

Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik
der Technischen Universität München

Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen

Stefan Tölle

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen
der Technischen Universität München
zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Wachtmeister

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. A. Günthner
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. F. Krause
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Die Dissertation wurde am 30.06.2005 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 15.09.2005 angenommen.

Diese Dissertation ist in gedruckter Form im Herbert Utz Verlag GmbH, München,
unter der ISBN-Nummer 3-8316-0546-7 erhältlich.

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Assistent am Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik der Technischen Universität München. Zum Gelingen dieser Arbeit haben zahlreiche Personen beigetragen, von denen ich einigen an dieser Stelle meinen besonderen Dank aussprechen möchte.

Dem Ordinarius des Lehrstuhls, Herrn Prof. W. A. Günthner, gilt mein Dank für die Möglichkeit der Forschungstätigkeit am Lehrstuhl und die jederzeit gewährte Unterstützung. Zudem danke ich Herrn Prof. F. Krause für die Übernahme des Korreferats und Herrn Prof. G. Wachtmeister für den Vorsitz der Prüfungskommission.

Bei Herrn Hermanns und Herrn Irlinger von der Deutschen Grove GmbH sowie Herrn Verheijen von der Zeppelin Baumaschinen GmbH bedanke ich mich für die gute Zusammenarbeit, das Engagement und die Unterstützung in Form von umfangreichen technischen Unterlagen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Akad. ORat Stephan Kessler, der durch seine Ratschläge und die vielen Fachdiskussionen maßgeblich zur Vollendung dieser Arbeit beigetragen hat.

Allen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl danke ich ganz herzlich für die gute Zusammenarbeit, die angenehme Arbeitsatmosphäre, die Hilfsbereitschaft und das langjährige freundschaftliche Verhältnis.

Bei den beteiligten Studenten bedanke ich mich für den geleisteten Einsatz.

Meinen Eltern danke ich für die langjährige Unterstützung in allen Bereichen meines Lebenswegs, wodurch es mir ermöglicht wurde, diesen wichtigen Schritt in meinem beruflichen Werdegang abzuschließen.

Garching, im Oktober 2005

Stefan Tölle

Kurzzusammenfassung

Datenbankgestützte Einsatzplanung von Turmdrehkränen

Stefan Tölle

Die Einsatzplanung von Turmdrehkränen wird heute noch vorwiegend manuell durchgeführt. An Hand der von der Baustelle vorgegebenen Kranparameter erfolgt über Recherchen in Herstellerunterlagen die Auswahl eines geeigneten Krans. Auch die weiteren Schritte wie das Einzeichnen des Krans in die Baustellenzeichnung und die Ermittlung der Kraneinsatzkosten werden manuell mit Hilfe von Datenblättern und selbst erstellten Tabellen durchgeführt. Durch den Trend, Krane nicht mehr zu kaufen sondern zu mieten, sind die Serviceanforderungen an Kranvermieter und -hersteller enorm gestiegen. Mit der zeitaufwendigen manuellen Planung können die Dienstleister in den kurzen, vom Kunden geforderten Zeitabständen zwischen Angebotsanfrage und Montagebeginn des Krans auf der Baustelle nur noch auf die Anfrage reagieren, aber keine Beratung für einen effizienten Kraneinsatz mehr liefern.

Zur Verbesserung der Situation wurde im Rahmen dieser Arbeit ein auf einer relationalen Datenbank basierendes Anwendersystem entwickelt, das den Benutzer bei allen Aufgabenstellungen der Kraneinsatzplanung unterstützt. Mit einer einfach zu bedienenden grafischen Benutzeroberfläche ermöglicht das System eine schnelle Kranauswahl über Suchfunktionen und liefert dem Anwender sofort alle erforderlichen Informationen von den technischen Daten über die Kolliliste für Transport und Montage bis hin zu den entstehenden Kraneinsatzkosten, die sich zu einem Vermietungsangebot verarbeiten lassen. Das integrierte Zeichnungswerkzeug erstellt automatisch maßstäbliche CAD-Modelle der Krane für 2D- und 3D-Baustellenzeichnungen und führt eine automatische Kollisionskontrolle durch.

Das entwickelte Anwendersystem vereinfacht und beschleunigt die Turmdrehkraneinsatzplanung erheblich. Bauunternehmen können dadurch ihre Baustellenplanung wesentlich schneller durchführen, Kranvermieter und Kranhersteller mit dem Programmpaket auch innerhalb der kurzen verbleiben Planungszeiten schnell auf Anfragen reagieren, zügig Angebote erstellen, mit ihrem Know-how die Krankunden unterstützen und so ihre Wettbewerbsfähigkeit erheblich steigern.

Summary

Database-driven tower crane application planning

Stefan Tölle

Today, the application planning for tower cranes is still manually performed. An adequate crane is selected by means of brochures and manuals delivered by the crane manufacturers. Also for the following steps as, e.g., adding the crane to the building site drawing or calculating the costs for the crane application, the necessary information is derived from these documents. In addition, most construction companies no more buy new cranes. They prefer to rent the cranes to reduce their costs. Consequently, they expect the complete application planning to be carried out by the crane renters and manufacturers within a short period of time. Due to the time-consuming manual planning-process the renters can only react on requests. Thus, currently they cannot deliver any expert advice as further consulting for an efficient crane application.

To improve this situation, a database-driven system has been developed within the scope of this thesis to support the users in all tasks of the tower crane planning process. With an easy-to-use graphical user interface and its search functions the system allows a fast and easy selection of an adequate tower crane. The system quickly provides all technical data and a bill of materials for transport and assembly of the crane. It calculates the lease rental charges and automatically generates an offer for the customer. The integrated drawing tool is able to produce full-scale CAD crane drawings for 2D and 3D building site drawings including automatic collision detection.

The developed user system makes the tower crane application planning easier and faster. Thus, construction companies can perform their building site planning much faster. Crane renters and manufacturers are enabled to answer on requests for cranes in best time. They can quickly generate offers, support their customers with substantiated know-how and thereby they can considerably improve their competitive position.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Problemstellung	2
1.3	Stand der Wissenschaft	3
1.4	Zielsetzung	4
1.5	Vorgehensweise	6
2	Überblick über Turmdrehkrane	9
2.1	Historische Entwicklung	9
2.2	Obendreher	14
2.2.1	Unterbauten	14
2.2.2	Fundamentlasten und Eckdrücke	15
2.2.3	Turm	16
2.2.4	Oberkranbauformen	18
2.2.5	Oberkranzusammensetzung	21
2.2.6	Lastkurve	22
2.2.7	Kranklettern	25
2.3	Untendreher	27
2.4	Zusammenfassung	29
3	Konzeptentwicklung	31
3.1	Ablauf der Kraneinsatzplanung	31
3.1.1	Krananzahl und Positionierung	31
3.1.2	Bauart	33
3.1.3	Krantyp	35
3.2	Analyse des Auswahlprozesses	37
3.2.1	Kranauswahl und Technische Daten	38
3.2.2	Zeichnungserstellung	40

3.2.3	Transport-/Montagevorbereitung	42
3.2.4	Kostenermittlung und Mietangebot	43
3.3	Sicherheit beim Kraneinsatz.....	44
3.4	Konzept für ein Planungshilfsmittel	44
3.4.1	Anwender.....	46
3.4.2	Aufbau des Planungshilfsmittels.....	48
4	Anforderungen an einen Turmdrehkran-Einsatzplaner.....	51
4.1	Komponenten.....	51
4.1.1	Datenbankmodul.....	51
4.1.2	CAD-Tool	54
4.1.2.1	2D-CAD	54
4.1.2.2	3D-CAD	55
4.1.3	Kostenkalkulator	56
4.2	Schematischer Aufbau	59
5	Datenbankgrundlagen	63
5.1	Begriffe	63
5.2	Gründe für den Datenbankeinsatz	64
5.3	Datenbankmerkmale	65
5.3.1	Datenbankkatalog.....	66
5.3.2	Datenabstraktion und Datenunabhängigkeit.....	66
5.4	Datenmodelle	68
5.4.1	Konzeptuelle Modelle	69
5.4.2	Logische Datenmodelle	69
5.5	Datenbankentwurf	73
5.6	Das Entity-Relationship-Modell	76
5.6.1	Schlüssel	77
5.6.2	Einteilung der Beziehungstypen	78
5.6.3	Einteilung von Entitätstypen	81
5.7	Das relationale Modell.....	82
5.7.1	Grundkonzept	83

5.7.2	Umsetzung des ER-Modells in ein relationales Modell	84
5.7.2.1	Relationale Darstellung von Entitätstypen.....	84
5.7.2.2	Relationale Darstellung von Beziehungen.....	84
5.7.2.3	Schemaverfeinerung	84
5.7.3	Entitätsintegrität und referenzielle Integrität.....	87
5.7.4	Funktionale Abhängigkeiten und Normalisierung	88
5.7.5	SQL und relationale Operationen	92
5.8	Architektur von Datenbankmanagementsystemen.....	96
6	Struktur der Turmdrehkran-Einsatzplaner Datenbanken	99
6.1	Anforderungsanalyse	99
6.1.1	Informationsanforderungen.....	100
6.1.2	Datenverarbeitungsanforderungen	102
6.2	Konzeptueller Entwurf	104
6.2.1	Technische Daten.....	104
6.2.2	Kommerzielle Daten	114
6.2.3	Kundendaten	116
6.2.4	Daten zur Angebotserstellung.....	116
6.2.5	Angebotsdaten.....	117
6.2.6	Baustellendaten	117
6.3	Implementationsentwurf	118
7	Realisierung der Anwendung Turmdrehkran-Einsatzplaner	119
7.1	Auswahl der Software	119
7.2	Systemarchitektur.....	121
7.2.1	Datenebene	122
7.2.2	Anwendungsebene	122
7.2.3	AutoCAD-Schnittstelle	123
7.3	Struktur der Benutzeroberfläche	124
7.4	Bestandteile der Anwendung	126
7.4.1	Kranauswahl.....	126
7.4.2	Datenanzeige.....	127
7.4.3	Kostenkalkulator	128

7.4.4	2D-CAD-Tool	132
7.4.5	3D-CAD-Tool	139
7.5	Datenpflege	142
8	Anwendungsbeispiele	143
8.1	2D-Planung	143
8.2	3D-Planung	147
8.2.1	BB-Gebäude	147
8.2.2	Tiroler Hof	150
9	Zusammenfassung und Ausblick	153
10	Literaturverzeichnis	157

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Verkaufszahlen Turmdrehkrane in Deutschland [VDMA-05]	1
Abbildung 1-2: Zielsetzung.....	4
Abbildung 1-3: Vorgehensweise	6
Abbildung 2-1: Römischer Einmastkran [Bac-97]	9
Abbildung 2-2: Drehbarer Säulenkran (Leonardo da Vinci) [Bac-97].....	9
Abbildung 2-3: Französischer Baukran [Bac-97].....	9
Abbildung 2-4: Fahrbarer Kranmast [Bac-97]	10
Abbildung 2-5: Erster schnell montierbarer Baukran [Bac-97]	10
Abbildung 2-6: Selbstaufstellender Hochbaukran [Bac-97].....	11
Abbildung 2-7: Oben drehender Knickausleger beim Kühlturbau [Lie-86]	12
Abbildung 2-8: Unten drehender Nadelausleger [Bac-97].....	12
Abbildung 2-9: Oben drehender Wippausleger [Wol-95]	13
Abbildung 2-10: Oben drehender Katzausleger mit Spitze [Lie-80]	13
Abbildung 2-11: Oben drehender spitzenloser Katzausleger [Zep-95]	13
Abbildung 2-12: Fundamentanker [Pot-03a]	15
Abbildung 2-13: Fundamentkreuz [Pot-03a]	15
Abbildung 2-14: Fundamentkreuz mit Zentralballast [Pot-03a]	15
Abbildung 2-15: Unterwagen [Pot-03a]	15
Abbildung 2-16: Fundamentlasten und Eckdrücke	16
Abbildung 2-17: Turmelemente in unterschiedlichen Längen [Pot-03a]	16
Abbildung 2-18: Mastkombinationen für einen Krantyp [Pot-98].....	17
Abbildung 2-19: Auslegerbauformen Obendreher [Gün-04a]	18
Abbildung 2-20: Höhendifferenz zwischen Katzausleger mit und ohne Spitze	20
Abbildung 2-21: Oberkranzusammensetzung eines Katzauslegers mit Spitze	21

Abbildung 2-22: Traglastkurve eines 60m Katzauslegers (grafisch) [Pot-03c].....	23
Abbildung 2-23: Traglastkurve eines 60m Katzauslegers (tabellarisch) [Pot-03c]	23
Abbildung 2-24: Ausladung/Hakenhöhe beim Nadelausleger [Wol-01]	24
Abbildung 2-25: Turmklettern [Lie-80].....	25
Abbildung 2-26: Außenklettern beim Bau eines Fernsehturms [Wol-95]	26
Abbildung 2-27: Innenklettern	27
Abbildung 2-28: Montageablauf Schnellaufsteller [Zep-96]	28
Abbildung 2-29: Schnellaufsteller [Pot-04b]	29
Abbildung 2-30: Mögliche Auslegerstellungen bei Schnellaufstellern [Pot-03b]	29
Abbildung 3-1: Schritte bei der Kraneinsatzplanung	31
Abbildung 3-2: Kranauswahlprozess.....	36
Abbildung 3-3: Einzelschritte Auswahlprozess.....	38
Abbildung 3-4: Möglichkeiten zur Datenablage.....	38
Abbildung 3-5: Möglichkeiten zur Erstellung der Kranzeichnungen	40
Abbildung 3-6: Teilbereiche des Planungshilfsmittels.....	45
Abbildung 3-7: Nutzergruppen des Planungstools.....	46
Abbildung 3-8: Anforderungen der Nutzergruppen an das Planungstool.....	47
Abbildung 3-9: Vergleich Komplettsystem / Modularer Aufbau	48
Abbildung 4-1: Einzelkomponenten des TEP.....	51
Abbildung 4-2: Bestandteile des Turmdrehkran-Einsatzplaners	60
Abbildung 4-3: Anforderungen an einen TEP	61
Abbildung 5-1: Abstraktionsebenen eines Datenbanksystems [Kem-04].....	67
Abbildung 5-2: Übersicht Datenmodellierung.....	68
Abbildung 5-3: Hierarchisches Datenmodell	70
Abbildung 5-4: Netzwerkmodell	71
Abbildung 5-5: Relationales Modell.....	72
Abbildung 5-6: Phasen des Datenbankentwurfs [Elm-02].....	74

Abbildung 5-7: ER-Modell nach Chen	76
Abbildung 5-8: ER-Modell nach Oracle	77
Abbildung 5-9: Kardinalität einer binären Beziehung [Kem-04].....	80
Abbildung 5-10: Optionalität einer binären 1:n Beziehung	81
Abbildung 5-11: Schwache Entitätstypen.....	82
Abbildung 5-12: Schema einer Tabelle (Relation)	83
Abbildung 5-13: Abbildung einer 1:n Beziehung	85
Abbildung 5-14: Abbildung einer m:n Beziehung	86
Abbildung 5-15: Abbildung einer identifizierenden 1:n Beziehung	87
Abbildung 5-16: Kartesisches Produkt.....	93
Abbildung 5-17: Übersicht Joinoperationen	95
Abbildung 5-18: Vergleich Desktop- und Client-/Server-DBMS	96
Abbildung 6-1: Einteilung der Daten in Bereiche	102
Abbildung 6-2: ER-Diagramm technische und kommerzielle Daten	105
Abbildung 6-3: Ausschnitt „Krantyp“ aus Abbildung 6-2.....	106
Abbildung 6-4: Ausschnitt „Ausladung“ aus Abbildung 6-2	108
Abbildung 6-5: Aufnahmepunkte der Gegenballastierung	109
Abbildung 6-6: Ausschnitt „Turm“ aus Abbildung 6-2.....	111
Abbildung 6-7: Ausschnitt „Turm-Ausladung“ aus Abbildung 6-2.....	112
Abbildung 6-8: Ausschnitt „Bauteil“ aus Abbildung 6-2	114
Abbildung 6-9: Ausschnitt „Lkw-Anzahl / Montage“ aus Abbildung 6-2.....	115
Abbildung 6-10: Ausschnitt „Unabhängige Datenbereiche“ aus Abbildung 6-2	116
Abbildung 6-11: ER-Diagramm Angebotsdaten	117
Abbildung 6-12: ER-Modell Baustellendaten	118
Abbildung 7-1: Vorteile von MS Access	121
Abbildung 7-2: Systemarchitektur des Turmdrehkran-Einsatzplaners	121
Abbildung 7-3: Zugriff auf die AutoCAD-Zeichnung über VBA.....	123

Abbildung 7-4: Struktur der Benutzeroberfläche	125
Abbildung 7-5: Möglichkeiten zur Kranauswahl	127
Abbildung 7-6: Datenanzeige	128
Abbildung 7-7: Zusammensetzung der Bereitstellungskosten	128
Abbildung 7-8: Ermittlung der Traglastpunkte am Oberkran	131
Abbildung 7-9: Dateistruktur des CAD-Tools	134
Abbildung 7-10: Oben drehender Katzausleger in der Seitenansicht	136
Abbildung 7-11: Oben drehender Katzausleger in der Draufsicht.....	136
Abbildung 7-12: Oben drehender Wippausleger in der Seitenansicht	137
Abbildung 7-13: Oben drehender Wippausleger in der Draufsicht.....	137
Abbildung 7-14: Unten drehender Katzausleger in der Seitenansicht.....	138
Abbildung 7-15: Unten drehender Katzausleger in der Draufsicht	138
Abbildung 7-16: Abstrahierte Darstellung der Krane	140
Abbildung 7-17: Darstellung der Überschneidungen im AutoCAD	141
Abbildung 8-1: Baustelle in der Draufsicht	145
Abbildung 8-2: Kollisionskontrolle: Originalabstände in der Abwicklung	146
Abbildung 8-3: Krananordnung [Bös-01]	147
Abbildung 8-4: BB-Gebäude Ansicht SW	149
Abbildung 8-5: BB-Gebäude Ansicht NO	149
Abbildung 8-6: Tiroler Hof Ansicht SW	151
Abbildung 8-7: Tiroler Hof Ansicht NO	151
Abbildung 9-1: Bestandteile des Turmdrehkran-Einsatzplaners	154

Tabellenverzeichnis

Tabelle 5-1: Objektbeschreibung	74
Tabelle 5-2: Beziehungsbeschreibung.....	75
Tabelle 5-3: Nicht normalisierte Tabelle.....	89
Tabelle 5-4: Tabelle in erster Normalform.....	90
Tabelle 5-5: Daten in zweiter Normalform: Aufteilung in zwei Teiltabellen	90
Tabelle 5-6: Daten in dritter Normalform: Aufteilung in drei Teiltabellen.....	92
Tabelle 6-1: Objekt Hersteller	101
Tabelle 6-2: Objekt Bauteil.....	101
Tabelle 6-3: Beziehungsbeschreibung.....	102
Tabelle 6-4: Entität Turmzusammensetzung	112
Tabelle 6-5: Entität Zentralballastzusammensetzung	114
Tabelle 8-1: Krantypen für das Einkaufs- und Freizeitzentrum	144
Tabelle 8-2: Krantypen für das BB-Gebäude	148
Tabelle 8-3: Krantypen für den Tiroler Hof.....	150

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation

Seit der Mensch begonnen hat Bauwerke zu errichten, stellt sich das Problem Lasten zu verlagern und zu heben. Die Entwicklung des Krans ist deshalb eng mit der Geschichte der Bauwerke, der verwendeten Materialien und Technologien verbunden [Bac-97]. Nachdem der Turmdrehkran etwa in der Mitte des letzten Jahrhunderts Einzug auf den Baustellen hielt, stellen Hebezeuge und insbesondere die Turmdrehkrane heute das bedeutendste Transportmittel auf Baustellen dar.

Der im Vergleich zu anderen Baumaschinen kleine Kranmarkt unterliegt starken Schwankungen bedingt durch wirtschaftliche Rahmenbedingungen und politische Ereignisse. Die Verkaufszahlen von Turmdrehkranen auf dem deutschen Markt haben sich in den letzten Jahren sehr rückläufig gezeigt (s. Abbildung 1-1). Bedingt ist das durch den Bauboom nach der deutschen Wiedervereinigung, der eine Sättigung des Markts mit Neukranen zur Folge hatte, aber auch durch eine sinkende Wohnungsbaunachfrage, die sich erheblich auf die stückzahlstarken Unterdreher auswirkt [Hal-02].

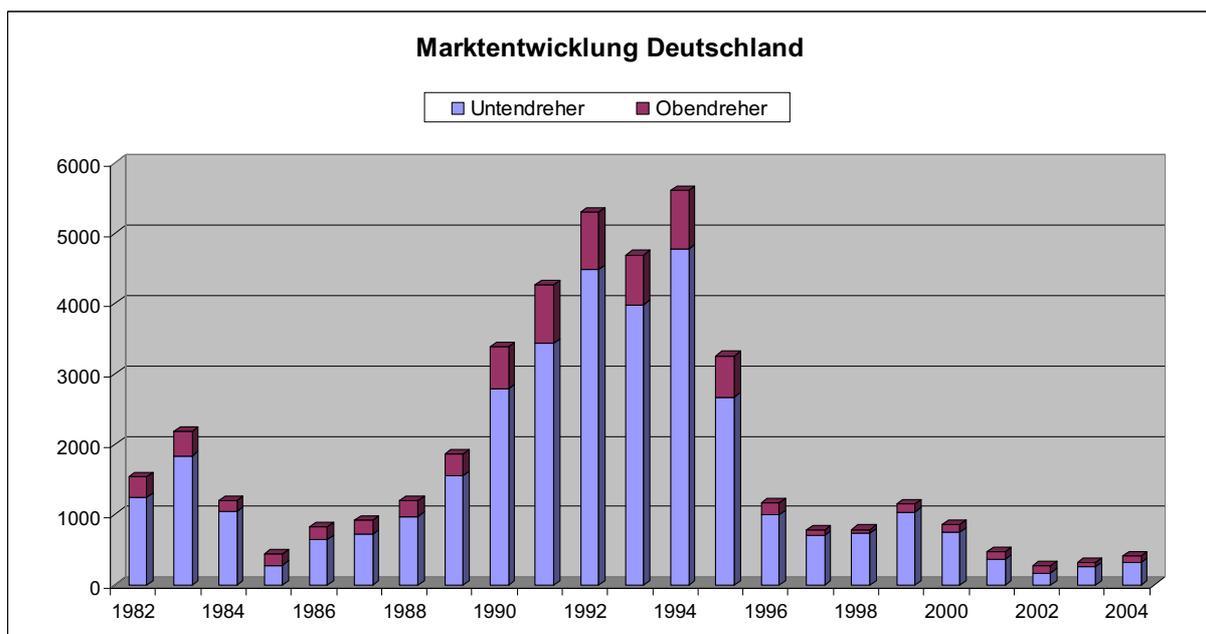


Abbildung 1-1: Verkaufszahlen Turmdrehkrane in Deutschland [VDMA-05]

Die schlechte wirtschaftliche Lage in der Baubranche und der sich daraus ergebende Kostendruck auf die Bauunternehmen führen zu einer Verschiebung des Markts vom Kauf- hin zum Mietmarkt. Der Kran auf der Baustelle wird komplett als Dienstleistung eingekauft, um eine Kapitalbindung durch Investitionen in Neukrane zu vermeiden und eigenes Montagepersonal einzusparen. Die Bauunternehmen erwarten, dass die Vermieter neben der Bereitstellung des Krans auch die Vorbereitung des Einsatzes, den Transport zur Baustelle und die Montage sowie den kompletten Service übernehmen [Hal-02].

Diese gestiegenen Dienstleistungsanforderungen der Kunden führen dazu, dass sich die Kranbaufirmen immer stärker im Mietgeschäft engagieren müssen, wobei die Planungszeiten für den Turmdrehkraneinsatz immer kürzer werden. Teilweise liegen nur noch zwei Wochen zwischen der Angebotsanfrage für eine Kran und dem Montagebeginn auf der Baustelle. Die Kranfirmen und Vermieter können deswegen nur noch auf die Anfragen reagieren, aber nicht mehr beraten oder Alternativvorschläge für einen effizienten gesicherten Kraneinsatz liefern.

1.2 Problemstellung

Die Einsatzplanung von Kranen wird bisher weitgehend manuell durchgeführt. Der Planungsprozess beginnt mit der Auswahl eines für die Anforderungen der Baustelle geeigneten Krans. Wichtige Parameter sind dabei die Ausladung, die Traglastkurve und die möglichen Hakenhöhen, die sich der Planer aus Tabellen beschaffen muss. Weiterhin benötigt er wichtige technische Daten des gewählten Modells, um z.B. an Hand des maximalen Eckdrucks zu überprüfen, ob der geplante Standort für den Kran geeignet ist. Zur Erstellung des Baustellenelektroplans ist die genaue Anschlussleistung des Krans erforderlich. Auch diese Informationen müssen den Herstellerunterlagen entnommen werden. Der gewählte Kran wird anschließend in die Baustellenzeichnung eingefügt. Dazu sind eine Draufsicht und eine Seitenansicht des Kranmodells erforderlich. Mit Hilfe der grafischen Darstellung kann der Planer überprüfen, ob der Kran den gewünschten Arbeitsbereich abdeckt und nicht mit anderen Kranen oder Gebäuden kollidiert. Die zur Zeichnungserstellung erforderlichen Abmessungen und Traglastdaten des Krans stammen ebenfalls aus Datenblättern. Neben den technischen Daten und der zeichnerischen Darstellung des Krans

benötigt der Planer auch Informationen über die Kosten, die durch den Turmdrehkraneinsatz entstehen. Dazu zählen Faktoren wie der Transport der Kranteile zum Einsatzort, die Montage auf der Baustelle und der dazu erforderliche Fahrzeugkran. Besonders Kranvermieter brauchen diese Daten, da sie die Basis der Mietkalkulation bilden. Aber auch in Bauunternehmen sind die Kraneinsatzkosten von Interesse, z.B. um den Kraneinsatz mit der entsprechenden Kostenstelle „Baustelle“ abzurechnen.

Um den Planungsprozess an die oben genannten immer kürzeren Reaktionszeiten anpassen zu können, liegt die Entwicklung eines DV-gestützten Tools nahe, das dem Planer die immer wiederkehrenden, zeitraubenden Aufgaben und stereotypen Prozesse abnimmt und so für eine erhebliche Beschleunigung der Planung sorgt. Gerade Kranvermieter können sich so an die vom Kunden geforderten kurzen Reaktionszeiten anpassen und schnell und flexibel auf Anfragen reagieren. Das Tool kann im Extremfall vor Ort auf der Baustelle oder beim Telefonat im Kundengespräch eingesetzt werden und das gewünschte Angebot lässt sich „online“ erstellen und mit dem Kunden besprechen.

Ein solches Planungshilfsmittel kann den Turmdrehkraneinsatz auf der Baustelle wesentlich vereinfachen und beschleunigen. Baustellenplaner, Kranverleiher und Kranhersteller können davon profitieren.

1.3 Stand der Wissenschaft

Zum Start des Projekts im Jahre 2000 wurde eine Marktrecherche über DV-gestützte Hilfsmittel zur Baukran-Einsatzplanung durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass für Fahrzeugkrane derartige Tools zur Verfügung stehen [Lie-93][Lie-95] und auch in der Praxis zur Anwendung kommen [Sch-96] ähnliche Hilfsmittel für Turmdrehkrane aber nicht existierten. Der Marktführer bei Turmdrehkranen stellt seinen Kunden lediglich ein Zeichenprogramm [Lie-94] zur Verfügung. Es gestattet nur Kranbilder in Seitenansicht und Draufsicht zusammensetzen und in den Baustellenplan einzufügen, beinhaltet aber keine weiteren Planungsgrößen. Da auch keine Überprüfung der erstellten Krane erfolgt, kann der Anwender Rüstzustände erzeugen, die in der Realität nicht möglich sind. Andere Anbieter stellen ihren Kunden CAD-Kranelemente zur Verfügung [Pot-04a][Wol-05], die dann aufwendig mit einem CAD-Programm zu

einer Krandarstellung weiterbearbeitet werden müssen. Auch hier erfolgt keine Plausibilitätsprüfung der erstellten Zeichnungen.

Neben diesen Zeichnungshilfen standen am Markt keine Planungstools für die Einsatzplanung von Baukranen zur Verfügung.

1.4 Zielsetzung

Der Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit liegt auf der Analyse und Lösung der oben genannten Problematik. Das Ziel ist dabei die Bereitstellung eines DV-gestützten Planungshilfsmittels für den Baukraneinsatz. Das Tool, das im Folgenden als Turmdrehkran-Einsatzplaner oder abgekürzt als TEP bezeichnet wird, soll den Anwender auf vielfache Weise (s. Abbildung 1-2) bei der Beplanung von Baustellen mit Baukranen unterstützen und so einen effizienten und sicheren Kranbetrieb gewährleisten.

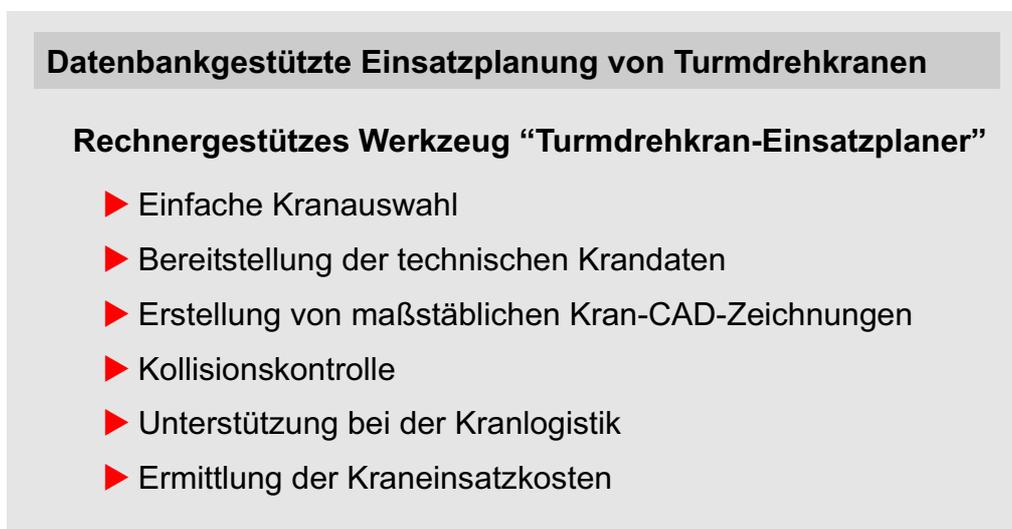


Abbildung 1-2: Zielsetzung

Der Planungsprozess kann damit wesentlich schneller und flexibler ablaufen als das zurzeit der Fall ist. Bei der sehr knappen Reaktionszeit von Angebotsanfragen bis zur Montage kann der Kunde zusätzlich mit Alternativen beim Kraneinsatz beraten werden, so dass die Baustelleneinrichtung optimiert wird. Der Turmdrehkran-

Einsatzplaner soll dem Anwender die Krane zur Verfügung stellen, die die Anforderungen (Last, Ausladung und Hakenhöhe) der Baustelle erfüllen. Das aufwendige und zeitraubende Recherchieren in Tabellen und Katalogen entfällt damit.

Ein integriertes Zeichenwerkzeug soll dem Planer für seine Baustellenzeichnung automatisch maßstäbliche CAD-Darstellungen des ausgewählten Rüstzustands des Krans erstellen. Damit kann bereits in der Angebotsphase mit verschiedenen Varianten kranbestückter Zeichnungen gearbeitet werden. Durch eine zusätzliche DV-gestützte Kollisionskontrolle zwischen den Kranen und zwischen Kran und Gebäude wird der sichere Kranbetrieb gewährleistet.

Weiterhin soll der TEP den Anwender auch beim Krantransport unterstützen indem er eine exakte Kolliliste¹ des Krans mit allen Bauteilabmessungen erzeugt, die eine Optimierung der Transportfahrzeugauslastung ermöglicht, so die Kranlogistik erheblich verbessert und die Kosten reduziert. Neben den Transportkosten gehen auch die Faktoren Montage und Betrieb in die Kraneinsatzkosten ein, die der TEP für den Anwender detailliert ermittelt.

Der Turmdrehkran-Einsatzplaner soll als durchgängiges Tool beim Anwender, Kranverleiher und Kranhersteller eingesetzt die Fehlerrate erheblich reduzieren und mehr Planungssicherheit und -freiheit schaffen.

Die Entwicklung des Planungstools erfolgte zu Beginn im Zuge eines AiF-Forschungsprojekts². Dabei wurde in Zusammenarbeit mit Kranherstellern, Kranvermietern und Baustellenplanern ein Pflichtenheft für den TEP erarbeitet und erste rudimentäre Testversionen erstellt [Gün-01a][Gün-01b]. Durch die Einbeziehung der zukünftigen Nutzer soll sichergestellt werden, dass die Anwendung des Tools in der Praxis gewährleistet ist. Die Anforderungen der Praktiker sind somit bereits in der Konzeptphase berücksichtigt. Nach Abschluss des AiF-Projekts [Gün-02] erfolgte eine kontinuierliche Weiterentwicklung. Zwischenstände wurden auf der bauma 2001 und 2004 [Gün-04b] dem Fachpublikum vorgestellt.

¹ Stückliste

² AiF-Forschungsvorhaben 12440N. Dieses Forschungsprojekt wurde im Auftrag der Bundesvereinigung Logistik (BVL) e.V. durchgeführt und aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. (AiF) gefördert.

1.5 Vorgehensweise

Die in dieser Arbeit verwendete grundlegende Vorgehensweise ist in Abbildung 1-3 dargestellt.

