.

²⁵³ AkA entspricht dem $AW_{a,vj}$ aus dem Kapitel 5.1.2.

Die störungsbedingte Erhöhung des Arbeitskräfteaufwandes errechnet sich aus der Differenz von tatsächlichen $AkA_m(S)$ und unbeeinträchtigten Arbeitskräfteaufwand $AkA_0(S)$ nach Glg. [5.5].

$$\Delta AkA(S) = AkA_m(S) - AkA_0(S) \quad [5.5]$$

Daraus ergeben sich für

$$\Delta AkA(V) = 0,07 \text{ Std}/m^2$$

$$\Delta AkA(Z) = 0,28 \text{ Std}/m^2$$

$$\Delta AkA(A) = 0,04 \text{ Std}/m^2$$

Unter Beachtung der Flächenanteile wird eine Erhöhung des Arbeitskräfte-Aufwandwertes aufgrund der Kransituation von $0,22 \text{ Std}/m^2$ verursacht.

$$\Delta AkA_m(S) = 0,5 * (0,07 + 0,28) + 0,04 = 0,22 \text{ Std}/m^2$$

Entspricht der ungestörte Arbeitskräfte-Aufwandwerte $AkA_m(S) = 0,55 \text{ Std}/m^2$ der Basis von 100 %, dann ergibt sich aufgrund der Störungen in der Krankapazität für $AkA_0(S)$ eine Aufwandswerterhöhung von 40 %.

Durch eine Optimierung der Kranauslastung wäre demnach ein deutliches Einsparungspotential bei den Kosten möglich gewesen. Eine nachträgliche Verstärkung der Kranauslastung ist dennoch als problematisch zu betrachten, weil die Integration eines neuen zusätzlichen Kranstandortes nur eingeschränkt möglich ist. Ein Austausch der vorhandenen Geräte durch leistungsfähigere ist zudem sehr aufwendig und der Effekt niedrig.

Eine durchdachte Planung der Kranauslastung während der Arbeitsvorbereitung, die bereits mögliche Risiken für Veränderungen im Bauablauf berücksichtigt, ist anzustreben. Eine angepasste und zeitlich gestaffelte Vorhaltung der Krane ist in Betracht zu ziehen.

5.3 Zusammenfassung

Das Beispiel aus Kapitel 5.2 veranschaulicht, dass durch eine eingehende Kranstandortplanung eine Erhöhung der Produktivität sichergestellt werden kann.

Im konkreten Beispiel können als Gegenmaßnahmen der unzureichenden Schwenkbereich- und Kranstandortanalyse die Berücksichtigung der in Tabelle 21 angeführten Einflussfaktoren genannt werden. Von den 16 Faktoren, die im Kapitel 3 beschrieben werden, können fünf davon den Ergebnissen der Schwenkbereich- und Kranstandortanalyse zugeordnet werden. Demnach wirkt sich eine vorzeitige Überprüfung der Einflussfaktoren positiv auf die Leistungswerte aus.

Tabelle 21: Gegenmaßnahmen für unzureichende Kranstandortplanung anhand eines konkreten Beispiels

Ergebnisse der Schwenkbereich- und Kranstandortanalyse	Einflussfaktor
Der Anteil der Überschneidungsbereiche ist sehr ungünstig gewählt.	Faktor Krananzahl
Durch die Nachbarbebauung kommt es zu eingeschränkten Bewegungsradien.	Umgebungsbedingte Faktoren
Das Zureichen von einem zum anderen Kran ist notwendig, zumal keine direkten Andienungsmöglichkeiten vorhanden sind.	Faktor Baustelleneinrichtung
Die Lagerflächen sind nicht von allen Kranen erreichbar, womit ein Zureichen erforderlich ist.	Faktor Baustelleneinrichtung
Reduzierte Kübellasten müssen eingehalten werden, damit die erforderliche Traglast für alle Betonierbereiche eingehalten wird.	Faktor Fördergut
Ein großer Schwankungsbereich zwischen der Betonmassenverteilung in Relation zu den Schwenkbereichen ist zu verzeichnen.	Faktor Fertigungsabschnitt

6 Kraneinsatzplanung

Die vorangegangenen Kapitel liefern eine Übersicht über die einflussnehmenden Faktoren in Bezug auf die optimale Auswahl und Anzahl von Kranen mit besonderer Berücksichtigung der zugewiesenen Standorte. Viele der Faktoren können nur durch eine Überprüfung unter Zuhilfenahme von maßstabsgerechten Darstellungen in Form von Plänen oder Modellen durchgeführt werden. Visuelle Darstellungen ermöglichen ein vorzeitiges Erkennen von Kollisionen, Schwenkbereichsüberschneidungen oder Anforderungen an die Kranlogistik.

Das folgende Kapitel liefert einen Überblick von Planungsinstrumenten, die zur Erstellung eines Kraneinsatzplanes zur Verfügung stehen, beginnend bei 2D- bis 4D-Betrachtungen. Weiters wird auf die Anforderungen des Informationsinhaltes in Bezug auf Krane und Kranstandorte in Plänen hingewiesen.

6.1 Darstellung von Kranen

Die Planung von Kraneinsätzen wird heutzutage hauptsächlich 2D-planbasiert durchgeführt.²⁵⁴

Die Darstellungen erfolgen als Grund- und Aufriss zu den betrachteten Objekten mit der Anwendung von CAD-Systemen, die sich als Standard in der Bauindustrie durchgesetzt haben.²⁵⁵

In diesem Zusammenhang finden sich die Probleme von 2D-Darstellungen hauptsächlich in einer sinnvollen Platzierung der Krane über alle Bauphasen und einer geeigneten Turmkonfiguration. Mögliche Kollisionen zwischen den Kranauslegern können nur umständlich mit der Anfertigung von mehreren Ansichten überprüft werden.²⁵⁶

Inkonsistenz zwischen Grundrissen und zugehörigen Schnitten oder Übersehen von kritischen Punkten durch den Planer können ebenfalls als Gefahrenquellen bei 2D-Darstellungen genannt werden.²⁵⁷

Eine 3D-Darstellung ermöglicht eine verständnisvollere Ansicht des Kraneinsatzes durch Berücksichtigung der Umgebung.

²⁵⁴ vgl. BARGSTÄDT, H.J.; BLICKLING, A.; KATH, T.: Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3-D-Technologien, in: Hoch & Tiefbau, 01-02/2004, S. 25.

²⁵⁵ vgl. BARGSTÄDT, H.J.; BLICKLING, A.; KATH, T.: Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3-D-Technologien, in: Hoch & Tiefbau, 01-02/2004, a.a.O.

²⁵⁶ vgl. GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.; FRENZ, T.: 4D Einsatzplanung von Turmdrehkränen, in: BauPortal, 07/2010, S. 393.

²⁵⁷ vgl. BARGSTÄDT, H.J.; BLICKLING, A.; KATH, T.: Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3-D-Technologien, in: Hoch & Tiefbau, 01-02/2004, S. 26.

Bei der 4D-Darstellung wird zusätzlich eine zeitliche Betrachtung hinsichtlich der Bauphasen durchgeführt. Kletterprozesse, Gleisverlegungen und das wachsende Gebäude können präziser visualisiert werden.

Mit Hilfe von Linien, Flächen, Schraffuren und Bezeichnungen werden Planinhalte für den Kraneinsatz dargestellt. Dazu zählen:

- Krantypen (Typenbezeichnung und Eigennamen)
- Auslegerlängen
- Schwenkbereiche (gegebenfalls reduzierte Schwenkbereiche)
- Traglastbereiche (Lastkreise)
- Höhenangaben (Hakenhöhe, Auslegerstellung, Fundamenthöhe)
- Unterbau (Fundament und dgl.)
- Turmabmessungen
- Arbeitsbereiche (minimale und maximale Ausladung)

Dabei sollten vor allem die Außenumgrenzungen des Gerätes im Plan eingezeichnet werden, wobei auf eine detailgetreue Wiedergabe der Antriebe, Elektronik usw. verzichtet werden kann.

Vorgefertigte Zeichenelemente können als zeitsparende Alternative eine Unterstützung bei der Planung darstellen.

6.2 Virtuelle Kraneinsatzplanung

Im Bereich der Mobilkrane findet der Gebrauch von virtuellen Darstellungsprogrammen zur Erleichterung der Planung des Geräteeinsatzes schon länger Anwendung. Im Gegensatz dazu, gestaltet sich der Einzug von virtuellen Kraneinsatzplanern in der Baupraxis träge, obwohl die Vorteile im digitalen Zeitalter gegeben sind. Mittlerweile haben sich mehrere Anbieter am Markt etabliert (z.B. CRANE MANAGER 2011²⁵⁸, TEP²⁵⁹).

Zusätzlich zur „reinen“ Darstellung der Krane wird mit der Unterstützung von datenbankorientierten Anwendersystemen und von Kostenkalkulatoren gearbeitet. Dies ermöglicht bereits bei der Angebotserstellung eine effektivere und schnellere Planung sowie die Kalkulation der Kosten. Dadurch kann eine Kranauswahl getroffen

²⁵⁸ vgl. CRANIMAX GmbH: http://www.cranimax.com/produkte/cranimation/de_produk_t_cranimation.php, Datum des Zugriffs 18.04.2012 21:00.

²⁵⁹ vgl. LOGISTIK INFORMATIONEN ZENTRUM: http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=194, Datum des Zugriffs 18.04.2012 21:00.

werden und sämtliche technische Daten, wie Bauart, Typ, Hersteller, Ausleger, Turm, Hakenhöhe, Traglastkurve, Leistungsdaten, Fundamentlasten, Eckdrücke, Gleissysteme, Lastaufnahmemittel sowie Kosten stehen dem Anwender auf einer graphischen Benutzeroberfläche zur Verfügung, ohne mit dem Kranhersteller Kontakt aufnehmen zu müssen. Die Menge der Datensätze und die möglichen Optionen hängen maßgebend vom eingesetzten Kraneinsatzplanungswerkzeug und dessen Hersteller ab.

Der gewählte Kran kann darauffolgend in Grund- und Aufrissdarstellung maßstabsgetreu in eine Baustellenzeichnung übernommen werden. Eine Kollisionskontrolle untereinander oder mit der Umgebung, Platzbedarf, Reichweite usw. kann somit durchgeführt werden. Der gesamte Ablauf sollte als iterativer Prozess gestaltet werden und ist in Abbildung 44 exemplarisch für das Programm TEP dargestellt.^{260, 261}

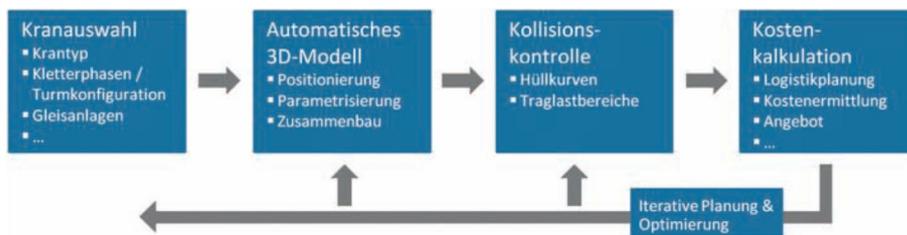


Abbildung 44: Iterativer Planungsprozess bei der Verwendung von virtuellen Einsatzplanern²⁶²

Im Zuge einer Kollisionskontrolle werden Überschneidungen sichtbar und kollidierende Bereiche in Rot dargestellt (vgl. Abbildung 45). Die Simulation und Visualisierung von Kranen kann auch den Sicherheitsaspekt für das Arbeiten erhöhen.

²⁶⁰ vgl. GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.; FRENZ, T.: Turmdrehkran-Einsatzplaner, in: Tiefbau, 07/2007, S. 422 – S. 425.

²⁶¹ vgl. GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.; TÖLLE, S.: Virtuelle Baustellen-Beplanung, in: Hebezeuge und Fördermittel, 03/2004, S. 128 – S. 130.

²⁶² GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.; FRENZ, T.: 4D Einsatzplanung von Turmdrehkränen, in: BauPortal, 07/2010, S. 394.

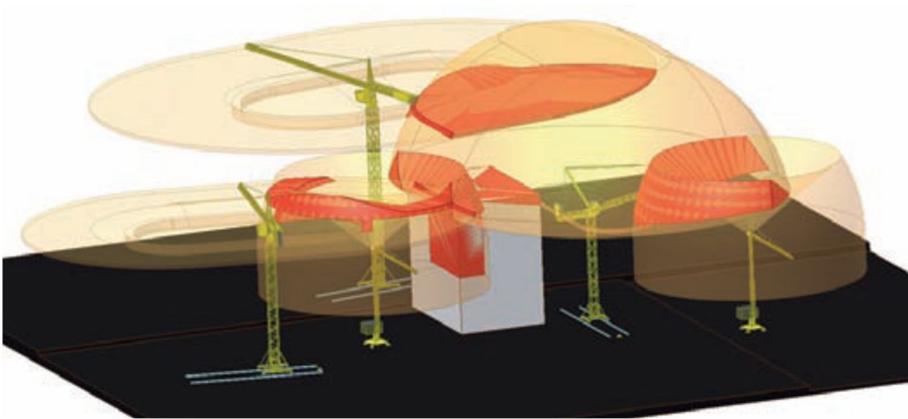


Abbildung 45: Kennzeichnung von Kollisionsbereichen²⁶³

²⁶³ GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.: FRENZ, T.: 4D Einsatzplanung von Turmdrehkränen, in: BauPortal, 07/2010, S. 395.

7 Entscheidungssystem für Kranstandorte

Um Kranstandorte schneller und effizienter wählen zu können, wird im Zuge dieser Masterarbeit ein Ablaufmodell zur systematischen Entscheidungsfindung entwickelt. Der methodische Vergleich setzt sich aus einem sechsstufigen Modell zusammen und ist iterativ zu durchlaufen bis ein befriedigendes Ergebnis vorliegt (vgl. Abbildung 46). Die einzelnen Stufen sowie alle notwendigen Arbeitsschritte (Berechnungen, Darstellungen usw.) sind in vollständiger und übersichtlicher Weise zu dokumentieren. Dadurch wird die Nachvollziehbarkeit der Entscheidungsfindung gewährleistet und die Daten können für spätere Projekte wieder herangezogen werden.

Der Inhalt der einzelnen Stufen wird in den folgenden Unterkapiteln erläutert.

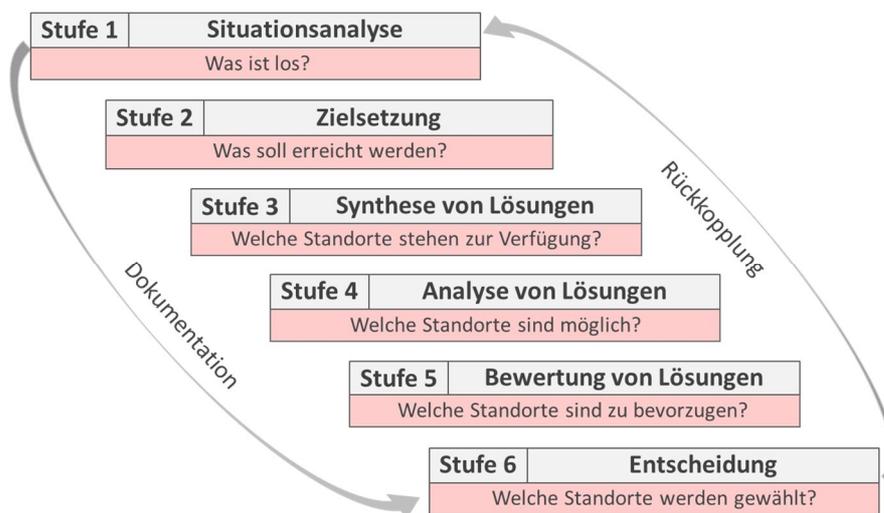


Abbildung 46: Ablaufmodell zur systematischen Entscheidungsfindung von Kranstandorten²⁶⁴

Als Planer von Kranstandorten können der AG, Bieter und/oder der AN tätig sein, weshalb eine Anwendung des Ablaufmodells für alle Sphären durchführbar ist.

Für den AG wird die Anwendung bereits im Zuge der Arbeitsvorbereitung in der Ausschreibungsphase empfohlen. Dadurch wird die Realisierbarkeit von Kraneinsätzen überprüft und Empfehlungen oder Einschränkungen zur Kransituierung können vertraglich vereinbart werden.

²⁶⁴ in Anlehnung an HOFSTADLER, C.; LANG, W.: Verfahrensvergleiche: Die Kombi macht's, in: Bautechnik, 11/2008, S. 25.

Der Bieter/AN wird das Ablaufmodell während der Angebotsbearbeitung zur Verbesserung seiner Kalkulation und in der Arbeitsvorbereitung zur Optimierung des Bauablaufs heranziehen.

Die Vorteile bei der Verwendung des Ablaufmodells zur systematischen Entscheidungsfindung von Kranstandorten sind:

- Zeiteinsparungen
- Minimierung von Fehlergrenzen

Mögliche Nachteile sind zurückzuführen auf:

- einseitiger Schwerpunktbildung
- subjektiver Entscheidungsfindung

7.1 Stufe 1: Situationsanalyse

Die Situationsanalyse befasst sich mit der Fragestellung:

Was ist los?

Für den AN beginnt an dieser Stelle die Grundlagenermittlung. Zur Feststellung der Ausgangssituation dienen die Unterlagen der Ausschreibung (vertragliche Rahmenbedingungen, Nutzungsbestimmungen, Baufeldgröße usw.) sowie die Erkenntnisse aus der Baustellenbesichtigung.

Die Aufgabenstellung steht somit fest und führt zur Formulierung der konkreten Ziele für die nächste Stufe. Je gründlicher die Situationsanalyse durchgeführt wird, desto präziser fällt die nachfolgende Zieldefinition aus.

7.2 Stufe 2: Zielsetzung

In der zweiten Stufe stellt sich der Anwender die Frage:

Was soll erreicht werden?

Die Zielsetzung bildet sich aus einer Vielzahl von Einzelzielen. Die Einzelziele sind Inhalt eines Ziel- und Kriterienkataloges, der sowohl aus einem projektspezifischen als auch einem allgemeinen Teil besteht.

Der projektspezifische Katalog ermöglicht eine Integration von Faktoren, die im allgemeinen Katalog nicht definiert werden.

Die Faktoren des allgemeinen Kataloges entsprechen den Faktoren von Kapitel 4 (vgl. auch Tabelle 22) und sind individuell für jedes Bauprojekt zusammenzustellen. Die Faktoren des Kataloges beabsichtigen mittels geeigneter Krananordnung die Produktivität zu erhöhen. Die Merkmale

der allgemeinen Faktoren müssen unabhängig voneinander betrachtet werden. Sie dürfen sich nicht überlappen.

Tabelle 22: Allgemeiner Ziel- und Kriterienkatalog

Faktoren des allgemeinen Ziel- und Kriterienkataloges		
Vertragsbedingte Faktoren	Faktor Sichtfeld	Umgebungsbedingte Faktoren
Sicherheitsfaktoren	Gerätespezifische Faktoren	Firmenspezifische Faktoren
Geotechnische Faktoren	Faktor Fertigungsabschnitt	Faktor Fördergut
Platzbedingte Faktoren	Faktor Bauverfahren	Faktor Bauzeit
Faktor Krananzahl	Bauwerksbedingte Faktoren	Faktor Baustelleneinrichtung

Damit Faktoren richtig gewählt werden, ist das Wissen über ihre Bedeutung sowie ihren Inhalt vorausgesetzt. Ein Ausschluss von Einzelzielen ist in dieser Phase möglich und erstrebenswert.

Die Faktoren des allgemeinen Kataloges dienen ebenso in der vierten Stufe zur Auswahl der Grundkriterien und in der fünften Stufe zur Nutzwertanalyse.

Stehen die Einzelziele des allgemeinen Kataloges fest, erfolgt eine Zuordnung zu vier vordefinierten Zielkategorien. Die Einzelziele der Kategorie 1 stehen zueinander in einem Widerspruch und schließen sich dadurch gegenseitig aus. Dem gegenüber sind die Einzelziele der Kategorie 2 immer zu erfüllen und aus technischen oder vertraglichen Gründen zwingend einzuhalten. In Kategorie 3 werden anzustrebende Ziele definiert, die jedoch nicht zwangsmäßig erreicht werden müssen. Kategorie 4 beinhaltet nicht notwendige Ziele.

Abhängig vom Bauprojekt und vom Anwender des Ablaufmodells zur systematischen Entscheidungsfindung von Kranstandorten (z.B. Firmenpolitik) fließen die Einzelziele in unterschiedlicher Intensität in die Planung ein.

Abbildung 47 zeigt schematisch den Zielkatalog mit den Einflussfaktoren sowie deren Bewertung für die zweite Stufe.

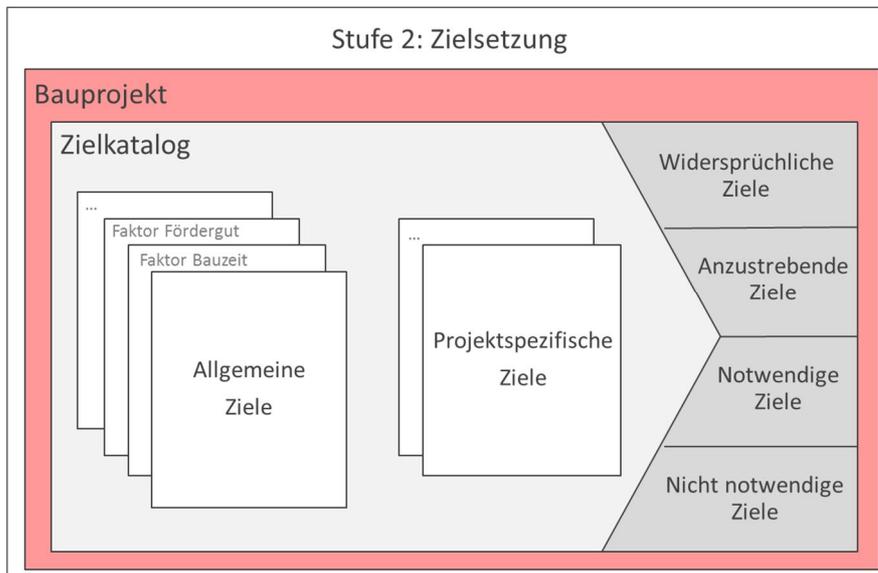


Abbildung 47: Einflussfaktoren der Zielsetzung

7.3 Stufe 3: Synthese von Lösungen

Im Mittelpunkt der dritten Stufe steht die Fragestellung:

Welche Standorte stehen zur Verfügung?

Bei einem kleineren Bauprojekt wird nur ein Kran benötigt und somit nur ein Standort gesucht, wobei bei großen Bauprojekten gegebenenfalls eine Vielzahl an Standorten erforderlich ist. Damit in den nächsten Stufen ein Vergleich zwischen den Lösungen durchgeführt werden kann, ist die Ermittlung der Krananzahl bereits im Zuge der dritten Stufe durchzuführen. Abhängig vom Anwender des Ablaufmodells zur systematischen Entscheidungsfindung und der Projektphase ist die Methode zur Bestimmung der Krananzahl gemäß Tabelle 10 zu wählen.

Werden mehrere Krane eingesetzt, ist jeweils eine Kombination von Kranstandorten zu bilden, die in den weiteren Stufen des Ablaufmodells gegenüber gestellt werden können. Eine fortlaufende Nummerierung sowohl in den Plänen als auch für die tabellarische Verwaltung ist vorzunehmen. Abbildung 48 zeigt beispielhaft einen Lösungsvorschlag zur Nummerierung von mehreren Varianten.

Zur Synthese von Lösungen ist die Anwendung von planbasierten Darstellungen oder von virtuellen Kraneinsatzplanern empfehlenswert. Der Umfang der Angaben in den Plänen erweist sich in der dritten Stufe geringer, wobei der Detaillierungsgrad mit den weiteren Stufen ansteigt.