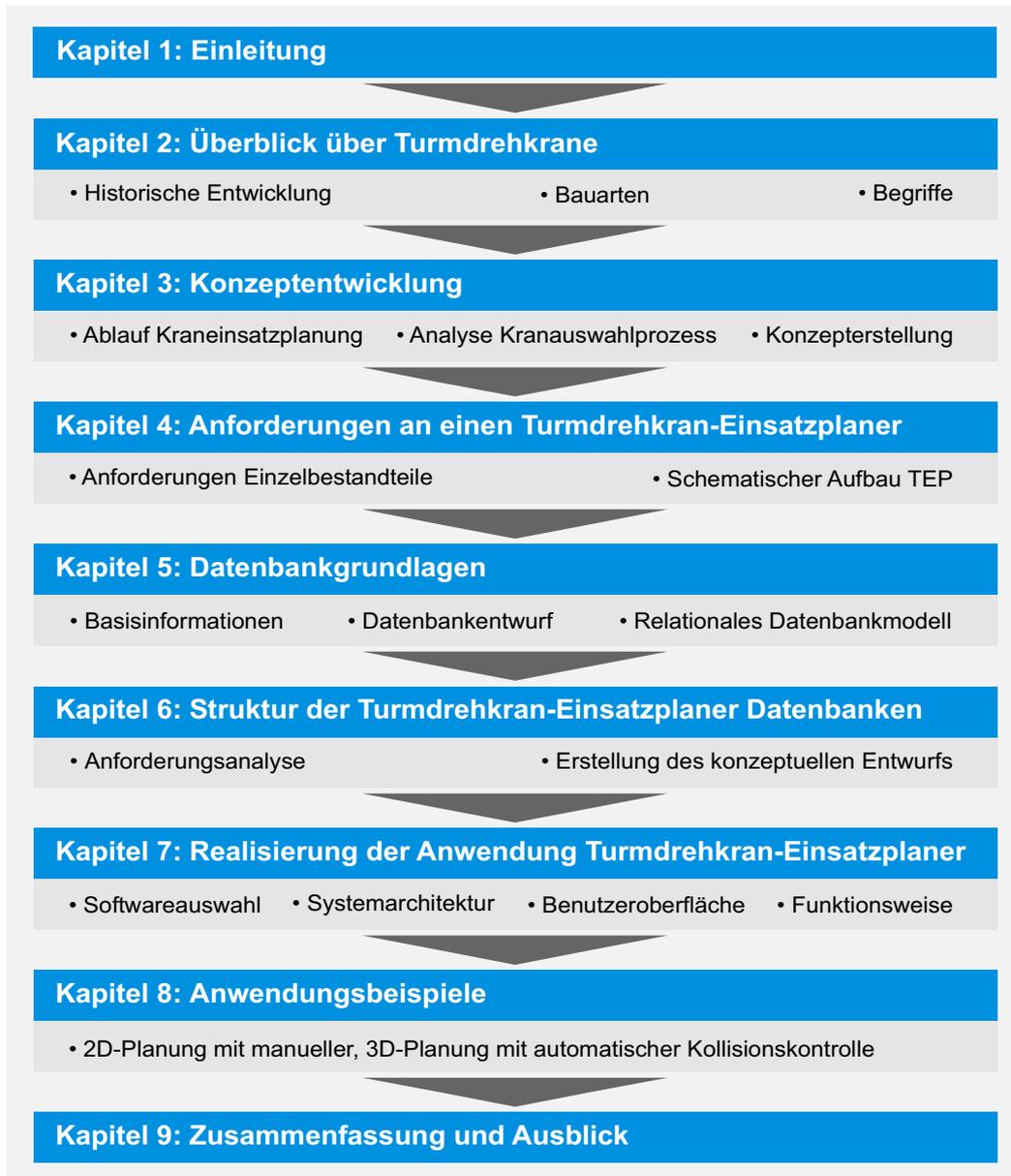


Abbildung 1-3: Vorgehensweise

Die vorangegangenen Abschnitte des Kapitels 1 beschreiben die Ausgangssituation und die Problemstellung bei der Einsatzplanung von Turmdrehkränen und formulieren die wissenschaftliche Zielsetzung.

Das folgende Kapitel 2 gibt eine kurze Übersicht zum Thema Turmdrehkrane und liefert das zum Verständnis der Arbeit erforderliche Basiswissen.

Kapitel 3 beschäftigt sich mit der Erstellung eines Konzepts für das zu entwickelnde Planungshilfsmittel. Zu diesem Zweck wird zuerst der Prozess der Kraneinsatzplanung näher untersucht und daraus sich wiederholende Aufgaben, bei deren Bewältigung der Turmdrehkran-Einsatzplaner den Baustellenplaner unterstützen kann, isoliert. Die Aufgaben lassen sich zu Gruppen zusammenfassen, die zu je einer Teilkomponente des Planungshilfsmittels führen. Zusammen mit Anforderungen der möglichen Anwender entsteht das Konzept für den TEP.

Aus der Problemstellung und dem in Kapitel 3 entwickelten Konzept formuliert Kapitel 4 die detaillierten Anforderungen an das Planungstool Turmdrehkran-Einsatzplaner. Die Anforderungen werden getrennt für die einzelnen Bestandteile des Tools erläutert.

Kapitel 5 „Datenbankgrundlagen“ gibt einen Einblick zum Thema Datenbanken und Datenbankentwicklung und geht dabei im Besonderen auf die für den Turmdrehkran-Einsatzplaner verwendeten relationalen Datenbanksysteme und die zur Entwicklung verwendete Methode der konzeptuellen Modellierung mittels Entity-Relationship-Modellen ein.

Aufbauend auf der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Methode der Datenbankmodellierung, den Anforderungen an einen Turmdrehkran-Einsatzplaner (Kapitel 4) und den Informationen über Turmdrehkrane (Kapitel 2) erstellt Kapitel 6 die Struktur der Datenbanken des TEP. Dazu werden zunächst die nötigen Anforderungen erläutert, bevor das Entity-Relationship-Modell erstellt wird. Die Beschreibung der einzelnen Entitäten und Beziehungen erfolgt dabei an Ausschnitten aus dem Gesamtsystem, um eine übersichtliche Darstellung zu gewährleisten.

Kapitel 7 zeigt die Realisierung der auf dem Datenbankmodell basierenden Anwendung TEP. Dazu werden zunächst das erforderliche Datenbankmanagementsystem und die zur Umsetzung erforderliche Software ausgewählt. Anschließend beschreibt die Systemarchitektur den prinzipiellen Aufbau des Turmdrehkran-Einsatzplaners. Das Kapitel endet mit einer Darstellung des TEP-Arbeitsablaufs aus Benutzersicht und der genauen Funktionsweise der einzelnen Module.

Kapitel 8 demonstriert die Anwendung des Turmdrehkran-Einsatzplaners an Hand dreier Praxisbeispiele. Zunächst wird die Planung in 2D gezeigt und das Vorgehen der manuellen Kollisionsanalyse vorgestellt. Beim zweiten und dritten Beispiel kommt das 3D-Planungsverfahren des TEP mit einer automatischen Kollisionskontrolle zum Einsatz.

Die Arbeit schließt im Kapitel 9 mit einer Zusammenfassung der gewonnenen Erkenntnisse und einem Ausblick auf die zukünftige Baustellenbeplanung.

2 Überblick über Turmdrehkrane

Kapitel 2 gibt eine Einführung in das Thema Turmdrehkrane. Es beschreibt die historische Entwicklung der Krane und gibt einen Überblick, welche Bauformen existieren und welche heute gebräuchlich sind. Es liefert die zum Verständnis der weiteren Kapitel erforderlichen Basisinformationen über das komplexe System Turmdrehkran.

2.1 Historische Entwicklung

Erste Überlieferungen zu Baukranen finden sich in der griechischen und römischen Geschichte. Der römische Baumeister und Ingenieur Marcus Vitruvius Pollio beschreibt in seinen Werken den Polypastos, einen Einmastkran, der sich durch Verändern der Abspannung bereits schwenken lässt (s. Abbildung 2-1).

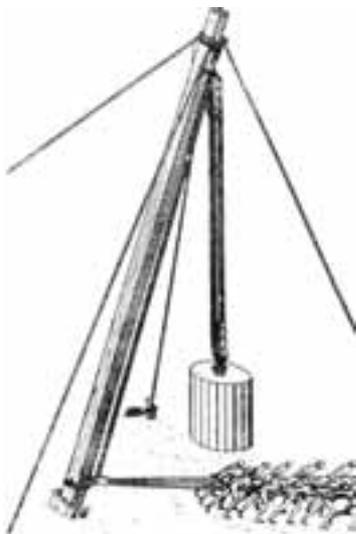


Abbildung 2-1: Römischer Einmastkran [Bac-97]



Abbildung 2-2: Drehbarer Säulenkrane (Leonardo da Vinci) [Bac-97]

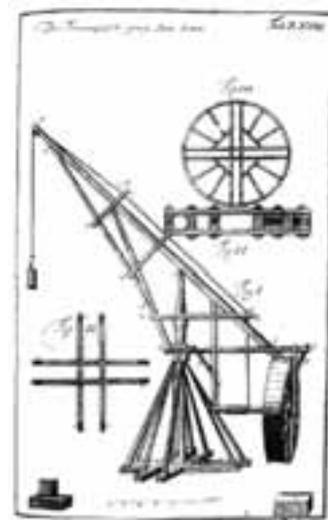


Abbildung 2-3: Französischer Baukran [Bac-97]

Beim Bau der Kathedralen im Mittelalter entwickeln sich auf Grund der engen Baustellen und der hohen Gebäude erste Auslegerkrane, die über Treträder angetrieben werden. Der Ursprung des Wortes Kran geht dabei auf die langen Ausleger dieser

2 Überblick über Turmdrehkrane

Krane zurück. Die Ausleger erinnern stark an Kraniche, daher auch der Plural Krane und nicht Kräne. Dieser Zusammenhang existiert auch in anderen Sprachen: Das englische „Crane“ und das französische „Grue“ haben beide zwei Bedeutungen: Kranich und Kran. Das Kölner Stadtviertel „Unter den Krahneebäumen“ hat seinen Namen vom Ausleger des Krans, der ab 1400 für vier Jahrhunderte das Stadtbild prägt und den größten Teil der Steine zum Bau des Doms hebt. Im 15. und 16. Jahrhundert entstehen Säulenkrane mit kurzem Ausleger. Abbildung 2-2 zeigt einen Entwurf mit drehbarer Säule von Leonardo da Vinci. Im 17. und 18. Jahrhundert finden sich in Frankreich um 360° drehbare Krane mit Ausleger und Tretrad, die bereits eine Traglast von einer Tonne erreichen (s. Abbildung 2-3).



*Abbildung 2-4: Fahrbarer
Kranmast [Bac-97]*



*Abbildung 2-5: Erster schnell montierbarer
Baukran [Bac-97]*

Während die industrielle Revolution im 18. und 19. Jahrhundert statt findet, erfolgt die technische Revolution im Bauwesen erst im 20. Jahrhundert. Krane kommen zwar im Tiefbau bereits zur Anwendung, im Hochbau wird aber weiterhin alles in Handarbeit erledigt. Das ändert sich erst, als der Hochbau mit der auf Grund der Industrialisierung einsetzenden Landflucht der Bevölkerung einen neuen Stellenwert erhält und der Wunsch nach moderner Krantechnik entsteht, um nicht mehr jeden Stein von Hand nach oben befördern zu müssen. Auch der beginnende Stahlbetonbau erfordert leistungsfähige Hebezeuge. Bei den ersten Hochbaukranen handelt es

sich um Turmgerüste mit starren oder schwenkbaren Auslegern (s. Abbildung 2-4). Der erste drehbare, schnell montierbare (6-10 Tage) und fahrbare Baukran wird auf der Leipziger Messe 1913 von der Heilbronner Firma Julius Wolff vorgestellt und noch auf der Messe mehrmals verkauft (s. Abbildung 2-5). 1928 stellt derselbe Hersteller den ersten Turmkran mit Katzausleger vor. Kurz darauf präsentiert der französische Hersteller Potain einen ersten verfahrbaren Baukran.

Nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs ist Hans Liebherr auf der Suche nach schnell und einfach zu montierenden Kranen für sein Baugeschäft. Da er auf dem Markt nichts Passendes findet, beschließt er selbst einen solchen Kran zu konstruieren, ohne zu ahnen, welchen Erfolg ihm diese Idee bringen wird. Er konzentriert sich auf den Bau von Kranen, die zerlegt transportiert werden und sich selbst aufstellen (s. Abbildung 2-6) [Bac-97].

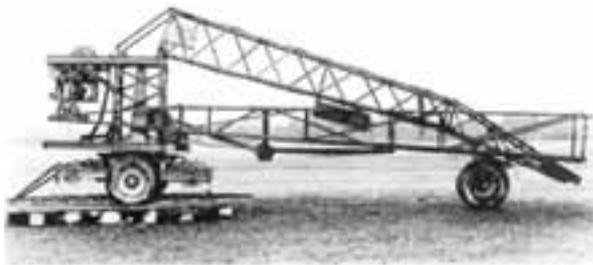


Abbildung 2-6: Selbstaufstellender Hochbaukran [Bac-97]

Ab Ende der 50er Jahre beginnt die große Zeit der untendrehenden Nadelausleger, die für die nächsten 20 Jahre den Markt dominieren (s. Abbildung 2-8). Für Großbaustellen, auf denen die Schienenanlagen der Nadelauslegerkrane als störend empfunden werden, kommen erste Katzausleger auf den Markt, die durch ihre große Ausladung die Schienenverfahrbarkeit überflüssig machen und zusätzlich in der Lage sind, durch Klettern, also dem Einfügen von Turmstücken, dem Baufortschritt zu folgen. Mitte der 60er Jahre erobern die Katzausleger den deutschen Markt.

In den 70er Jahren verschwinden die unten drehenden Nadelausleger von der Bildfläche. Die Energiepolitik der Regierung beeinflusst den Kranbau. Um die großen Kühltürme der Atomkraftwerke bauen zu können, setzen viele Hersteller auf das Knickauslegerprinzip (s. Abbildung 2-7), nachdem das Patent für den Knickausleger Mitte der 70er ausgelaufen ist.

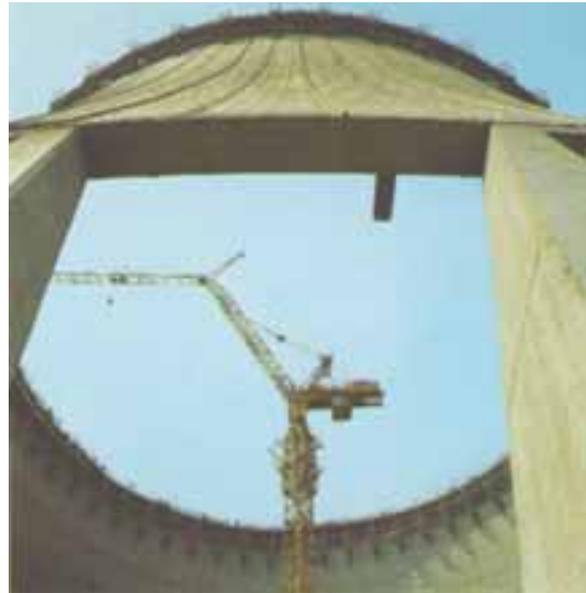


Abbildung 2-7: Oben drehender Knickausleger beim Kühlturmbau [Lie-86]

Abbildung 2-8: Unten drehender Nadelausleger [Bac-97]

In den 80ern werden Platz sparende Lösungen für enge Baustellen in den Großstädten gesucht und in Form von oben drehenden Wippauslegern (s. Abbildung 2-9) gefunden. Diese Bauform, die wegen der engen Platzverhältnisse in Fernost dominiert, konnte sich in Deutschland allerdings bis heute nicht durchsetzen. Hier beherrscht der kostengünstigere Katzausleger (s. Abbildung 2-10) den Markt, von dem immer größere Modelle mit Hakenhöhen über 100m, bis zu 100m Ausladung und 180t Tragfähigkeit an der Spitze entstehen.

In den 90er Jahren kommt mit dem spitzenlosen Katzausleger (s. Abbildung 2-11) eine neue Bauform auf den Markt, die im Vergleich zu Katzauslegern mit Spitze durch Entfall der Turmspitze eine wesentlich geringere Gesamthöhe des Oberkrans als Vorteil ausspielt. Weiterhin zieht in den 90er Jahren die Elektronik in Form von Frequenzumrichter gesteuerten Antrieben, elektronischer Lastmomentbegrenzung, Arbeitsbereichsbegrenzung und Funkfernsteuerungen in die Krane ein. Per Mobilfunk können die Hersteller jederzeit alle Betriebsdaten auslesen und über Ferndiagnose den Service verbessern.



Abbildung 2-9: Oben drehender Wippausleger [Wol-95]



Abbildung 2-10: Oben drehender Katzausleger mit Spitze [Lie-80]



Abbildung 2-11: Oben drehender spitzenloser Katzausleger [Zep-95]

2.2 Obendreher

Heute sind zwei verschiedene Bauarten von Turmdrehkränen im Einsatz. Bei großen Baustellen mit mehreren sich überschwenkenden Kranen kommen Obendreher zum Einsatz. Für kleinere Baustellen z.B. bei Einfamilienhäusern werden in Deutschland vorwiegend selbstaufstellende Untendreher verwendet.

Bei oben drehenden Kranen steht der Turm fest und, wie der Name schon sagt, nur der Oberkran (Ausleger, Gegenausleger und Turmspitze) wird über ein oben am Turm angebrachtes Drehwerk geschwenkt. Da die Krane oft auf- und abgebaut werden müssen, bestehen sie aus definierten Baugruppen, die sich leicht montieren und auf Standardtiefladern transportieren lassen. Um sich einfach an die verschiedenen Bedürfnisse der unterschiedlichen Baustellen anpassen zu können, lässt sich für jeden Kran aus einem Baukastensystem mit unterschiedlichen Unterbauten, Turm-elementen und Auslegerlängen eine erhebliche Anzahl unterschiedlicher Rüstzustände zusammenstellen. Zur Montage und Demontage eines Obendrehers ist immer ein zusätzlicher Fahrzeugkran erforderlich.

2.2.1 Unterbauten

Je nach Einsatzzweck stehen unterschiedliche Unterbauten zur Verfügung. Wird der Kran innerhalb des zu bauenden Gebäudes z.B. im Aufzugsschacht positioniert, kommen Fundamentanker zum Einsatz. Dabei wird für jeden der vier Aufnahme-punkte des Turms ein Anker aus Armiereseisen in ein Betonfundament eingegossen, der nach der Demontage des Krans im Boden verbleibt (s. Abbildung 2-12). Außerhalb des Gebäudes verwendet man zur stationären Montage Fundamentkreuze (s. Abbildung 2-13) oder Unterwagen (s. Abbildung 2-15), die mit entsprechenden Zentralballaststeinen versehen für einen sicheren Stand des Krans sorgen. Sowohl Fundamentkreuze als auch Unterwagen können mit Schienenfahrwerken ausgerüstet werden. So lässt sich der Arbeitsbereich eines Turmdrehkrans weiter vergrößern.

Die Ballastierung ist neben dem Unterbautyp und ob der Unterbau verfahrbar oder stationär montiert wird, abhängig von der Hakenhöhe und der Auslegerlänge. Die Hersteller verfahren bei der Angabe des Zentralballasts unterschiedlich: Einige geben die Werte nur in Abhängigkeit der Hakenhöhe an und gehen immer vom ungünstigsten Fall der Auslegerlänge aus, andere geben die Werte detailliert in Abhän-

gigkeit von Hakenhöhe und Auslegerlänge an. Je nach Hersteller erfolgt die Ballastierung durch unterschiedlich geformte Betonballaststeine (s. Abbildung 2-14).

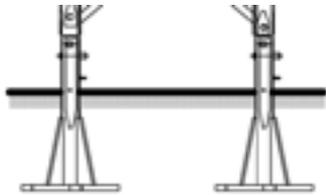


Abbildung 2-12: Fundamentanker [Pot-03a]

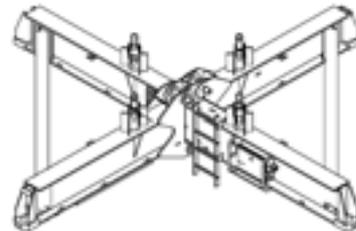


Abbildung 2-13: Fundamentkreuz [Pot-03a]

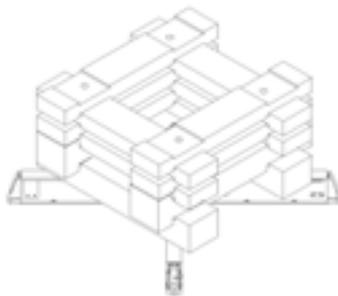


Abbildung 2-14: Fundamentkreuz mit Zentralballast [Pot-03a]

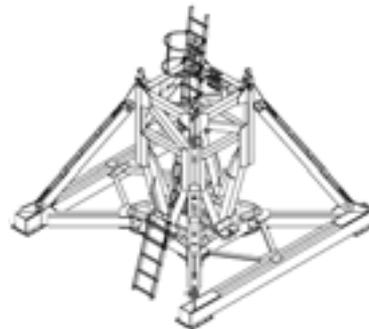


Abbildung 2-15: Unterwagen [Pot-03a]

2.2.2 Fundamentlasten und Eckdrücke

Bei der Angabe der Kräfte, die durch den Kran in den Untergrund eingeleitet werden, unterscheidet man bei Unterbauten zwischen Fundamentankern und den übrigen Unterbauten. Bei Fundamentankern handelt es sich um eine feste Einspannung und man gibt Horizontal-, Vertikalkraft und das Moment an, die am Fundament anliegen (s. Abbildung 2-16a). Diese Informationen werden als Fundamentlasten bezeichnet und zur Auslegung des Betonfundaments benötigt. Bei den übrigen Unterbauten gibt man den maximalen Eckdruckwert an, also die maximale Kraft, die an einem der vier Aufstandspunkte im ungünstigsten Fall anliegen kann (s. Abbildung 2-16b). Mit die-

2 Überblick über Turmdrehkrane

sen Daten lässt sich überprüfen, ob der Standort über eine ausreichende Tragfähigkeit verfügt oder ob z.B. ein darunter liegender Keller einbrechen könnte. Alle Fundamentlasten und maximalen Eckdrücke werden getrennt für die Betriebszustände „in Betrieb“, „außer Betrieb“ und „Montage“ angegeben.

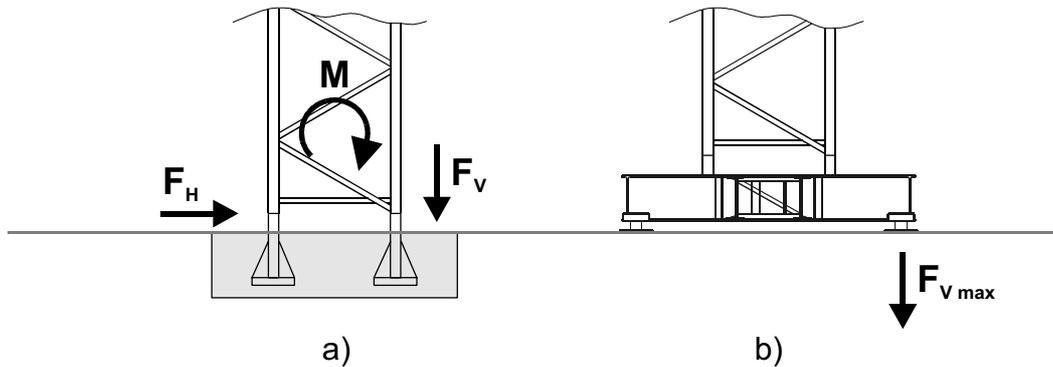


Abbildung 2-16: Fundamentlasten und Eckdrücke

2.2.3 Turm

Je nach Hakenhöhe und Größe des Krans hat jeder Hersteller unterschiedliche Turmquerschnitte im Sortiment, die meist als Turmsystem bezeichnet werden. Jedes Turmsystem beinhaltet Turmelemente unterschiedlicher Länge, z.B. 3, 6 und 12m oder $3\frac{1}{3}$, 5 und 10m lange Elemente (s. Abbildung 2-17).

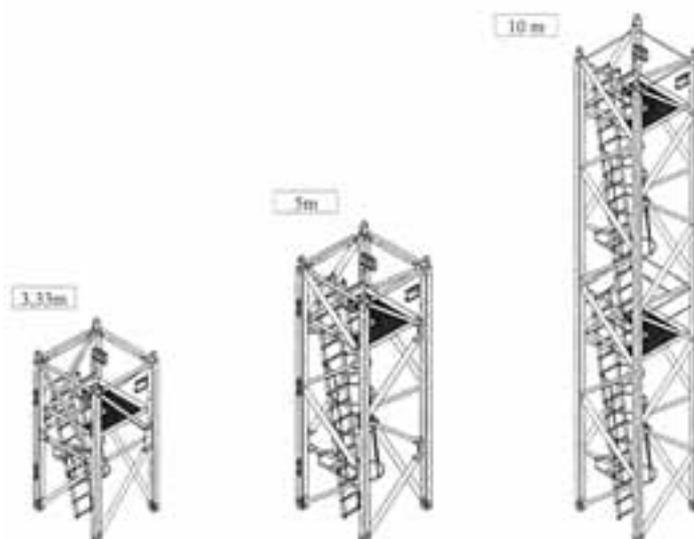


Abbildung 2-17: Turmelemente in unterschiedlichen Längen [Pot-03a]

Damit lassen sich Hakenhöhen in einer bestimmten Staffelung realisieren. Dieser Abstand zwischen zwei möglichen Hakenhöhen wird als Turmrastermaß bezeichnet. Neben der Hakenhöhe, die den Abstand zwischen Boden und dem Haken in der höchsten Stellung angibt, ist auch die Turmhöhe, das Maß zwischen Boden und Turmoberkante, eine wichtige Größe. Manche Hersteller bieten von den Abmessungen identische Turmelemente an, die unterschiedlich stark dimensioniert sind. Ab einer bestimmten Hakenhöhe müssen dann unten im Turm diese verstärkten Elemente verwendet werden. Teilweise werden auch unterschiedliche Turmsysteme in einem Turm verbaut. Die Verbindung der verschiedenen Querschnitte erfolgt dann über Adapterelemente.

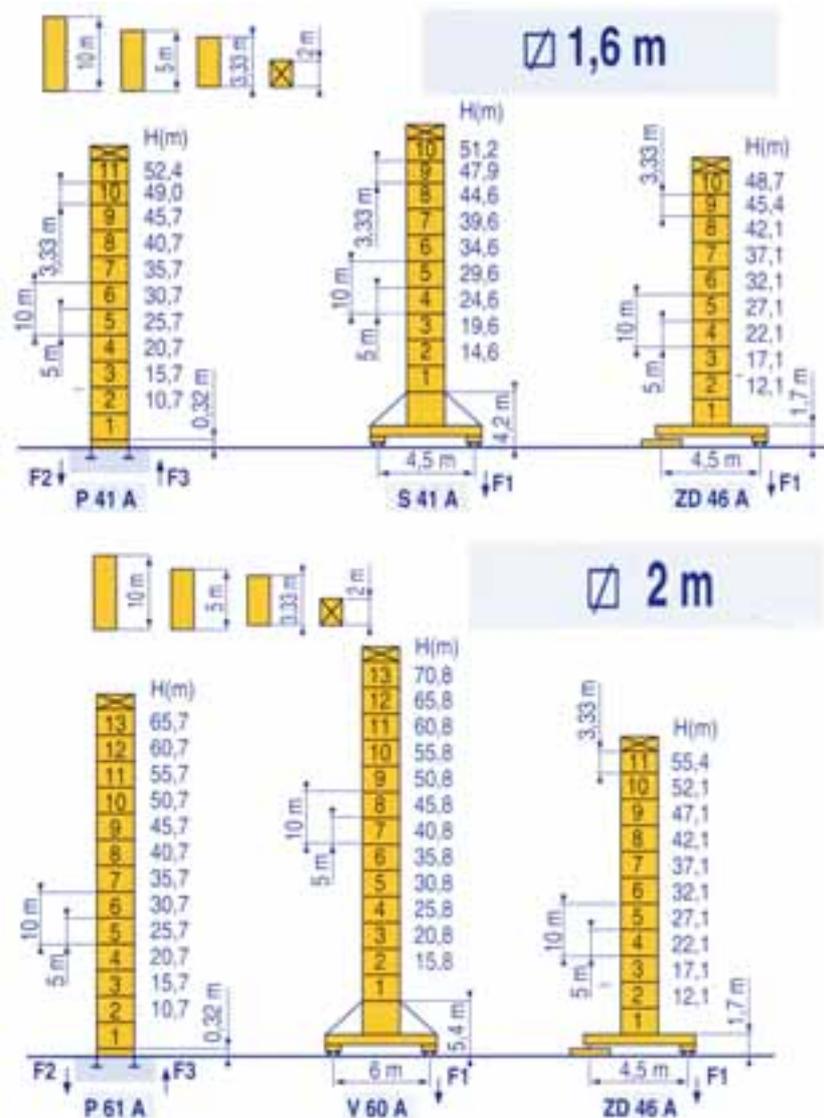


Abbildung 2-18: Mastkombinationen für einen Krantyp [Pot-98]

Die Unterbauten sind zum Teil mit verschiedenen Turmsystemen kompatibel, teilweise bieten die Hersteller die Unterbauten auch in unterschiedlichen Größen passend zu den verschiedenen Turmsystemen an.

Abbildung 2-18 zeigt die Darstellung der unterschiedlichen Unterbau/Hakenhöhenvarianten für einen Krantyp aus den Unterlagen eines Herstellers. Es werden zwei verschiedene Turmsysteme (1,6m und 2,0m Querschnitt) und jeweils drei Unterbauten (Fundamentanker, Fundamentkreuz und Unterwagen) unterschieden. Die Staffelung der Hakenhöhen ist hier aus Gründen der Übersichtlichkeit in 5m-Schritten dargestellt. Mit den zur Verfügung stehenden Turmelementen sind aber 1,6m-Abstände möglich.

2.2.4 Oberkranbauformen

Auf dem Turm wird der Oberkran montiert. Hier unterscheidet man die Obendreher in unterschiedliche Bauformen [Gün-04a].

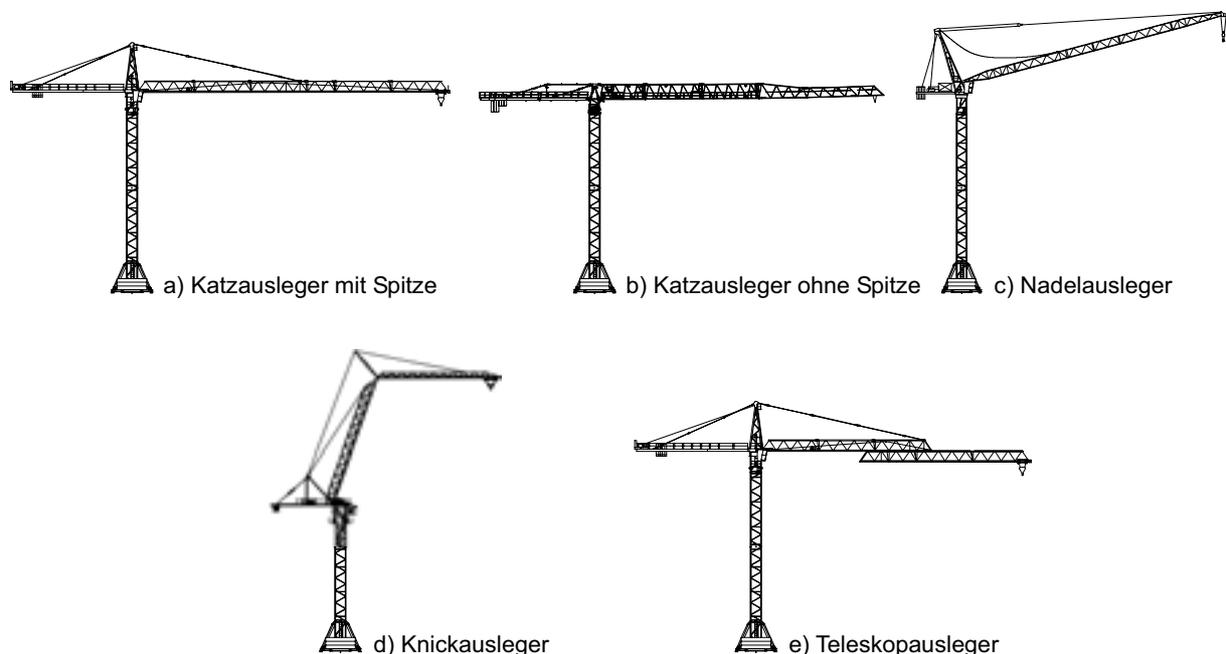


Abbildung 2-19: Auslegerbauformen Obendreher [Gün-04a]

Der Katzausleger mit Spitze (s. Abbildung 2-19a) verfügt über einen festen, horizontalen Ausleger, der je nach Länge ein bis zweimal mit der Turmspitze abgespannt ist. Die Seillaufkatze kann über einen eigenen Antrieb, das so genannte Katzfahrwerk, auf der gesamten Auslegerlänge verfahren. Das Hubwerk befindet sich meist im Gegenausleger.

Beim Wipp- oder Nadelausleger (s. Abbildung 2-19c) ist der Ausleger an der Turmspitze gelenkig gelagert. Über das Abspannseil, das vom Wippwerk im Gegenausleger über die Turmspitze zum Ausleger verläuft, lässt sich der Auslegerwinkel in einem bestimmten Bereich verstellen. Dieser Bereich liegt üblicherweise zwischen 15° und 85° zur Horizontalen. Diese Bauweise hat auf engen Baustellen ihre Vorteile, da die Ausleger durch Wippen Hindernissen wie Gebäuden oder anderen Kranen ausweichen können. In Deutschland konnte sich diese Bauform bis heute aber nicht durchsetzen, obwohl sie im Ausland sehr weit verbreitet ist. Das hat aber zum Teil auch andere Ursachen: So darf z.B. in London ein Kranausleger wegen der so genannten Lufthoheit über dem Grundbesitz nicht über angrenzende Grundstücke schwenken, was sich nur mit Wippauslegern bewerkstelligen lässt [Kes-02].

Der Katzausleger mit Spitze ist in Deutschland heute die weit verbreitetste Bauform, da sie viele Vorteile hat. Durch die Katze ist ein horizontales Verfahren der Last (horizontaler Lastweg) im Vergleich zu einem Nadelausleger sehr einfach möglich, da der Nadelausleger zum horizontalen Verfahren der Last in der Neigung verstellt werden muss. Durch das Wippen entsteht zusätzlich eine Höhenänderung der Last, die der Kranführer durch das Hubwerk wieder ausgleichen muss. Das Katzfahrwerk ist dabei erheblich schneller und verbraucht weniger Energie als das Wippwerk. Ein weiterer Vorteil der Katzauslegerkrane ist, dass die Katze fast bis an den Turm gefahren werden kann und damit einen sehr großen Arbeitsbereich abdeckt. Beim Nadelausleger entsteht durch die Begrenzung des maximalen Auslegeranstellwinkels in der Nähe des Turms ein Bereich, der mit dem Kran nicht zu bedienen ist. Um diesen Nachteil auszugleichen, werden die Nadelausleger oft mit einem Schienenfahrwerk ausgerüstet. Der Katzausleger ermöglicht zusätzlich eine präzisere Positionierung der Last, da durch die im Vergleich zum Nadelausleger kürzere Hubseilführung das Pendeln der Last minimiert wird.