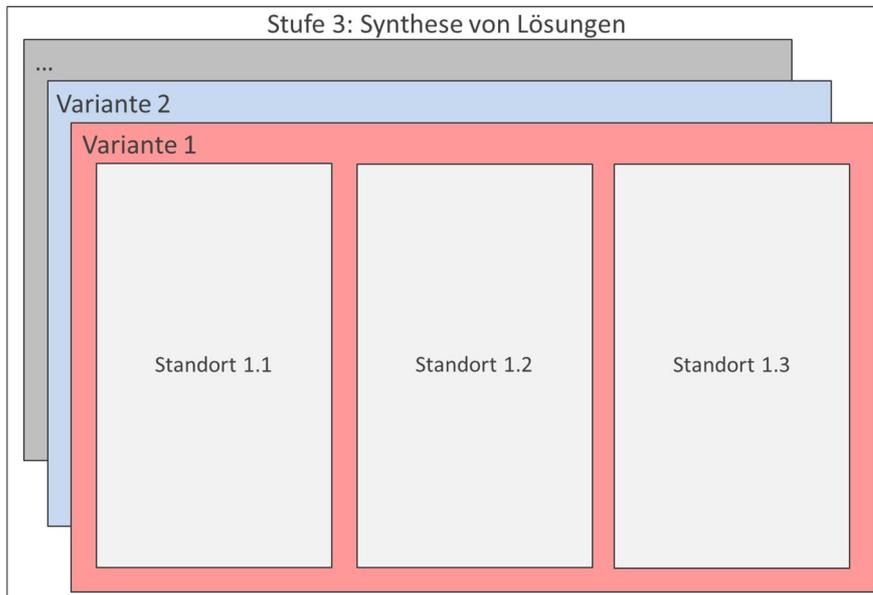


Abbildung 48: Nummerierung der Kranstandorte zur Synthese von Lösungen

7.4 Stufe 4: Analyse von Lösungen

Die vierte Stufe beschäftigt sich mit der Frage:

Welche Standorte sind möglich?

Es wird überprüft, ob die bereits gewählten Standorte der dritten Stufe den gestellten Anforderungen entsprechen. Dabei erfolgt eine Vorselektion, indem Varianten, die bedeutende Grundkriterien nicht erfüllen, vorzeitig ausgeschieden werden. Die Anzahl der Grundkriterien kann vom Anwender frei festgelegt werden und ist aus dem Ziel- und Kriterienkatalog aus Tabelle 22 zu wählen.

Die Kriterien werden den zur Verfügung stehenden Varianten zugeordnet und anschließend einer Bewertung mit geeignet (+), bedingt geeignet (o) und nicht geeignet(-) unterzogen. Ist eine Variante nicht geeignet, wird sie entweder ausgeschlossen oder es ist zu überprüfen, ob sie durch Anpassung an das Grundkriterium erfüllt werden kann. Durch die Vorselektion wird eine vereinfachte Matrix gebildet, die in weiterer Folge zu Zeiteinsparungen bei der Bearbeitung führt, zumal spezielle Arbeitsschritte (z.B. Ermittlung der Massenschwerpunkte) nicht für jede Variante durchgeführt werden müssen.

Der Detaillierungsgrad in den Plänen ist den Anforderungen der Grundkriterien anzupassen. Wird womöglich als Grundkriterium der Faktor „Fördergut“ festgelegt, ist die maximale Traglast zu ermitteln und die Traglastbereiche sind in den Plänen darzustellen.

Abbildung 49 zeigt die einflussnehmenden Parameter der vierten Stufe.

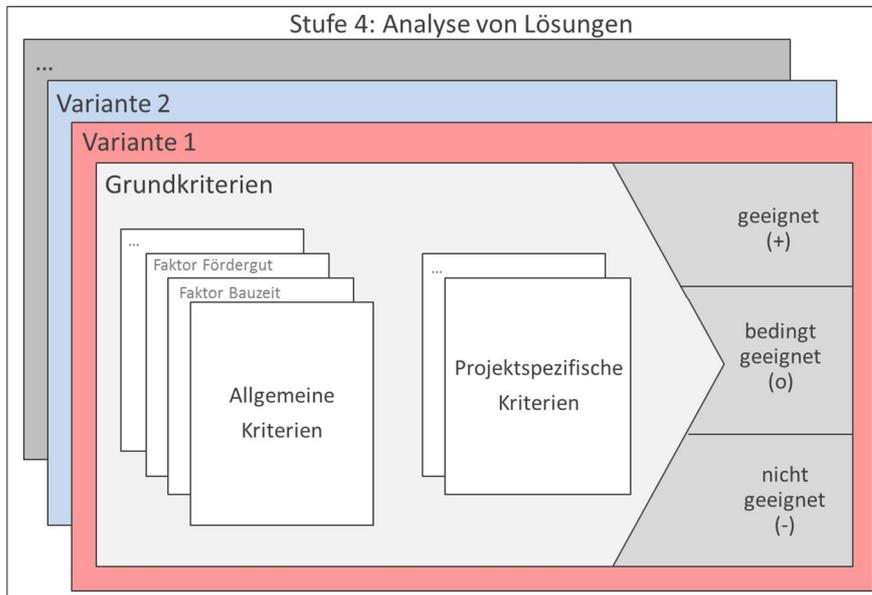


Abbildung 49: Analyse von Lösungen mittels Vorselektion der Varianten auf Basis der Grundkriterien

Tabelle 23 zeigt beispielhaft eine vereinfachte Matrix zur Vorauswahl von Kranstandorten. Auf Basis des Bewertungssystems bekommt Variante 2 zweimal die Wertung „nicht geeignet (-)“ und kann somit für eine weitere Untersuchung vorzeitig ausgeschieden werden.

Tabelle 23: Beispiel einer vereinfachten Matrix zur Vorauswahl von Kranstandorten

	Variante 1			Variante 2			Variante 3			
	Standort 1.K11	Standort 1.K12	Standort 1.K13	Standort 2.K11	Standort 2.K12	Standort 2.K13	Standort 3.K11	Standort 3.K12	Standort 3.K13	Standort 3.K14
Bauwerksbedingte Faktoren	o	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Faktor Baustelleneinrichtung	o	+	+	+	+	o	+	+	+	o
Faktor Bauzeit	o	+	+	o	o	+	+	o	+	+
Faktor Fördergut	+	+	+	+	-	+	+	o	+	+
Platzbedingte Faktoren	+	+	+	+	-	+	o	+	o	+
Sicherheitsfaktoren	+	o	+	o	+	+	+	+	+	+

(+) geeignet (o) bedingt geeignet (-) nicht geeignet

7.5 Stufe 5: Bewertung von Lösungen

In der fünften Stufe wird die Frage beantwortet:

Welche Standorte sind zu bevorzugen?

Jeder Kranstandort unterliegt seinen spezifischen Merkmalen und Ausprägungen, womit ein Vergleich zwischen den Standorten schwierig erscheint. Um dieser Problematik entgegenzuwirken ist es notwendig, die als Vergleichsbasis dienenden Kriterien aus Tabelle 22 zu quantifizieren. Um die beste Lösung für die Krananordnung zu erhalten, werden die verbleibenden Varianten der vierten Stufe mit Hilfe einer Nutzwertanalyse systematisch gegenübergestellt. Bei der Nutzwertanalyse erfolgt die Quantifizierung der Einflusskriterien durch Kombination von Gewichtung und Bewertung.

Bei der Vergabe des Gewichtungsfaktors ist der Wert 1 als neutral zu werten. Wird ein Gewichtungsfaktor größer 1 gewählt, wirkt sich der Einflussfaktor intensiver auf die Bewertung aus. Bei Gewichtungsfaktoren kleiner 1 ist der Einfluss geringer.

Bei der Bewertung der Kriterien wird eine Punkteanzahl zwischen 1 und 10 vergeben, wobei 1 für ein nicht erfülltes und 10 für ein erfülltes Kriterium steht.

Nach abgeschlossener Gewichtung und Bewertung kann die Summe der gewichteten Punkteanzahl gebildet werden. Durch Division mit der Anzahl der Kranstandorte je Variante erhält man eine durchschnittliche Punkteanzahl je Kranstandort.

Abbildung 50 zeigt schemenhaft den Zusammenhang der einflussnehmenden Merkmale bei der Bewertung von Lösungen.

In Tabelle 24 ist beispielhaft die systematische Vorgehensweise einer Nutzwertanalyse für zwei Varianten tabellarisch aufbereitet und gegenübergestellt. Die Varianten werden aus der vorherigen Stufe übernommen, wobei Variante 2 bereits bei Stufe 4 ausgeschieden wird. Ein Gewichtungsfaktor zwischen einem Wert von 0,6 und 1,5 wird vergeben. Die Punkteanzahl für die Bewertung liegt zwischen 6 und 10.

Für Variante 1 beträgt die durchschnittlich gewichtete Punkteanzahl je Kranstandort 137,3 Punkte. Variante 2 weist einen Wert von 138,1 Punkten auf und liegt somit leicht über den Punktestand der Variante 1.

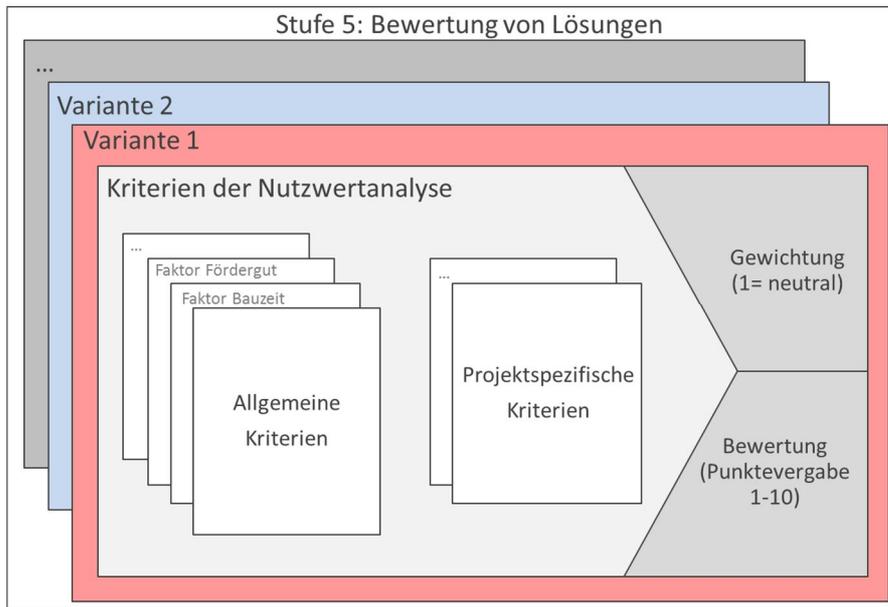


Abbildung 50: Anwendung der Nutzwertanalyse zur Bewertung von Lösungen

Tabelle 24: Nutzwertanalyse zur Bewertung von Lösungen

	Gewichtungsfaktor	Variante 1				$(\sum \text{Punkte Variante}) \times \text{Gewichtungsfaktor}$	Variante 3				$(\sum \text{Punkte Variante}) \times \text{Gewichtungsfaktor}$
		Standort 1.K11	Standort 1.K12	Standort 1.K13			Standort 3.K11	Standort 3.K12	Standort 3.K13	Standort 3.K14	
Bau erksbedingte Faktoren	1,0	6	10	10	26,0	9	9	10	10	38,0	
Faktor Baustelleneinrichtung	1,1	7	9	9	27,5	9	10	10	6	38,5	
Faktor Bauverfahren	1,3	8	8	9	32,5	10	8	8	10	46,8	
Faktor Bauzeit	1,1	5	9	9	25,3	10	6	10	9	38,5	
Faktor Fertigungsabschnitt	0,8	8	7	7	17,6	7	7	8	10	25,6	
Faktor Fördergut	0,9	10	10	9	26,1	10	6	8	10	30,6	
Faktor Krananzahl	1,0	8	8	10	26,0	10	8	8	9	35,0	
Geotechnische Faktoren	1,0	9	8	7	24,0	7	7	10	10	34,0	
Gerätespezifische Faktoren	0,9	10	8	7	22,5	7	10	7	8	28,8	
Platzbedingte Faktoren	1,3	10	10	9	37,7	7	10	6	10	42,9	
Sicherheitsfaktoren	1,5	10	10	10	45,0	7	10	10	10	55,5	
Vertragsbedingte Faktoren	1,5	9	10	9	42,0	6	10	10	9	52,5	
Summe der gewichteten Punkteanzahl					352,2					466,7	
Durchschnittlich gewichtete Punkteanzahl je Standort					117,4					116,7	

Gewichtung: 1 = neutral Bewertung: 1 bis 10, 1 = Faktor nicht erfüllt, 10 = Faktor erfüllt

7.6 Stufe 6: Entscheidung

Die abschließende Frage wird in der sechsten Stufe gestellt:

Welche Standorte werden gewählt?

Die Antwort ergibt sich aus den Ergebnissen der Nutzwertanalyse. Ob die Variante mit höchster Punktebewertung zum Einsatz kommt obliegt dem Entscheidungsträger. Bringt die Analyse kein befriedigendes Ergebnis hervor oder kann die Bauaufgabe mit den zur Verfügung stehenden Varianten nicht angemessen gelöst werden, sind die Stufen nochmals zu durchlaufen. Es können neue Varianten aufgenommen werden oder bei bereits Vorhandenen eine Veränderung erfolgen. Kommt es dennoch zu keinem zufriedenstellenden Resultat muss auf eine Zielreduktion zurückgegriffen werden (z.B. Verlängerung der Bauzeit).

8 Anwendung des Entscheidungssystems anhand eines Baustelleneinsatzes

Im Kapitel 8 wird die Anwendung des Entscheidungssystems für Kranstandorte am Beispiel des Wiener Hauptbahnhofs, Baulos 01 / 2. Phase durchgeführt. Beginnend mit einer kurzen Beschreibung des Projektes werden anschließend fünf Kranstandortvarianten, die von der Porr AG zur Verfügung gestellt werden, gezeigt. Da die Kranvarianten bereits feststehen, beginnt das Entscheidungssystem mit der vierten Stufe „Analyse von Lösungen“. Nach Durchlauf der Stufen „Analyse von Lösungen, Bewertung von Lösungen“ und „Entscheidung“ wird die geeignetste der vorhandenen Varianten herauskristallisiert.

8.1 Beschreibung des Projektes

Das gesamte Bauprojekt Wiener Hauptbahnhof entsteht in vier Hauptbauphasen vom 9.11.2009 bis zum Fertigstellungstermin am 13.12.2015. Am Ende der dritten Bauphase am 09.12.2012 erfolgt eine Teilinbetriebnahme des Hauptbahnhofs, indem die beiden südlichsten Bahnsteige und das Güterzuggleis in Betrieb genommen werden.

Der neue Durchgangsbahnhof stellt eine Vereinigung des „alten“ Süd- und Westbahnhofs dar. Das Projekt ermöglicht eine Nord-Süd und eine Ost-West Verbindung, womit der Bahnhof einen bedeutenden zentralen Knotenpunkt im transeuropäischen Schienennetz einnimmt.

Der Gebäudekomplex besteht Großteils aus vier Stockwerken und darunter liegenden Kollektorgängen.

Im ersten Obergeschoss des Bahnhofs stehen den Reisenden insgesamt fünf Bahnsteige zur Verfügung. Sie werden durch ein rautenförmiges, auf einem modularen System aufgebauten Bahnhofsdach, geschützt.

Im Erdgeschoss und im Untergeschoss entsteht auf einer Fläche von etwa 20.000 m² ein Komplex mit Geschäfts- und Gastronomieareal sowie ein Bereich der den Reisenden Wartemöglichkeiten bietet.

Im zweiten Untergeschoss befinden sich die Tiefgaragen, die für eine Kapazität von 640 PKWs ausgelegt sind. Darunter sorgen in Kollektorgängen geführte Installationsleitungen für die Versorgung des Gebäudekomplexes.

Den Auftrag über die Rohbauarbeiten am Baulos 01 wurde an die Bietergemeinschaft Strabag – Alpine – Porr - Pittel & Brausewetter von der ÖBB Infrastruktur Bau AG vergeben. Inhalt des Bauauftrages sind zusätzlich zum Hauptbahnhofgebäude unter anderem einzelne Brückentragwerke, ein Unterwerfungsbauwerk sowie die Auto-im-

Reisezug-Anlage. Die Gesamtauftragssumme für die Rohbauarbeiten beläuft sich auf rund 220 Mio. Euro.²⁶⁵

Als Anwendungsbeispiel des Entscheidungssystems für Kranstandorte wird das Baulos 01 / 2. Phase herangezogen. Abbildung 51 zeigt eine Übersicht des Gesamtprojekts mit der Kennzeichnung des für die Anwendung des Entscheidungssystems maßgebenden Bereichs.

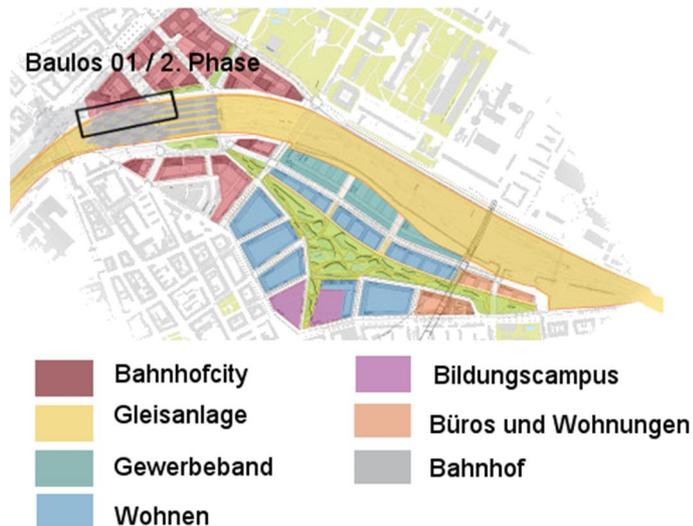


Abbildung 51: Übersicht des Gesamtprojektes Hauptbahnhof Wien mit Kennzeichnung des Baulos 01 / 2. Phase²⁶⁶

8.2 Datengrundlage

Als Datengrundlage wird seitens der Porr AG der Vertragsbauzeitplan sowie fünf ausgearbeitete Kranstandortvarianten in Grundrissdarstellung (Maßstab 1:250) zur Verfügung gestellt.

Zum Zeitpunkt der Projektbearbeitung gibt es noch keine Aufrissdarstellungen der Varianten, da die Höhe der Krane unwesentlich für die Kosten ist, sofern keine Sonderaufstellung erforderlich ist. Diese ist nur bei einer gewissen Aufstellhöhe notwendig.

Weiters lieferten eine Baustellenbesichtigung und ein persönliches Gespräch vom 25.04.2012 mit Herrn Dipl.-Ing. Herbert Meister weitere Informationen über das Bauvorhaben. Ein im Zuge der Masterarbeit erstellter Fragenkatalog betreffend dem Wiener Hauptbahnhof wurde

²⁶⁵ Hauptbahnhof Wien: <http://bau.report.at/index.php/aktuell/34-wirtschaft-politik/36834-hauptbahnhof-wien>, zugriff am 07.05.2012 09:00.

²⁶⁶ vgl. Bahnhof Wien: <http://hauptbahnhof-wien.at/de/Projekte/index.jsp>, Zugriff am 07.05.2012 09:00

ebenfalls von ihm beantwortet. Ergänzend dazu wurden am 18.04.2012 als auch am 16.05.2012 Telefonate mit Herrn Dipl.-Ing. Herbert Meister über das Bauprojekt geführt.

Wegen dem Umfang des Projektes stehen einigen Daten nicht zur Verfügung, weshalb im Zuge der Anwendung des Entscheidungssystemes für Kranstandorte nicht alle Einflussfaktoren überprüft werden können.

8.3 Überschlägige Ermittlung der Krananzahl

Mit Hilfe der Kennzahl „Arbeiter je Kran“ und „Ermittlung der Krananzahl über die Grundrissfläche“ wird die Anzahl der Krane ermittelt.

Die Anzahl der Arbeiter wird auf Basis des Bauzeitplans mit Hilfe der Ressourcenplanung durchgeführt. Als Ergebnis zeigt sich, dass in der Hauptbauzeit in etwa 180 Arbeiter (Schaler, Beweher, Betonierer) eingesetzt werden, wobei mit versetzen Schichten und voraussichtlich auch an Samstagen gearbeitet wird. Unter Berücksichtigung dieser Randbedingungen wird für den Proportionalitätsfaktor $PF_{K,AK}$ ein Wert von 30 AK/Kran angesetzt. Daraus ergibt sich eine benötigte Krananzahl von 4 Krane.

Die Anzahl der Krane ermittelt auf Basis der Grundrissfläche $GF_{BWK}=20.000$, $f_{Kran}=2,0$ und einen mittleren Kranradius von 60 m ergibt 3,53 Krane.

$$ANZ_{K,GEO} = \frac{2,0 * 20.000}{60^2 * \pi} = 3,53Krane$$

Firmenintern wurde die Krananzahl mit der Kennzahl „Arbeiter je Kran“ ermittelt, wobei der Proportionalitätsfaktor nur die Schalarbeiter berücksichtigt. In diesem Beispiel wurde konkret mit einem Faktor von 15 Schaler je Kran gerechnet.

8.4 Beschreibung der Kranstandortvarianten

Es stehen fünf Varianten der Kranstandortanordnung zur Verfügung, die im Folgenden genauer beschrieben werden. Die Pläne sind im Anhang 1 beigelegt.

8.4.1 Variante 1

Für Variante 1 sind drei stationären Turmdrehkrane (K1.11, K1.12, K1.13) außerhalb der Bauwerksgrenzen und ein beweglicher Raupenkran (1.K14) geplant. Der mittlere Kran 1.K12 überschwenkt mit der höchsten Auslegerstellung die anderen Krane.

Wegen der angrenzenden Baugrubensicherung wird 1.K11 mit Fundamentankern in einem Blockfundament und zusätzlichen Bohrpfählen hergestellt. Die quadratische Stellfläche beträgt etwa 8,0 x 8,0 m.

Ebenso benötigen die Standorte 1.K12 und 1.K13 Blockfundamente und Bohrpfähle. Die quadratischen Stellflächen betragen etwa 8,0 x 8,0 m.

Der Raupenkran nimmt eine Stellfläche von 7,0 x 7,0 m ein und bewegt sich entlang der Tragwerkskette 2.

8.4.2 Variante 2

Für Variante 2 werden vier stationäre Kranstandorte gewählt. Die Standorte 2.K11 und 2.K13 sind ident der Variante 1, wobei für K2.13 ein Kran mit geringerer Auslegerlänge zum Einsatz kommt.

Wegen der angrenzenden Baugrubensicherung wird 2.K11 mit Fundamentankern in einem Blockfundament und zusätzlichen Bohrpfählen hergestellt. Die quadratische Stellfläche beträgt etwa 8,0 x 8,0 m.

Die Standorte 2.K12 und 2.K13 werden in einem Blockfundament und zusätzlichen Bohrpfählen aufgestellt. Die Stellflächen betragen etwa 8,0 x 8,0m.

2.K14 wird in der Gebäudefundierung integriert und ist mit Fundamentankern mit der Bodenplatte verbunden.

8.4.3 Variante 3

Bei der Variante 3 sind vier Kranstandorte geplant (3.K11, 3.K12, 3.K13, 3.K14), wobei nur der Standort 3.K12 von Variante 2 abweicht, indem statt des Obendrehers ein Schnelleinsatzkran verwendet wird.

Die Stellfläche des Schnelleinsatzkranes ist 7,0 x 7,0 m.

8.4.4 Variante 4

Bei Variante 4 kommen zwei Turmdrehkrane zum Einsatz (4.K11, 4.K14, sowie bis zu drei Schnelleinsatzkrane (nicht im Plan dargestellt).

Der Standort 4.K14 ist innerhalb des Gebäudes im Gebäudefundament integriert und überschwenkt mit seiner Auslegerstellung die zwei darunter befindlichen Krane 4.K11 und 4.K15.