Der spitzenlose Katzausleger (s. Abbildung 2-19b) erfüllt ebenfalls alle Vorteile des Katzauslegers mit Spitze. Durch die im Vergleich mit einem äquivalenten Katzausle-

2 Überblick über Turmdrehkrane

ger mit Spitze um bis zu 6m geringere Höhe des Oberkrans (s. Abbildung 2-20) kann der spitzenlose Kran jedoch einen zusätzlichen Vorteil verbuchen: Auf Großbaustellen mit mehreren sich überschwenkenden Kranen kann der Abstand der Hakenhöhen der einzelnen Ebenen viel kleiner gehalten werden. Da die Krane so insgesamt niedriger montiert werden können, lassen sich im Vergleich zu Katzauslegern mit Spitze etliche Turmelemente und Zentralballaststeine einsparen. Dadurch reduzieren sich auch die Transportkosten des Krans zur Baustelle. Durch das geringere Höheniveau der Oberkrane reicht zur Montage ein kleinerer Fahrzeugkran aus, was ebenfalls die Kosten reduziert. Zusätzlich sind die spitzenlosen Krane im Vorteil, wenn es um Kranstandorte unter Hochspannungsleitungen oder im Bereich von Flughäfen geht. Hier können die Krane problemlos unter dem Bodenradar durchschwenken. Als Spezialanwendung können sie direkt auf dem Unterwagen montiert auch im Tunnelbau eingesetzt werden.

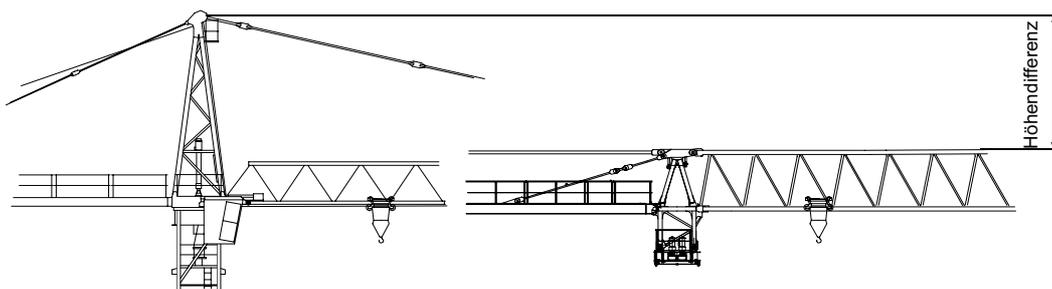


Abbildung 2-20: Höhendifferenz zwischen Katzausleger mit und ohne Spitze

Der Knickausleger (s. Abbildung 2-19d) hat sich als Sonderbauform entwickelt, um z.B. beim Bau von Kühltürmen eine größere Hakenhöhe zu erreichen, ohne die Turmhöhe weiter steigern zu müssen. So können Turmelemente und Gebäudeverankerungen eingespart werden. Befindet sich der Ausleger in der niedrigsten Stellung, kann die Katze wie beim Katzausleger auf der gesamten Auslegerlänge verfahren. Wird der Ausleger in Steilstellung gebracht, kann sich die Katze auf dem waagrechten Teil des Auslegers bewegen. Je steiler der Ausleger gestellt wird, umso mehr gewinnt der waagrechte Teil des Auslegers an Höhe, er wandert aber auch immer weiter in Richtung Turm, so dass die Ausladung mit zunehmender Steilstellung abnimmt. Diese Auslegerform ist sehr teuer und kommt deshalb nur in Sonderfällen zum Einsatz. Eine weitere Sonderbauform ist der Teleskopausleger (s. Abbildung 2-19e). Damit ausgerüstet ist der Kran im Gegensatz zu einem normalen Katzausleger in der Lage Hindernissen auszuweichen. Der bewegliche Bereich des

Auslegers, auf dem die Katze verfahren kann, ist verschiebbar unter einem fest stehenden Auslegerteil angebracht. Diese Auslegerform hat heute aus Kostengründen bei den Obendrehern keine Bedeutung mehr. Der Knick- und der Teleskopausleger werden wegen ihrer geringen Verbreitung in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

2.2.5 Oberkranzusammensetzung

Der Oberkran wird aus einzelnen Elementen aufgebaut. Bei der Montage eines Katzauslegers mit Spitze (s. Abbildung 2-21) wird zuerst die Turmspitze mit Kabine und Drehwerk auf den Turm gesetzt. Anschließend wird der Gegenausleger montiert, abgespannt und mit dem für die Auslegermontage erforderlichen Gegenballast versehen. Bei einigen Krantypen kann die Länge des Gegenauslegers je nach Auslegerlänge variieren. Für die kleinen Auslegerlängen genügt unter Umständen ein kürzerer Gegenausleger, der durch Verzicht auf ein Zwischenstück erreicht wird. Anschließend kann der Ausleger angebaut und abgespannt werden. Die Ausleger können je nach den Anforderungen der Baustelle in unterschiedlichen Längen montiert werden. Jeder Krantyp hat eine minimale und maximale Auslegerlänge. Je nachdem, wie viele Auslegerbauteile montiert werden, lässt sich die Auslegerlänge zwischen den beiden Grenzen in der Regel in 5m-Schritten staffeln. Üblicherweise wird der Ausleger am Boden vormontiert und komplett an den Kran angebaut.

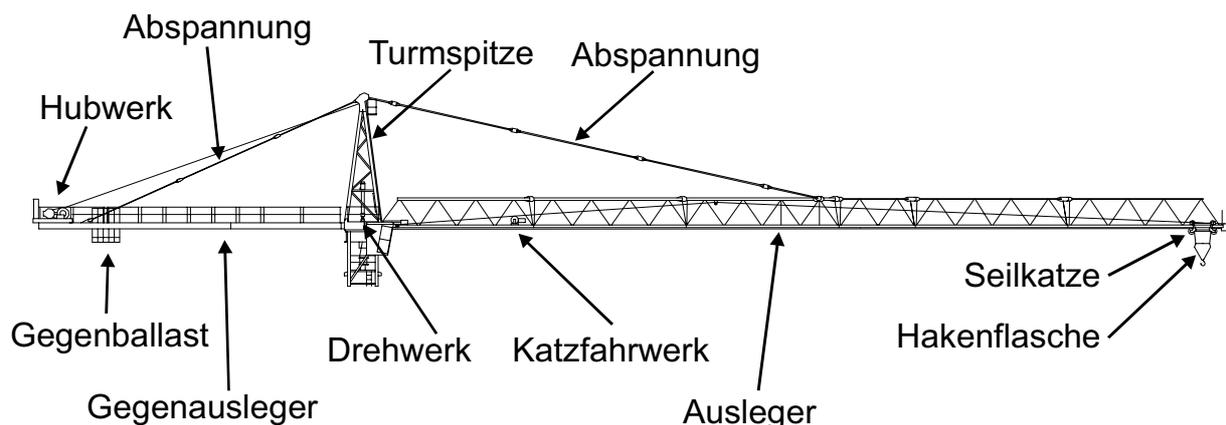


Abbildung 2-21: Oberkranzusammensetzung eines Katzauslegers mit Spitze

Anschließend wird der restliche Gegenballast eingebaut, der zum Ausgleich der Traglast erforderlich ist. Wie viel Gegenballast nötig ist, hängt von der gewählten

Auslegerlänge ab. Da die von den Herstellern angebotenen verschiedenen Hubwerke zum Teil unterschiedlich schwer sind und sich wie die Gegenballaststeine im Gegenausleger befinden, kann die Gegenballastierung unter Umständen auch vom verwendeten Hubwerk abhängig sein. Nach der Montage des Seiltriebs für Katzfahrwerk und Hubwerk ist der Kran einsatzbereit.

Beim spitzenlosen Katzausleger wird statt der Turmspitze die Drehbühne montiert. Außerdem ist hier keine Abspannung erforderlich. Demzufolge kann der Ausleger bei beengten Platzverhältnissen auch gestückelt montiert werden.

Ein Nadelausleger verfügt statt dem Katzfahrwerk über ein Wipp- oder Einziehwerk, das im Gegenausleger sitzt und den Einzugswinkel des Auslegers verstellen kann.

2.2.6 Lastkurve

Die Lastkurve gibt die Tragfähigkeit des Krans in Abhängigkeit von der Ausladung an. Bei den meisten Krantypen hängt der Verlauf der Traglastkurve zusätzlich davon ab, wie das Hubseil eingesichert ist. Dabei unterscheidet man den 2- und den 4-Strang Betrieb, also wie viele Seilstränge von der Katze zur Hakenflasche verlaufen. Der 2-Strang Betrieb gestattet im Vergleich zum 4-Strang-Betrieb die doppelte Hubgeschwindigkeit. Allerdings steht hier im Gleichlastbereich nur die halbe maximale Traglast des Krans zur Verfügung (s. Abbildung 2-22), da die maximale Tragfähigkeit des Krans im Gleichlastbereich durch das Hubwerk und den Seiltrieb bestimmt wird. Für die maximale Traglast des Krans im Gleichlastbereich sind deshalb immer vier Seilstränge erforderlich.

Der abnehmende Bereich der Traglast zur Auslegerspitze wird durch die Festigkeitsanforderungen des Tragwerks bestimmt. Hier ist die Traglast des 2-Strang-Betriebs sogar geringfügig höher als beim 4-Strang-Betrieb, da das Gewicht der zwei fehlenden Seilstränge zusätzlich als Traglast zur Verfügung steht. Im Beispiel aus Abbildung 2-22 ergeben sich 250kg zusätzliche Traglast.

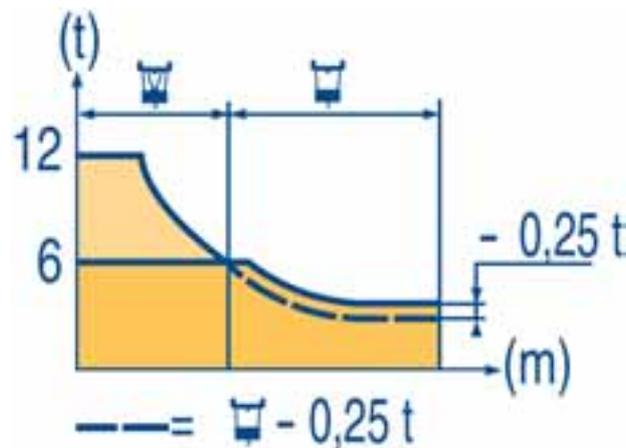


Abbildung 2-22: Traglastkurve eines 60m Katzauslegers (grafisch) [Pot-03c]

Werden auf der Baustelle nur kleine Lasten gehoben, kann der 2-Strang-Betrieb gewählt werden, um die maximale Hubgeschwindigkeit zu nutzen. Ist die maximale Traglast des Krans erforderlich, muss im Gleichlastbereich mit maximaler Strangzahl gearbeitet werden.

Die Hersteller geben die Traglastinformationen in der in Abbildung 2-23 gezeigten Form an. Der 60m lange Katzausleger, zu dem die Traglastkurve gehört, hat im Gleichlastbereich eine maximale Traglast von 12t, die im 4-Strang-Betrieb von 2,5 bis 20m Ausladung zur Verfügung steht. Im 2-Strang-Betrieb reduziert sich die maximale Traglast im Gleichlastbereich auf 6t, die von 2,5 bis 36,4m verfügbar ist.

60 m	2,5	20	22	25	27	30	32	35,5	36,4	37	40	42	45	47	50	52	55	57	60 m
		12	10,7	9,2	8,4	7,4	6,8	6	6	5,9	5,3	5	4,6	4,3	4	3,8	3,5	3,3	3,1 t

Abbildung 2-23: Traglastkurve eines 60m Katzauslegers (tabellarisch) [Pot-03c]

Bei Nadelauslegern ändert sich durch das Wippen des Auslegers neben der Ausladung auch die Hakenhöhe. Je steiler der Ausleger gestellt wird, desto geringer wird die Ausladung und die Hakenhöhe nimmt zu. Abbildung 2-24 zeigt diesen Zusammenhang. Für unterschiedliche Auslegerlängen kann hier die Höhe abhängig vom Auslegerwinkel abgelesen werden, die zur Turmhöhe addiert werden muss, um die Hakenhöhe zu erhalten.

2 Überblick über Turmdrehkrane

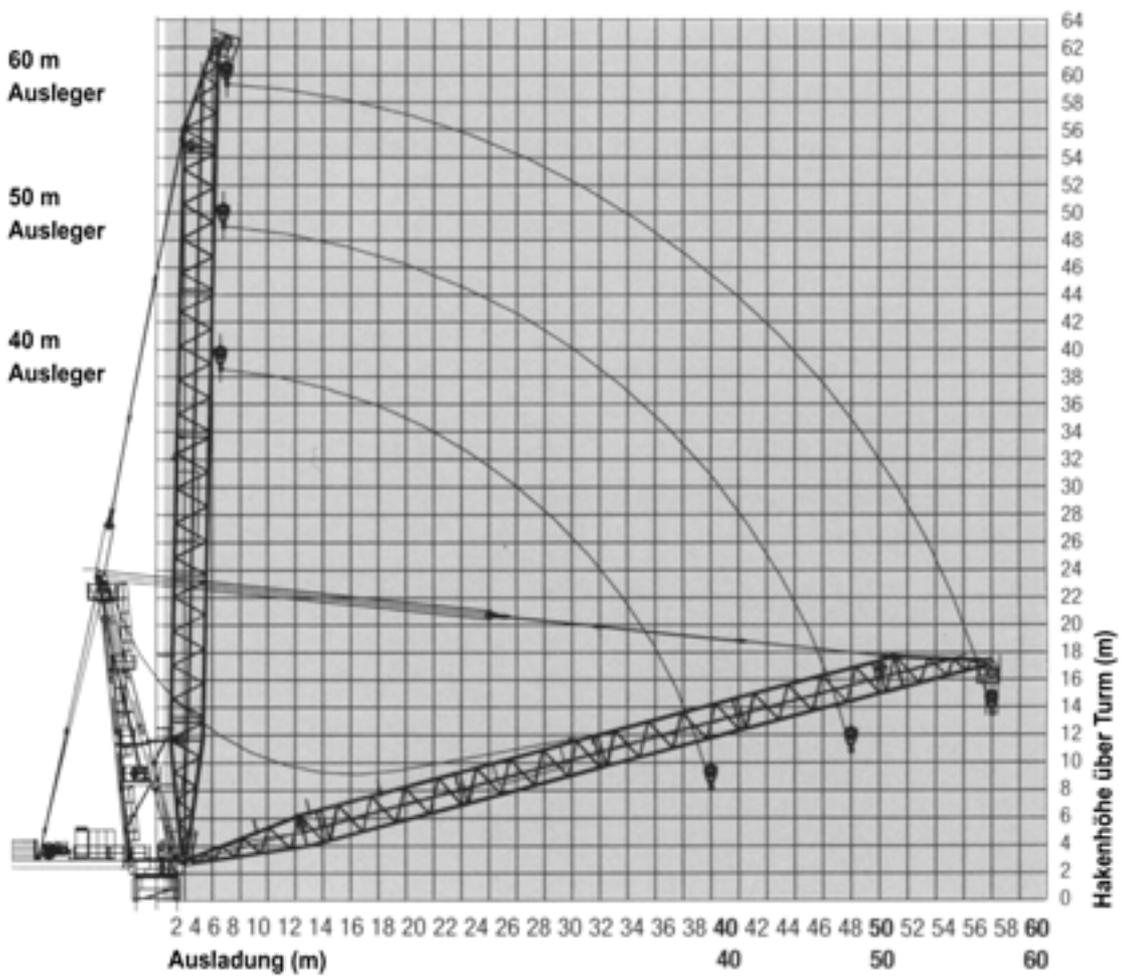


Abbildung 2-24: Ausladung/Hakenhöhe beim Nadelausleger [Wol-01]

2.2.7 Kranklettern

Um die Hakenhöhe eines Krans an den Baufortschritt anpassen zu können, haben sich zwei unterschiedliche Formen des Kletterns entwickelt. Beim so genannten Turmklettern werden in den Kranturm zusätzliche Turmelemente eingefügt. Im Beispiel aus Abbildung 2-25 wird die Kletterstulpe mit Hilfe des Turmdrehkrans am obersten Turmelement befestigt (s. Abbildung 2-25a). Je nach Hersteller müssen zum Klettern, unter Umständen bereits bei der Kranmontage, bestimmte Bauteile im Turm montiert werden. Mit einer hydraulischen Hubvorrichtung drückt die Kletterstulpe den Oberkran so weit nach oben, dass ein zusätzliches Turmstück in den Turm eingefügt werden kann. Das neue Turmelement wird dabei mit dem Turmdrehkran auf die Klettervorrichtung gehoben (s. Abbildung 2-25b). Nach dem Einschieben des neuen Elements (s. Abbildung 2-25c) wird es mit dem Turm montiert. Diese Schritte werden wiederholt, bis die gewünschte Turmhöhe erreicht ist. Anschließend wird der Oberkran mit dem Turm verbunden und die Kletterstulpe wieder demontiert.

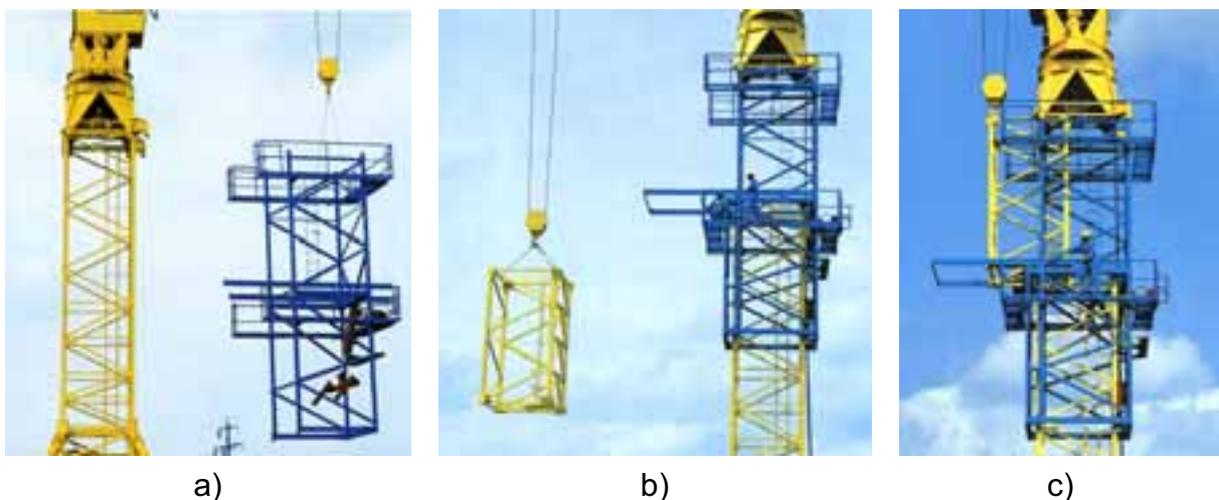


Abbildung 2-25: Turmklettern [Lie-80]

Bei hohen Bauwerken wie z.B. Hochhäusern oder Fernsehtürmen werden die Krantürme in entsprechenden Abständen mit dem Gebäude verbunden. So können durch Klettern Turmhöhen erreicht werden, die für freistehende Krane nicht möglich sind. Abbildung 2-26 zeigt einen Kran mit einer Hakenhöhe von 190m beim Bau eines Fernsehturms. Das Turmklettern wird in diesem Fall auch als Außenklettern bezeichnet.



Abbildung 2-26: Außenklettern beim Bau eines Fernsehturms [Wol-95]

Neben dem Turmklettern, bei dem der Kranturm am Boden stehen bleibt, können Turmdrehkrane auch in den Geschoßdecken eines Gebäudes verankert und mit dem Bau hochgeschoben werden. Man spricht in diesem Fall von Stockwerks- oder Innenklettern. Beim Klettern im Gebäude wird der Kran, meistens im Liftschacht, zuerst auf dem Fundament mittels Fundamentanker verankert (s. Abbildung 2-27a). Sobald das Gebäude so weit fortgeschritten ist, dass genügend Stockwerke zur Verfügung stehen, kann geklettert werden. Dazu wird der Kranturm mit zwei Kletterrahmen im Gebäude befestigt, die in einem definierten Abstand zueinander stehen müssen. Nach dem Lösen der Verbindung an den Fundamentankern kann der Kran über eine Kletterhydraulik am unteren Kletterrahmen schrittweise nach oben geschoben werden (s. Abbildung 2-27b) bis die Turmunterkante den nächsten Kletterrahmen erreicht. Nach der Fertigstellung weiterer Etagen wird, um weiterklettern zu können, der dritte Kletterrahmen im benötigten Geschossabstand montiert und die Klettereinrichtung bis zum folgenden Rahmen hochgezogen (s. Abbildung 2-27c).

Der Klettervorgang kann nun erneut durchgeführt werden. Der untere Rahmen kann jetzt abgebaut werden und steht für den folgenden Kletterschritt als dritter Rahmen zur Verfügung.

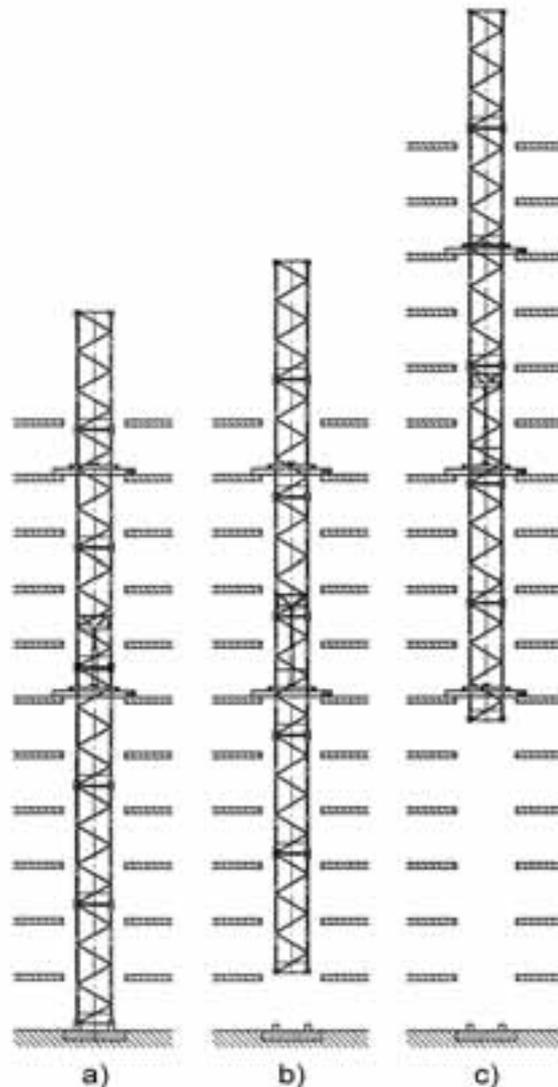


Abbildung 2-27: Innenklettern

2.3 Untendreher

Die Untendreher, auch als Schnellmontagekrane bezeichnet, kommen heute häufig bei kleineren Baustellen zum Einsatz, wenn ihre Traglast und Hakenhöhe für die Bauaufgabe ausreichen und nicht mehrere sich überdrehende Krane erforderlich sind. Ihr großer Vorteil liegt in der schnellen Montierbarkeit. Der Kran wird an einen

Lkw angehängt auf der Baustelle angeliefert und stellt sich innerhalb kürzester Zeit alleine auf (s. Abbildung 2-28). Es ist also kein Fahrzeugkran wie bei der Montage eines Obendreher erforderlich. Für den Transport verfügen die Schnellaufsteller über ein eigenes Straßenfahrwerk, das während des Einsatzes abgenommen wird.



Abbildung 2-28: Montageablauf Schnellaufsteller [Zep-96]

Beim Untendreher befindet sich das Drehwerk zwischen Ober- und Unterwagen, d.h. der komplette Turm wird mitgedreht. Da der Kran eine Einheit darstellt, sind hier keine unterschiedlichen Unterbauten möglich. In der Regel verfügen die Krane über eine Art Fundamentkreuz.

Beim Turm sind mehrere Varianten am Markt vertreten. Bei Kranen mit starrem Turm ist die Hakenhöhe fest vorgegeben. Krane mit telekopierbarem Turm können, je nach Anforderungen der Baustelle, die Hakenhöhe teilweise in mehreren Stufen verstellen. Als Türme kommen Gittermasten (s. Abbildung 2-28) sowie geschlossene oder offene Kastelemente (s. Abbildung 2-29) zum Einsatz. Eine weitere Variante sind von unten aufstockbare Türme. Wie beim Klettern der Obendreher werden hier allerdings von unten zusätzliche Elemente in den Turm eingefügt, um die Hakenhöhe zu vergrößern.

Schnellaufsteller verfügen heute ausschließlich über Katzausleger. Die früher üblichen Wippausleger sind komplett vom Markt verschwunden. Die Ausleger können in verschiedenen Längen montiert werden. Teilweise ist es möglich, das Vorderteil des Auslegers durch Hochklappen in eine Ausweichposition (s. Abbildung 2-30) zu bringen, um an Hindernissen vorbeidrehen zu können oder den Ausleger zu teleskopieren. Manche Modelle können den Ausleger auch komplett in 20-30° Steilstellung bringen, um zusätzlich Hakenhöhe zu gewinnen (s. Abbildung 2-30).



Abbildung 2-29: Schnellaufsteller
[Pot-04b]

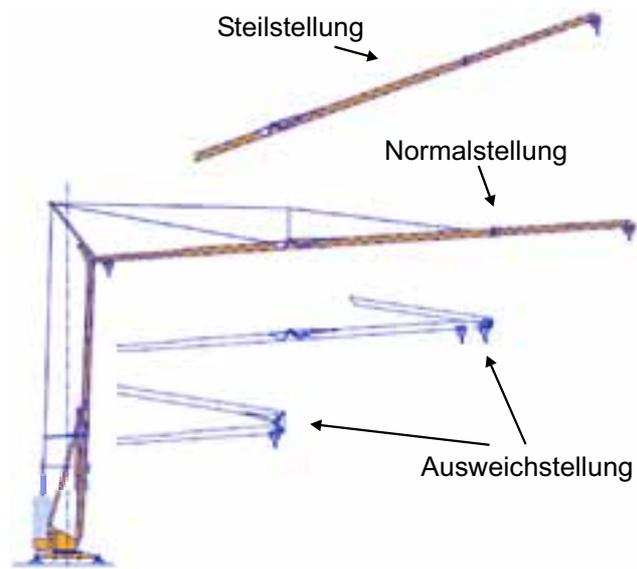


Abbildung 2-30: Mögliche Auslegerstellungen
bei Schnellaufstellern [Pot-03b]

Die Lastkurve ist von der gewählten Auslegerstellung abhängig. In Normalstellung erreicht der Kran seine größte Traglast. Auch bei den Schnellaufstellern ist teilweise der 2- oder 4-Strangbetrieb möglich. Die Katze kann auch in der Steilstellung über die gesamte Auslegerlänge verfahren werden, allerdings mit einer erheblich reduzierten Traglast.

Die Ballastierung erfolgt bei Untendrehern direkt auf dem Kranwagen und ist unter Umständen von der Turmhöhe und der montierten Auslegerlänge abhängig.

2.4 Zusammenfassung

Beim Einsatz von Turmdrehkränen muss eine Vielfalt von unterschiedlichen Kran-typen mit verschiedenen Mast- und Auslegerkombinationen sowie unterschiedlichen Verfahren (Standkran, verfahrbarer Kran, Kletterkran) mit ihren spezifischen Traglastkurven und Hakenhöhen berücksichtigt werden. Das Gleiche gilt für die Transport- und Montagebedingungen, die jeder Turmdrehkran fordert.

2 Überblick über Turmdrehkrane

Hier liegt also eine spektrale Vielfalt möglicher Varianten vor, aus denen der Nutzer das für ihn optimale Gerät finden muss. Das in dieser Arbeit entwickelte Planungswerkzeug soll den Anwender bei allen Schritten des Turmdrehkraneinsatzes von der Auswahl bis zur Montage unterstützen und ihm dabei helfen, sich in der Fülle der Möglichkeiten schnell zurecht zu finden.

3 Konzeptentwicklung

Zur Entwicklung eines Planungshilfsmittels für den Baukraneinsatz ist es unerlässlich, sich mit dem Prozess „Kraneinsatzplanung“ auseinanderzusetzen. Das folgende Kapitel stellt dazu die grundlegenden Abläufe vor und zerlegt den Prozess in wiederkehrende Einzelschritte. Anschließend wird für jeden Einzelschritt untersucht, wo und auf welche Weise ein Planungshilfsmittel eine sinnvolle Unterstützung liefern kann, um an Hand dieser Informationen ein Konzept für das Planungshilfsmittel aufzustellen.

3.1 Ablauf der Kraneinsatzplanung

Die Einsatzplanung der Turmdrehkrane beginnt mit der Ermittlung der für die Baustelle erforderlichen Krananzahl (s. Abbildung 3-1). Anschließend werden die Kranparameter Auslegerlänge, Hakenhöhe und Tragfähigkeit sowie die Kranstandorte festgelegt. Mit Hilfe dieser Informationen erfolgen die Auswahl einer Kranbauart und schließlich die Festlegung auf einen genauen Krantyp.

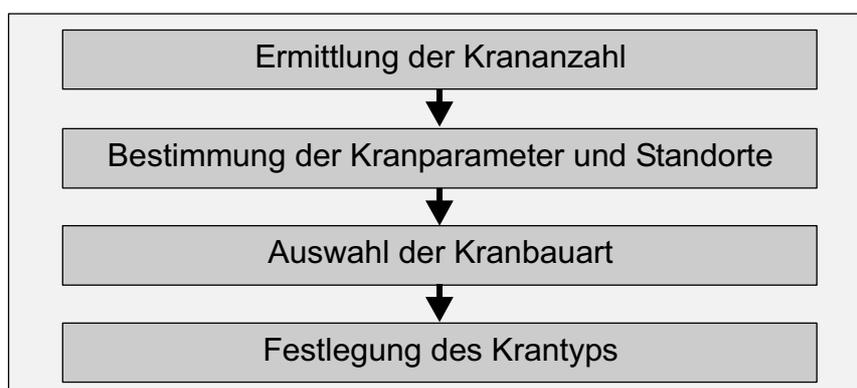


Abbildung 3-1: Schritte bei der Kraneinsatzplanung

3.1.1 Krananzahl und Positionierung

Die Bestimmung der für die Baustelle erforderlichen Krananzahl erfolgt an Hand der geometrischen Gegebenheiten, der Bauzeitenvorgabe und den Leistungsanforde-

rungen an die Hebezeuge. Dazu existieren in der Literatur verschiedene Berechnungsmethoden, um die nötige Krananzahl über Kenn- oder Verrichtungszahlen zu ermitteln.

Als Kennzahlen werden dabei die maximal von einem Kran zu bedienende Anzahl an Arbeitern, die Normleistung eines Krans oder der mit einem Kran pro Zeiteinheit zu erstellende umbaute Raum herangezogen [Bös-01][Böt-97]:

- Kennzahl: Anzahl der zu bedienenden Arbeiter

Für eine bestimmte Anzahl von Arbeitern auf der Baustelle soll ein Kran zu Verfügung stehen. In der Literatur werden je nach Bauweise zwischen 10 und 20 Arbeiter pro Kran angegeben.

$$N_{\text{Kran}} = \frac{\text{Anzahl}_{\text{Arbeiter}}}{\text{Kennzahl}_{\text{Arbeiter pro Kran}}}$$

- Kennzahl: Umbauter Raum pro Kran

Diese Kennzahl gibt an, wie viel umbauter Raum in m³ sich mit einem Kran in einem Monat erstellen lässt. Die Werte dieser Kennzahl liegen zwischen 1000 und 4000 m³ pro Monat.

$$N_{\text{Kran}} = \frac{\text{Bruttorauminhalt Gebäude [m}^3\text{]}}{\text{Bauzeit [Monate]} \cdot \text{Kennzahl}_{\text{Bruttorauminhalt}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Monat}} \right]}$$

- Kennzahl: Normleistung eines Krans

Zur Ermittlung der Krananzahl wird hier die Normleistung eines Krans pro Monat herangezogen. Diese Zahl liegt bei ca. 1000 t pro Monat.

$$N_{\text{Kran}} = \frac{\text{Gewicht der zu transportierenden Stoffe [t]}}{\text{Bauzeit [Monate]} \cdot \text{Kennzahl}_{\text{Normleistung}} \left[\frac{\text{t}}{\text{Monat}} \right]}$$

Verrichtungszahlen beruhen auf dem Prinzip, alle vom Kran auszuführenden Arbeiten mit den erforderlichen Verrichtungszeiten zu erfassen. Die Erfahrungswerte aus der Literatur bzw. der Bauindustrie stehen in Tabellen zur Verfügung. So werden z.B.

für das Schalen von Decken zwischen 0,03 und 0,1 h/m² und für das Betonieren der Decke zwischen 0,12 und 0,16 h/m³ angegeben. Für alle Arbeiten auf der Baustelle, für die der Kran erforderlich ist, muss die entsprechende Menge der Arbeiten, hier also die erforderliche Schalungsfläche bzw. das Volumen des erforderlichen Betons mit der jeweiligen Verrichtungszahl multipliziert werden, um die erforderliche Zeit zu erhalten. Die Zeiten aller Arbeitsschritte werden aufsummiert und durch die gewünschte Bauzeit und die Arbeitszeit pro Monat dividiert. Es ergibt sich die erforderliche Krananzahl [Bös-01][Böt-97][Ros-81].

$$N_{\text{Kran}} = \frac{\sum \text{Verrichtungszahl} \left[\frac{\text{h}}{\text{m}^2 \text{ bzw. m}^3} \right] \cdot \text{Menge} [\text{m}^2 \text{ bzw. m}^3]}{\text{Bauzeit} [\text{Monate}] \cdot \text{Arbeitszeit}_{\text{Monat}} \left[\frac{\text{h}}{\text{Monat}} \right]}$$

Der zweite Schritt teilt die Baustelle in einzelne Arbeitsfelder ein, wobei jeweils ein Kran ein Arbeitsfeld bedient. Dann werden für jedes Arbeitsfeld der Kranstandort und falls erforderlich auch die Position und Länge der Schienen, die zur Abdeckung des kompletten Arbeitsfelds erforderliche Auslegerlänge und die nötige Traglast festgelegt. Dabei muss der Planer darauf achten, dass sich die Arbeitsbereiche der Krane möglichst überschneiden, um Lasten übergeben und Engpässe ausgleichen zu können. Krane, die innerhalb eines Gebäudes stehen, sollen an mindestens einer Stelle über den Gebäudegrundriss hinausreichen, um Lasten aufnehmen zu können. Auch die Höhenentwicklung der entstehenden Gebäude muss berücksichtigt werden. Bei Bedarf müssen Krane klettern können. Der wichtigste Punkt ist, dass sich die Krane beim Schwenken nicht gegenseitig behindern, was besonders bei Windfreistellung, also Ruheposition mit gelösten Schwenkbremsen, von Bedeutung ist. Zur Vermeidung von Unfällen sind die entsprechenden Sicherheitsvorschriften zu beachten [UVV-1][UVV-2][UVV-3] und die vorgeschriebenen Mindestabstände von Baugruben, Gebäudekanten, elektrischen Freileitungen oder anderen Hindernissen einzuhalten [Bau-92][Dre-71].

3.1.2 Bauart

Vor der Auswahl des eigentlichen Krantyps muss entschieden werden, welche Kranbauart, also Unten- oder Obendreher, und welche Ausleger- und Unterbauform für

den Einsatz in Frage kommt. Der Planer muss dabei für jedes Arbeitsfeld folgende qualitative Kriterien beachten:

- Erforderliche Hakenhöhe, Traglast und Ausladung des Krans
- Kranstandort innerhalb oder außerhalb des Gebäudes
- Lichtraumprofil des Arbeitsfeldes
- Montage des Krans

Bei kleinen Hakenhöhen (<35m) bietet sich die Verwendung von selbstaufstellenden Untendrehern an, solange Ausladung und Tragfähigkeit ausreichen. Werden höhere Traglasten oder Ausladungen gefordert, müssen Obendreher verwendet werden. Dasselbe gilt, wenn der Kran auf Fundamentanker gestellt werden soll und z.B. im Aufzugschacht des zukünftigen Gebäudes aufgestellt wird. Hakenhöhen über 35m sind in der Regel nur mit Obendrehern möglich. Dabei können stationäre Unterbauten wie Fundamentanker oder Fundamentkreuze, aber auch verfahrbare Unterwagen verwendet werden. Auch der Einsatz von Kletterkränen ist möglich und empfiehlt sich für Hakenhöhen über 100m bzw. wenn die Hakenhöhe dem Baufortschritt angepasst werden soll.

Untendreher verfügen heute generell über Katzausleger. Welche Auslegerbauform bei Obendrehern zum Einsatz kommt, hängt von den Platzverhältnissen auf der Baustelle ab. Auch bei Obendrehern werden in Deutschland in der Regel Katzausleger verwendet. Ist das Lichtraumprofil des Kranstandorts oben klein und die Krane müssen Hindernissen ausweichen können, sind Wippausleger im Vorteil. Für Spezialanwendungen, wie den Bau von Kühltürmen, sind Knickausleger gut geeignet, da sich durch die Steilstellung des Auslegers zusätzliche Hakenhöhe gewinnen lässt. Ist der Lichtraum unten klein, sollte kein Untendreher eingesetzt werden, da dieser durch den mitdrehenden Turm und den auf dem Kranwagen angeordneten Ballast mehr Platz benötigt als ein Obendreher mit festem Turm. Wird auf eine schnelle Kranmontage Wert gelegt, können selbstaufstellende Untendreher verwendet werden sofern andere Parameter dies nicht ausschließen.

Die Auswahl der Kranbauart aus der Vielfalt der Möglichkeiten ist damit stark von der zu erfüllenden Hubaufgabe und den Baustellenrandbedingungen abhängig. Die Kriterien dürfen dabei nicht einzeln betrachtet werden. Nur in der Kombination aller

Kriterien ergeben sich sinnvoll ausgewählte Kranbauarten. In der Literatur [Böt-97] werden Auswahlmatrizen dargestellt, die sich in der Praxis aber nicht bewährt haben.

Bei der Kranauswahl spielt auch die Verfügbarkeit der Krane eine Rolle. Sind in der Baufirma eigene Krane vorhanden, kommen diese bevorzugt zum Einsatz. Werden die Krane dagegen von einem Vermieter bezogen, steht dem Planer ein größeres Auswahlpektrum zur Verfügung. Oft werden Krane auch von ARGE³-Partnern entliehen.

3.1.3 Krantyp

Nach der grundlegenden Entscheidung für Kranbauart, Ausleger- und Unterbauform erfolgt die Festlegung auf einen genauen Krantyp. Maßgeblich dazu sind die quantitativen Parameter Hakenhöhe, Ausladung und die Traglast an der Auslegerspitze sowie die maximale Traglast im Gleichlastbereich. Zusätzlich muss für den Kran ein Unterbau zu Verfügung stehen, der den Anforderungen entspricht, z.B. Fundamentanker bei einer geplanten Positionierung innerhalb des zu errichtenden Gebäudes oder ein Unterwagen, falls die Verfahrbarkeit des Kran gefordert wird.

Die Baustellenplanung wird in der Regel von der ausführenden Baufirma durchgeführt. Nachdem die Parameter, denen der Kran entsprechen muss, feststehen, hat der Planer zwei Möglichkeiten (s. Abbildung 3-2). Wenn firmeneigene Krane verwendet werden, muss er an Hand der Parameter selbst ein passendes Modell wählen. Soll der Kran von einem Vermieter bezogen werden, kann er die Auswahlparameter weiterleiten und die Auswahl dem Dienstleister überlassen.

Kommt ein firmeneigener Kran zum Einsatz, muss der Planer mit den Kranparametern und der Information, welche Krantypen ihm zur Verfügung stehen, mit der Recherche in den Herstellerunterlagen beginnen und an Hand von Traglastkurven und Turmkombinationen einen passendes Modell mit entsprechendem Rüstzustand wählen. Steht der Kran fest, kann er in die Baustellenzeichnung eingefügt werden.

³ Arbeitsgemeinschaft. Zusammenschluss mehrerer Unternehmen zur Durchführung eines Bauvorhabens.

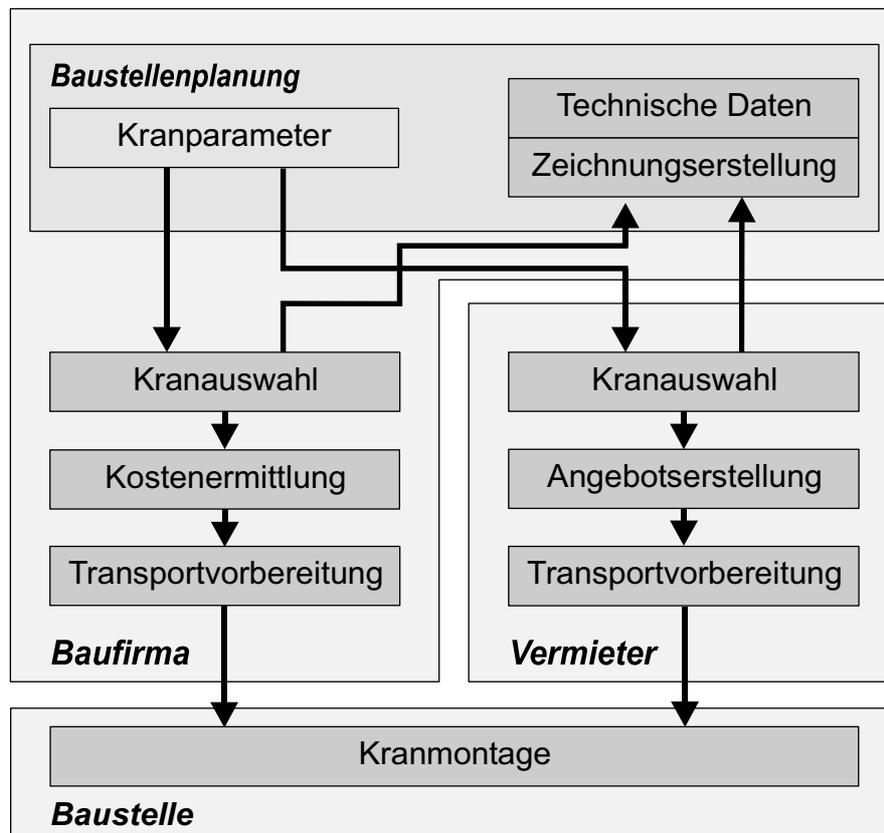


Abbildung 3-2: Kranwahlprozess

Dazu muss der Planer die Abmessungen aus den Datenblättern entnehmen und die Krandarstellung erstellen. Alternativ kann er vom Hersteller erhaltende CAD-Elemente verwenden, die er aber mühsam zusammensetzen muss. Die Traglastdaten des Krans, mit deren Hilfe sich in der Krandraufsicht bzw. der Seitenansicht sofort überprüfen lässt, ob der Kran alle anfallenden Hubaufgaben des Arbeitsfelds erfüllt, sind in den CAD-Elementen in der Regel nicht vorhanden und müssen, wenn benötigt, ebenfalls manuell ergänzt werden. Außerdem ist nicht sichergestellt, dass die manuell erstellte Krandarstellung den realen Kran maßstäblich wiedergibt. Weiterhin benötigt der Planer eine Reihe technischer Daten, die er teilweise aus umfangreichen Tabellen lesen muss. Dazu gehören die Reaktionskräfte zwischen Kran und Untergrund (Eckdrucktabellen bzw. Fundamentverankerungsdaten), um z.B. bei Unterkellerungen sicherzustellen, dass der Kran an der gewählten Position auch aufgestellt werden kann und nichts einbricht. Zur Erstellung des Elektroplans der Baustelle ist die elektrische Anschlussleistung des Krans erforderlich. Die Montage erfordert weiterhin genaue Informationen über die nötige Ballastierung.

Eine weitere wichtige Funktion der kranbestückten Baustellenzeichnung ist die Kollisionskontrolle der Krane untereinander und zwischen Kranen und Gebäuden. Auch für diese Aufgabe ist die maßstäbliche Darstellung der Krane in der Zeichnung von großer Bedeutung.

Benötigt der Planer zur Verrechnung des Kraneinsatzes mit der Baustelle oder einem ARGE-Partner die entsprechenden Kraneinsatzkosten, muss er die einzelnen Kostenanteile für Miete, Versicherung, Transport und Montage bestimmen und die Gesamtkosten errechnen. Die Ermittlung der Einzelpositionen geschieht in der Regel an Hand selbst erstellter Tabellensammlungen. Zur Vorbereitung des Krantransports zur Baustelle und der Montage muss eine exakte Kolliliste mit den jeweils erforderlichen Bauteilstückzahlen erstellt und die Verfügbarkeit der Teile sichergestellt werden. Nachdem diese Schritte abgeschlossen sind, können der Transport zur Baustelle und die Montage beginnen.

Wird der Kran von einem Vermieter bezogen, so fallen die gesamte Kranlogistik und die Kostenermittlung in dessen Aufgabengebiet. Der Vermieter wählt ein entsprechendes Kranmodell aus und erstellt ein Vermietungsangebot. Mit der Information über den gewählten Krantyp kann der Planer, wieder an Hand von entsprechenden Unterlagen, die Zeichnungserstellung ausführen und erhält die erforderlichen technischen Daten. Wenn der Mietvertrag zu Stande kommt, können auch hier der Transport und die Montage des Krans beginnen.

3.2 Analyse des Auswahlprozesses

Betrachtet man den Kranauswahlprozess in Abbildung 3-2 näher, lassen sich Einzelschritte erkennen (s. Abbildung 3-3), die sich für jeden Kran wiederholen. Dabei ist es unerheblich, ob ein firmeneigener Kran oder ein Mietgerät zum Einsatz kommt.

Ein DV-gestütztes Planungstool für den Kraneinsatz soll den Anwender bei der Bewältigung dieser Einzelschritte unterstützen. Im Folgenden werden die Schritte näher überprüft und untersucht, wie sich eine „Automatisierung“ erzielen lässt.

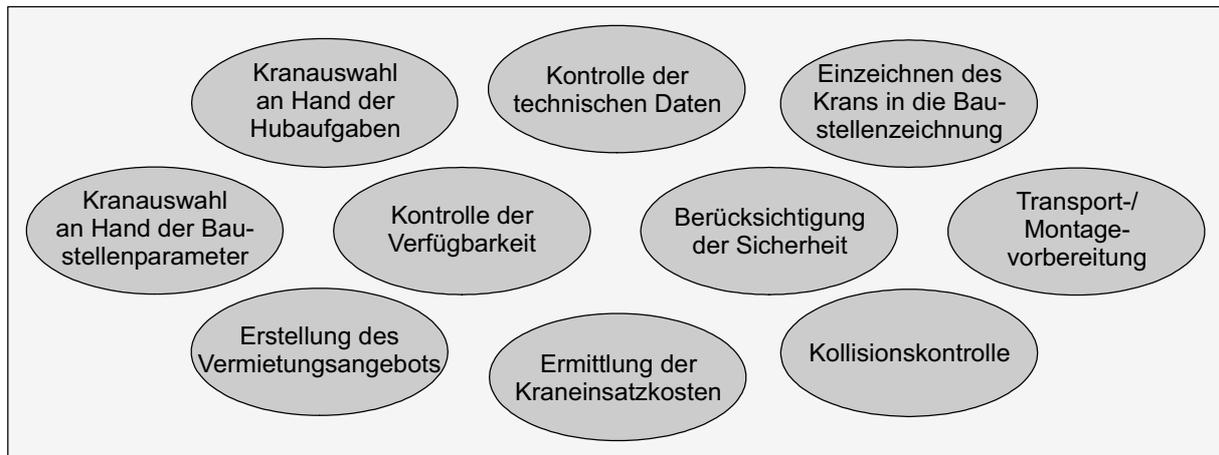


Abbildung 3-3: Einzelschritte Auswahlprozess

3.2.1 Kranauswahl und Technische Daten

Die Kranauswahl kann von einem Planungstool über eine Suchfunktion, die dem Anwender nach Eingabe der gewünschten Bereiche für die Parameter Traglast, Ausladung und Hakenhöhe automatisch passende Kranrüstzustände liefert, erheblich vereinfacht werden. Zur Realisierung einer automatischen Suche ist es erforderlich, die entsprechenden Krandaten im Rechner zu hinterlegen. Dazu stehen zwei Möglichkeiten zur Verfügung (s. Abbildung 3-4):

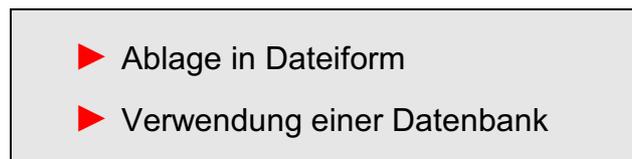


Abbildung 3-4: Möglichkeiten zur Datenablage

Bei der Abbildung des Baukastensystems Turmdrehkran hat eine Datenbank gegenüber Dateien folgende erhebliche Vorteile (s. auch Kapitel 5.2):

- Ein Datenbanksystem ist gut zur Ablage komplexer technischer Zusammenhänge geeignet. Dagegen führt die Ablage der Daten in Dateiform dazu, dass dieselben Informationen z.B. für unterschiedliche Benutzer oft mehrfach hinterlegt werden

müssen, was viel Speicherplatz benötigt und zu Problemen mit Inkonsistenzen führt.

- Für eine eventuelle Erweiterung der Daten zu einem späteren Zeitpunkt muss bei der Verwendung von Einzeldateien deren Struktur verändert werden. Das zieht aufwendige Änderungen an allen Programmen nach sich, die mit den Dateien arbeiten. Durch die Verwendung einer Datenbank wird eine strikte Trennung zwischen dem Planungstool und der Datenablage erreicht. Damit sind Änderungen und Erweiterung der Daten ohne Programmänderungen möglich.
- Die Suchfunktion an Hand bestimmter Parameter ist in Form von Abfragen fester Bestandteil jedes Datenbanksystems. Bei der Verwendung von Dateien muss die Suchfunktion aufwendig selbst programmiert werden.
- Die Daten stehen über standardisierte Datenbankschnittstellen zur Verfügung. Im Gegensatz zu selbst definierten Dateien können so auch andere Anwendungen problemlos auf die Daten zugreifen.
- Ein Datenbanksystem ist in der Lage, die Integrität der Daten selbstständig zu überwachen und verhindert so Inkonsistenzen und Redundanzen. Bei der Verwendung von Dateien muss auch diese Funktion selbst programmiert werden.

Aus den genannten Gründen bietet sich der Einsatz eines Datenbanksystems zur Ablage der Krandaten an. Die Unterstützung der Kranauswahl kann über Datenbankabfragen nach den gesuchten Parametern erfolgen. Dabei können sowohl Baustellenparameter, wie z.B. die erforderlichen Sicherheitsabstände oder ob ein fahrbarer oder stationärer Kran erforderlich ist, aber auch die jeweilige Hubaufgabe des Krans berücksichtigt werden. Die Hubaufgabe gibt an, bei welcher Ausladung welche Tragfähigkeit erforderlich ist und auf welche Höhe die Last gehoben werden muss. Die Datenbank liefert dem Anwender die Rüstzustände, die diese Hubaufgabe erfüllen können. Zusätzlich stellt sie dem Benutzer nach der Entscheidung für einen Krandrüszustand alle zugehörigen technischen Daten zur Verfügung. Ein Nachschlagen in Tabellen und eventuelle Ablesefehler werden damit ausgeschlossen.

Die Prozesse aus Abbildung 3-3 „Kranauswahl an Hand der Baustellenparameter“, „Kranauswahl an Hand der Hubaufgaben“ und „Kontrolle der technischen Daten“ können durch den Einsatz einer Datenbank für den Planer erheblich vereinfacht und beschleunigt werden. Da alle Prozesse auf Abfragen aus derselben Datenbank ba-

sieren, können sie zusammen als Teilfunktion „Technischen Daten“ in das zukünftige Planungstool integriert werden.

3.2.2 Zeichnungserstellung

Um dem Baustellenplaner das Einzeichnen der Krane in die 2D-Baustellenzeichnung zu erleichtern und ihm das manuelle Erstellen der Kranzeichnung zu ersparen, kann ihm das Planungstool die Krane als vorgefertigte Elemente zur Verfügung stellen, die er nur noch an der entsprechenden Stelle positionieren muss. Neben der Vereinfachung sollen noch weitere Verbesserungen erreicht werden:

- Das Planungshilfsmittel soll sicherstellen, dass die Abmessungen der Kranzeichnung exakt mit dem realen Kran übereinstimmen.
- Der Planer darf keine Kranrüstzustände erzeugen können, die in der Realität nicht möglich sind, wie z.B. Türme, die die maximale Höhe überschreiten oder einen zu kleinen Querschnitt besitzen.
- Mit dem Kran sollen auch seine wichtigsten technischen Daten in der Zeichnung erscheinen, um diese Informationen jedem späteren Benutzer einfach zugänglich zu machen.

Zur Umsetzung kommen mehrere Möglichkeiten in Frage:

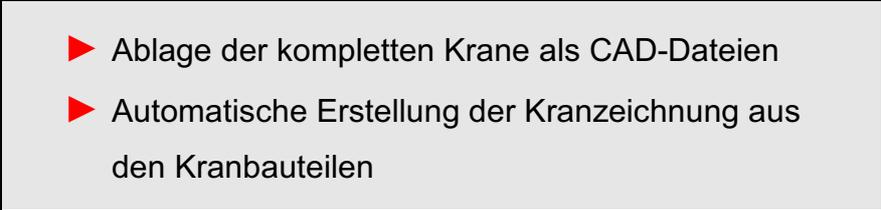
- 
- ▶ Ablage der kompletten Krane als CAD-Dateien
 - ▶ Automatische Erstellung der Kranzeichnung aus den Kranbauteilen

Abbildung 3-5: Möglichkeiten zur Erstellung der Kranzeichnungen

Die Ablage der Krane als komplette CAD-Datei ist die einfachste Möglichkeit, dem Anwender die Kranzeichnungen zur Verfügung zu stellen. Er muss die entsprechende Kranzeichnung auswählen und kann sie in seine Baustellenzeichnung einfügen. Um die für einen Krantyp möglichen verschiedenen Hakenhöhen in einer Zeichnung

abzubilden und sicherzustellen, dass der Benutzer keine Hakenhöhen erzeugt, die die Kranstatik nicht erlaubt, werden die Krane mit ihrer maximalen Hakenhöhe hinterlegt. Der Anwender muss den Kranturm dann auf die gewünschte Höhe kürzen, indem er nicht benötigte Turmelemente aus der Zeichnung entfernt. Diese einfache Lösung hat aber Nachteile:

- Für jeden Kran ist pro Unterbau, Auslegerlänge und Ansicht eine eigene Zeichnung erforderlich, was einen erheblichen Aufwand zur Erstellung und Pflege bedeutet.
- Der Planer muss für jede Krandarstellung an Hand der Typenbezeichnung die passende Zeichnung suchen und zur Anpassung der Hakenhöhe manuell nachbearbeiten.
- Die technischen Daten müssen in jeder Zeichnung für alle durch Kürzen möglichen Hakenhöhenvarianten hinterlegt werden. Der Planer muss die passenden Daten damit wieder aus Tabellen auswählen.
- Die technischen Daten, die in der Datenbank zur Kranauswahl und Datenanzeige bereits erfasst sind, wie z.B. Gegen- und Zentralballast, werden in den Zeichnungen als Textblock ein zweites Mal gespeichert, was zu Redundanzen führt.

Eine weitere Realisierungsmöglichkeit für ein Zeichenwerkzeug ist, die Krandarstellung jedes Mal komplett automatisch zu erzeugen. Um eine möglichst realistische Darstellung zu erzielen, bietet es sich an, die von den Herstellern zur Verfügung gestellten CAD-Elemente zu verwenden und den Kran daraus automatisiert zu erstellen. Dazu sind aber detaillierte Informationen über den zu zeichnenden Kranrüstzustand erforderlich. Das Zeichnungswerkzeug muss wissen, welche Bauteile in welcher Reihenfolge und Stückzahl im gewählten Kran vorkommen, um die CAD-Bauteile entsprechend zusammenfügen zu können. Diese Informationen sind bereits in der Datenbank zur Anzeige der technischen Krandaten hinterlegt und können auch für die Zeichnungserstellung verwendet werden. Gegenüber der Verwendung komplett hinterlegter Kranzeichnungen ergeben sich folgende Vorteile:

- Der Pflegeaufwand ist geringer. Die verschiedenen Kranbauteile müssen einmal als CAD-Teil hinterlegt werden. Die Informationen über den Zusammenbau sind bereits vorhanden. Da in der Regel mehrere Krantypen dieselben Turmbauteile verwenden, genügt es, diese einmal für alle Krane zu hinterlegen. Nur die kran-

spezifischen Teile, wie z.B. die Ausleger, müssen für jeden Kran in allen möglichen Längen vorhanden sein.

- Durch die automatische Erstellung muss der Planer die Zeichnungen nicht nachbearbeiten und die Darstellung entspricht exakt dem gewählten Kranrüstzustand.
- Zusatzinformationen, wie der Verlauf der Traglastkurve oder wichtige technische Daten, können direkt aus der Datenbank übernommen und in die Zeichnung als Textinformation eingefügt werden.

Die kranbestückte Baustellenzeichnung dient dem Planer auch zur Kollisionskontrolle der Krane. Da in einer 2D-Darstellung die Abstände der Krane in der Seitenansicht nicht unverzerrt erscheinen sondern orthogonal parallel projiziert, ist eine solche Kontrolle nur durch einzelnes Überprüfen der Kranoriginalabstände untereinander möglich. Gerade wenn sich auf der Baustelle mehrere Krane überschwenken, bietet sich die Darstellung des Kranbetriebs im 3D an. Durch das automatische Zusammensetzen der Krane kann das Zeichnungswerkzeug mit den Zusammenbauinformationen aus der Datenbank die Krane auch im 3D erzeugen, wenn dazu entsprechende 3D-Kranbauteile zur Verfügung stehen. Sind zusätzlich die Positionen der Krane in der Baustelle bekannt, ist eine automatische Kollisionskontrolle möglich. Sind die Gebäude der Baustelle als 3D-Modell verfügbar, kann auch die Kollisionsprüfung Kran-Gebäude automatisch durchgeführt werden.

Die Prozesse „Einzeichnen des Krans in die Baustellenzeichnung“ und „Kollisionskontrolle“ aus Abbildung 3-3 werden durch das automatische Erstellen des Krans mit Hilfe der in der Datenbank hinterlegten Zusammenbauinformationen erheblich vereinfacht. Die Krandarstellung kann schnell und ohne Nacharbeiten in die Baustelle eingefügt werden. Durch den Einsatz der 3D-Technik erhält der Planer zusätzlich die Möglichkeit einer automatisierten Kollisionskontrolle.

3.2.3 Transport-/Montagevorbereitung

Durch eine automatisierte Erstellung der Kolliliste kann der Prozess „Transport- und Montagevorbereitung“ aus Abbildung 3-3 durch ein Planungshilfsmittel für den Anwender vereinfacht werden. Auch hier bietet sich eine Verwendung der Krandaten aus der Datenbank an. An Hand der Zusammenbauinformationen lassen sich die

erforderlichen Bauteilstückzahlen ermitteln. Werden in der Datenbank zusätzlich die Transportabmessungen und eine Skizze der Teile hinterlegt, kann das Tool die Kolliliste für den Planer erstellen. Da es sich hier auch um die Anzeige technischer Daten handelt, lässt sich diese Funktion mit im Bereich „Technische Daten“ des Planungstool integrieren. Die Kolliliste fungiert dabei auch als Schnittstelle zur Disposition. Durch diese Verbindung kann sofort festgestellt werden, ob die zur Kranmontage erforderlichen Teile auch zur Verfügung stehen. Die Erzeugung der Kolliliste übernimmt damit auch den Prozess „Kontrolle der Verfügbarkeit“ aus Abbildung 3-3.

3.2.4 Kostenermittlung und Mietangebot

Die Erstellung des Angebots durch den Vermieter beinhaltet dieselben Kostenfaktoren wie die Einsatzkostenermittlung des Planers. Die Bereitstellungskosten setzen sich aus den Faktoren Kranmiete, Versicherung, Montage, Transport der Bauteile und den Kosten für den zur Montage erforderlichen Fahrzeugkran zusammen. Um den Vorgang der Kostenermittlung zu vereinfachen, kann das Planungshilfsmittel die einzelnen Kostenfaktoren für den Anwender bestimmen. Die dazu erforderlichen Daten sind vom Rüstzustand des aktuellen Krans abhängig. Um dem Tool diese Informationen zur Verfügung zu stellen, liegt es nahe, auch diese Informationen in einer Datenbank zu hinterlegen. Die kommerziellen Daten sollen getrennt von den technischen Krandaten in einer eigenen Datenbank „Kommerzielle Daten“ gespeichert werden. So lassen sich technische und kommerzielle Daten unabhängig aktualisieren und Anwender können z.B. auf die technischen Daten zugreifen ohne gleichzeitig Einblick in die Preiskalkulation der Firma zu erhalten.

Da die Erstellung eines Mietangebots bzw. die Einsatzkostenermittlung von weiteren Faktoren wie z.B. dem auf dem lokalen Markt erzielbaren Preis abhängt, muss der Anwender die Möglichkeit haben, den vom Tool ermittelten Wert nachträglich zu korrigieren. Neben Ausgabe der errechneten Einsatzkosten in übersichtlicher Form soll das Tool auch die zur Angebotserstellung nötigen Schreiben für den Kunden erzeugen können, so dass der Vermieter keine weiteren Schriftstücke manuell erstellen muss.

Die Prozesse „Ermittlung der Einsatzkosten“ und „Erstellung des Vermietungsangebots“ aus Abbildung 3-3 lassen sich für das Planungstool zu einem Bereich „Kostenkalkulator“ zusammenfassen.

3.3 Sicherheit beim Kraneinsatz

Durch den Einsatz des Planungshilfsmittels wird auch die Sicherheit beim Kraneinsatz verbessert. Das Zeichnungswerkzeug stellt dem Anwender die erforderlichen minimalen Wandabstände zur Verfügung, um die Sicherheitsabstände der Unfallverhütungsvorschrift Krane [UVV-3] einzuhalten. Außerdem enthält die Datenbank Informationen über die beim aktuellen Kranrüstzustand auftretenden maximalen Eckdrücke bzw. Fundamentlasten, um einen ausreichend tragfähigen Untergrund bzw. ein entsprechendes Fundament bereitstellen zu können. Durch die Anzeige der Krantraglastkurve im Planungstool und in der Kran-CAD-Zeichnung kann der Kran so positioniert werden, dass alle Hubaufgaben der Baustelle sicher durchgeführt werden können. Die automatische Kollisionskontrolle überprüft dabei die gewählten Standorte, um eine sichere Zusammenarbeit mehrerer Krane zu gewährleisten. Die Montage der Krane wird durch die Kolliliste und die Angabe, welche Bauteile in welcher Reihenfolge montiert werden müssen, erleichtert.

Das Planungstool erfüllt damit auch den Prozess „Berücksichtigung der Sicherheit“ aus Abbildung 3-3.

3.4 Konzept für ein Planungshilfsmittel

Nach der Analyse der einzelnen Schritte ergeben sich drei Arbeitsbereiche zur Unterstützung der Baustellenplaner durch ein Planungshilfsmittel (s. Abbildung 3-6).

Der erste Arbeitsbereich ist die Bereitstellung der technischen und kommerziellen Krandaten für den Anwender und die anderen Arbeitsbereiche der Kraneinsatzplanung. Die Datenbank „Technische Daten“ ermöglicht über die Abfrage Hubaufgabe eine schnelle und einfache Kranauswahl an Hand der gewünschten Suchparameter und stellt dem Benutzer alle technischen Krandaten zur Verfügung.

Mit Hilfe dieser Informationen kann der Anwender alle sicherheitsrelevanten Daten des Kraneinsatzes, wie z.B. die maximalen Eckdrücke oder die Fundamentlasten, überprüfen. Zusätzlich erhält der Anwender eine detaillierte Kolliliste für Transport und Montage des Krans.

Der Arbeitsbereich Zeichnungserstellung unterstützt den Anwender bei der Erstellung maßstäblicher Kranzeichnungen in 2D und 3D. Im 3D ist eine automatische Kollisionsanalyse möglich. Basis für die Erzeugung der Kranzeichnungen sind die Zusammenbauinformationen aus der Datenbank „Technische Daten“.

Der dritte Arbeitsbereich Kostenkalkulator ermittelt die durch den Kraneinsatz entstehenden Kosten und erstellt für den Anwender, wenn gewünscht, automatisch ein fertiges Vermietungsangebot. Berücksichtigt werden bei der Kostenermittlung die Faktoren Miete, Versicherung, Kranmontage und der Transport der Teile zur Baustelle. Dazu sind sowohl die technischen als auch die kommerziellen Krandaten erforderlich.

- ▶ **Datenbereitstellung**
 - a) Technische Daten für Hubaufgabe, Sicherheitsüberprüfung, Transport (Kolliliste) und Montage sowie Zeichnungserstellung und Kostenkalkulator
 - b) Kommerzielle Daten für Kostenkalkulator
- ▶ **Zeichnungserstellung**
 - a) 2D in Ansichten
 - b) 3D räumlich
 - c) Kollisionskontrolle
- ▶ **Kostenkalkulator**
 - a) Einsatzkostenermittlung
 - b) Erstellung von Mietangebotenjeweils mit den Parametern
Miete, Versicherung, Transport und Montage

Abbildung 3-6: Teilbereiche des Planungshilfsmittels

Aus den genannten Teilbereichen entstehen später die einzelnen Programmmodule der Anwendung.

3.4.1 Anwender

Unterschiedliche Nutzergruppen, die mit Turmdrehkränen zu tun haben, kommen als Anwender für das Planungstool in Frage und stellen jeweils unterschiedliche Anforderungen an die Anwendung (s. Abbildung 3-7).

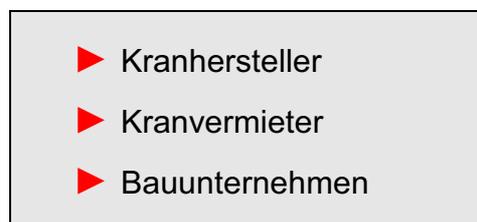


Abbildung 3-7: Nutzergruppen des Planungstools

Ein Planungstool für den Turmdrehkraneinsatz, das detaillierte technische Daten und CAD-Darstellungen der Krane enthält, kann nicht ohne Beteiligung der jeweiligen Kranhersteller entstehen. Die erforderlichen Informationen gehen aus den frei verfügbaren Prospekten und Datenblättern der Hersteller in der Regel nicht vollständig hervor. Außerdem sind die Hersteller an einem Planungstool interessiert. Ein solches Werkzeug, komplett mit den Daten der eigenen Modellpalette bestückt, stellt, wenn es den Krankunden zu Verfügung gestellt wird, einen erheblichen Wettbewerbsvorteil dar. Die Kunden können damit alle Vorteile des Planungstools nutzen, um die Einsätze ihrer beim Hersteller gekauften Krane zu planen. Aber auch für die eigenen Mitarbeiter der Hersteller bietet das Planungstool Vorteile. Kundenanfragen zu speziellen Einsätzen lassen sich so schnell bearbeiten und entsprechende Zeichnungen erstellen. Wenn der Hersteller auch als Vermieter tätig ist, kann das Planungshilfsmittel die Erstellung der Mietangebote übernehmen. Bei der Weitergabe des Tools an Kunden sollen diese nur die technischen Daten und die CAD-Bilder der Krane erhalten. Informationen über ihre Mietkalkulation bzw. den Bereich des Planungstools, der die Kalkulation erstellt, halten die Hersteller unter Verschluss.

Vermieter wollen mit dem Planungstool den Kran an Hand der Kundenanforderungen auswählen und ein entsprechendes Mietangebot erstellen. Um ihren Kunden die

Planung zu erleichtern, möchten sie ihnen die technischen Daten und die CAD-Darstellungen ihres Geräteparks zur Verfügung stellen. Wie bei den Herstellern gilt auch hier, dass eine Weitergabe von Informationen über die Mietkalkulation nicht erfolgen soll. Da Vermieter in der Regel keine Baustellenplanung durchführen, diese wird von den Baufirmen selbst erstellt, brauchen die Vermieter selbst üblicherweise keine CAD-Darstellungen und verfügen meist nicht über die nötigen CAD-Programme. Bei schwierigen Kraneinsätzen kann jedoch ein Vermieter mit einer kranbestückten CAD-Zeichnung, die dem Angebot beigefügt wird, gegenüber Konkurrenten einen erheblichen Vorteil erzielen.

Bauunternehmen können das Planungshilfsmittel, das sie von einem Hersteller oder Vermieter erhalten haben, nutzen, um den Einsatz mit herstellereigenen Kranen zu planen. Da die meisten Bauunternehmen Krane verschiedener Hersteller einsetzen, möchten sie diese auch ergänzt in einem gemeinsamen Planungstool verfügbar haben. Dies sollte problemlos möglich sein und unterstützt werden. Um die Einsatzkosten der Krane zu ermitteln, benötigen sie weiterhin den Kostenkalkulator. Daher sind auch Bauunternehmen an einer Version interessiert, die alle Funktionen enthält.

Nutzergruppen	Teilbereiche	Technische Daten	Zeichnungserstellung	Kostenkalkulator
	Bauunternehmen			
Hersteller	zur Eigenverwendung			
	zur Weitergabe Kunden			
Vermieter	zur Eigenverwendung			
	zur Weitergabe Kunden			

erwünscht	teilweise erwünscht	nicht erwünscht
-----------	---------------------	-----------------

Abbildung 3-8: Anforderungen der Nutzergruppen an das Planungstool

Die unterschiedlichen Anforderungen der Nutzergruppen sind in Abbildung 3-8 nochmals dargestellt. Dabei zeigt sich, dass bestimmte Funktionen des Planungshilfsmittels von allen Anwendern gewünscht („Technische Daten“), andere aber nur

teilweise benötigt werden („Zeichnungserstellung“) oder sogar von einigen Anwendergruppen zur Weitergabe an Kunden nicht erwünscht sind („Kostenkalkulator“).