Wegen der angrenzenden Baugrubensicherung wird 4.K11 mit Fundamentankern in einem Blockfundament und zusätzlichen Bohrpfählen hergestellt. Die quadratische Stellfläche beträgt etwa 8,0 x 8,0 m.

8.4.5 Variante 5

Die Variante 5 sieht insgesamt vier Kranstandorte für stationär arbeitende Turmdrehkrane vor. 5.K11 und 5.K13 sind außerhalb, 5.K12 und 5.K14 sind innerhalb des Bauwerks positioniert.

Der Turmdrehkran am Standort 5.K14 überschwenkt als höchstes Hebezeug am Baufeld die Krane mit den Standorten 5.K12 und 5.K13.

Wegen der angrenzenden Baugrubensicherung wird 5.K11 mit Fundamentankern in einem Blockfundament und zusätzlichen Bohrpfählen hergestellt.

5.K12 und 5.K14 werden in der Gebäudefundierung integriert und sind mit Fundamentankern mit der Bodenplatte verbunden.

Der Kran am Standort 5.K13 ragt nicht in die Böschung und kann mit Unterwagen auf einem Streifenfundament aufgestellt werden, wobei als Alternative auch ein Blockfundament mit Fundamentanker verwendet werden kann.

8.5 Beschreibung der eingesetzten Krane

Bei den Varianten werden drei unterschiedlichen Kranen eingesetzt, von denen zwei als stationäre Turmdrehkrane und einer als Schnelleinsatzkran ausgeführt sind. Zum Einsatz kommen Mietkrane der Firma Liebherr mit Höhen zwischen 40 m und 50 m. Bei den Modellen handelt es sich um:²⁶⁷

- 280 EC-H 12 Litronic

Beim Modell 280 EC-H 12 Litronic handelt es sich um einen obendrehenden Turmdrehkran mit Laufkatzenausleger. Die Tragfähigkeit beträgt bei einer maximalen Ausladung von 75 m 2.800 kg. Die maximale Tragfähigkeit liegt bei 12.000 kg.

Die Montage erfolgt mit einem großen Fahrzeugkran (20 x 10 m) und die Anlieferung der Teile mit Sattelschleppern (Länge in etwa 18 m).

Es werden stufenlose Antriebe eingesetzt.

- 180 EC-H 10 Litronic

Der 180 EC-H 10 Litronic ist ebenso als Obendreher mit Laufkatzenausleger ausgeführt. Die maximale Tragfähigkeit beträgt

²⁶⁷ vgl. LIEBHERR: Produktkatalog – Die Baukrane, www.liebherr.com, Zugriff am 23.05.2012 21:00.

bei einer maximalen Ausladung von 60 m 2.650 kg. Die maximale Tragfähigkeit liegt bei 10.000 kg.

Die Montage erfolgt mit einem großen Fahrzeugkran (20 x 10 m) und die Anlieferung der Teile mit Sattelschleppern (Länge in etwa 18 m).

Es werden stufenlose Antriebe eingesetzt.

- 81 KR auf Raupe

Der 81 KR auf Raupe wird der Gruppe der Schnelleinsatzkrane zugeordnet. Die maximale Tragfähigkeit beträgt bei einer maximalen Ausladung von 45 m 1.400 kg. Die maximale Tragfähigkeit liegt bei 6.000 kg. Die Stellfläche beträgt 7,0 x 7,0 m. Seine Höhe im aufgestellten Zustand beträgt maximal 42,1 m.

Der Untendreher ist selbstaufrichtend, jedoch hat die Anlieferung der Kranteile mit einem Sattelschlepper (Länge in etwa 18 m) zu erfolgen.

Tabelle 25: Zusammenfassung der gerätespezifischen Eigenschaften

	Standortbezeichnung	Gerätetyp	Baureihe	Auslegerlänge lt. Plan
Variante 1	Standort 1.K11	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 1.K12	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 1.K13	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 1.K14	Schnelleinsatzkran	81 KR auf Raupe	42,00 m
Variante 2	Standort 2.K11	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 2.K12	Obendreher	180 EC-H 10 Litronic	50,00 m
	Standort 2.K13	Obendreher	180 EC-H 10 Litronic	50,00 m
	Standort 2.K14	Obendreher	180 EC-H 10 Litronic	50,00 m
Variante 3	Standort 3.K11	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 3.K12	Schnelleinsatzkran	81 KR auf Raupe	42,00 m
	Standort 3.K13	Obendreher	180 EC-H 10 Litronic	50,00 m
	Standort 3.K14	Obendreher	180 EC-H 10 Litronic	50,00 m
Variante 4	Standort 4.K11	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 4.K14	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 4.K15	Schnelleinsatzkran	81 KR auf Raupe	42,00 m
Variante 5	Standort 5.K11	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m
	Standort 5.K12	Obendreher	180 EC-H 10 Litronic	50,00 m
	Standort 5.K13	Obendreher	180 EC-H 10 Litronic	60,00 m
	Standort 5.K14	Obendreher	280 EC-H 12 Litronic	70,00 m

8.6 Analyse der Einflussfaktoren

▪ Bauwerksbedingte Faktoren

Die erforderlichen Hakenhöhen können nicht überprüft werden, da keine Aufrissdarstellungen zur Verfügung stehen.

Bezüglich der Bauwerksabdeckung durch die gewählten Kranstandorte und der Auslegerlänge kann festgestellt werden:

- Bei Variante 2 ist durch die Standorte 2.K12 und 2.K14 keine vollkommene Bauwerksabdeckung gewährleistet.
- Ebenso können die Standort 3.K12 und 3.K14 den Arbeitsbereich nicht vollkommen überschwenken.

▪ Faktor Baustelleneinrichtung

Eine Bewertung vom „Faktor Baustelleneinrichtung“ kann zur Analyse der Lösungen nicht eingehend durchgeführt werden. Begründet wird das dadurch, weil Lagerflächen hauptsächlich auf der Baustelle selbst verwendet werden (auf bereits betonierten Bodenplatten bzw. Decken und Tragwerke), und deshalb noch nicht in den Plänen eingetragen sind.

Als Nachteil des Standort 1.K14 kann bereits genannt werden, dass der Raupenkran die Tragwerkskette 2 Richtung Westen blockiert. Dadurch ist ein Befahren von Betonmischern, An- und Abtransporte usw. nicht möglich.

▪ Faktor Bauverfahren

Der Faktor Bauverfahren wird im Rahmen dieser Arbeit nicht untersucht.

▪ Faktor Bauzeit

Die Krane werden im Zeitraum Oktober/November 2012 aufgestellt und zwischen Juli und November 2013 abgebaut. Daraus ergibt sich für die Vorhaltezeit der Krane eine Dauer zwischen 9 und 13 Monate.

Bei Variante 4, mit nur drei Kranstandorten, ist aufgrund der knappen Kapazitäten das Risiko der Nichteinhaltung von Pönalterminen höher.

▪ Faktor Fertigungsabschnitt

Bei der Variante 1 ist der Kran 1.K14 sehr flexibel einsetzbar, wodurch Kranengpässe dort ausgeglichen werden können, wo sie benötigt werden.

Eine gleichmäßige Arbeitsfeldverteilung bei 2.K11 und 2.K12 ist durch den sehr kleinen Überlappungsbereich nicht gegeben. Die gleiche Situation ist auch zwischen 3.K11 und 3.K12 zu bemerken.

Variante 5 bietet bei den maßgebenden Einbaumengen einen ausreichenden Überlappungsbereich.

- **Faktor Fördergut**

Die maximal zu hebenden Lasten für die am Baufeld befindlichen Kranen sind die als Fertigteil ausgeführten Stiegenelemente, mit einer Masse zwischen 3 und 6 t. Sie befinden sich bei allen Standorten in einem ausreichenden Traglastbereich.

Die beiden Stiegen mit 10 t Gesamtmasse werden mit einem Mobilkran versetzt.

Zusätzlich sind die Elementdecken ausschließlich mit den Kranen zu versetzen. Sie weisen eine Masse von 3 t auf. Diese liegen ebenfalls in einem ausreichend dimensionierten Traglastbereich.

Da alle Varianten den Faktor Fördergut gleichermaßen erfüllen, ist ein Vergleich nicht notwendig.

- **Faktor Krananzahl**

Aufgrund der Kapazitätsermittlung für Krane ergibt sich, dass drei Krane nicht ausreichen. Somit kann Variante 4 bezüglich dieses Faktors vorzeitig ausgeschieden werden.

- **Faktor Sichtfeld**

Das Sichtfeld der Krane ist gleichermaßen für alle Varianten geeignet (Führerkabinen befinden sich in Auslegerhöhe). Darum ist eine weitere Betrachtung nicht notwendig.

- **Firmenspezifische Faktoren**

Dieser Einflussfaktor kann vernachlässigt werden, weil es keine firmeninternen Vorgaben gibt.

Die Planung der Kranstandorte wird computerunterstützt mit einem CAD-System durchgeführt. Es werden keine weiteren Kraneinsatzplaner als Hilfestellung verwendet.

- **Geotechnische Faktoren**

Im Rahmen dieser Arbeit werden keine geotechnischen Faktoren untersucht.

- **Gerätespezifische Faktoren**

Der Raupenkran ist vor allem durch seinen ortsunabhängigen Standort bei 1.K14 sehr flexibel einsetzbar. Die Leistungsfähigkeit von Raupenkränen ist jedoch im Vergleich zu Turmdrehkränen geringer. Die technische Kenngröße „Geschwindigkeit“ ist vor allem wegen dem Kranfahren als negativ einzustufen.

Turmdrehkrane sind generell leichter zu bedienen und die Leistung ist im Allgemeinen höher.

- **Platzbedingte Faktoren**

Der Platzbedarf eines Kranes im Betrieb ergibt sich im Hinblick auf die Fundamentierung bzw. des Unterwagens.

1.K12 und 1.K13 werden in die Böschung eingebunden. 1.K14 benötigt für das Ausführen seiner Tätigkeit aufgrund der Standortunabhängigkeit sehr viel Platz.

Die Standorte 2.K12, 2.K13, 3.K12, 3.K13 werden ebenso in die Böschung eingebunden.

Der Platzbedarf während der Montage und Demontage kann nicht untersucht werden, weil die Anordnung der Baustraßen und dessen Abmessungen zu dem Zeitpunkt der Masterprojektbearbeitung noch nicht feststehen.

- **Sicherheitsfaktor**

Ein Sicherheitsabstand von 2 m zwischen Turm und Ausleger zwischen zwei Kranen wird zumindest in der Grundrissansicht bei allen Varianten eingehalten. Darüber hinaus wird ebenso der Gefahrenradius von 0,5 m zwischen den bewegten Teilen eines Kranes und der Umgebung berücksichtigt.

Für die Standorte K11 aller Varianten ist gleichermaßen eine Laufkatzenbeschränkung einzusetzen, damit der Kran keinesfalls mit der Last über den hoch frequentierten Personenverkehr schwenkt.

Die Krane werden aufgrund ihrer Aufstellung nicht über Gleis oder Oberleitung geschwenkt.

Der Abstand zu Baugruben bzw. Böschungen wird teilweise nicht eingehalten (1.K12, 1.K13, 2.K12, 2.K13, 3.K13). Jedoch kann durch eine Fundamentierung dieser Faktor noch beeinflusst werden.

- **Umgebungsbedingte Faktoren**

Die Krane müssen zum Teil über die Querträger für eine Hochspannungsleitung drehen, die über dem Stahldach des Hauptbahnhofs geführt wird. Ansonsten gibt es keine weiteren Hindernisse in der Umgebung. Deshalb wird dieser Faktor keiner zusätzlichen Untersuchung unterzogen.

- **Vertragsbedingte Faktoren**

Es gibt keine grundsätzlichen Vorschriften hinsichtlich der Aufstellungsorte aus dem Bauvertrag. Allgemeine Vorgaben wie die Abstimmung der Kranplanung mit den Nachbarbaulosen sowie mit den nachfolgenden Gewerken (vor allem Stahlbau für die Herstellung des Daches) müssen noch überprüft werden.