3.4.2 Aufbau des Planungshilfsmittels

Wird das Planungshilfsmittel als eine komplette und geschlossene Anwendung mit den genannten Teilbereichen implementiert, erfüllt es alle gestellten funktionalen Anforderungen und kann die Anwender in allen Phasen des Auswahlprozesses unterstützen. Aber durch den Aufbau als Komplettsystem ist die von den Anwendern gewünschte Verwendung von einzelnen Komponenten bzw. deren teilweise Weitergabe an ihre Kunden nicht möglich. Das DV-Tool enthält immer alle Komponenten (s. Abbildung 3-9).

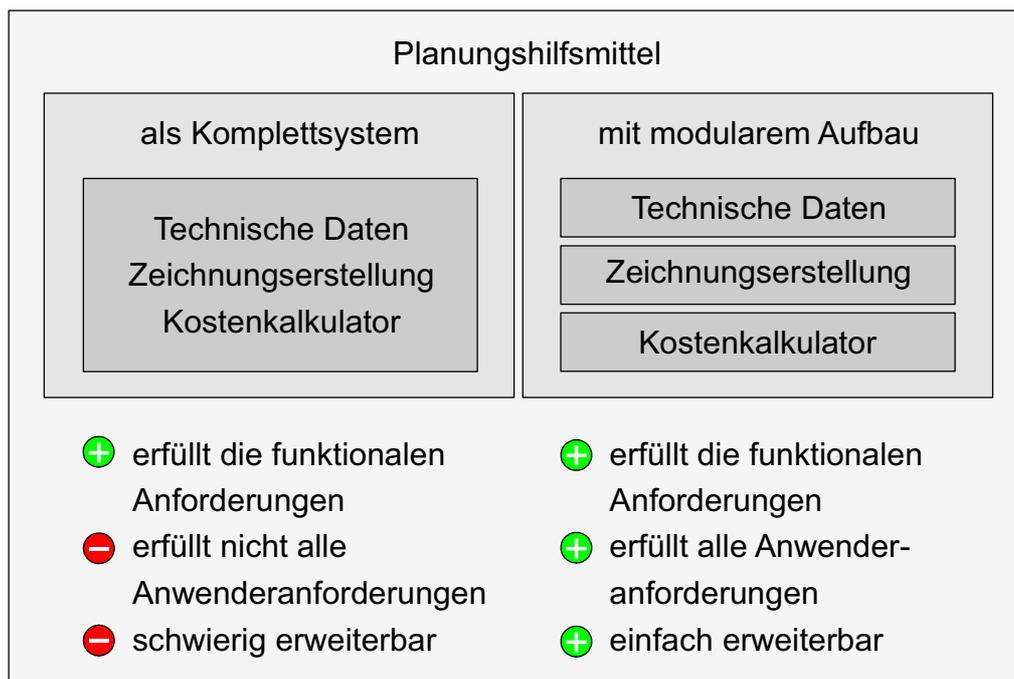


Abbildung 3-9: Vergleich Komplettsystem / Modularer Aufbau

Um allen Wünschen der Anwender gerecht zu werden, ist ein modularer Aufbau des Planungstools unbedingt erforderlich. Jeder Anwender kann damit die Module verwenden, die er für seine Arbeit benötigt und kann diese auch teilweise seinen Kunden zur Verfügung stellen. Der modulare Aufbau hat dabei den weiteren „Vorteil“,

dass sich bei späteren Erweiterungen des Tools zusätzliche Module einfach integrieren oder vorhandene ersetzen lassen.

Das Planungshilfsmittel soll aus den genannten Gründen einen modularen Aufbau erhalten. Im folgenden Kapitel werden die genauen Anforderungen an die einzelnen Module erläutert.

4 Anforderungen an einen Turmdrehkran-Einsatzplaner

Nach der Konzipierung des Planungshilfsmittels zum Turmdrehkraneinsatz im vorherigen Kapitel stellt das aktuelle Kapitel die detaillierten Anforderungen an das Tool und seine Einzelbestandteile vor. Das Planungshilfsmittel wird im Folgenden als „Turmdrehkran-Einsatzplaner“ oder abgekürzt als TEP bezeichnet.

4.1 Komponenten

Die folgenden Unterkapitel beschreiben die Anforderungen an die drei Einzelkomponenten (s. Abbildung 4-1) des Turmdrehkran-Einsatzplaners.



Abbildung 4-1: Einzelkomponenten des TEP

4.1.1 Datenbankmodul

Um den Einsatz von Turmdrehkränen zu planen, bedarf es vieler technischer Informationen, die bisher aus Katalogen oder Datenblättern entnommen werden mussten. Das Datenbankmodul des TEP soll diese Arbeit wesentlich erleichtern, dem Benutzer eine einfache Auswahl des für seinen Einsatzzweck am besten geeigneten Krans ermöglichen und ihm alle benötigten Informationen schnell und übersichtlich zur Verfügung stellen. Diese Auswahl mag auf den ersten Blick einfach erscheinen, wenn aber ein Krantyp beispielsweise mit fünf verschiedenen Unterbauten und sechs Auslegerlängen lieferbar ist und pro Unterbau 30 verschiedene Hakenhöhen

möglich sind, ergeben sich bereits 900 Varianten. Stehen dem Planer dann noch mehrere Krane von unterschiedlichen Herstellern zur Verfügung, ist die Variantenvielfalt für einen Planer nicht mehr überschaubar.

Die Auswahl eines Krans soll auf zwei verschiedene Arten möglich sein. Für den versierten Benutzer, der genau weiß, welchen Krantyp er in welchem Rüstzustand benötigt, soll eine Schnellauswahl über Krantyp, Unterbaubezeichnung, Hakenhöhe und Auslegerlänge möglich sein. Falls noch nicht klar ist, welcher Krantyp für einen Einsatz in Frage kommt, sollen mit der Suchfunktion „Hubaufgabe“ gezielt geeignete Krane für eine bestimmte Aufgabe selektiert werden können. Zur Auswahl sollen die Parameter Ausladung, Tragfähigkeit bei dieser Ausladung sowie Hakenhöhe eingegeben werden. Um die Anzahl der Suchergebnisse zu reduzieren, soll zusätzlich eine Beschränkung auf fahrbare oder stationäre Unterbauten möglich sein. Als Ergebnis soll der Anwender eine Liste aller in Frage kommenden Krantypen mit genauer Angabe des Rüstzustands erhalten. Wird z.B. auf einer Baustelle ein Kran für das Einheben von Fertigbetonteilen über eine Gebäudekante in einer bestimmten Entfernung benötigt, kann der Planer mit Hilfe der „Hubaufgabe“ sofort alle dafür geeigneten Krane selektieren, die ihm zur Verfügung stehen. Mit dem Turmdrehkran-Einsatzplaner ist es dann nicht mehr erforderlich für solche Hubaufgaben Herstellerdatenblätter zu durchsuchen bis ein geeigneter Kran manuell gefunden ist.

Nach der Auswahl eines Krans sollen dem Benutzer alle hinterlegten Daten nach Kategorien geordnet zur Verfügung stehen. Im Einzelnen sind das folgende Informationen:

Globaldaten:	Hersteller, die genaue Typenbezeichnung und Bauart des Krans.
Oberkran:	Auslegerlänge und Traglastkurven für 2- und 4-Strangbetrieb sowie Typ und Position aller Bauteile.
Gegenballast:	Typ und Position der verwendeten Ballaststeine und der Ballastgesamtwert.
Turm:	Typenbezeichnung des Unterbaus, das verwendete Turmsystem sowie Typ, Anzahl und Reihenfolge der Turmelemente

und die sich ergebende Hakenhöhe.

Zentralballast: Typ, Anzahl und Reihenfolge der verwendeten Ballaststeine und der Ballastgesamtwert.

Fundamentlasten bzw. max. Eckdruck: Für Fundamentanker: Fundamentlasten (Horizontalkraft, Vertikalkraft und Moment). Für alle anderen Unterbauten: Jeweils der maximale Eckdruckwert.

Alle Werte müssen jeweils für die Betriebszustände „in Betrieb“, „außer Betrieb“ und „Montage“ hinterlegbar sein.

Antriebe: Für alle Antriebe (Hubwerk, Schwenkwerk, Katzfahrwerk, Wippwerk und Fahrtrieb) sollen die elektrischen Leistungen und die erreichbaren Fahrgeschwindigkeiten hinterlegt werden. Für den Oberkran zusätzlich die Gesamtanschlussleistung. Pro Kran können unterschiedliche Hubwerke zum Einsatz kommen. Für jedes Hubwerk sollen die Hubgeschwindigkeiten in unterschiedlichen Fahrstufen hinterlegbar sein.

Bauteildaten: Für alle im Kran vorkommenden Bauteile sollen die Abmessungen, das Gewicht und eine Abbildung speicherbar sein. Dies sind Grunddaten für Transport (Kolliliste) und Montage.

Die Informationen sollen für den Benutzer übersichtlich am Bildschirm und auf einem gedruckten Datenblatt dargestellt werden. Im Gegensatz zu den Herstellerunterlagen soll hier immer nur eine Krankonfiguration dargestellt werden, d.h. jeder Wert der technischen Daten ist exakt einmal angegeben und muss nicht aus einer Tabelle für verschiedene Rüstzustände herausgelesen werden. Neben den technischen Daten benötigt der Anwender für Transport und Montage des Krans eine genaue Kolliliste, die sämtliche Kranbauteile mit Stückzahl und Abmessungen enthält. Dies vereinfacht die Transport- und Montagevorbereitungen erheblich. Auch die Kolliliste des TEP soll nur Positionen enthalten, die in der gewählten Konfiguration vorkommen und nicht, wie die Version im Handbuch, zusätzliche Teile für alle anderen möglichen Rüstzustände.

Neben dem Benutzer soll das Datenbankmodul auch andere Komponenten des Einsatzplaners mit technischen Daten der Krane versorgen. CAD-Tool und Kostenkalkulator benötigen beide genaue Angaben über die Bauteilabmessungen und die Zusammensetzung des Krans. Das Datenbankmodul verarbeitet dabei ausschließlich technische Daten. Die zusätzlichen kommerziellen Daten, die der Kostenkalkulator zur Angebotserstellung benötigt, sollen getrennt von den technischen Daten hinterlegt werden, um den modularen Aufbau des TEP auch bei der Datenablage beizubehalten. Der Zugriff auf die kommerziellen Daten erfolgt direkt durch den Kostenkalkulator (s. Kapitel 4.1.3).

4.1.2 CAD-Tool

Das CAD-Tool soll es dem Baustellenplaner ermöglichen, CAD-Darstellungen der Krane maßstäblich in eine Bauplanzeichnung einzufügen. Dabei soll es sich um ein genaues Abbild des Krantyps in genau dem Rüstzustand handeln, wie er später auf der Baustelle aufgestellt wird. Das CAD-Tool des Einsatzplaners soll die Darstellungen der Krane mit Hilfe der Datenbank über eine Zusammenbauanweisung automatisiert erstellen. Damit ist gewährleistet, dass nur hinterlegte, definierte Rüstzustände als CAD-Modell erzeugt werden können. Außerdem sollen, ebenfalls aus der Datenbank, zusätzliche Informationen, wie z.B. die Traglastkurve, die elektrische Anschlussleistung oder die Bodenbelastung durch den Kran, gewonnen und mit in der Zeichnung dargestellt werden. Somit stehen jedem, der später den Bauplan mit dem eingefügten Kran benutzt, alle erforderlichen technischen Daten des Krans zur Verfügung.

4.1.2.1 2D-CAD

Die Baustellenplanung erfolgt auch heute noch überwiegend in 2D. Das 2D-CAD-Tool soll den Anwender bei der Zeichnungsdarstellung unterstützen und dazu folgende Anforderungen erfüllen:

- Krane sollen in Seitenansicht und Draufsicht in eine Baustellen-CAD-Zeichnung einzufügen sein. Die Kranbilder müssen sich an den Maßstab der Baustellenzeichnung anpassen lassen.

- Eine einfache, abstrahierte Darstellung der Krane genügt, um den Zeichen- und Datenaufwand möglichst klein zu halten. Die Außenkonturen (Umrisslinien) der Krane müssen aber genau dargestellt werden.
- Die Traglastkurve des Krans soll mit dargestellt werden, um in der Zeichnung kontrollieren zu können, ob der Verlauf der Lastkurve die Anforderungen der Baustelle erfüllt.
- Beim Aufstellen des Krans sind Sicherheitsabstände zu berücksichtigen, die durch Angabe des „minimalen Wandabstands“ im CAD-Tool berücksichtigt werden sollen.
- Die wichtigsten technischen Daten des Krans sollen in einem Infoblock mit in die Zeichnung eingefügt werden. Dieser Infoblock soll die genaue Typenbezeichnung, den Rüstzustand des Krans und die Ballastwerte enthalten. Für die Elektroplanung auf der Baustelle ist zusätzlich die elektrische Anschlussleistung des Krans eine wichtige Information. Auch die Werte des maximalen Eckdrucks bzw. der Fundamentlasten sollen mit im Infoblock erscheinen.
- Die Globalmaße des Krans sollen in der CAD-Darstellung mit erscheinen. Sie dienen zur Unterstützung des Planers bei der Kranpositionierung in der Baustelle.
- Alle Elemente der Krandarstellung, sowohl die Bauteile als auch die Textinformationen, sollen aus Übersichtsgründen oder bei Nichtbedarf ausblendbar sein. So soll z.B. zur Kollisionskontrolle nur das Bild des Krans mit der Globalbemaßung dargestellt werden, da weitere Informationen hier nur störend wirken.

4.1.2.2 3D-CAD

Wie in allen technischen Bereichen geht auch im Bauwesen der Trend hin zum 3D-CAD. Wenn der Architekt die Gebäude bereits als 3D-CAD-Modell erzeugt, lassen sich diese Informationen für viele weitere Vorgänge der Planungs- und Bauphase verwenden. So ist es z.B. möglich, die komplette Haustechnikinstallation mit in das Modell zu integrieren, an Hand der Volumeninformationen exakte Kostenvoranschläge für den Bau zu erstellen oder fotorealistische Abbildungen der noch nicht existierenden Gebäude zu erzeugen.

Auch für die Einsatzplanung der zur Errichtung des Gebäudes erforderlichen Baukrane können mit 3D viele Vorteile erreicht werden. Eine 3D-Version des Turmdrehkran-Einsatzplaners soll dabei folgende Eigenschaften besitzen:

- Auswahl der Kranstandortkoordinaten im CAD-Programm, Übertragung der Daten in den Einsatzplaner und Auswahl der geeigneten Krane.
- Einfügen maßstäblicher 3D-Modelle der Krane in die Baustelle. Auch hier genügt eine abstrahierte Krandarstellung.
- Durchführung einer Kollisionskontrolle zwischen den einzelnen Kranen bzw. zwischen Kranen und Gebäuden. Dazu sollen die Hüllvolumen der Auslegerkinematik gebildet und als Boolesche Operation miteinander und mit den übrigen Objekten der Baustellenzeichnung verschnitten werden. Die Durchschnittsmenge zeigt dann die gefährdeten Kollisionsbereiche.
- Durch Vergleich des Kranarbeitsraums und der Lastkurve mit der Gebäudegeometrie soll eine einfache Kontrolle der Hubaufgabe möglich sein.

Zusätzlich ergeben sich folgende Vorteile gegenüber einer reinen 2D-Darstellung:

- Eine einfache Kontrolle der topografischen Krananordnung in der Baustellendarstellung.
- Durch farbliche Hervorhebung von Kollisionsbereichen kann eine Problemstellenvisualisierung für den Planer erfolgen.
- Die Montage- und Demontage der Turmdrehkrane und die Arbeitsräume der dazu erforderlichen Fahrzeugkrane sind in einer 3D-Darstellung mit Turmdrehkranen und Gebäuden einfacher zu kontrollieren.
- Die 3D-Darstellung unterstützt die konstruktive Denkweise des Planers.
- Durch Einsatz der 3D-Technik entsteht eine anschauliche und werbewirksame Darstellung für den Kunden.

4.1.3 Kostenkalkulator

Mit dem Kostenkalkulator soll ein anwenderfreundliches Werkzeug zur Ermittlung der Einsatzkosten von Turmdrehkranen entstehen. Es soll in erster Linie von Kranvermietern genutzt werden, die dem Kunden damit in kürzester Zeit ein individuelles und technisch sinnvolles Angebot erstellen können. Aber auch innerhalb einer Bau-firma werden Krane vermietet. Die Kranabteilung stellt den Baustellen die Krane zur

Verfügung und tritt damit als Vermieter gegenüber der Kostenstelle Baustelle oder einem ARGE-Partner des Bauunternehmens auf. Auch hier sind also die Einsatzkosten eines Krans von Interesse. Das Tool soll dem Anwender, nachdem alle Kostenfaktoren schrittweise ermittelt wurden, ein fertiges Angebot inklusive Anschreiben für den Kunden erstellen. Die dazu erforderlichen kommerziellen Daten soll eine eigene Datenbank zur Verfügung stellen. Auch die Daten, die bei der Angebotserstellung entstehen, sollen in einer eigenen Datenbank gespeichert werden.

Folgende Schritte bzw. Kostenfaktoren müssen bei der Kranvermietung berücksichtigt werden:

- Erfassung der Kundendaten

Das Tool soll eine Verwaltungsmöglichkeit für Kundenadressen besitzen und für jedes Angebot zusätzlich die Lieferadresse speichern können.

- Ermittlung des idealen Krans für die gegebenen Einsatzbedingungen

Die Auswahl des Krans soll über die beiden Auswahlmöglichkeiten „nach Typ“ oder „nach Hubaufgabe“ des Datenbankmoduls erfolgen.

- Miete und Versicherung für den gewünschten Zeitraum

Die Ermittlung der Sätze für Miete und Versicherung erfolgt prozentual aus dem Listenpreis des Krans. Über die Datenbank ist die genaue Zusammensetzung des gewählten Kranrüstzustands bekannt. Durch zusätzliches Hinterlegen einer Preisinformation zu jedem Bauteil soll der Gesamtpreis des Krans ermittelt werden. Über die Angabe des Prozentwerts für die Miete und des Promillewerts für die Versicherung lassen sich dann die Kosten pro Monat errechnen. Mit dem Mietzeitraum ermittelt man die gesamten Miet- und Versicherungskosten.

- Montage- und Demontagekosten

Für die Montage und Demontage des Krans auf der Baustelle wird eine bestimmte Anzahl von Monteuren benötigt. Diese Zahl soll variierbar sein, was zu einer Zu- bzw. Abnahme der Montagezeit führt. Das Programm soll Vorschläge (Erfahrungswerte) für die Anzahl der Monteure liefern und dann, nach Auswahl einer Zahl durch den Benutzer, die Montagekosten ermitteln.

- Transportkosten

Die Kosten für den An- und Abtransport des Krans zur bzw. von der Baustelle sollen hier ermittelt werden. Dabei soll das System dem Nutzer an Hand von Erfahrungswerten vorgeben, wie viele Lkw von welchem Typ für den Krantransport erforderlich sind. Der Benutzer soll diesen Vorschlag akzeptieren aber auch abändern können. Zusätzlich zu den reinen Kosten für den Transport soll die Möglichkeit bestehen, eventuelle Zusatzarbeiten wie z.B. das Entfernen von Straßenlampen oder Zäunen aufzuführen und mit ins Angebot einfließen zu lassen.

- Montage mit dem Fahrzeugkran

Bei der Auswahl des zur Turmdrehkranmontage erforderlichen Fahrzeugkrans muss der Planer darauf achten, dass die Traglastkurve des Fahrzeugkrans die Montage aller Turmdrehkranbauteile ermöglicht. Bei dieser Aufgabe soll ihn der Kostenkalkulator unterstützen. Dazu soll das Tool die baustellenspezifischen Daten wie die Höhendifferenz und den horizontalen Abstand zwischen Auto- und Turmdrehkran vom Benutzer abfragen. Die Daten des Turmdrehkrans, wie Gewicht der Bauteile und erforderliche Montagehöhe, sind über die Datenbank technische Daten des Einsatzplaners bereits bekannt. Aus diesen Informationen soll das Tool drei Traglastpunkte zur Auswahl eines passenden Fahrzeugkrans ermitteln. Für die Turmspitze, den Aus- und den Gegenausleger soll das Tool jeweils die zur Montage erforderlichen Werte für Autokranhakenhöhe, Ausladung und Traglast berechnen. Mit diesen Angaben kann der Anwender bei einem Fahrzeugkranverleiher oder im eigenen Fuhrpark einen passenden Kran bestellen. In der Regel kann derselbe Fahrzeugkran auch für die Demontage verwendet werden. Ändern sich aber die Bedingungen auf der Baustelle z.B. durch ein errichtetes Gebäude kann für die Demontage ein größerer Fahrzeugkran erforderlich sein. Andererseits ist es auch möglich, dass der Fahrzeugkran bei der Demontage näher an den Turmdrehkran heranfahren kann und ein kleineres Modell ausreicht. Montage und Demontage müssen sich deshalb getrennt erfassen lassen.

Der Benutzer soll alle vom Programm ermittelten Preise durch eigene Werte ersetzen können, um Angebote an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Dabei werden die vom System ermittelten Standardwerte intern gespeichert und die vom Benutzer geänderten Werte zum Erstellen des Kundenangebots verwendet. Durch Vergleich der beiden Werte ist es später möglich, den Verlauf der Angebotserstel-

lung zu überprüfen. Der Kostenkalkulator soll nach Abschluss der Dateneingabe dem Benutzer die gesammelten Informationen in einer Übersicht anzeigen und das Angebot für den Kunden automatisch erstellen. Das fertige Angebot wird in der Datenbank Angebote abgelegt. In der Praxis besteht häufig die Notwendigkeit ein erstelltes Angebot zu aktualisieren, um damit auf Kundenanfragen zu reagieren. Deshalb muss es möglich sein, ein schon erstelltes Angebot in allen zur Preisbildung relevanten Faktoren zu aktualisieren. Der Krantyp selbst ist hierbei als Grundlage des Angebots aber nicht mehr änderbar.

4.2 Schematischer Aufbau

Das Planungswerkzeug ist in die drei Komponenten Datenbankmodul, Kostenkalkulator und CAD-Tool gegliedert. Die Anforderungen an die Einzelkomponenten wurden in Kapitel 4.1 erläutert. Abbildung 4-2 zeigt den schematischen Aufbau des Turmdrehkran-Einsatzplaners, der alle gestellten Anforderungen erfüllt.

Das Datenbankmodul ist die Basis der Anwendung. Es wird aus der Datenbank „Technische Daten“ mit Informationen versorgt und ermöglicht die einfache Auswahl eines Kranrüstzustands. Alle zu einem Kran gespeicherten Informationen können angezeigt werden und stehen außerdem zur Weiterverarbeitung für Kostenkalkulator und CAD-Tool zur Verfügung.

Die zur Ermittlung der Kraneinsatzkosten und zur Erstellung eines Mietangebots zusätzlich erforderlichen Kundendaten und Finanzinformationen bezieht der Kostenkalkulator aus den entsprechenden Datenbanken „Kundendaten“ und „Kommerzielle Daten“. Die fertigen Angebote speichert er in der Datenbank „Angebotsdaten“.

Das CAD-Tool erstellt aus CAD-Kranelementen, die in einer Verzeichnisstruktur abgelegt sind, mit Hilfe der Zusammenbauinformationen der technischen Daten komplette Kranzeichnungen im 2D und 3D und führt im 3D eine automatische Kollisionskontrolle durch.

Der in der Konzeptphase geforderte modulare Aufbau der drei Teilanwendungen wird auch bei der Datenablage fortgesetzt. Durch die Aufteilung in Einzeldatenban-

ken und die Trennung zwischen Anwendungen und Datenhaltung kann jeder Benutzer die Teile der Anwendung und die Daten erhalten, die er für seine Arbeit benötigt.

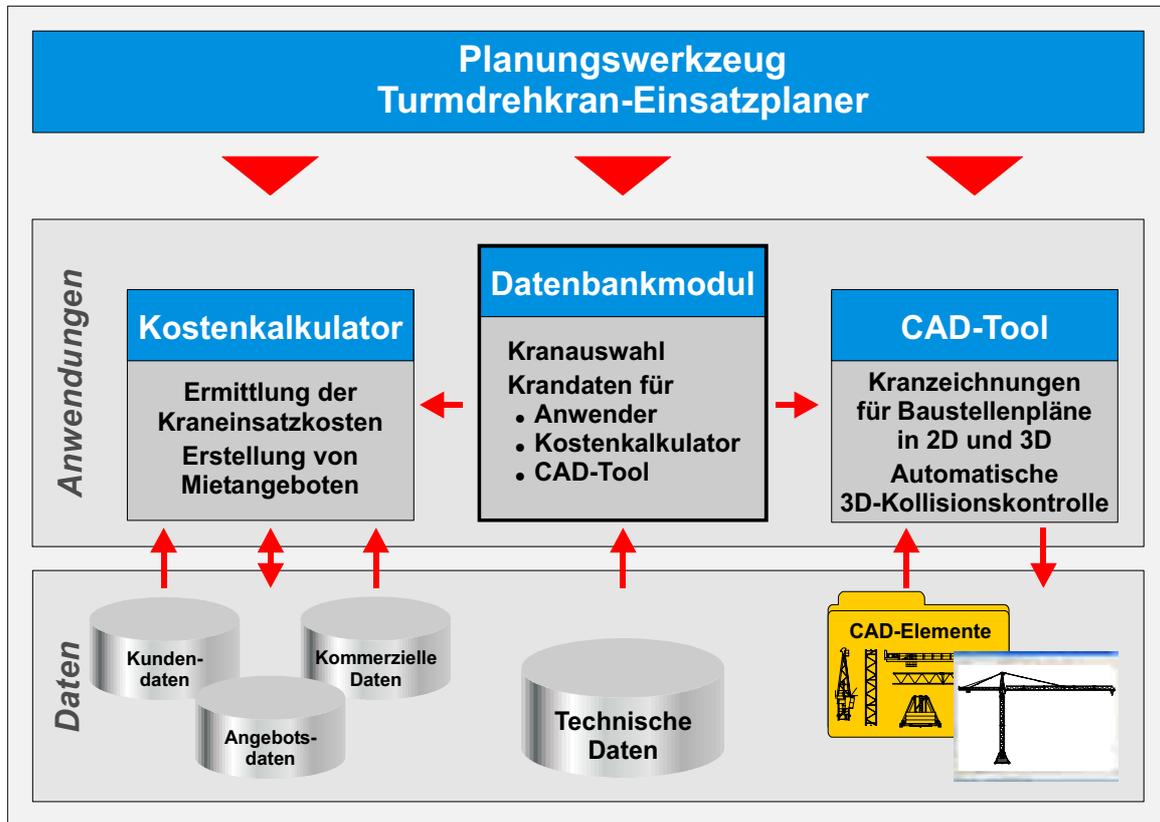


Abbildung 4-2: Bestandteile des Turmdrehkran-Einsatzplaners

Die Hersteller oder Vermieter können so z.B. nur das Datenbankmodul mit den technischen Daten und das CAD-Tool mit den Zeichnungselementen an ihre Kunden weitergeben. Zusätzlich lassen sich alle Teile des TEP, Datenbanken, CAD-Elemente und Anwendungen, aktualisieren, ohne die übrigen Komponenten zu beeinflussen. So kann z.B. eine aktuellere Datenbank „Technische Daten“ an die Benutzer verteilt werden, ohne die Anwendung verändern zu müssen. Umgekehrt können die Nutzer eine aktualisierte Version der Anwendung erhalten, ohne dass ihre Daten wie z.B. erstellte Angebote verloren gehen.

Neben den bereits erwähnten Anforderungen muss der TEP auch noch einige Forderungen in Bezug auf die verwendete Software erfüllen. Das Planungshilfsmittel Turmdrehkran-Einsatzplaner soll möglichst einfach zu bedienen sein, um den Schulungsaufwand gering zu halten und eine schnelle Akzeptanz bei den Anwendern zu

erzielen. Die Anwender erwarten zusätzlich, dass durch die zum Einsatz des TEP erforderliche Software, wie z.B. Datenbanksysteme, keine zusätzlichen Lizenzkosten entstehen. Das CAD-Tool soll mit dem CAD-Programm AutoCAD der Firma Autodesk zusammenarbeiten, da diese Software im Bauwesen weit verbreitet und bei den meisten Anwendern bereits vorhanden ist. Die Installation des TEP auf dem Anwender-PC darf keine Änderungen an der AutoCAD-Installation vornehmen.

Zusammenfassend ergeben sich damit folgende grundlegende Anforderungen an einen Turmdrehkran-Einsatzplaner (s. Abbildung 4-3):

- ▶ Ablage der technischen Krandaten
- ▶ Ablage aller möglichen Rüstzustände
- ▶ Einfache Kranauswahl
- ▶ Ermittlung der Kraneinsatzkosten
- ▶ Erstellung von Mietangeboten
- ▶ Erzeugung von 2D- und 3D-CAD-Kranbildern
- ▶ Durchführen einer Kollisionskontrolle
- ▶ Modularer Aufbau:
 - Trennung von Anwendung und Datenhaltung
 - Aufteilung von Anwendung und Datenbanken nach Teilbereichen
- ▶ Keine zusätzlichen Lizenzkosten für Anwender durch verwendete Software
- ▶ Zusammenarbeit des CAD-Tools mit AutoCAD
- ▶ Keine Veränderung der AutoCAD-Installation der Anwender
- ▶ Einfache Bedienung

Abbildung 4-3: Anforderungen an einen TEP

Im folgenden Kapitel wird die Umsetzung und Realisierung dieser Anforderungen in das Planungswerkzeug dargestellt und erklärt.

5 Datenbankgrundlagen

In allen Bereichen der modernen Gesellschaft spielen Informationen und ihre Verwaltung eine immer wichtigere Rolle. Während früher Informationen hauptsächlich in Papierform vorlagen, entstehen heute durch den EDV-Einsatz zunehmend digitale Daten. Deshalb gewinnen Datenbanksysteme mehr und mehr an Bedeutung [Kem-04]. Ob beim Ausleihvorgang in einer Bibliothek, beim Erstellen eines Kontoauszugs auf der Bank oder sogar beim Einkaufen an der Supermarktkasse, die die gekauften Artikel automatisch aus den Bestandsdaten löscht, kommt man heute täglich mit Datenbanken in Berührung [Elm-02]. Auch komplexe technische Zusammenhänge, wie die verschiedenen Rüstzustände eines Turmdrehkrans, lassen mit der Hilfe von Datenbanken abbilden. Das folgende Kapitel beschreibt die dazu erforderlichen theoretischen Grundlagen zu Datenbanksystemen.

5.1 Begriffe

Eine *Datenbank* beschreibt einen definierten Ausschnitt aus der realen Welt, an dem ein bestimmter Personenkreis interessiert ist [Elm-02]. Dabei muss eine Datenbank nicht unbedingt elektronisch erzeugt und gepflegt werden. Auch ein Karteikasten mit Adressen ist eine Datenbank, die manuell erstellt und gepflegt wird. Mit *Daten* oder *Datenbasis* werden Fakten aus der realen Welt bezeichnet.

Ein *Datenbankmanagementsystem* (DBMS) ist die Gesamtheit aller Programme, die dem Benutzer das Erstellen und die Pflege einer computergestützten Datenbank ermöglichen.

Die Datenbank und das Datenbankmanagementsystem bilden ein *Datenbanksystem*.

5.2 Gründe für den Datenbankeinsatz

Wenn große Datenmengen verarbeitet werden müssen, gibt es keine Alternative zum Einsatz eines Datenbanksystems. Die meist sehr komplexen und miteinander in Beziehung stehenden Daten müssten in Papierform oder in isolierten Einzeldateien hinterlegt werden. Dabei treten aber schwerwiegende Probleme auf [Dat-86][Elm-02][Kem-04]:

- Redundanz und Inkonsistenz

Sind Informationen in Einzeldateien gespeichert, müssen dieselben Informationen oft mehrfach hinterlegt werden. So verwendet unter Umständen jeder Benutzer oder jede Benutzergruppe eine eigene Kopie der Daten. Durch das mehrfache, also redundante Speichern müssen bei Änderungen immer alle Kopien der Daten aktualisiert werden. Bleiben dabei eine oder mehrere Kopien auf dem alten Stand, entstehen Inkonsistenzen. Ein DBMS hingegen speichert die Informationen einmal zentral für alle Benutzer. Dadurch werden Inkonsistenzen verhindert und Speicherplatz gespart. Unter Umständen können kontrollierte Redundanzen aber gewollt sein, z.B. um die Verarbeitungsgeschwindigkeit des DBMS zu steigern. In diesem Fall muss das DBMS aber in der Lage sein, die Redundanzen selbstständig zu überwachen, so dass keine Inkonsistenzen entstehen können.

- Datensicherheit

Im Dateisystem lassen sich Zugriffsrechte immer nur für eine komplette Datei festlegen. Wenn bestimmte Anwender aber nur Zugriff auf Teile der Daten erhalten sollen, muss dafür wieder eine eigene Datei erstellt werden. Das führt wiederum zu Redundanz und Inkonsistenz. Ein DBMS ermöglicht unterschiedlichen Benutzern oder Benutzergruppen individuelle Zugriffsrechte auf Bereiche der Daten. Dadurch lässt sich festlegen, wer welche Daten lesen oder verändern darf. Jeder Datenbankbenutzer hat dann nur Zugriff auf die Daten, die er benötigt.

- Mehrbenutzerbetrieb

Der gleichzeitige Zugriff mehrerer Benutzer auf eine Datei ist im Dateisystem nicht oder nur eingeschränkt möglich. Wenn zwei Benutzer gleichzeitig Änderungen an der Datei vornehmen, überschreibt der zweite unter Umständen die Änderungen des ersten Benutzers. DBMS hingegen verfügen über eine Mehrbenut-

zerkontrolle, die solche Probleme verhindert, z.B. indem Daten immer nur von einem Benutzer verändert werden können. Alle anderen Anwender erhalten bis zum Abschluss der Änderung den alten Datensatz angezeigt und sind so lange für Änderungen gesperrt, bis der erste Benutzer seine Änderung abgeschlossen und bestätigt hat.

- Datensicherheit

Einzelne Dateien können im Fehlerfall nur von regelmäßig durchgeführten Sicherungskopien wiederhergestellt werden. Änderungen seit dem Erstellen der Sicherung gehen dabei verloren. DBMS sind in der Lage nach dem Auftreten von Hard- oder Softwarefehlern einen korrekten Zustand der Datenbank wiederherzustellen. Verloren gehen dabei nur Änderungen, die beim Auftreten des Fehlers durchgeführt wurden.

- Datenintegrität

Im Normalfall gelten für die hinterlegten Daten vielfältige Integritätsbedingungen. Sind die Informationen in einzelnen Dateien gespeichert, ist die Einhaltung dieser Bedingungen sehr schwierig zu realisieren, da man dazu unter Umständen die Inhalte mehrerer Dateien verknüpfen muss. Zusätzlich muss sichergestellt sein, dass niemand beim Erstellen neuer Daten gegen diese Bedingungen verstoßen kann. DBMS sind in der Lage definierte Bedingungen automatisch zu überwachen und verhindern die Transaktionen automatisch, wenn sie nicht den Bedingungen entsprechen.

5.3 Datenbankmerkmale

Der Datenbankansatz unterscheidet sich grundlegend von der herkömmlichen Vorgehensweise Daten in Einzeldateien zu speichern. Die folgenden Merkmale ermöglichen es einem DBMS, die in Kapitel 5.2 genannten Vorteile zu realisieren [Elm-02] [Kem-04]:

5.3.1 Datenbankkatalog

Bei der konventionellen Datenverarbeitung ist die Definition der Datenstruktur Teil der Anwendungsprogramme. Demzufolge sind die Programme auf die Zusammenarbeit mit Dateien, die dieser Struktur entsprechen, begrenzt. Da die Datendateien selbst keine Strukturinformationen enthalten, können andere Programme diese Informationen in der Regel nicht verarbeiten. Ein Datenbanksystem dagegen enthält nicht nur die eigentlichen Daten, sondern im so genannten Datenbankkatalog auch die komplette Definition der Datenbankstruktur. Diese Definition wird vom DBMS selbst und auch von den Datenbankbenutzern verwendet. Bei einer Datenabfrage überprüft das DBMS mit Hilfe des Katalogs, wo sich die Informationen befinden, und stellt sie dem Benutzer zur Verfügung. Das konventionelle Programm dagegen muss beim Lesen aus einer Datei die genaue Position angeben, um die Informationen zu erhalten.

Die Informationen des Datenbankkatalogs werden dabei auch als Daten über Daten oder Metadaten bezeichnet. Die Metadaten ändern sich nur, wenn die Struktur der Datenbank verändert wird, was im Normalfall selten oder gar nicht der Fall ist. Die Datenbankstruktur wird auch als Datenbankschema bezeichnet. Die eigentlichen Daten oft auch Ausprägung genannt hingegen ändern sich, sobald neue Datensätze in die Datenbank geschrieben werden.

5.3.2 Datenabstraktion und Datenunabhängigkeit

Da bei der Verwendung von Einzeldateien zur Datenablage die Datenstruktur im Anwendungsprogramm hinterlegt ist, machen Änderungen oder Erweiterungen der Daten zwangsweise auch eine Änderung an allen Programmen erforderlich. Bei DBMS gestützten Lösungen sind Änderungen an den Anwendungsprogrammen normalerweise nicht erforderlich. Dieses Merkmal der Unabhängigkeit von Daten und Programmen wird als Datenabstraktion bezeichnet und durch die Einteilung von Datenbanksystemen in drei Abstraktionsebenen (s. Abbildung 5-1) realisiert [Kor-91]:

1. Die physische Ebene definiert ein internes Schema, das die physikalischen Speicherstrukturen beschreibt. Hier sind die Details der Datenspeicherung, also die Zugriffspfade auf die Dateien, in die das DBMS die Daten speichert, definiert.

Normalerweise sind die Daten im Hintergrundspeicher (Plattenspeicher) hinterlegt. Diese Ebene ist für den normalen Datenbankanwender nicht relevant.

2. Auf der logischen Ebene wird ein Datenbankschema definiert, das die für den Nutzer sichtbare Datenbankstruktur beschreibt. Dabei sind die Details der physischen Datenablage für den Nutzer nicht sichtbar. Er kann auf dieser Ebene ein logisches Datenmodell (s. Kapitel 5.4.2) benutzen und muss sich keine Gedanken über die Ablage der Daten machen. Diese Aufgabe übernimmt die physische Ebene im Hintergrund.
3. Die Sichten, die auch als externe Ebene bezeichnet werden, stellen die Daten für die unterschiedlichen Nutzergruppen zu Verfügung. Die enthaltenen Informationen sind dabei individuell auf die Bedürfnisse der einzelnen Anwender zugeschnitten. Auch auf dieser Ebene kann ein logisches Datenmodell verwendet werden.

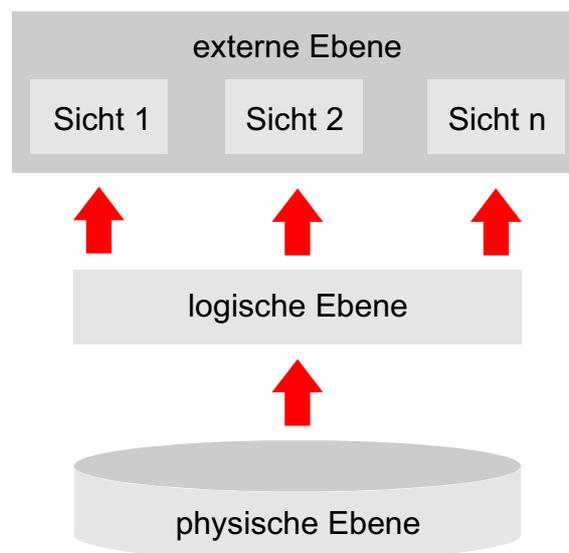


Abbildung 5-1: Abstraktionsebenen eines Datenbanksystems [Kem-04]

Durch die Trennung in die drei Ebenen wird ein gewisser Grad der Datenunabhängigkeit gewährleistet. Es ist möglich, auf einer Ebene Änderungen durchzuführen ohne dass die höher liegenden Ebenen ebenfalls geändert werden müssen. Zwischen den Ebenen ergeben sich zwei Stufen der Datenunabhängigkeit:

1. Physische Datenunabhängigkeit: Die physischen Speicherstrukturen des DBMS lassen sich ohne Auswirkungen auf die logische Ebene verändern.

2. Logische Datenunabhängigkeit: Änderungen an der logischen Ebene, etwa das Hinzufügen oder Entfernen eines Datenfeldes, wirken sich nur auf die Sichten aus, die diese Informationen für Anwender verfügbar machen. Alle anderen Sichten, auch die darauf aufbauenden Anwendungsprogramme, sind von der Änderung nicht betroffen.

5.4 Datenmodelle

Ein Datenmodell ist eine Sammlung von Konzepten, um den Ausschnitt aus der realen Welt, der in einer Datenbank abgelegt werden soll, zu beschreiben. Das Modell bildet die reale Welt dabei als einzelne Objekte und deren Beziehungen ab. Zusätzlich ist auch die Festlegung von anwendbaren Operatoren möglich. Damit ist das Datenmodell eine Art Programmiersprache. Man unterscheidet dabei die beiden Teilsprachen: Die Datendefinitionssprache (DDL – Data Definition Language) und die Datenmanipulationssprache (DML – Data Manipulation Language). Die DDL dient dabei ausschließlich zur Beschreibung der Datenbankstruktur. Um Daten im Modell abzulegen, zu ändern oder zu löschen, wird die DML verwendet.

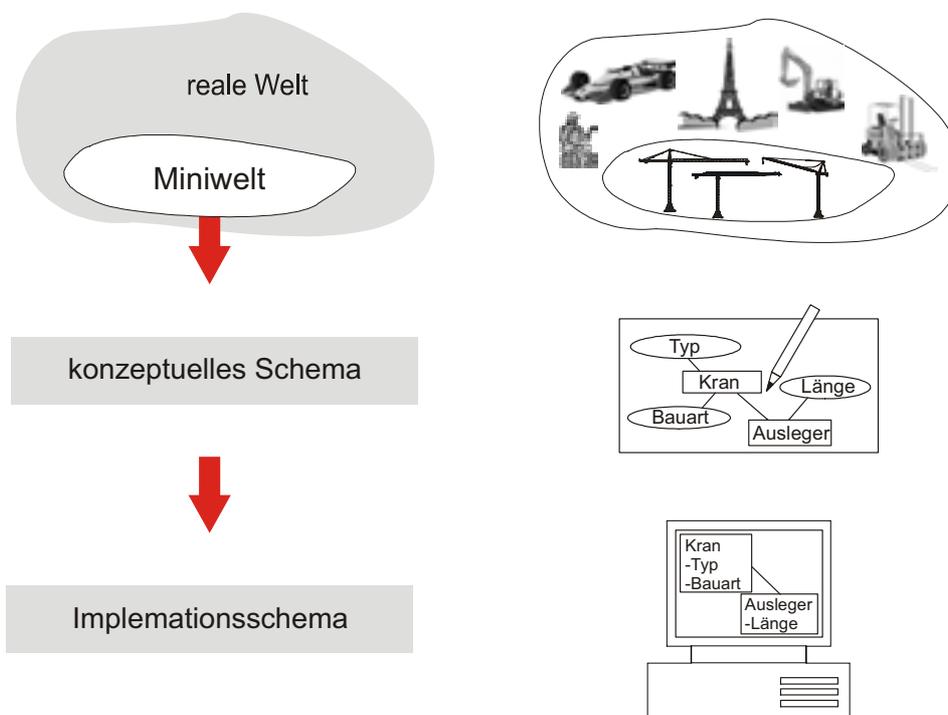


Abbildung 5-2: Übersicht Datenmodellierung

5.4.1 Konzeptuelle Modelle

Abbildung 5-2 zeigt das prinzipielle Vorgehen bei der Datenmodellierung. Als erstes wird der Ausschnitt aus der realen Welt festgelegt, der in der Datenbank abgebildet werden soll, die Miniwelt. In diesem Beispiel sind es die Turmdrehkrane, die als Miniwelt aus den Gegenständen der realen Welt abgegrenzt werden. Der nächste Schritt analysiert die Bedeutung (=Semantik) der Fakten in der Miniwelt. Das konzeptuelle Schema wird deshalb auch als semantisches Datenmodell bezeichnet. Es abstrahiert die Miniwelt in Objekte, ihre Attribute und Beziehungen. Dieser Vorgang erfolgt meist als Skizze auf dem Papier oder mit Hilfe entsprechender Modellierungssoftware. Im Beispiel aus Abbildung 5-2 wird ein Turmdrehkran in einzelne Objekte zerlegt und die Beziehungen dieser Objekte untereinander definiert, bis das Modell alle gewünschten Informationen über das System Turmdrehkran hinterlegen kann.

Die Vorteile konzeptueller Modelle liegen in ihrer anschaulichen Darstellung. Sie sind auch ohne Datenbankkenntnisse verständlich und gut für technische Zusammenhänge geeignet. Da konzeptuelle Datenmodelle keine individuellen Datenobjekte, also eine Datenbankausprägung erzeugen, verfügen sie nur über eine DDL. Typische semantische Modelle sind z.B. Entity-Relationship-Modelle (ER-Modelle), die die Miniweltobjekte durch definierte grafische Symbole wiedergeben, oder funktionale Modelle, die die Abläufe der zukünftigen Anwendung als Funktionen visualisieren. In der Praxis wird das ER-Modell mit Abstand am häufigsten benutzt [Dal-04]. Kapitel 5.6 geht detaillierter auf ER-Modelle ein.

5.4.2 Logische Datenmodelle

Aus dem konzeptuellen Modell wird im nächsten Schritt ein Implementationsschema erstellt (s. Abbildung 5-2). Das geschieht entweder manuell durch Anlegen der Datenstruktur auf der logischen Ebene des DBMS oder halbautomatisch mit Unterstützung durch Softwaretools. Die logische Ebene eines DBMS wird von einem der folgenden Modelle gebildet [Kem-04]:

- Hierarchisches Datenmodell

Das hierarchische Datenmodell stellt die Zusammenhänge zwischen den Objekten als Baumstruktur dar. Jedes Objekt hat genau einen Vorgänger im Baum, kann aber beliebig viele Nachfolger haben. Die Struktur beginnt auf der obersten Ebene bei der so genannten Wurzel. Die Wurzel ist das einzige Objekt im Baum, das keinen Vorgänger hat. Die Verbindungen von der Wurzel zu den Objekten werden als Zugriffspfade bezeichnet. Um im hierarchischen Modell ein bestimmtes Objekt zu finden, muss man den Zugriffspfaden folgen, bis man das gewünschte Objekt gefunden hat. Das hierarchische Modell ermöglicht eine einfache und effiziente Abbildung auf physikalische Speicherstrukturen. Die abzubildenden Strukturen der realen Welt sind aber selten hierarchisch strukturiert. Außerdem ist das Modell nicht in der Lage m:n (s. Kapitel 5.6.2) Beziehungen darzustellen, d.h. wenn in Abbildung 5-3 das gleiche Bauteil in mehreren Baugruppen vorkommt, muss es mehrfach im Diagramm aufgenommen werden, was wiederum zu Redundanzen führt [Ben-04].

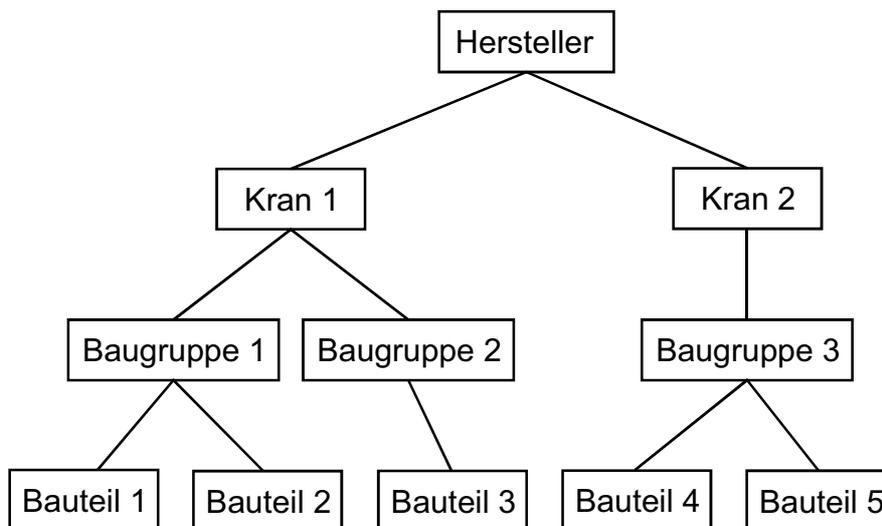


Abbildung 5-3: Hierarchisches Datenmodell

- Netzwerkmodell

Das Netzwerkmodell wurde 1971 von der CODASYL⁴ Data Base Task Group vorgestellt [COD-71]. Das Modell erzeugt eine Baumstruktur, in der jedes Objekt

⁴ COⁿference on DA^Ta SY^Stems LA^Nguages

mehrere Nachfolger haben kann. Als Unterschied zum hierarchischen Modell sind im Netzwerkmodell aber auch mehrere Vorgänger möglich. Damit lässt sich, wie Abbildung 5-4 zeigt, der Fall, dass ein Bauteil in mehreren Baugruppen oder dieselbe Baugruppe in mehreren Kranen vorkommt, mit dem Netzwerkmodell abbilden. In einem Netzwerk gibt es keinen Wurzelknoten, es können sich also mehrere Objekte auf der obersten Ebene befinden. Der Zugriff auf die Objekte muss nicht über einen Pfad von der Wurzel aus erfolgen. Im Netzwerk kann auf alle Objekte direkt zugegriffen werden. Dazu muss dem Anwender aber bekannt sein, an welcher Stelle des Netzwerks sich die gesuchten Informationen befinden. Weiß er das nicht, kann er sich über einen Pfad beliebig im Netzwerk bewegen, bis die Daten gefunden sind. Die reale Welt lässt sich mit dem Netzwerkmodell besser abbilden als mit einem hierarchischen Modell. Allerdings sind Netzwerke schwer auf physikalische Speicherstrukturen übertragbar [Ben-04][Elm-02].

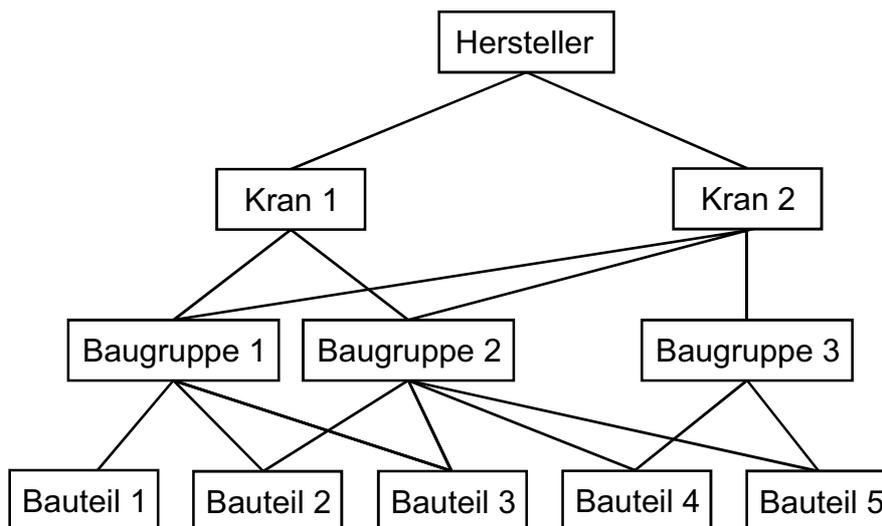


Abbildung 5-4: Netzwerkmodell

Das hierarchische und das Netzwerkmodell werden heute nicht mehr für neue Systeme verwendet. Da aber noch etliche Altinstallationen in Betrieb sind, werden sie hier der Vollständigkeit halber erwähnt. Datenbankverwaltungssysteme, die noch mit den auch als satzorientiert bezeichneten Modellen arbeiten, sind z.B. IMS von IBM mit hierarchischem Datenmodell und UDS von Siemens mit dem Netzwerkmodell [Kem-04].

- Relationales Modell

Das relationale Modell speichert die Daten in Tabellen, die als Relationen bezeichnet werden. Dabei entspricht jedes Objekt und jede Beziehung zwischen Objekten einer zweidimensionalen Tabelle. Jede Spalte einer Tabelle steht für ein Attribut des Objekts oder der Beziehung. Eine Zeile enthält jeweils alle Attribute, die ein Objekt oder eine Beziehung charakterisieren. Dabei muss jede Zeile eindeutig identifizierbar sein, d.h. es darf nie zwei identische Zeilen in einer Tabelle geben. Abbildung 5-5 zeigt wie im relationalen Modell zwischen den Objekten Baugruppe und Bauteil die Beziehung „besteht aus“ hergestellt wird. Jede Baugruppe und jedes Bauteil hat eine eindeutige ID. Die Tabelle „besteht aus“ enthält paarweise je eine Baugruppen- und eine Bauteil-ID und stellt so die Beziehung her. Zusätzlich legt sie über das Attribut „Anzahl“ fest, wie viele Bauteile des Typs in der Baugruppe vorkommen. Um die Daten wieder auszulesen, hat der Benutzer die Möglichkeit mit Hilfe von Datenbanksprachen direkt auf die gewünschten Informationen zuzugreifen. Dabei hat sich mit der Structured Query Language (SQL) eine internationaler ANSI/ISO Standardsprache für relationale Datenbanken etabliert. Ein weiterer Vorteil des relationalen Modells ist die einfache Umsetzbarkeit auf physikalische Speicherstrukturen [Ben-04]. So lässt sich z.B. jede Tabelle als einzelne Datei abspeichern. Mit den genannten Vorteilen hat das relationale Modell heute eine marktbeherrschende Stellung erreicht. Kapitel 5.7 geht ausführlicher darauf ein. Typische DBMS, die mit dem relationalen Modell arbeiten, sind z.B. Oracle, der Microsoft SQL Server, MySQL oder auch Microsoft Access.

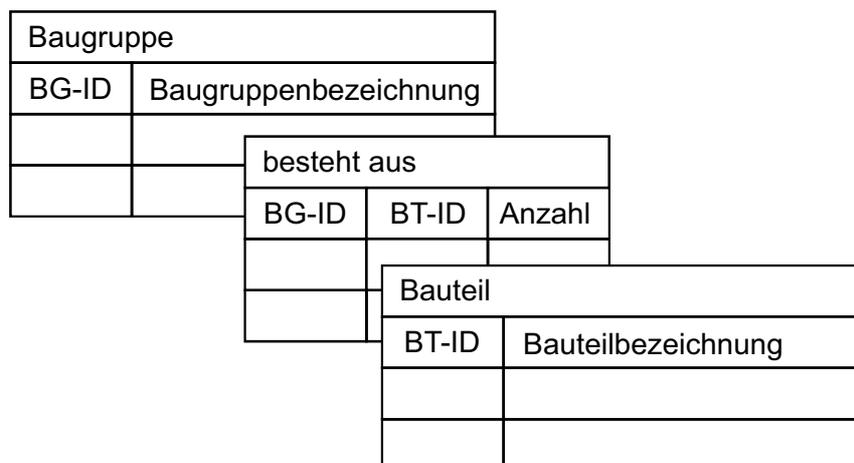


Abbildung 5-5: Relationales Modell

- Deduktives Modell

Trotz des großen Erfolgs des relationalen Modells sind die Entwickler auf der Suche nach Alternativen. Sowohl das deduktive als auch das objektorientierte Modell stellen eine Erweiterung des relationalen Modells dar. Deduktive Datenbanken enthalten eine zusätzliche Regelkomponente, die es erlaubt, nicht nur auf die vorher eingegebenen Daten zuzugreifen, sondern über definierte Regeln aus diesen Daten auf neue Fakten zu schließen. Man bezeichnet sie deshalb auch als Logik-Datenbanken [Kem-04].

- Objektorientiertes Modell

Objektorientierte Datenbanken werden heute als nächste Generation der Datenbankmodelle angesehen. Statt aus einzelnen Tabellenzeilen wie beim relationalen Modell, besteht ein Datensatz in einer objektorientierten Datenbank aus einem komplexen Objekt, wodurch sich Informationen präziser hinterlegen lassen. Dass sich die objektorientierten Datenbanken noch nicht durchsetzen konnten, liegt vor allem daran, dass Standards zum Beispiel für eine Abfragesprache wie SQL [Bag-99] fehlen.

5.5 Datenbankentwurf

Ein sauberer konzeptueller Entwurf ist die wichtigste Voraussetzung für eine gut funktionierende Datenbankanwendung. Fehler in der Entwurfsphase lassen sich, wenn überhaupt, später nur mit hohem Aufwand korrigieren. Die Beseitigung eines Fehlers in der Anforderungsanalyse verursacht in der Entwurfsphase schon die 10-fachen und in der Realisierungsphase die 100-fachen Kosten gegenüber einer sofortigen Korrektur. Zeigt sich der Fehler erst im Einsatz der Datenbankanwendung, können die Kosten noch erheblich höher liegen [Kem-04].

Um diese Probleme zu vermeiden, beginnt die Entwicklung einer Datenbank, wie jede Softwareentwicklung, mit einer gründlichen Anforderungsanalyse (s. Abbildung 5-6) der in der Datenbank abzubildenden Miniwelt. Dazu sind ausführliche Gespräche mit den zukünftigen Benutzern der Datenbank erforderlich, um sowohl die Informations- als auch die Datenverarbeitungsanforderungen an das neue System zu erkennen und in einem Pflichtenheft zu fixieren.

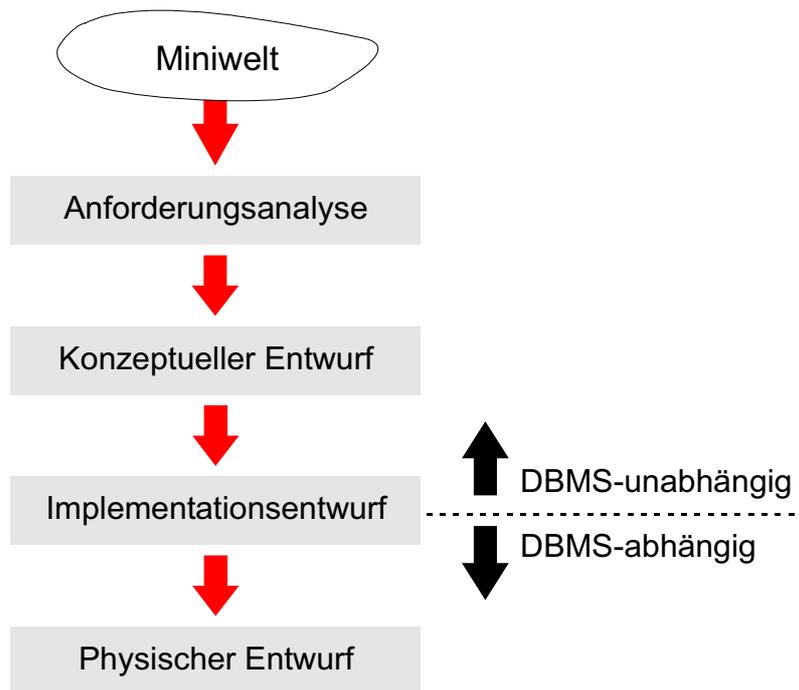


Abbildung 5-6: Phasen des Datenbankentwurfs [Elm-02]

Unter Informationsanforderungen versteht man dabei die Festlegung aller Objekte und ihrer Attribute. Neben der Attributbezeichnung ist es sinnvoll, soweit möglich auch den Attributtyp und die Variablenlänge zu definieren. Das Objekt „Bauteil“ könnte z.B. wie in Tabelle 5-1 definiert werden:

Objektbezeichnung: „Bauteil“		
Attribut	Typ	Variablenlänge
Bauteilname	Text	100
Länge	Zahl	8
Breite	Zahl	8
Höhe	Zahl	8

Tabelle 5-1: Objektbeschreibung

Auch die Beschreibung der Beziehungen, die die Objekte verbinden, ist Teil der Informationsanforderungen. Die Beschreibung einer Beziehung besteht aus den an der Beziehung beteiligten Objekten und den Attributen der Beziehung. Die Bezie-

hung „besteht aus“ verbindet z.B. die Objekte Baugruppe und Bauteil und hat das Attribut Anzahl (s. Tabelle 5-2).

Beziehungsbezeichnung: „besteht aus“		
Objekt 1	Baugruppe	
Objekt 2	Bauteil	
Attribut	Typ	Variablenlänge
Anzahl	Zahl	8

Tabelle 5-2: Beziehungsbeschreibung

Datenverarbeitungsanforderungen beschreiben operative Aufgaben, die das zu entwickelnde Datenbanksystem später ausführen soll. Eine solche Aufgabe kann z.B. die Auswahl eines Krans nach bestimmten Kriterien oder das Ausdrucken eines Datenblatts mit allen gespeicherten Informationen über einen Krantyp sein.

Im nächsten Schritt erfolgt die Umsetzung der gewonnenen Anforderungen in einen konzeptuellen Entwurf. Dazu wird ein Entity-Relationship-Diagramm erstellt, das die Objekte und Beziehungen der Miniwelt als Gegenstände (Entities) und Beziehungen (Relationships) abstrahiert. Der Entwurf ist dabei vollkommen unabhängig von einem DBMS und wird in der Regel auf dem Papier oder mit Hilfe spezieller Software zur ER-Diagrammerstellung durchgeführt. Je nach Umfang der zu erstellenden Anwendung kann das ER-Modell dabei erhebliche Dimensionen annehmen.

Vor der Erstellung des Implementationsentwurfs erfolgt die Entscheidung für ein bestimmtes DBMS. Der Implementationsentwurf legt dann das Datenmodell des gewählten DBMS fest. Dazu wird das ER-Modell in ein logisches Datenmodell überführt. Als logisches Datenmodell wird heute nur noch das relationale Modell mit seiner marktbeherrschenden Stellung verwendet.

Der physische Entwurf dient als letzter Schritt der Datenbankentwicklung zur Effizienzsteigerung der Anwendung. Dabei wird die Datenstruktur des Implementationsentwurfs nicht verändert sondern durch die Abläufe im DBMS optimiert [Kem-04].

5.6 Das Entity-Relationship-Modell

Das Entity-Relationship-Modell (ER-Modell) wurde 1976 von Peter Chen eingeführt. Grundlage des Modells sind Gegenstände (Entities) und Beziehungen (Relationships). Zusätzlich stehen Attribute zur Verfügung, um die Gegenstände und Beziehungen genauer zu beschreiben. Gegenstände, im Folgenden auch als Entitäten oder Entities bezeichnet, sind dabei als eindeutig identifizierbare Sachen definiert [Che-77]. Ähnliche Gegenstände werden zu Gegenstandstypen (Entitätsmengen oder Entitätstypen) zusammengefasst. Im ER-Modell nach Chen erfolgt die Darstellung der Entitäten durch Rechtecke. Beziehungen fasst das ER-Modell auf analoge Weise zu Beziehungstypen zwischen den Gegenstandstypen zusammen und stellt sie als Rauten dar, die über Linien mit den entsprechenden Entitäten verbunden sind. Sowohl Gegenstände als auch Beziehungen werden über Attribute genauer beschrieben. In der Grafik erscheinen die Attribute als Ovale, die eine Linie den entsprechenden Gegenständen oder Beziehungen zuordnet [Kem-04][Vos-00]. Abbildung 5-7 zeigt ein ER-Diagramm mit den Entitäten Baugruppe und Bauteil und der Beziehung „besteht aus“.

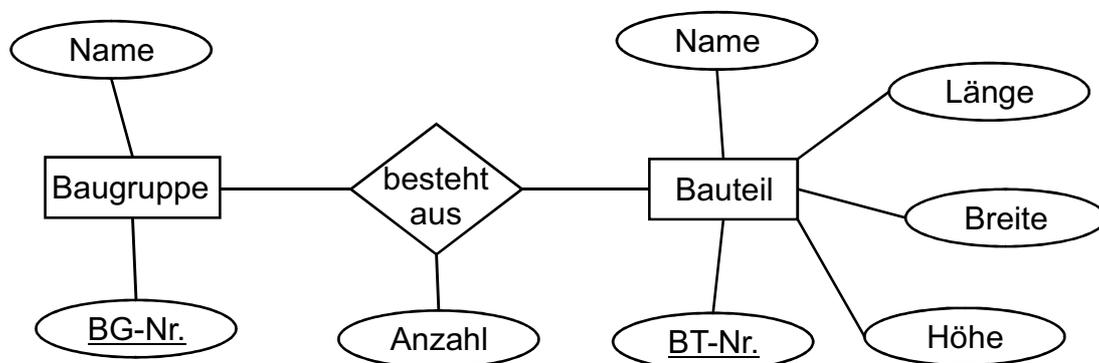


Abbildung 5-7: ER-Modell nach Chen

Für ER-Diagramme haben sich neben der Notation von Chen einige andere Formen etabliert. Abbildung 5-8 zeigt die so genannte „Krähenfußnotation“, die z.B. von Oracle verwendet wird. Auch diese Notation unterscheidet Entitäten und Beziehungen. Entitäten werden als Rechtecke, Beziehungen hingegen als Linien dargestellt, die für jede Richtung der Beziehung eine Bezeichnung erhalten. Im Unterschied zum Modell von Chen lässt das Oracle-Modell Attribute aber nur für Entitäten und nicht für Beziehungen zu. Die Attribute werden direkt innerhalb der Entitätenrechtecke

darstellt (s. Abbildung 5-8a) und können zusätzlich nach zwingend erforderlich (*) und optional (o) unterschieden werden, was aber erst bei einer späteren Ausprägung zum Tragen kommt. Das #-Zeichen markiert das Schlüsselattribut (s. Kapitel 5.6.1). Beziehungen, die scheinbar Attribute besitzen, wie das Attribut „Anzahl“ der Beziehung „besteht aus“ werden im Oracle-Modell in eine zusätzliche Entität „besteht aus“ umgewandelt (s. Abbildung 5-8b), die dann ein Attribut „Anzahl“ besitzen kann [Spe-01]. Damit lehnt sich das Oracle-ER-Modell bereits näher an die spätere Umsetzung des ER-Modells in ein relationales Datenbankmodell an, da auch im relationalen Modell Beziehungen in Tabellen überführt werden, die dann die Attribute der Beziehungen enthalten.

Durch die kompaktere Darstellung der Attribute und Beziehungen ergibt sich ein wesentlich übersichtlicheres Gesamtbild. In den folgenden Kapiteln wird immer die Oracle-Notation verwendet.

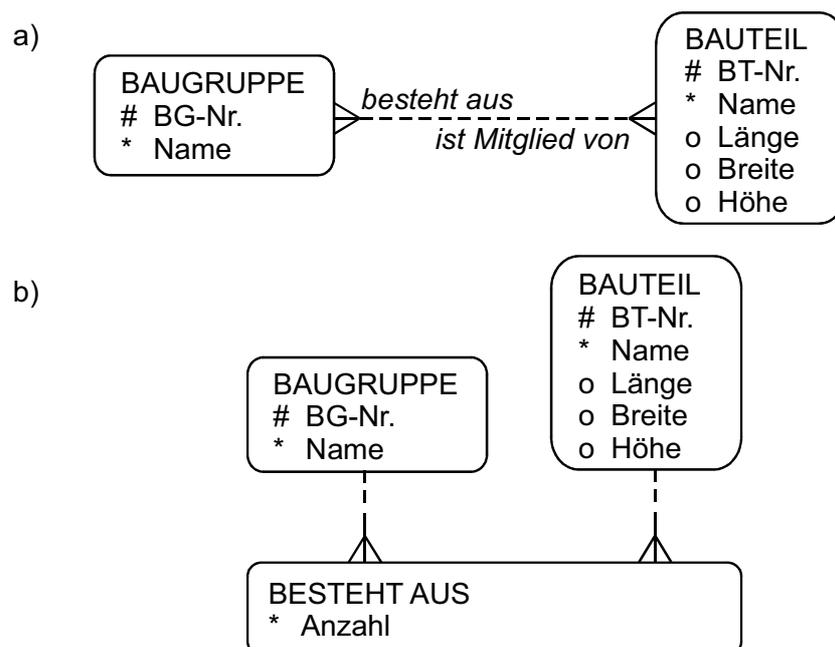


Abbildung 5-8: ER-Modell nach Oracle

5.6.1 Schlüssel

Entitäten müssen innerhalb ihrer Entitätsmengen durch Attribute eindeutig identifizierbar sein. Für jede Entität im ER-Diagramm muss ein Attribut festgelegt werden,

das eine eindeutige Identifizierung ermöglicht. Dieses Attribut wird als Schlüsselattribut bezeichnet und im ER-Diagramm durch Unterstreichen (Chen) bzw. durch ein vorgestelltes #-Zeichen (Oracle) gekennzeichnet. Ist es nicht möglich, die Entität mit einem Attribut eindeutig zu identifizieren, kann aus mehreren Attributen ein so genannter zusammengesetzter Schlüssel erzeugt werden. Oft wird auch ein künstlicher Schlüssel verwendet, d.h. die Entität erhält ein zusätzliches Attribut, das nur dazu dient die Entität eindeutig zu identifizieren [Elm-02][Kem-04]. Im Beispiel aus Abbildung 5-7 und Abbildung 5-8 könnte der Bauteilname als Schlüssel der Entität Bauteil definiert werden. Das würde aber bedeuten, dass eine Datenbank später, wegen der Eindeutigkeit des Schlüssels, keine zwei Bauteile mit demselben Namen speichern könnte. Deshalb erhält die Entität Bauteil ein zusätzliches Attribut als künstlichen Schlüssel, eine Bauteilnummer.