8.7 Ergebnisse der Anwendung des Entscheidungssystems

Tabelle 26 zeigt die Bewertung der vierten Stufe „Analyse von Lösungen“. Auf Basis der Entscheidungsmatrix kann Variante 1, Variante 3 und Variante 4 vorzeitig ausgeschieden werden. Sie weisen in der Beurteilung der Einflussfaktoren „nicht geeignet“ auf.

Tabelle 26: Zusammenfassung der Ergebnisse der Stufe „Analyse von Lösungen“

(+) geeignet (o) bedingt geeignet (-) nicht geeignet	Sicherheitsfaktoren	o	+	+	+	+	+	+	Standort 1.K11	Variante 1
	Platzbedingte Faktoren	o	o	+	+	+	+	+	Standort 1.K12	
	Gerätespezifische Faktoren	o	o	+	+	+	+	+	Standort 1.K13	
	Faktor Krananzahl	o	o	o	+	+	+	+	Standort 1.K14	
	Faktor Bauzeit	o	+	+	+	o	+	+	Standort 2.K11	Variante 2
	Faktor Bauwerkbedingte Faktoren	o	o	+	+	o	+	o	Standort 2.K12	
	Faktor Baustelleneinrichtung	o	o	+	+	+	+	+	Standort 2.K13	
	Faktor Bauzeit	+	+	+	+	+	+	o	Standort 2.K14	
	Faktor Fertigungsabschnitt	o	+	+	+	o	+	+	Standort 3.K11	Variante 3
	Faktor Krananzahl	o	o	o	+	o	+	+	Standort 3.K12	
	Gerätespezifische Faktoren	o	o	+	+	+	+	+	Standort 3.K13	
	Platzbedingte Faktoren	+	+	+	+	+	+	o	Standort 3.K14	
	Sicherheitsfaktoren	o	+	+	+	+	+	+	Standort 4.K11	Variante 4
	Platzbedingte Faktoren	+	+	+	+	+	o	+	Standort 4.K14	
	Gerätespezifische Faktoren	+	+	o	+	+	+	+	Standort 4.K15	
	Faktor Krananzahl	o	+	+	+	+	+	+	Standort 5.K11	Variante 5
	Faktor Bauzeit	+	+	+	+	+	+	+	Standort 5.K12	
	Faktor Bauwerkbedingte Faktoren	+	+	+	+	+	+	+	Standort 5.K13	
	Faktor Baustelleneinrichtung	+	+	+	+	+	+	+	Standort 5.K14	

Zusammenfassend wird die Nutzwertanalyse im Rahmen der „Bewertung von Lösungen“ in Tabelle 27 dargestellt. Als Ergebnis resultiert, dass Variante 5 bezüglich der bewerteten Faktoren mit einer durchschnittlichen gewichteten Punkteanzahl von 88,2 Punkten je Standort knapp vor Variante 2 liegt. Variante 5 konnte durch Anwendung des Entscheidungssystems als geeignetste Variante herauskristallisiert werden.

Tabelle 27: Zusammenfassung der Ergebnisse der Stufe „Bewertung von Lösungen“

	Gewichtungsfaktor	Variante 2				$(\sum \text{Punkte Variante}) \times$ Gewichtungsfaktor	Variante 5				$(\sum \text{Punkte Variante}) \times$ Gewichtungsfaktor
		Standort 2.K11	Standort 2.K12	Standort 2.K13	Standort 2K.14		Standort 5.K11	Standort 5.K12	Standort 5.K13	Standort 5.K14	
Bauwerksbedingte Faktoren	1,0	10	7	10	8	35,0	10	10	10	10	40,0
Faktor Baustelleneinrichtung	1,0	10	10	10	10	40,0	10	10	10	10	40,0
Faktor Bauzeit	1,5	10	10	10	10	60,0	10	10	10	10	60,0
Faktor Fertigungsabschnitt	0,9	8	6	10	10	30,6	10	10	10	10	36,0
Faktor Krananzahl	1,4	10	10	10	10	56,0	10	10	10	10	56,0
Gerätespezifische Faktoren	0,9	10	10	10	10	36,0	10	10	10	10	36,0
Platzbedingte Faktoren	1,0	10	7	7	10	34,0	10	10	10	9	39,0
Sicherheitstechnische Faktoren	1,2	8	8	8	10	40,8	8	10	10	10	45,6
Summe der gewichteten Punkteanzahl						332,4					352,6
Durchschnittlich gewichtete Punkteanzahl je Standort						83,1					88,2

Gewichtung: 1 = neutral Bewertung: 1 bis 10, 1 = Faktor nicht erfüllt, 10 = Faktor erfüllt

9 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Masterarbeit liegt der Fokus auf dem Einfluss der Kranstandorte auf die Produktivität im Baubetrieb. Im Speziellen werden Literaturrecherchen für Turmdrehkrane im Rahmen von Hochbaubau- stellen im Zuge der Rohbauarbeiten durchgeführt. Bereits bei den Vor- recherchen ist klar, dass eine stark abgegrenzte Betrachtung nicht möglich ist, weil vor allem der Gerätetyp und die Anzahl der Krane maßgebend in diese Thematik einfließen.

Eingeleitet wird diese Arbeit mit einem allgemeinen Teil, der die Grundlagen der Bau- und Funktionsweise von Turmdrehkranen erläutert. Es zeigt sich, dass ein umfangreiches Grundlagenwissen über das Hebezeug notwendig ist, um die Anpassungsmöglichkeiten bei der Standortwahl zu kennen.

Die umfassenden Einwirkungen auf die Auswahl und die Dimen- sionierung von Kranen werden in dem gleichnamigen Kapitel erarbeitet, das als Ergebnis eine Leistungsbemessung hervorbringt. Zur Ermittlung der Anzahl der Krane werden sieben Methoden vorgestellt, die unterschiedliche Einflussfaktoren für ihre Anwendung berücksichtigen. Es stellt sich heraus, dass nur bei drei Methoden der Einfluss des Kranstandortes einfließt, wobei die Spielzeitberechnung am deutlichsten diese Problemstellung erfasst. Die Bewertung der Intensität beim Anwendungsaufwand verdeutlicht, dass die Spielzeitberechnung sehr zeitintensiv ist und deshalb nur für Detaillösungen eingesetzt werden sollte.

Darauffolgend wird die Frage nach dem richtigen Zeitpunkt für die Kranstandortplanung beantwortet. Gezeigt wird, dass die Intensität der Planung für einen herkömmlichen Bauablauf in den Projektphasen einer starken Schwankung unterworfen ist. Eine frühzeitige Kranstandort- planung wird in der Phase Planung und Ausschreibung von mehreren Literaturquellen empfohlen.

Es zeigen sich unterschiedliche Auffassungen von bereits veröffentlich- ten Literaturquellen zur Vorgehensweise bei der Kraneinsatzplanung und dem Zeitpunkt der Kranstandortplanung. Obwohl sich die Reihenfolgen als unterschiedlich darstellen, werden als gemeinsame Komponente der iterative Prozess herauskristallisiert. Es werden stationäre und fahrbare Möglichkeiten der Krananordnungen gezeigt und auf dessen Vor- und Nachteile hingewiesen. Anschließend erfolgt ein systematisches Sammeln von 16 Faktoren, die eine Standortwahl beeinflussen können.

Am Beispiel eines Bauprojektes, bei dem Produktivitätsverluste durch störungsbedingte Veränderung der Kranauslastung nachgewiesen werden, können fünf der zuvor ermittelten 16 Faktoren zugeordnet werden. Das Nichtbeachten dieser Einflussfaktoren bei der Planung der Kranstandorte verdeutlicht die negativen Einwirkungen auf die

Produktivität. Um die Ergebnisse des Beispiels beziffern zu können, erfolgt eine Beschreibung der maßgebenden Kennzahlen der Produktivität. Als Konsequenz daraus kann geschlossen werden, dass durch eine Überprüfung der Einflussfaktoren im Planungsstadium eine Verbesserung im Bauablauf bereits möglich ist.

Zur Darstellung und Analyse von Baustellengegebenheiten stellen sich als wichtiges Instrument der Kraneinsatzplanung die computerunterstützten 2D, 3D und 4D-Systeme heraus. Vor allem in diesem Bereich ist noch ein großes Potenzial vorhanden, weil die Entwicklung der Programme zur Anwendung für Turmdrehkrane noch im Anfangsstadium steckt.

Das gesammelte Wissen wird in einem systematischen Ablaufmodell zur effektiveren und zeitsparenden Entscheidungsfindung für Kranstandorte zusammengefasst. Das sechsstufige Ablaufmodell ist so konzipiert, dass durch stufenweise Abarbeitung verbunden mit Bewertungssystemen ein Ergebnis entsteht. Es kann festgestellt werden, dass die Einzigartigkeit jeder Baustelle von großer Bedeutung ist. Deshalb können die betrachteten Einflussfaktoren vom Anwender des Entscheidungsmodells frei gewählt und mit zusätzlichen baustellenspezifischen Faktoren beaufschlagt und somit Schwerpunkte gesetzt werden.

Für eine Weiterentwicklung des Modells würde die Integration eines Kostenfaktors einen wesentlichen Vorteil bringen. Damit könnte der Anwender sowohl die Einflüsse auf die Produktivität überprüfen, als auch die Kosten miteinfließen lassen.

Die Kopplung des Entscheidungssystems mit einem virtuellen Kraneinsatzplaner ist für zukünftige Entwicklungen vorstellbar, vor allem unter Anbetracht der rasanten Fortschritte im digitalen Bereich.

A.1 Anhang

Anhang 1 Übersicht der Varianten 1 bis 5 der Krananordnung

Glossar

Arbeitskran	Ein Kran, der verschiedene Arbeitspartien mit Hilfsstoffen, Schalung oder Bewehrung versorgt ²⁶⁸
Bruttorauminhalt	„Der Brutto-Rauminhalt ist der Rauminhalt des Bauwerkes, der von den äußeren Begrenzungsflächen und nach unten von der Unterfläche der konstruktiven Bauwerkssohle umschlossen wird. Der Brutto-Rauminhalt ist in Netto-Rauminhalt und Konstruktions-Rauminhalt gegliedert.“ ²⁶⁹
Leistungskran	Ein Kran, der zur Einbringung von Massengütern konzipiert ist ²⁷⁰

²⁶⁸ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, S. 1.

²⁶⁹ ÖNORM B 1800, Fassung vom 01.01.2001: Ermittlung von Flächen und Rauminhalten von Bauwerken, S. 9.

²⁷⁰ vgl. TOUSSAINT, E.: Praktische Baustelleneinrichtung, a.a.O.

Literaturverzeichnis

- BARGSTÄDT, H. J.; BLICKLING, A.; KATH, T.: Optimierung der Planung von Baustelleneinrichtungen mit 3-D-Technologien, in: Hoch & Tiefbau, 1-2/2004.
- BLECKEN, U.: Der Hochbaukran - Kapazitätsproblem mit Warteschlangenaspekt, in: der baubetriebsberater, 7-8/1971.
- BLECKEN, U.; MISCH, V.: Verfahrensoptimierung im Stahlbetonbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 09/1980.
- BLECKEN, U.: Optimierung der Baustelleneinrichtung – Standortoptimierung der Baustelleneinrichtungselemente bei Hoch- und Ingenieurbauten, in: Baumaschine + Bautechnik, 03/1984.
- BÖTTCHER, P.D.P.; NEUENHAGEN, H.: Baustelleneinrichtung: Betriebliche Organisation Geräte – Kosten - Checklisten; Wiebaden, Berlin: Bauverlag GmbH; 1997.
- BRÜSSEL, W.; KNOOP, R.: Störungsbedingte Veränderungen der Kranauslastung, in: Baubetriebswirtschaft, 09/2011.
- DREES, G.; KRAUß, S.: Baumaschinen und Bauverfahren: Einsatzgebiete und Einsatzplanung; 3.Auflage, Renningen: expert verlag 2002.
- DREES, G.; REPMANN, G.: Kennzahlen für den Einsatz von Turmdrehkränen im Hochbau, in: Baumaschine + Bautechnik, 10/1977.
- DREES, G.; SOMMER, H.; ECKERT, G.: Zweckmäßiger Einsatz von Turmdrehkränen auf Hochbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 12/1980.
- Geschäftsstelle Bau der WKÖ: ÖBGL 2009: Österreichische Baugeräteliste; Gütersloh: Bauverlag BV GmbH 2009.
- GIRMSCHIED, G.: Leistungsermittlungshandbuch für Baumaschinen und Bauprozesse; 4. Auflage, Heidelberg: Springer Verlag 2010.
- GROTE, K.H.; FELDHUSEN, J.: Dubbel: Taschenbuch für den Maschinenbau; 23. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2011.
- GRALLA, M.: Baubetriebslehre Bauprozessmanagement; Köln: Wolters Kluwer: 2011.
- GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.; TÖLLE, S.: Virtuelle Baustellen-Beplanung, in: Hebezeuge und Fördermittel, 03/2004.
- GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.; FRENZ, T.: Turmdrehkran-Einsatzplaner – Virtuelles Werkzeug zur Beplanung von Baustellen mit Turmdrehkränen, in: Tiefbau, 07/2007.
- GÜNTHER, W. A.; KESSLER, S.; FRENZ, T.: 4D Einsatzplanung von Turmdrehkränen, in: BauPortal, 07/2010.