5.6.2 Einteilung der Beziehungstypen

Ein Beziehungstyp kann als mathematische Relation zwischen Entitätsmengen angesehen werden. Die Ausprägung der Beziehung stellt dabei eine Teilmenge des kartesischen Produkts der an der Beziehung beteiligten Entitäten dar [Kem-04]. Es gilt:

$$R \subseteq E_1 \times E_2 \times \dots \times E_n$$

n steht für den Grad Beziehung, d.h. wie viele Entitäten an der Beziehung beteiligt sind. Eine Beziehung mit Grad zwei wird als binär und eine Beziehung mit Grad drei als ternär bezeichnet [Elm-02].

Die Kardinalität einer binären Beziehung legt fest, an wie vielen Beziehungsinstanzen eine Entität teilnehmen kann. Mögliche Kardinalitätsverhältnisse sind dabei:

- 1:1 Beziehung

Jeder Entität e_1 der Entitätsmenge E_1 ist höchstens eine Entität e_2 der Entitätsmenge E_2 zugeordnet und umgekehrt. Dabei können sowohl die Menge E_1 , als auch die Menge E_2 Entitäten e_i enthalten, die mit keinem Partner in E_2 bzw. E_1 in Verbindung stehen.

Beispiel: Die Beziehung zwischen den Entitätsmengen „Auto“ und „Motor“ zeigt das als sehr einfaches und einprägsames Beispiel. Jedes Auto hat genau einen Motor und jeder Motor ist in genau einem Auto eingebaut.

- 1:n Beziehung

Jeder Entität e_1 der Entitätsmenge E_1 sind beliebig viele (also mehrere oder auch keine) Entitäten e_2 der Entitätsmenge E_2 zugeordnet. Jede Entität e_2 aus E_2 darf aber maximal mit einer Entität e_1 aus E_1 in Verbindung stehen.

Beispiel: Die Beziehung zwischen den Entitätsmengen „Hersteller“ und „Krantyp“. Jeder Hersteller stellt n verschiedene Krantypen her. Jeder Kran hat aber genau einen Hersteller.

- m:n Beziehung

Es gelten keine Einschränkungen. Jeder Entität e_1 der Entitätsmenge E_1 sind beliebig viele Entitäten e_2 der Entitätsmenge E_2 zugeordnet und umgekehrt.

Beispiel: Die Beziehung zwischen den Entitätsmengen „Baugruppe“ und „Bauteil“ aus Abbildung 5-8a. Jede Baugruppe besteht aus mehreren (m) Bauteilen. Jedes Bauteil kann aber auch Mitglied in mehreren (n) Baugruppen sein. Die Information, wie viele Bauteile eines Typs in einer Baugruppe enthalten sind, lässt sich in Abbildung 5-8a nicht hinterlegen: Das Attribut „Anzahl“ gehört weder zur Entität Baugruppe noch zu Bauteil. Die Beziehung darf in dieser Notation keine Attribute enthalten. Die Information „Anzahl“ wird durch die m:n Beziehung verborgen. Um die Anzahl trotzdem hinterlegen zu können, muss die m:n Beziehung deshalb in zwei 1:n Beziehungen aufgelöst werden (s. Abbildung 5-8b). Die zusätzliche Entität „besteht aus“ kann das Attribut „Anzahl“ aufnehmen [Spe-01].

Abbildung 5-9a stellt die Kardinalitätsverhältnisse einer binären Beziehung grafisch dar. Die Ovale stehen dabei für die Entitätsmengen E_1 und E_2 , die Quadrate für die einzelnen Entitäten. Abbildung 5-9b zeigt die Notation des ER-Modells nach Chen. Das Kardinalitätsverhältnis wird zwischen der Raute und den Entitäten der Beziehung angegeben. In der Oraclenotation wird die n -Seite der Beziehung mit einem „Krähenfuß“ gekennzeichnet (s. Abbildung 5-8c).

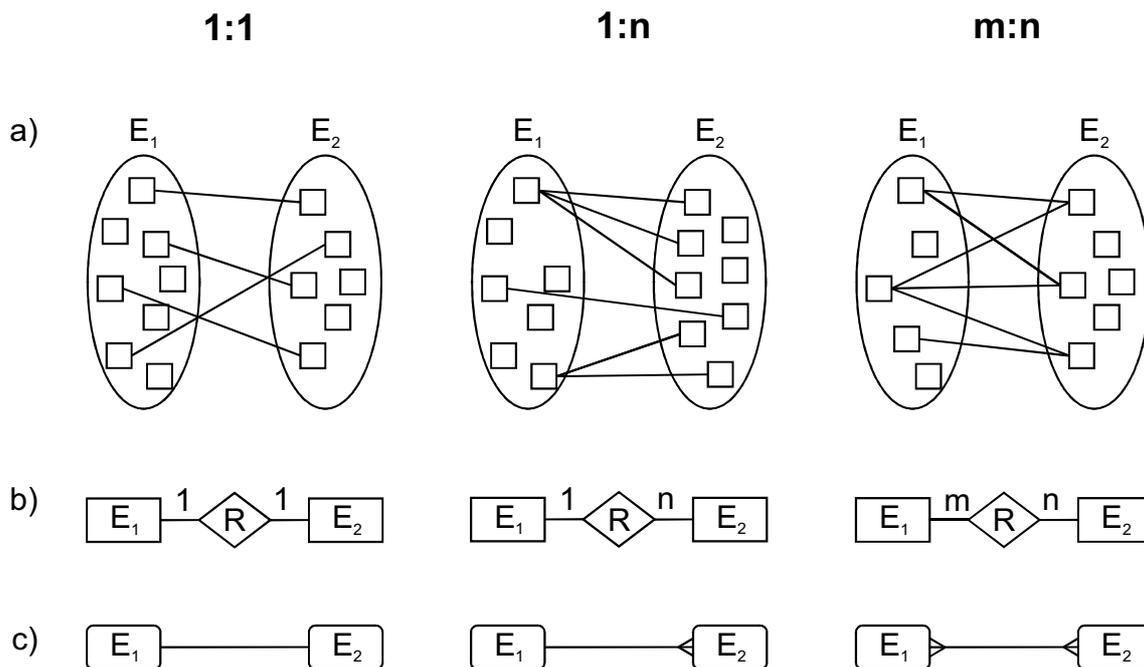


Abbildung 5-9: Kardinalität einer binären Beziehung [Kem-04]

Neben der Kardinalität werden Beziehungen dadurch charakterisiert, ob sie erforderlich oder optional sind. Wenn eine Entität e_1 der Entitätsmenge E_1 über eine Zuordnung zu einer oder mehreren Entitäten e_2 der Entitätsmenge E_2 verfügen muss, ist die Beziehung erforderlich. Die Beziehung ist optional, wenn jede Entität e_1 der Entitätsmenge E_1 alleine stehen kann [Loc-98]. Das ER-Modell nach Chen kann die Optionalität einer Beziehung nicht darstellen. Das Krähenfußmodell kennzeichnet erforderliche Beziehungen durch eine durchgezogene und optionale Beziehungen durch eine gestrichelte Linie. Diese Unterscheidung wird für jede Seite der Beziehung getrennt dargestellt. Abbildung 5-10 zeigt die möglichen Varianten und ihre graphische Darstellung im Oracle-ER-Modell am Beispiel einer 1:n Beziehung [Spe-01].

- a) Auf beiden Seiten erforderlich.
- b) Auf der 1-Seite obligatorisch, auf der n-Seite erforderlich.
- c) Auf der 1-Seite erforderlich, auf der n-Seite obligatorisch.
- d) Auf beiden Seiten obligatorisch.

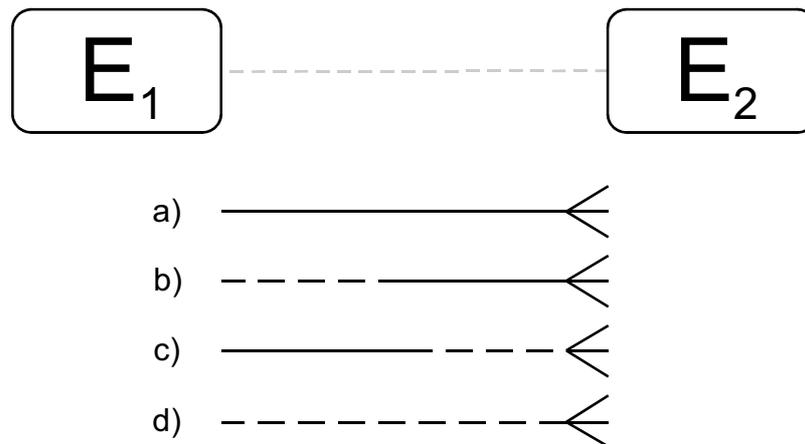


Abbildung 5-10: Optionalität einer binären 1:n Beziehung

5.6.3 Einteilung von Entitätstypen

Entitätstypen werden durch ein oder mehrere Schlüsselattribute identifiziert. Je nach Zusammensetzung des Schlüssels unterscheidet man zwischen starken und schwachen Entitätstypen.

Die Entitäten einer starken Entitätsmenge sind über ihre eigenen Schlüsselattribute eindeutig identifizierbar. Für die Mitglieder einer schwachen Entitätsmenge gilt das nicht. Um sie zu identifizieren, ist zusätzlich das Schlüsselattribut einer Entität aus einer anderen Entitätsmenge erforderlich, mit der die schwache Entität in Beziehung steht. Da die Existenz der schwachen Entität damit von der starken Entität abhängt, ist die Beziehung auf der Seite der schwachen Entität immer erforderlich. Man bezeichnet den starken Entitätstyp auch als übergeordnet und den schwachen als untergeordnet. Die Beziehung zwischen über- und untergeordneter Entität hat eine 1:1 oder 1:n Kardinalität. Im ER-Diagramm nach Chen wird eine schwache Entität durch doppelte Umrandung gekennzeichnet (s. Abbildung 5-11a). Zusätzlich erfolgt auch die Darstellung der Beziehung und die Verbindung zwischen Beziehung und Entität als Doppellinie [Elm-02][Kem-04]. Das ER-Diagramm nach Oracle stellt eine schwache Entität durch einen Querstrich in der Beziehungslinie bei der untergeordneten Entität dar (s. Abbildung 5-11b) [Spe-01].

Am besten lässt sich der Unterschied am Beispiel der Entitätstypen „Kunde“ und „Mietauftrag“ bei der Kranvermietung erläutern (s. Abbildung 5-11). Der Kunde ist

durch das Schlüsselattribut „Kundennummer“ eindeutig identifizierbar. Ein Mietauftrag hat als Schlüsselattribut den Eingangszeitpunkt. Dieses Schlüsselattribut genügt nicht, um einen Mietauftrag eindeutig zu identifizieren, da theoretisch mehrere Kunden zur selben Zeit einen Auftrag erteilen könnten. Erst durch die Beziehung zu einem Kunden mit einer eindeutigen Kundennummer, also durch die beiden Schlüsselattribute Kundennummer und Zeitpunkt zusammen, ist der Mietauftrag eindeutig bestimmt.

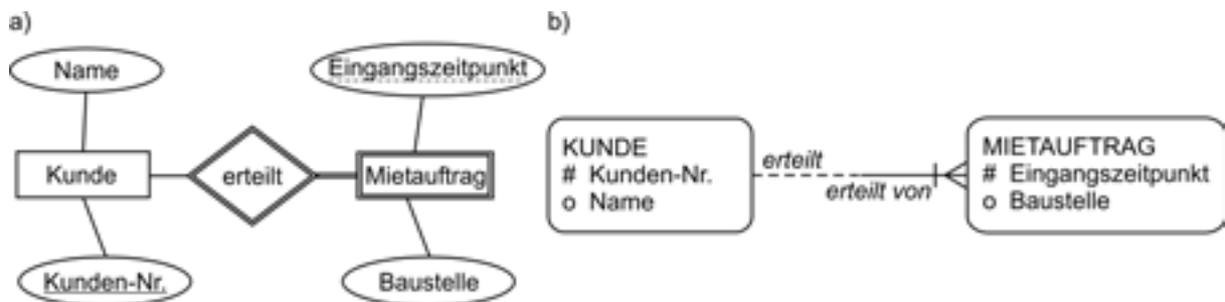


Abbildung 5-11: Schwache Entitätstypen

5.7 Das relationale Modell

Das relationale Modell wurde 1970 vom IBM Mitarbeiter E. F. Codd (Edgar F. "Ted" Codd) vorgestellt und erregte wegen seiner Einfachheit und leicht verständlichen Darstellungsform sofort große Aufmerksamkeit. Alle Objekte der realen Welt und alle Beziehungen zwischen diesen Objekten bildet das Modell in Relationen ab. Eine Relation kann man sich als zweidimensionale Tabelle vorstellen [Elm-02]. Für jedes Objekt und jede Beziehung existieren im Modell eigene Tabellen, die über Operatoren mengenorientiert verknüpft sind. Die einfache Struktur ist der Grund für den großen Erfolg des relationalen Modells, das seit seiner Vorstellung von vielen DBMS verwendet wird und heute alle anderen Modelle vom Markt verdrängt hat [Kem-04].

5.7.1 Grundkonzept

DBMS, die mit dem relationalen Modell arbeiten, bezeichnen die Relationen als Tabellen. Abbildung 5-12 zeigt die Ausprägung einer Relation, also eine mit Daten gefüllte Tabelle.

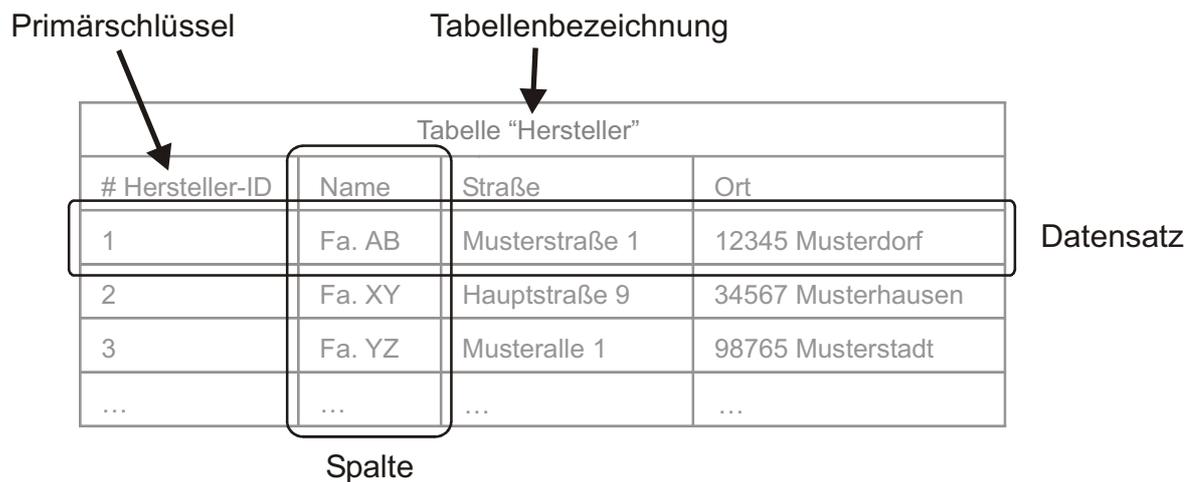


Abbildung 5-12: Schema einer Tabelle (Relation)

Jede Tabelle muss im relationalen Datenbankmodell durch eine Tabellenbezeichnung eindeutig identifizierbar sein. Spalten der Tabellen werden als Attribute bezeichnet. Dabei muss jedes Attribut innerhalb einer Tabelle eindeutig benannt sein. Zwei verschiedene Tabellen dürfen Spalten mit demselben Namen besitzen. Jede Zeile einer Tabelle stellt einen Datensatz dar, d.h. jede Zeile beschreibt eine Entität oder Beziehung der realen Welt. Um jede Zeile eindeutig identifizieren zu können, wird das Attribut Hersteller-ID als Schlüsselattribut gewählt und mit dem #-Zeichen gekennzeichnet. Dieses Schlüsselattribut wird im relationalen Modell als Primärschlüssel bezeichnet [Elm-02][Kem-04]. Jeder Wert des Primärschlüssels darf in der Tabelle nur einmal vorkommen.

Codd hat in seiner Definition des relationalen Modells zusätzlich folgende Forderungen für eine Tabelle aufgestellt [Cod-90]:

- Die Reihenfolge der Spalten in einer Tabelle ist beliebig.
- Die Reihenfolge der einzelnen Datensätze innerhalb einer Tabelle ist belanglos.
- Die Anzahl der Zeilen einer Tabelle ist nicht beschränkt.

5.7.2 Umsetzung des ER-Modells in ein relationales Modell

Das Entity-Relationship-Modell unterscheidet zwischen Entitäten und Beziehungen. Das relationale Datenbankmodell dagegen kennt nur Relationen. Es werden also sowohl die Beziehungen als auch die Entitäten in Relationen (Tabellen) umgewandelt. Dabei geht man nach folgenden Abbildungsregeln vor [Elm-02][Kem-04]:

5.7.2.1 Relationale Darstellung von Entitätstypen

Jede Entitätsmenge wird in einer eigenen Tabelle abgebildet. Das Schlüsselattribut der Entitätsmenge wird zum Primärschlüssel der Tabelle. Die übrigen Attribute der Entitätsmenge erscheinen als Spalten der Tabelle.

5.7.2.2 Relationale Darstellung von Beziehungen

Jede Beziehung wird im ersten Entwurf des relationalen Modells als eigene Tabelle abgebildet. Die Beziehung „besteht aus“ zwischen den Entitätsmengen „Baugruppe“ und „Bauteil“ (s. Abbildung 5-7) wird nach dieser Definition in eine Relation abgebildet. Diese Relation stellt eine Zuordnung zwischen den Datensätzen der Tabellen „Baugruppe“ und „Bauteil“ her, indem sie die Primärschlüsselwerte der einzelnen Bauteile und Baugruppen enthält. Tabellenspalten, die Schlüsselattribute anderer Tabellen referenzieren, nennt man Fremdschlüssel.

Um die Schlüsselwerte einer Tabelle schnell zu erkennen, sollten bei der Namensvergabe der Attribute einige Konventionen beachtet werden: Primärschlüssel erhalten das Suffix ID. In der Tabelle sind sie zusätzlich mit einem #-Zeichen gekennzeichnet. Fremdschlüsselwerte bekommen die Bezeichnung des Primärschlüssels mit dem Präfix FS.

5.7.2.3 Schemaverfeinerung

Der erste Entwurf eines relationalen Datenmodells bildet alle Beziehungen in Relationen ab. Im zweiten Schritt können einige dieser Relationen durch Vereinfachung wieder eliminiert werden. Eine solche Vereinfachung ist nur für Relationen möglich, die aus einer 1:n oder einer 1:1 Beziehung hervorgehen. In beiden Fällen kann auf eine eigene Beziehungstabelle verzichtet werden.

Bei einer 1:n Beziehung wird die n-Seite um einen Fremdschlüsselwert ergänzt, der den entsprechenden Wert der 1-Seite referenziert. In der 1:n Beziehung zwischen Hersteller und Kran (s. Abbildung 5-13a) kann jeder Kran nur einen Hersteller haben. Deshalb kann man die Information über den Hersteller (1-Seite) mit in der Tabelle Kran (n-Seite) hinterlegen und so auf eine eigene Tabelle für die Beziehung verzichten. Der Primärschlüssel des Herstellers wird in einer zusätzlichen Spalte der Tabelle Kran als Fremdschlüssel hinterlegt (s. Abbildung 5-13b).

Die Abbildung einer 1:1 Beziehung erfolgt analog. Da hier keine n-Seite existiert, ist es theoretisch ohne Bedeutung, auf welcher Seite der Fremdschlüssel ergänzt wird. Falls die Beziehung auf einer Seite obligatorisch und auf einer erforderlich ist, fügt man den Fremdschlüssel auf der erforderlichen Seite ein, um leere Fremdschlüsselfelder möglichst zu vermeiden.

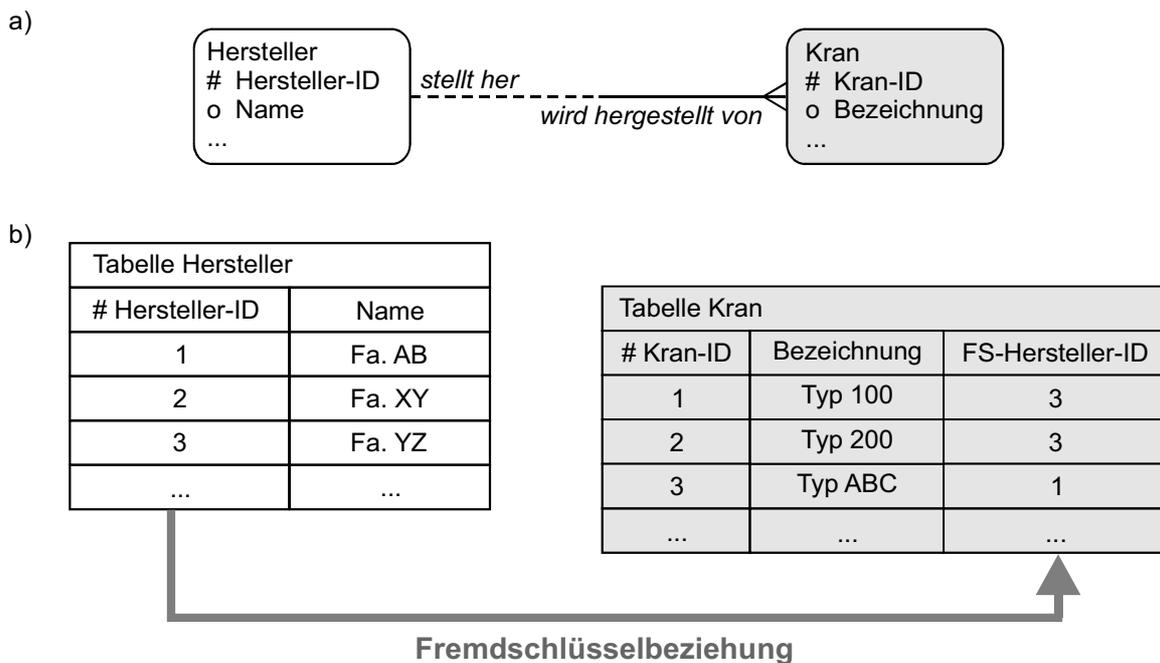


Abbildung 5-13: Abbildung einer 1:n Beziehung

Eine m:n Beziehung wird im relationalen Modell als eigenständige Tabelle abgebildet. Eine Vereinfachung ist in diesem Fall nicht möglich. Die Beziehungstabelle enthält zwei Fremdschlüsselspalten und stellt damit eine Beziehung zwischen den referenzierten Datensätzen der Entitätsmengen her. Weitere Attribute der Beziehung erscheinen als Spalten der Beziehungstabelle. Die m:n Beziehung wird dadurch in

zwei 1:n Beziehungen aufgelöst. Dieser Vorgang kann bereits im Oracle-ER-Modell durchgeführt werden, um Attribute einer Beziehung abzubilden (s. Abbildung 5-8).

Das Beispiel in Abbildung 5-14 zeigt den Übergang vom ER-Modell (a) zum relationalen Modell (b) einer m:n Beziehung. Die Beziehungstabelle „besteht aus“ enthält je einen Fremdschlüssel für eine Baugruppe und ein Bauteil. Das zusätzliche Attribut „Anzahl“ der Beziehung wird als Spalte der Beziehungstabelle realisiert. Die Beziehungstabelle kann einen aus den beiden Fremdschlüsseln bestehenden Primärschlüssel enthalten. Damit kann man erreichen, dass jede Baugruppen/Bauteilkombination nur einmal möglich ist.

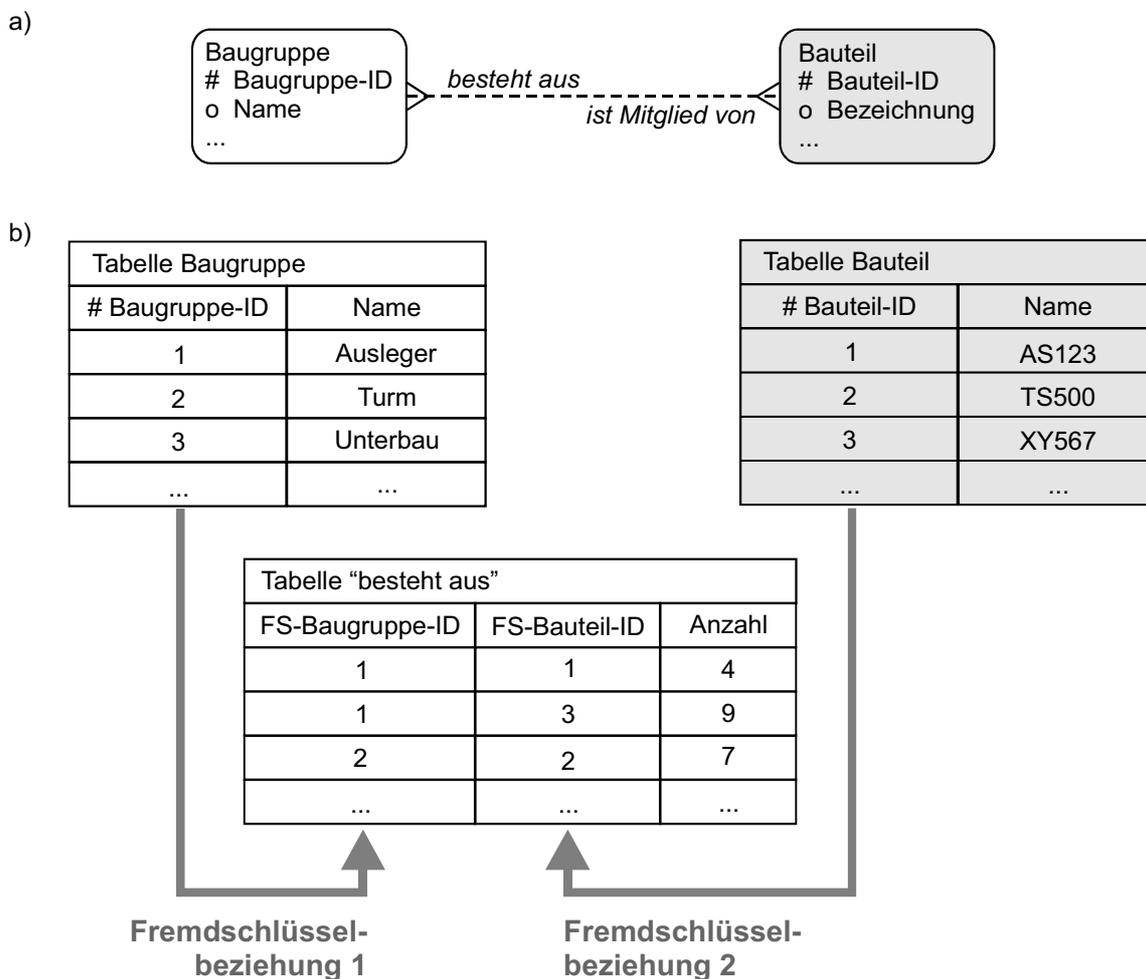


Abbildung 5-14: Abbildung einer m:n Beziehung

Die Abbildung einer 1:n Beziehung zwischen einer schwachen und einer starken Entität erfolgt analog zu einer nicht identifizierenden 1:n Beziehung. Das Fremd-

schlüsselattribut auf der n-Seite der Beziehung ist hier gleichzeitig Teil des Primärschlüssels der n-Seite. Abbildung 5-15a zeigt die identifizierende 1:n Beziehung zwischen Kunde und Mietauftrag (vgl. 5.6.3). Im relationalen Modell (Abbildung 5-15b) besteht der Primärschlüssel der Tabelle Mietauftrag aus dem Eingangszeitpunkt und dem Fremdschlüssel Kundennummer. Damit ist jedes Mietangebot eindeutig identifiziert.

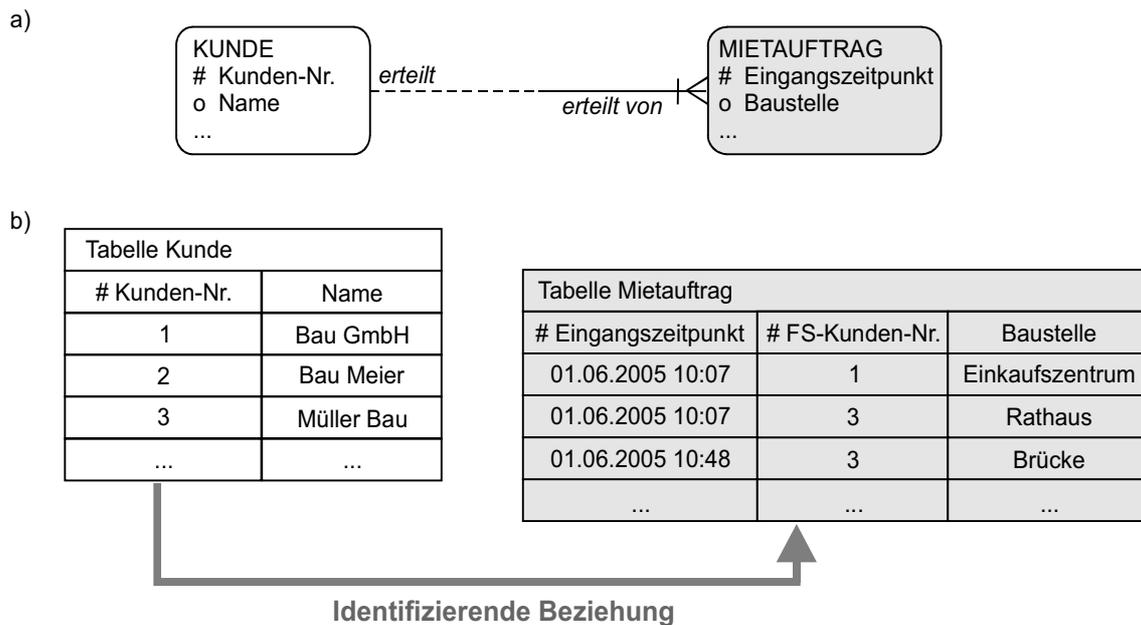


Abbildung 5-15: Abbildung einer identifizierenden 1:n Beziehung

5.7.3 Entitätsintegrität und referenzielle Integrität

Entitätsintegrität und referenzielle Integrität sind Eigenschaften, die zum sicheren Betrieb einer Datenbank unbedingt erforderlich sind. Es ist die Aufgabe des DBMS, die strikte Einhaltung beider Grundregeln zu gewährleisten.

Entitätsintegrität bedeutet, dass jeder Primärschlüssel einer Tabelle einen eindeutigen Wert besitzt. Da die Datensätze über ihren Primärschlüssel identifiziert werden, darf dieser nie den Wert NULL⁵ annehmen. Das würde bedeuten, dass der Daten-

⁵ „NULL“ steht hier nicht für die Zahl Null, sondern bedeutet, dass dem Feld noch kein Wert zugewiesen wurde, es also leer ist.

satz nicht identifizierbar und nicht von anderen Datensätzen mit dem Wert NULL zu unterscheiden wäre.

Die referentielle Integrität überwacht die Fremdschlüsselbeziehungen zwischen den Tabellen auf Konsistenz, d.h. dass ein Primärschlüsselwert, der als Fremdschlüssel in einer anderen Tabelle referenziert wird, auch existieren muss. Um diese Vorgaben zu erfüllen, darf das DBMS das Eintragen eines Fremdschlüssels nur dann zulassen, wenn der Wert in der Primärschlüsselspalte der referenzierten Tabelle auch vorhanden ist. Umgekehrt darf es einen Datensatz nur dann löschen, wenn dessen Primärschlüssel nicht von anderen Datensätzen referenziert wird.

5.7.4 Funktionale Abhängigkeiten und Normalisierung

Objekte und Beziehungen aus der realen Welt können auf vielfältige Art in ein relationales Datenbankschema abgebildet werden. Um mit einem Datenmodell sinnvoll arbeiten zu können, muss es den Regeln der Normalisierung entsprechen. Unter Normalisieren versteht man das systematische Untersuchen und Überprüfen der Datenablage in den Tabellen auf Redundanzen und Anomalien sowie auf eine richtige Beschreibung der Realität. Bei der Normalisierung unterscheidet man verschiedene Stufen, die als Normalformen (NF) bezeichnet und aufsteigend nummeriert werden (erste bis fünfte NF). Normalform bedeutet hier eine vereinfachte bzw. natürlicher gemachte Form der Datenhaltung. Für die Datenbankpraxis wendet man die Normalisierung bis zur dritten Stufe an, d.h. eine Tabelle ist in der dritten Normalform ausreichend normalisiert. Eine vollständige Normalisierung der Tabellen kann durch Fortsetzung der Normalisierung zur vierten oder fünften NF erreicht werden, die für die Praxis aber nicht von Bedeutung sind [Mei-04][Moo-97].

Wurde ein korrektes ER-Modell für die Datenbank erstellt, sind die Tabellen in der Regel bereits ausreichend normalisiert. Aber auch ein sorgfältig erstelltes ER-Modell kann noch redundante Informationen und daraus resultierende Anomalien enthalten, die sich mit den Regeln der Normalisierung analysieren und beseitigen lassen. Man unterscheidet dabei drei verschiedene Anomalien: Update-, Einfüge- und Löschanomalie. Tabelle 5-3 zeigt einen schlechten Entwurf für die Kundentabelle eines Kranherstellers. Um eine Kranbezeichnung zu ändern, müsste man, da die Bezeich-

nungen mehrmals abgelegt sind, alle Datensätze durchsuchen und die Bezeichnung mehrmals korrigieren. Bleibt dabei eine Bezeichnung auf dem alten Stand, kommt es zu einer Updateanomalie, d.h. der Kran ist mit unterschiedlichen Bezeichnungen erfasst. Von einer Einfügeanomalie spricht man z.B., wenn man einen neuen Krantyp eintragen will, der noch keinem Kunden zugeordnet ist. Die Felder mit den Kundendaten müssten dann leer bleiben, also mit einem NULL-Wert belegt werden. Das Löschen eines Krantyps kann zum unbeabsichtigten Verlust der Kundendaten und damit zu einer Löschanomalie führen, wenn der Kunde nicht mit weiteren Kranen in der Tabelle vertreten ist und der ganze Datendatensatz gelöscht wird [Cod-90][Kem-04][Mei-04].