- HECK, D.: Skriptum zur Lehrveranstaltung Bauwirtschaft – Teil: Bautechnologie; Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz, 2007.
- HECK, D.; LANG, W.: Baubetriebslehre VU (Master) Skriptum, Institut für Baubetrieb und Bauwirtschaft der TU Graz, 2011.
- HELMUS, M.; KLEIN, M.: Ermittlung der Kranauslastung, in: Baumaschine + Bautechnik, 11-12/1996.
- HOFFMANN, M.; KRAUSE, T.: Zahlentafel für den Baubetrieb; 8.Auflage, Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag 2011.
- HÜSTER, F.: Leistungsberechnung der Baumaschinen; 4.Auflage, Aachen: Shaker Verlag 2003.
- HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung – Interaktionsdiagramm für Bewehrungsarbeiten, in: Baumarkt und Bauwirtschaft, 01/2005.
- HOFSTADLER, C.: Schwierigkeitsgrad von Schalarbeiten – Darstellung der Auswirkungen im IAD, in: Österreichische Bauzeitung, 14/2005.
- HOFSTADLER, C.: Bauablaufplanung und Logistik im Baubetrieb; Berlin: Springer-Verlag; 2007.
- HOFSTADLER, C.: Baubetriebliche Angaben in der Ausschreibung, in: bau.zeitung, 49-50/07.
- HOFSTADLER, C.: Schalarbeiten – Technologische Grundlagen, Sichtbeton, Systemauswahl, Ablaufplanung, Logistik und Kalkulation; Berlin, Heidelberg: Springer Verlag 2008.
- HOFSTADLER, C.; LANG, W.: Verfahrensvergleiche: Die Kombi macht's, Teil 1: Bedeutung und Grundlagen, in: Bautechnik, 11/2008
- HOFSTADLER, C.: Bauzeit und Baukosten für Stahlbetonarbeiten – Berechnungsmethoden und Anwendung, in: Beton- und Stahlbetonbau, 104/2009.
- HOFSTADLER, C.: Monte-Carlo Simulation in der Arbeits-/Projektvorbereitung – Anwendung bei der Berechnung der Bauzeit, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, Hrsg.: LECHNER, H.; HECK, D.; HOFSTADLER, C., Graz: Verlag der Technischen Universität Graz.; 2010.
- HOFSTADLER, C.: Nachweis der Produktivitätsverluste am Beispiel der Stahlbetonarbeiten – Literaturansätze im Vergleich zu aktuellen Untersuchungsergebnissen, in: 9. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium, Hrsg.: LECHNER, H.; HECK, D.; HOFSTADLER, C., Graz: Verlag der Technischen Universität Graz; 2011.
- HOFSTADLER, C.; FRANZL, G.: Bewehrungsarbeiten im Baubetrieb; Verband Österreichischer Biege- und Verlegetechnik (VÖBV) 2011.

- KÖNIG, H.: Maschinen im Baubetrieb: Grundlagen und Anwendung; 3.Auflage, Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag 2011.
- LILIENTHAL, L.: Projektierung von Kraneinsätzen, in: Tiefbau, 05/2000.
- MEISTER, H.R.: Anforderungen und Nutzen der Arbeitsvorbereitung bei beengten Platzverhältnissen im Hochbau, in: 8. Grazer Baubetriebs- und Bauwirtschaftssymposium – Arbeitsvorbereitung für Bauprojekte. Hrsg.: LECHNER, H.; HECK, D.; HOFSTADLER, C., Graz: Verlag der Technischen Universität Graz 2010.
- MEYRAN, G.: Berechnung der Kranspielzeiten von Turmdrehkränen, in: fördern und heben, Nr.17/1973.
- PROPOROWITZ, A. (Hrsg): Baubetrieb – Bauverfahren; Leipzig: Carl Hanser Verlag 2008.
- SCHACH, R.; OTTO, J.: Baustelleneinrichtung: Grundlagen – Planung – Praxishinweise - Vorschriften und Regeln; 2.Auflage, Wiesbaden: Vieweg + Teubner Verlag 2011.
- SEELING, R.: Auswahl und Kombination der Hauptfördermittel auf Betonbaustellen, in: Baumaschine + Bautechnik, 01/1979.
- SEELING, R.: Die Kranbemessung im Hochbau unter besonderer Berücksichtigung des Warteschlangenansatzes, in: Baumaschine + Bautechnik, 03/1981.
- SHAPIRA, A.; ROSENFELD, Y.; MIZRAHI, I.: Vision Systems for Tower Cranes, in: Journal of Construction Engineering and Management, 05/2008.
- SPRANZ, D.: Arbeitsvorbereitung im Ingenieurhochbau; Berlin: Bauwerk Verlag 2003.
- SPRANZ, D.: Kriterien bei der Auswahl von Turmdrehkränen, in: Baumaschine + Bautechnik, 03/1976.
- TOUSSAINT, E.: Praktischen Baustelleneinrichtung – Erfahrungen und Methoden auf Großbaustellen; Berlin: Wilhelm Ernst Sohn KG 1984.
- Wu, W.: Geländebruchsicherheit VL Skriptum, Institut für Geotechnik an der Universität für Bodenkultur Wien, SS 2007.

Judikaturverzeichnis

BGBI II 33/2012: Elektroschutzverordnung, Fassung vom 06.02.2012.

BGBI II 164/2000: Arbeitsmittelverordnung AM-VO, Fassung vom 16.06.2000.

BGBI II 352/2002: Bundes-Arbeitsstättenverordnung – B-AStV, Fassung vom 27.09.2002.

BVergG: Bundesgesetz über die Vergabe von Aufträgen 2006, Fassung vom 13.04.2012.

Linkverzeichnis

<http://www.arbeitsinspektion.gv.at/Al/Bauarbeiten/Pruefpflichten/default.htm>, Datum des Zugriffs 20.03.2012, 13:00

http://www.auva.at/mediaDB/MMDB125864_M223.pdf, Datum des Zugriffs 09.03.2012 16:00.

<http://bau.report.at/index.php/aktuell/34-wirtschaft-politik/36834-hauptbahnhof-wien>, Datum des Zugriffs 07.05.2012 09:00.

<http://www.cattaneogru.it>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 09:00

<http://www.conducta.ch>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 11:30

<http://www.comansa.com/>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 14:52

http://www.cranimax.com/produkte/cranimation/de_produkt_cranimation.php, Datum des Zugriffs 18.04.2012 21:00.

<http://e-pub.uni-weimar.de/opus4/frontdoor/index/index/docId/690>, Datum des Zugriffs 18.04.2012 22:00.

http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=194, Datum des Zugriffs 18.04.2012 21:00.

<http://hauptbahnhof-wien.at/de/Projekte/index.jsp>, Datum des Zugriffs 07.05.2010 09:00.

<http://www.hebetchnik.at>, Datum des Zugriffs 19.03.2012 19:00.

<http://www.kran-info.ch/>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 14:37

<http://www.kranjournal.de/index.php?id=133&type=0&uid=432&cHash=d9371e7735>, Datum des Zugriffs 02.04.2012 15:00

<http://www.ksd-kransysteme.de>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 08:12

<http://www.liebherr.com>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 11:02

<http://www.manitowoccranes.com>, Datum des Zugriffs 15:30

<http://www.orlaco.de/krane.htm>, Datum des Zugriffs 14.03.2012 12:00.

http://www.prof-bruessel.de/Doku/Veroeffentlichungen/Krane_1507a.pdf, Datum des Zugriffs 11.02.2012 18:00.

http://www.rz.rwth-aachen.de/global/show_document.asp?id=aaaaaaaaa aavhwr, Datum des Zugriffs 08.02.2012 16:00.

<http://www.terex.de/de/about-terex/brands/legacy/index.htm>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 18:11

<http://www.wilbert.de/>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 14:14

<http://www.wolffkran.ch>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 19:02

<http://www.zeppelin.de/>, Datum des Zugriffs 18.01.2012 14:30

Normverzeichnis

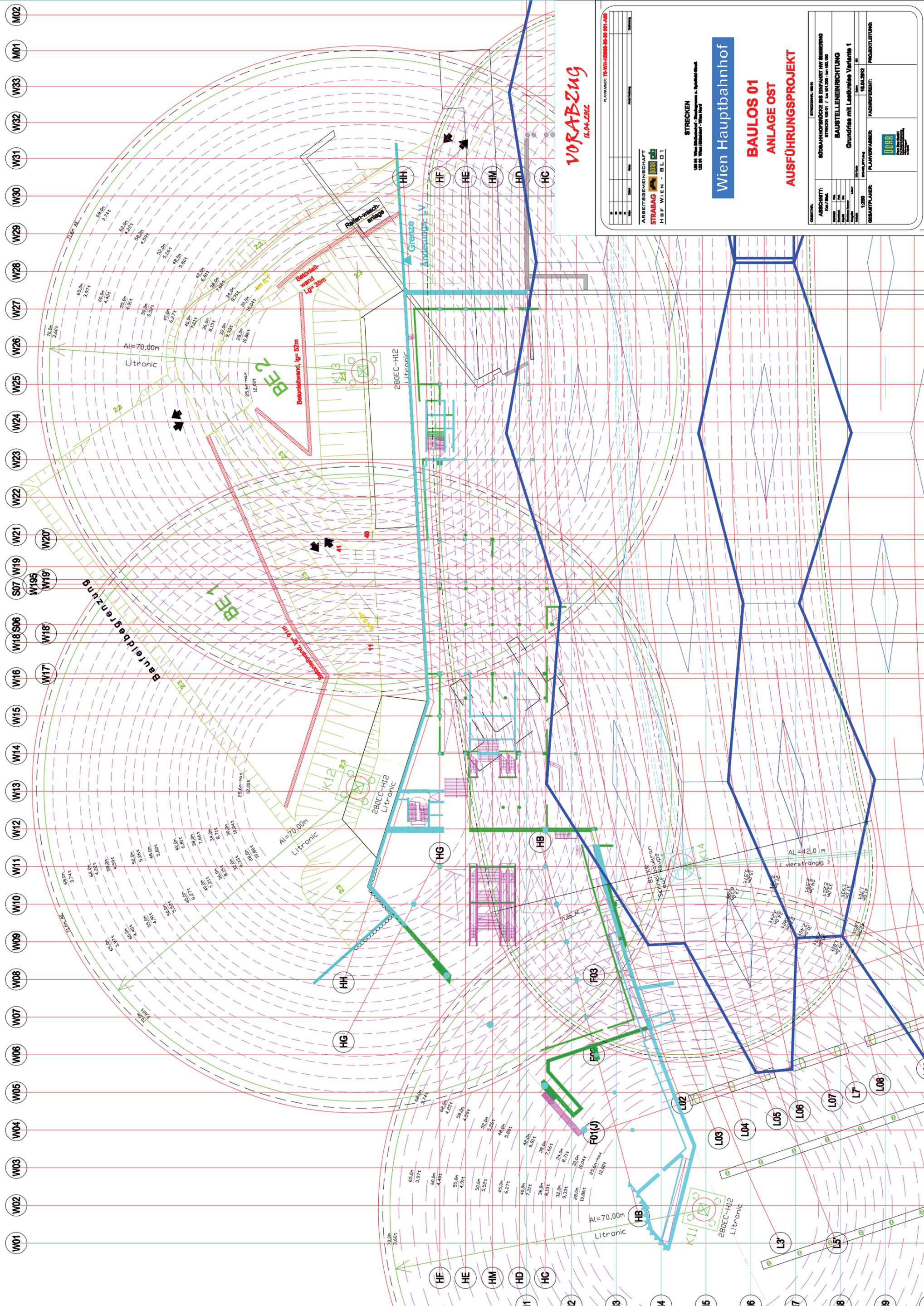
ÖNORM EN 14439, Fassung vom 15.12.2009: Krane – Sicherheit – Turmdrehkrane.

ÖNORM ISO4306-3:2009, Fassung vom 01.08.2009: Krane – Vokabular.

ÖNORM EN 14985, Fassung vom 01.09.2007: Krane – Ausleger-Drehkrane.

ÖNORM M 9601:2007, Fassung vom 01.11.2008, Krane und Hebezeuge.

ÖNORM A 2050, Fassung vom 01.11.2006, Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag.

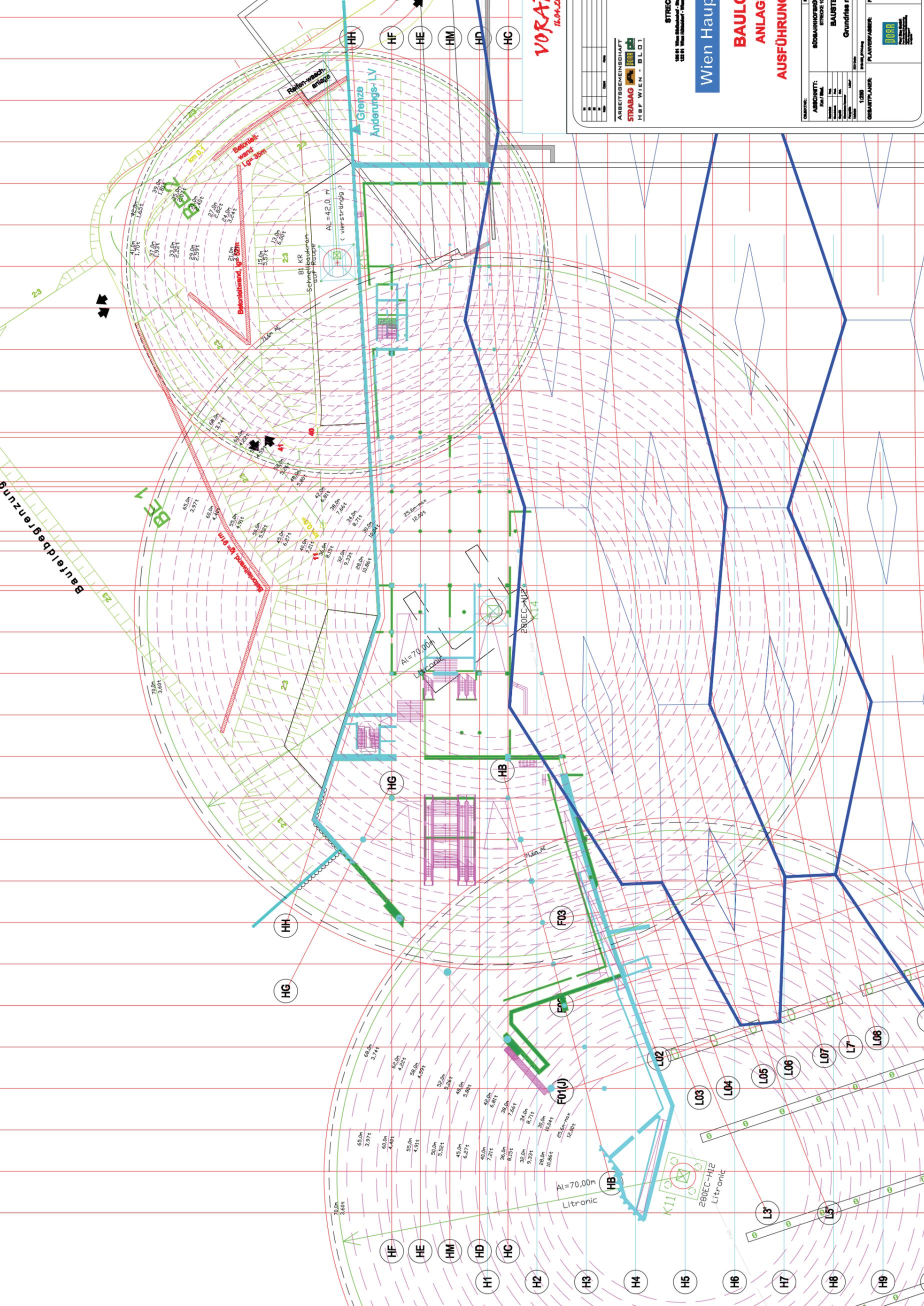


VORABZUG
14.04.2012

PLANNUMMER: PA-WH-10000-00-001-100 ARBEITSBEZEICHNUNG: STRABAG HBF WIEN - BLO 1	
STRECKEN: Wien Hauptbahnhof 100 St. Wien Hauptbahnhof, Erweiterung u. Ergänzungsbau 100 St. Wien Hauptbahnhof, Erweiterung u. Ergänzungsbau	
BAULOS 01 AUSFÜHRUNGSPROJEKT	
ANSCHLITT: SÜDBAHNHOFSTADION BIS EINFART HW BÄMMERBO STRECKE 100 01 / Nr. 101.300 - 101.02.100 BAUSTELLENRICHTUNG: Grundriss mit Lastkreise Variante 1	
GEBAUTPLÄNE: 1.250 PLANVERFAHREN: 10.04.2012	PROJEKTLEITUNG:

W01 W02 W03 W04 W05 W06 W07 W08 W09 W10 W11 W12 W13 W14 W15 W16 W17 W18 W19 S07 W195 W199 W18 S06 W18 S06 W20 W21 W22 W23 W24 W25 W26 W27 W28 W29 W30 W31 W32 W33 M01

Baureibegrenzung



VORABZUG
16.04.2012

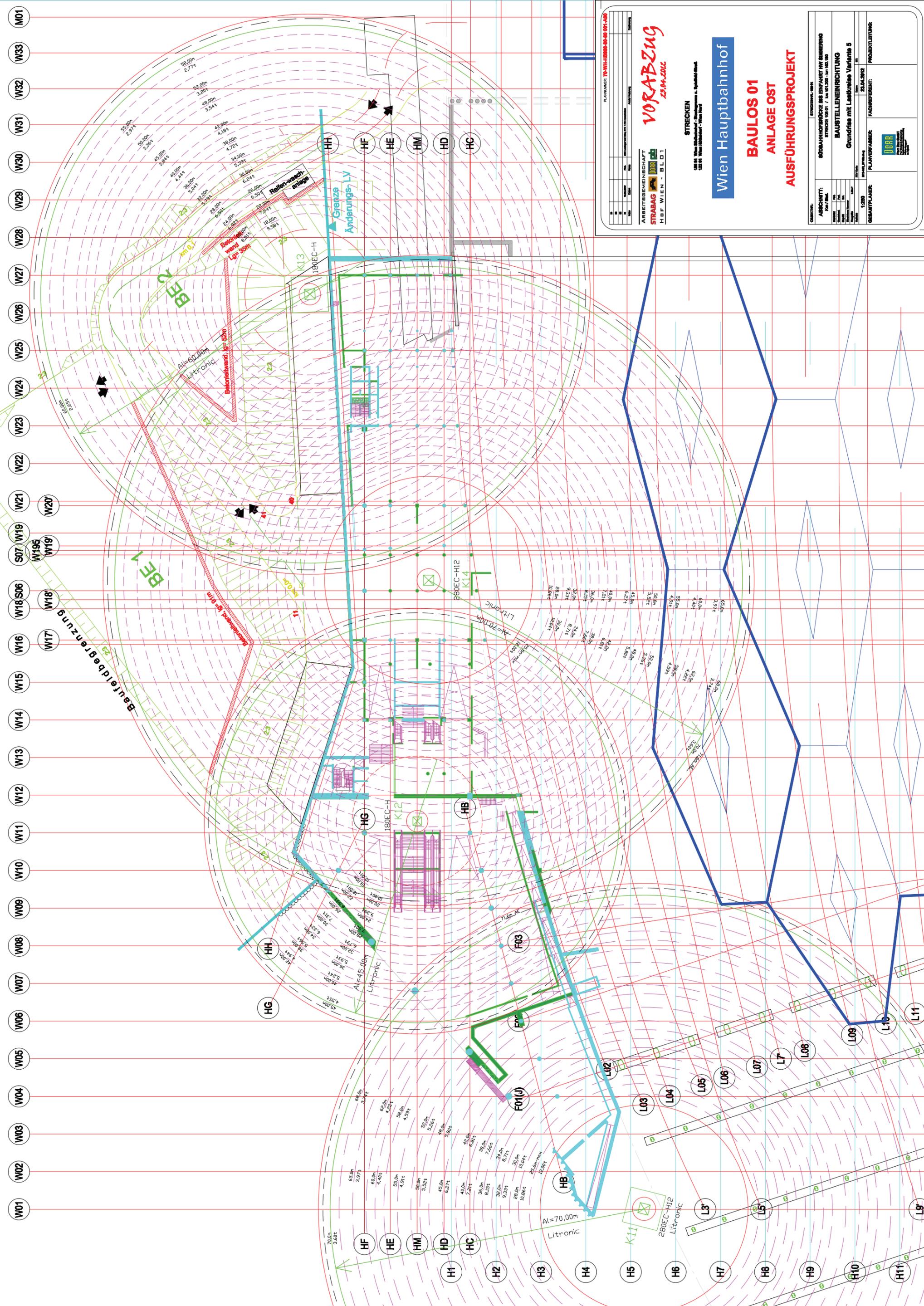
PLANNUMMER: PA-WH-102000-00-001-100	
ARBEITSBEGRIFFUNG	ANFANG
STRABAG	BLD
HBF WIEN - BLD 1	

STRECKEN
100 01 Wien (Mittelbahn) - Ringbahn u. Außenbahn
100 02 Wien (Mittelbahn) - Ringbahn

Wien Hauptbahnhof

BAULOS 01
ANLAGE OST
AUSFÜHRUNGSPROJEKT

STATIONEN: WERK	
ABSCHNITT: SÜDBAHNHOFBRÜCKE BIS ENFAHRT HW BÄMMERBO	
STRECKE 100 01 / Nr. 101.000 - 101.002.000	
BAUSTELLENRICHTUNG	
Grundriss mit Lastreise Variante 4	
GEBAUTPLANER: 1230	PROJEKTLEITUNG: 100.001
PLANNUMMER: 100.001	FACHBEREICH: 100.001



PLANNUMMER: **PA-WH-10000-00-00-001-A00**
VORABZUG
 23.04.2012
STRECKEN
 100 01 Wien Hauptbahnhof, Erweiterung u. Ergänzungsbau
 100 02 Wien Hauptbahnhof, Erweiterung u. Ergänzungsbau
ARBEITSBEGRIFFSCHAF
STRABAG
HBF WIEN - BLO 1
Wien Hauptbahnhof
BAULOS 01
ANLAGE OST
AUSFÜHRUNGSPROJEKT
Grundriss mit Lastreife Variante 5
 ABSCHNITT: **SÜDBAHNHOFBRÜCKE BIS ENFAHRT NW BÜMMERDING**
 STRASSE 100 01 / Nr. 101.000 - 101.002.000
 BAUSTELLEINRICHTUNG
 Grundriss mit Lastreife Variante 5
 GEBAUTPLANER: **JOBAG**
 PLANVERFAHREN: **PROJEKTLEITUNG**
 FACHREFERENT: **23.04.2012**
 PROJEKTLEITUNG: **23.04.2012**