Tabelle Kunde		
# KD	Kunde	Kran (KR, Typ, BA, Bauart)
1	Meier	{1, Typ 100, 1, Schnellaufsteller}, {2, Typ 200, 2, Wippausleger}
2	Müller	{3, Typ 300, 3, Katzausleger}, {4, Typ 400, 1, Schnellaufsteller}
...

Tabelle 5-3: Nicht normalisierte Tabelle

Die Normalisierung der Daten soll helfen solche Anomalien zu vermeiden. Im Folgenden werden die erste (1NF), die zweite (2NF) und die dritte Normalform (3NF) erläutert, die von Codd 1972 vorgeschlagen wurden [Cod-90][Elm-02].

Die erste Normalform setzt voraus, dass alle Attribute atomar sind. Die Spalte Kran in Tabelle 5-3 enthält aber mehrere Einträge, die zusätzlich aus mehreren Attributen zusammengesetzt sind, widerspricht also den Forderungen der 1NF. Um die Tabelle in die 1NF zu überführen, genügt es, in der Tabelle für jedes Attribut eine eigene Spalte einzufügen und für jeden Krantyp einen eigenen Datensatz in der Tabelle anzulegen (s. Tabelle 5-4). Als Primärschlüssel wird eine Kombination aus Kundennummer (KD) und Krannummer (KR) gewählt. Damit sind die Attribute nicht weiter zerlegbar, es entstehen aber zusätzliche Redundanzen [Kem-04]. Der Grund für diese Redundanzen ist, dass die Nichtschlüsselattribute der Tabelle nicht vom kompletten Primärschlüssel, sondern bereits von Teilen des Schlüssels funktional abhängig sind. Die Kundenbezeichnung ist funktional von der Kundennummer (KD), Krantyp und Bauart dagegen von der Krannummer (KR) abhängig. Funktional ab-

hängig bedeutet, die Kundennummer identifiziert einen Kunden eindeutig. Umgekehrt gilt das nicht, da auch mehrere Kunden den gleichen Namen haben können.

Tabelle Kunde					
# KD	# KR	Kunde	Typ	BA	Bauart
1	1	Meier	Typ 100	1	Schnellaufsteller
1	2	Meier	Typ 200	2	Wippausleger
2	3	Müller	Typ 300	3	Katzausleger
2	4	Müller	Typ 400	1	Schnellaufsteller
...

Tabelle 5-4: Tabelle in erster Normalform

Die zweite Normalform schreibt vor, dass alle Nichtschlüsselattribute vom kompletten Schlüsselattribut abhängig sein müssen, d.h. sie müssen vom Schlüsselattribut voll funktional abhängig sein. Um die Beispieldaten in die 2NF zu bringen, ist eine Aufteilung in zwei Tabellen Kunde und Kran erforderlich (s. Tabelle 5-5). Die Redundanzen verschwinden, die Tabelle Kunde enthält nur noch zwei Datensätze. Die neue Tabelle Kran erhält einen Fremdschlüssel Kunde (FS-KD), um die Beziehung zwischen Kunde und Kran nicht zu verlieren.

Tabelle Kunde		Tabelle Kran				
# KD	Kunde	# KR	Typ	BA	Bauart	FS-KD
1	Meier	1	Typ 100	1	Schnellaufsteller	1
2	Müller	2	Typ 200	2	Wippausleger	1
...	...	3	Typ 300	3	Katzausleger	2
		4	Typ 400	1	Schnellaufsteller	2
	

Tabelle 5-5: Daten in zweiter Normalform: Aufteilung in zwei Teiltabellen

Damit befinden sich die Daten in der 2NF, da in beiden Tabellen alle Nichtschlüsselattribute vom gesamten Primärschlüssel und nicht von Teilen abhängen. Daraus

folgt, dass sich eine Tabelle mit einem nicht zusammengesetzten, skalaren Schlüssel in der zweiten Normalform befindet.

Aber auch Daten in der 2NF sind noch nicht vor Anomalien geschützt. Die Bauartbezeichnung in der Tabelle Krane enthält noch Redundanzen, die sich durch die dritte Normalform beseitigen lassen. Eine Tabelle befindet sich in der 3NF, wenn sie der 2NF entspricht und kein Nichtschlüsselattribut transitiv vom Schlüssel abhängig ist [Moo-97].

Transitiv abhängig bedeutet: Wenn A der Primärschlüssel in einer Tabelle ist, B und C zwei weitere Spalten der Tabelle darstellen und A, B und C disjunkt⁶ sind, heißt C transitiv (indirekt) abhängig von A, wenn gilt [Gab-95][Mei-04]:

- B ist funktional abhängig von A
- C ist funktional abhängig von B
- A ist nicht funktional abhängig von B

In der Tabelle Krane (Tabelle 5-5) ist die Bauartnummer (BA) funktional abhängig von der Krannummer (KR), die Bauartbezeichnung (Bauart) funktional abhängig von der Bauartnummer (BA) und die Krannummer (KR) nicht funktional abhängig von der Bauartnummer (BA). Damit ist die Bauartbezeichnung (Bauart) transitiv von der Krannummer (KR) abhängig und die Tabelle verstößt gegen die 3NF. Um die Tabelle dennoch in die 3NF zu überführen, muss sie erneut zerlegt werden (s. Tabelle 5-6). Es entsteht eine zusätzliche Tabelle Bauart. Die Bauartnummer (BA) wird als Fremdschlüssel in die Tabelle Kran eingefügt. Damit liegen die Daten in der dritten Normalform vor.

Bei den Datenbanken des Turmdrehkran-Einsatzplaners wurde die dritte Normalform konsequent eingehalten. Die Einhaltung der 3NF ermöglicht eine einfache spätere Erweiterung der Datenbank um zusätzliche Tabellen und Verknüpfungen mit den vorhandenen Daten durch Hinzufügen weiterer Fremdschlüsselspalten, ohne dass weitere Änderungen an den vorhandenen Daten erforderlich werden. Der TEP könnte so z.B. um eine Bauteildispositon für kleine Kranverleiher erweitert werden.

⁶ Zwei Mengen heißen disjunkt, wenn sie kein gemeinsames Element besitzen.

Tabelle Kunde		Tabelle Kran				Tabelle Bauart	
# KD	Kunde	# KR	Typ	FS-BA	FS-KD	# BA	Bauart
1	Meier	1	Typ 100	1	1	1	Schnellaufsteller
2	Müller	2	Typ 200	2	1	2	Wippausleger
...	...	3	Typ 300	3	2	3	Katzausleger
		4	Typ 400	1	2
				

Tabelle 5-6: Daten in dritter Normalform: Aufteilung in drei Teiltabellen

5.7.5 SQL und relationale Operationen

Jeder Zugriff auf eine relationale Datenbank, ob er über direkte Eingabe der Befehle oder ein Anwendungsprogramm erfolgt, basiert auf der Structured Query Language (SQL). Mit SQL hat sich eine internationale ANSI/ISO Standardsprache für relationale Datenbanken gebildet. In der Praxis hat jeder Hersteller von DBMS in seinen Produkten zwar zusätzliche eigene Befehle ergänzt, wenn sich die Anwender aber auf die genormten Befehle beschränken, ist ein Wechsel zu einem anderen DBMS relativ einfach möglich. SQL ist sowohl Data Definition Language (DDL) als auch Data Manipulation Language (DML), d.h. mit SQL werden die Tabellen der Datenbank erstellt, Daten eingefügt, verändert, abgefragt und gelöscht.

Eine wichtige Aufgabe ist das Abfragen der gespeicherten Informationen aus der Datenbank. Um die Daten aus den normalisierten Tabellen wieder so zusammenzufügen, wie sie vom Anwender gewünscht werden, sind umfangreiche Mengenoperationen erforderlich. SQL übernimmt diese Operationen für den Benutzer, der nur noch festlegen muss, in welcher Reihenfolge SQL die Operationen ausführen soll. Das folgende Kapitel soll einen kurzen Überblick über die wichtigsten relationalen Funktionen bieten [Dat-86][Kem-04][Mat-97]. Auf die Erläuterung der zugehörigen SQL-Befehle wird verzichtet, da sie für das Verständnis der weiteren Kapitel nicht erforderlich sind. Eine ausführliche Beschreibung der Befehle findet sich in [Kor-91] und [Mat-97].

- Selektion

Die Selektion wählt Datensätze aus einer Tabelle nach den angegebenen Bedingungen aus.

- Projektion

Die Projektion wählt Spalten aus einer Tabelle aus.

- Kartesisches Produkt (Kreuzprodukt)

Von einem Kreuzprodukt spricht man datenbankspezifisch, wenn alle möglichen Paarungen der Datensätze aus den Tabellen gebildet werden, d.h. besteht Tabelle 1 aus n und Tabelle 2 aus m Datensätzen, so enthält das Ergebnis $n \cdot m$ Paarungen. Da bei Abfragen aus über Fremdschlüsselbeziehungen verknüpften Tabellen die Schlüsselbeziehung beachtet werden muss, ist die Verwendung des Kreuzprodukts als Abfrageoperation nicht sinnvoll. Das Beispiel aus Abbildung 5-16 zeigt im Ergebnis des Kreuzproduktes aus den Tabellen Kunde und Kran nicht sinnvolle Paarungen (grau hinterlegt). Für einen solchen Anwendungsfall muss daher eine Joinoperation (s. unten) zur Anwendung kommen.

Kunde		×	Kran			=	Ergebnis							
KD	Name		KR	Typ	FS-KD		KD	Name	KR	Typ	FS-KD			
1	Meier		1	Typ 100	1		1	Meier	1	Typ 100	1			
2	Müller		2	Typ 500	3		1	Meier	2	Typ 500	3			
										2	Müller	1	Typ 100	1
										2	Müller	2	Typ 500	3

Abbildung 5-16: Kartesisches Produkt

- Join

Der Join ist wie das Kreuzprodukt ein Operator zur Verknüpfung mehrerer Tabellen. Wie beim Kreuzprodukt wird hier jeder Datensatz einer Tabelle mit jedem Datensatz der anderen Tabelle kombiniert. Es werden aber nur die Kombinationen zurückgegeben, die einer zusätzlichen Bedingung entsprechen. Als Bedingung bietet sich eine Fremdschlüsselbeziehung zwischen den Tabellen an. Ob-

wohl diese Beziehung dem DBMS bekannt ist, muss sie bei jeder Join-Operation explizit mit angegeben werden.

Je nachdem, wie die Join-Operation mit Datensätzen verfährt, die in der verknüpften Tabelle keinen Partner finden, unterscheidet man verschiedene Join-Operationen. Abbildung 5-17 zeigt dafür jeweils die an der Operation beteiligten Tabellen Kunde und Kran und das Ergebnis der Operation. Die Zusatzbedingung lautet hier, dass nur Datensätze der Tabellen Kunde und Kran verknüpft werden, deren Attribute Kundennummer (KD) bzw. Fremdschlüssel Kundennummer (FS-KD) denselben Wert besitzen.

Folgende Joinoperationen werden unterschieden:

- „Natürlicher“ oder „Innerer“ Join

Im Ergebnis erscheinen nur Datensätze, die einen Partner in der anderen Tabelle finden. Im Beispiel existiert in beiden Tabellen ein Datensatz, für den die Kundennummer bzw. der Fremdschlüssel Kundennummer den Wert 1 besitzt.

Sollen aber alle Datensätze einer Tabelle, auch ohne Partner, im Ergebnis erscheinen, muss ein „äußerer“ Join ausgeführt werden. Dabei unterscheidet man verschiedene Varianten:

- „Linker-äußerer“ Join

Im Ergebnis erscheinen alle Datensätze der linken Tabelle (Kunde). Existiert ein passender Datensatz in der rechten Tabelle (Kran), wird er mit angezeigt, ansonsten bleiben die Spalten der rechten Tabelle im Ergebnis leer.

- „Rechter-äußerer“ Join

Im Ergebnis erscheinen alle Datensätze der rechten Tabelle (Kran). Existiert ein passender Datensatz in der linken Tabelle (Kunde), wird er mit angezeigt, ansonsten bleiben die Spalten der linken Tabelle im Ergebnis leer.

- „Vollständiger“ oder „Äußerer“ Join

Das Ergebnis enthält alle Datensätze beider Tabellen. Existiert ein passender Datensatz in der jeweils anderen Tabelle, wird er mit angezeigt, ansonsten bleiben die entsprechenden Spalten im Ergebnis leer.

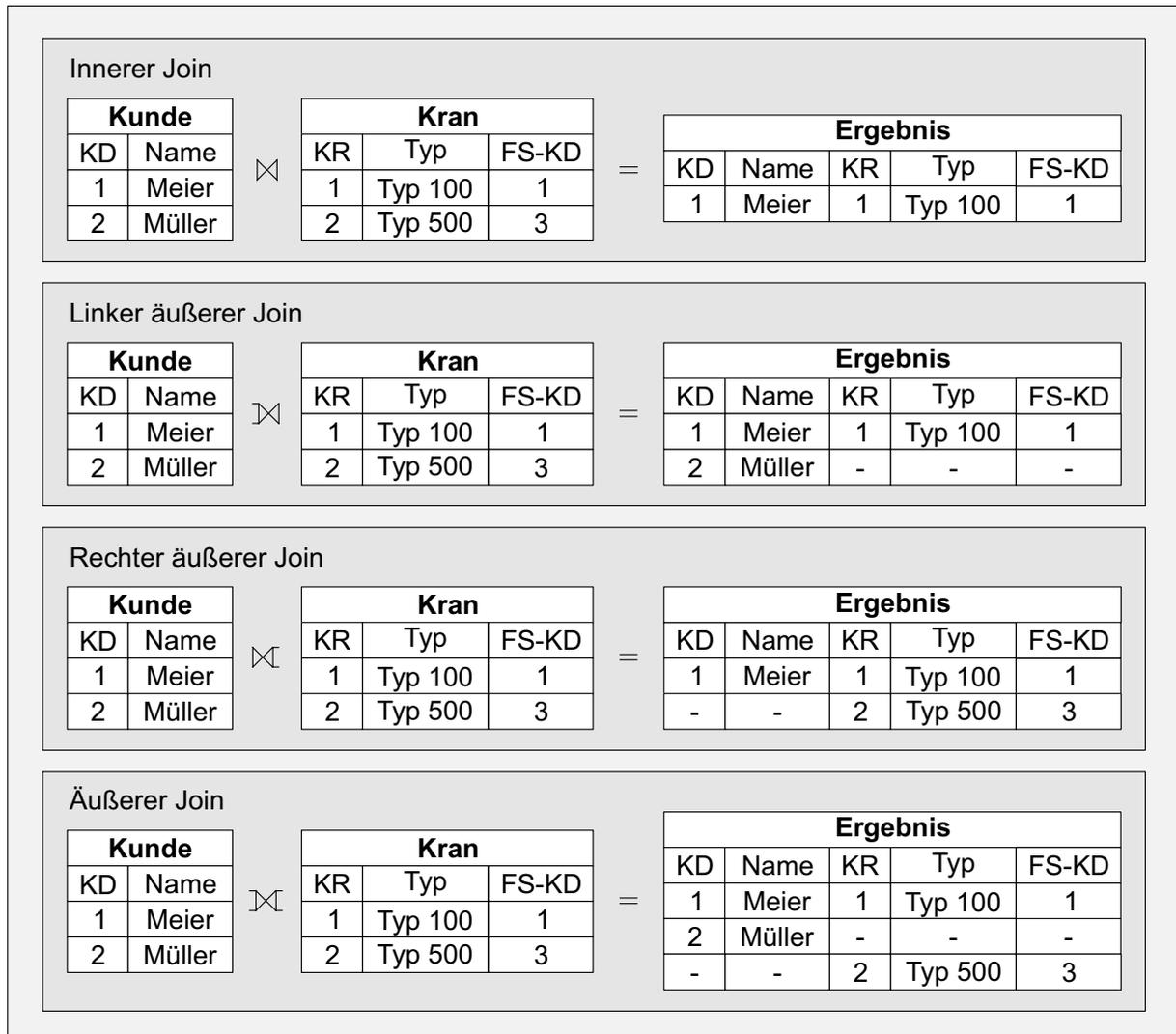


Abbildung 5-17: Übersicht Joinoperationen

5.8 Architektur von Datenbankmanagementsystemen

Datenbankmanagementsysteme werden in Desktop- und Client-/Serversysteme unterschieden (s. Abbildung 5-18). Bei einem Desktopsystem wie z.B. Microsoft Access befinden sich die Datenbank, das Datenbankmanagementsystem und die Datenbankanwendung auf dem Rechner des Anwenders.

Bei Client-/Serversystemen läuft das Datenbanksystem auf einem eigenen Server, der exklusiven Zugriff auf die Datenbank besitzt und auch als SQL-Server bezeichnet wird. Die Anwendungsprogramme befinden sich auf den Clientrechnern und beziehen ihre Daten vom DBMS des Servers. Typische Client-/Serversysteme sind die Oracle Datenbank, der Microsoft SQL-Server, aber auch Sharewareprodukte wie z.B. MySQL.

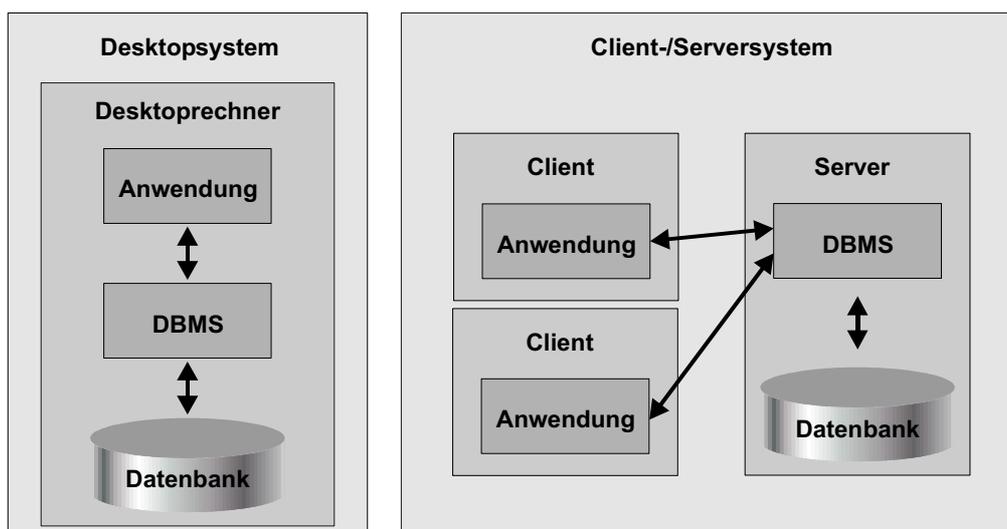


Abbildung 5-18: Vergleich Desktop- und Client-/Server-DBMS

Desktopsysteme sind für kleinere Datenbankanwendungen mit geringen Datenmengen gut geeignet. Sie stellen relativ geringe Anforderungen an die Hardware, bieten aber keine oder nur eingeschränkte Möglichkeiten zu Mehrbenutzerbetrieb und Sicherheitseinstellungen wie unterschiedliche Rechte für verschiedene Benutzer. Desktopsysteme wie Access, das als Teil des Microsoft-Office-Pakets sehr weit verbreitet ist, verwalten die Daten in vielen kleinen und mittleren Unternehmen.

Kommt es darauf an große Datenmengen schnell und zuverlässig zu verarbeiten, sind SQL-Server von Oracle und Microsoft unverzichtbar, was sich aber auch in den Lizenzkosten dieser Produkte niederschlägt. Gerade Branchen, in denen schon ein wenige Minuten dauernder Ausfall Millionenschäden bedeuten würde, etwa Banken, setzen sie ein.

Allerdings lässt sich die Datenbankenwelt nicht scharf in Desktop- und Client/Server-Systeme trennen: Auch ein Datenbankmanagementsystem, das wie Access eigentlich eher eine Desktop-Datenbank ist, wird in Client/Server-Anwendungen als Server-System angewandt. Gleichzeitig kann ein auf dem lokalen PC installiertes Access in einem Client/Server-System einen SQL-Server abfragen und damit die Rolle des Clients übernehmen [Bag-99].

6 Struktur der Turmdrehkran-Einsatzplaner Datenbanken

Kapitel 5 beschreibt maßgebliche Datenbankgrundlagen, die für die Entwicklung eines Turmdrehkran-Einsatzplaners notwendig sind. In Kapitel 6 wird gezeigt, dass das relationale Modell auch für die Entwicklung des TEP das logische Datenmodell ist und welche Schritte zum Datenbankentwurf erforderlich sind. Nach einer Anforderungsanalyse wird unabhängig von einem Datenbankmanagementsystem ein Entity-Relationship-Modell entwickelt, aus dem in einem weiteren Schritt das relationale Datenbankmodell des DBMS erstellt wird. Dabei erfolgt aus Gründen der Vereinfachung keine Unterscheidung mehr zwischen Entitäten und Entitätstypen bzw. Beziehungen und Beziehungstypen. In der Beschreibung des Datenmodells werden Entitätstypen als Entitäten und Beziehungstypen als Beziehungen bezeichnet.

6.1 Anforderungsanalyse

Der TEP erfordert die Abbildung des Systems Turmdrehkran in eine Datenbank. Dabei sollen die verschiedenen Rüstzustände der Krane hinterlegt werden, d.h. die verschiedenen Montagevarianten, die sich aus der Kombination verschiedener Unterbauten mit unterschiedlichen Turmhöhen und verschiedenen Auslegerlängen ergeben. Neben den Informationen, welche Bauteile dazu in welcher Reihenfolge erforderlich sind, sollen auch die zugehörigen technischen Daten, wie Abmessungen, erforderliche Ballastierung, Informationen über die Antriebe oder Lagerkräfte für die Bodenbelastung hinterlegbar sein. Eine ausführliche Beschreibung des komplexen Systems Turmdrehkran liefert Kapitel 2.

Neben den technischen Informationen muss das zu entwickelnde Datenmodell auch in der Lage sein Informationen für die anderen Komponenten der späteren Anwendung zu hinterlegen. So sind für die Kranvermietung Informationen über alle relevanten Posten der Kraneinsatzkosten erforderlich, die als kommerzielle Daten bezeichnet werden. Außerdem müssen die Kunden- und Benutzerdaten zur Verfügung stehen. Die Daten der erstellten Vermietungsangebote sollen auch wieder in der Datenbank hinterlegbar sein. Das CAD-Tool benötigt zum Erzeugen der Kranzeichnungen

die technischen Daten über die Zusammensetzung der Krane und die genauen Abmessungen der Einzelbauteile. Um im 3D-CAD-Tool Kollisionskontrollen durchführen zu können, müssen die verwendeten Krane, ihre Rüstzustände und genauen Koordinaten auf der Baustelle bekannt sein und ebenfalls von einer Datenbank zur Verfügung gestellt werden.

Mit den Informationen über Turmdrehkrane (Kapitel 2) und den Anforderungen an den TEP (Kapitel 4) kann die Festlegung der Informations- und Datenverarbeitungsanforderungen, wie in Kapitel 5.5 gezeigt, beginnen.

6.1.1 Informationsanforderungen

Hier erfolgt die Definition der Objekte und Beziehungen für die Datenbanken des Turmdrehkran-Einsatzplaners in tabellarischer Form. Da alle Objekte und Beziehungen anschließend in der besser verständlichen Form des Entity-Relationship-Modells ausführlich behandelt und beschrieben werden, erfolgt die tabellarische Darstellung exemplarisch am Beispiel der beiden Objekte „Hersteller“ und „Bauteil“ sowie ihrer Beziehung.

Das Objekt Hersteller (s. Tabelle 6-1) enthält alle Informationen über den Kranhersteller, wie den genauen Firmennamen, die Adresse und die nötigen Kontaktinformationen. Alle Informationen werden in Variablen vom Typ „Text“ mit unterschiedlichen Feldlängen hinterlegt.

Das Objekt Bauteil (s. Tabelle 6-2) beschreibt die einzelnen Kranbauteile. Es enthält die genaue Typenbezeichnung, das Gewicht und die Abmessungen der Teile sowie eine Skizze und ein zusätzliches Attribut Bemerkung für ergänzenden Text. Je nach zu hinterlegenden Informationen sind die Datentypen „Text“, „Zahl“ oder „OLE-Objekt“⁷ gewählt.

⁷ Ein Attribut vom Typ OLE-Objekt kann eine Datei, wie z.B. eine Grafik, in der Datenbank hinterlegen.

Jedes Bauteil wird einem Hersteller zugeordnet, was durch die Beziehung „Hersteller stellt Bauteil her“ (s. Tabelle 6-3) beschrieben wird. Die Beziehung hat in diesem Fall keine eigenen Attribute.

Objektbezeichnung: „Hersteller“		
Attribut	Typ	Variablenlänge
Name	Text	100
Straße	Text	100
PLZ	Text	10
Ort	Text	100
Telefon	Text	30
Fax	Text	30
Mail	Text	50
www	Text	50

Tabelle 6-1: Objekt Hersteller

Objektbezeichnung: „Bauteil“		
Attribut	Typ	Variablenlänge
Bezeichnung intern	Text	100
Bezeichnung extern	Text	100
Anteil Hakenhöhe	Zahl	8
Gewicht	Zahl	8
Länge Kolliliste	Zahl	8
Breite Kolliliste	Zahl	8
Höhe Kolliliste	Zahl	8
Länge CAD	Zahl	8
Breite CAD	Zahl	8
Höhe CAD	Zahl	8
Bemerkung	Text	2000
Skizze	OLE-Objekt	-

Tabelle 6-2: Objekt Bauteil

Beziehungsbezeichnung: „stellt her“	
Objekt 1	Hersteller
Objekt 2	Bauteil

Tabelle 6-3: Beziehungsbeschreibung

Der Turmdrehkran-Einsatzplaner verfügt über mehrere verschiedene Datenbanken, die die Informationen aus den unterschiedlichen Teilbereiche (s. Abbildung 6-1) getrennt voneinander ablegen, um die Daten später separat aktualisieren zu können und jedem Anwender nur die Datenmodule zur Verfügung zu stellen, die er benötigt. Dazu beschreibt das folgende Kapitel 6.2 die ER-Modelle der einzelnen Teilbereiche. Auf die Angabe der Variablentypen und -längen wird dabei verzichtet, da sie für das Verständnis des Modells nicht erforderlich sind.

▶ Technischen Daten
▶ Kommerzielle Daten
▶ Kundendaten
▶ Baustellendaten
▶ Angebotsdaten
▶ Daten zur Angebotserstellung

Abbildung 6-1: Einteilung der Daten in Bereiche

6.1.2 Datenverarbeitungsanforderungen

Auch die Datenverarbeitungsanforderungen sollen an einem Beispiel gezeigt werden. Dazu wird die Abfrage Hubaufgabe betrachtet.

Die Datenbank „Technische Daten“ soll nach Eingabe der Suchbereiche für die folgenden Parameter alle passenden Kranrüstzustände wählen und dem Benutzer zur Auswahl anbieten:

- Auslegerlänge
- Tragfähigkeit an der Auslegerspitze
- Maximale Tragfähigkeit
- Hakenhöhe
- Turmsystem
- Unterbauform (stationär oder fahrbar)
- Unterbautyp

Welche Suchparameter er verwendet, bleibt dem Benutzer überlassen. Je mehr Werte er angibt und je kleiner er die Suchbereiche wählt, desto genauer wird das Suchergebnis.

Die Datenverarbeitungsanforderungen entsprechen den späteren Funktionen der Benutzerumgebung. Eine ausführliche Beschreibung dieser Funktionen liefern die Kapitel 7.3 und 7.4.

6.2 Konzeptueller Entwurf

Nach der Anforderungsanalyse mit Festlegung der Informations- und Datenverarbeitungsanforderungen wird im nächsten Abstraktionsschritt der konzeptuelle Entwurf der Datenstruktur in Form eines Entity-Relationship-Modells (s. Kapitel 5.6) erstellt. Das folgende Kapitel beschreibt die Entitäten, ihre Attribute und Beziehungen der unterschiedlichen Datenbereiche.

6.2.1 Technische Daten

Abbildung 6-2 zeigt das komplette ER-Modell der technischen und kommerziellen Daten. Die Entitäten, die zu den technischen Daten gehören, sind weiß, die kommerziellen Daten gelb gekennzeichnet. Da die kommerziellen Entitäten teilweise von technischen abhängen, ist eine gemeinsame Darstellung erforderlich. Die Erläuterung des Aufbaus erfolgt zum besseren Verständnis jeweils an Hand eines Ausschnitts der Gesamtdarstellung.

Die Entität **Hersteller** (s. Abbildung 6-3) enthält alle Informationen über den Kranhersteller, wie genaue Bezeichnung, Adresse und Kontaktinformationen. Über eine Beziehung zur Entität Krantyp wird jedem Kran ein Hersteller zugeordnet.

Die Entität **Krantyp** enthält die genaue Typenbezeichnung⁸ des Krans und die Informationen, die für alle Rüstzustände identisch sind. Neben dem maximalen Nutzlastmoment sind das auch noch einige Maße, die zur Ermittlung der Hakenhöhe (s. Entität Turmzusammensetzung) bzw. für das CAD-Tool erforderlich sind sowie spezielle Grafiken zu Transport und Montage bei Schnellmontagekränen. Da diese Krane eine Einheit bilden und daher nicht wie die Obendreher mit ihren Einzelteilen hinterlegt werden, bietet es sich an diese Informationen direkt in der Entität Krantyp zu hinterlegen. Bei Obendrehern bleiben die Felder leer. Für ergänzende Textinformationen steht ein eigenes Feld zur Verfügung. Die Bauart des Krans und die Norm,

⁸ Da zur Ablage der Zeichnungselemente des CAD-Tools ein gleichnamiger Ordner im Windowsdateisystem erforderlich ist, erfolgt eine Trennung in interne und externe Kranbezeichnung. Die interne Bezeichnung muss die Windowskonventionen beachten, die externe kann der genauen Herstellerbezeichnung entsprechen und dient später der Anzeige für die Benutzer.

auf der die Daten basieren, werden über Beziehungen zu den gleichnamigen Entitäten festgelegt.

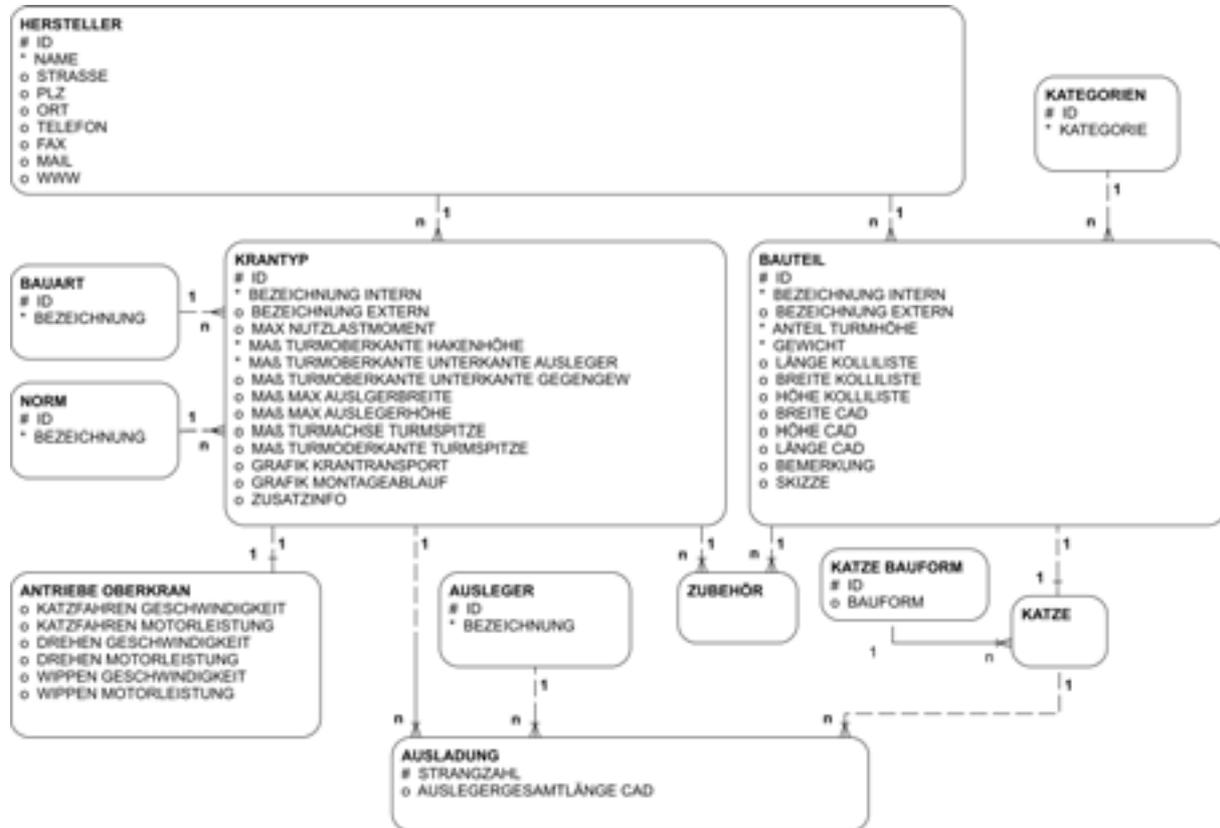


Abbildung 6-3: Ausschnitt „Krantyp“ aus Abbildung 6-2

Die Entität **Bauart** liefert die Liste der möglichen Kranbauarten: Katzausleger mit bzw. ohne Spitze, Wippausleger und Schnellmontagekrane. Nach welcher Norm die hinterlegten Daten des Krans ermittelt wurden, legt eine Beziehung zur Entität **Norm** fest. Üblich sind hier DIN 15018 oder FEM. Informationen über die Motorleistungen und Geschwindigkeiten von Drehwerk, Katzfahrwerk oder Wippwerk sind aus Gründen der Übersichtlichkeit in der Entität **Antriebe Oberkran** gespeichert und über eine identifizierende Beziehung mit der Entität **Krantyp** verbunden.

Die Entität **Bauteil** enthält sämtliche Kraneinzelteile. Jedes Bauteil ist mit der genauen Bezeichnung, seinen Transportmaßen für die Kolliliste und den Einsatzabmessungen sowie dem Gewicht gespeichert. Für die Turmbauteile (Unterbauten und Tumelemente) wird zusätzlich hinterlegt, mit welchem Höhenmaß sie in die Hakenhöhe des Krans eingehen. Dieses Maß kann z.B. bei Fundamentankern erheblich

von den Transportmaßen abweichen und ist zur automatischen Hakenhöhenermittlung (s. Entität Turmzusammensetzung) unbedingt erforderlich. Da jedes Bauteil auch einen Hersteller hat, besitzt die Entität Bauteil eine Beziehung zur Entität Hersteller. Alle Bauteile werden zusätzlich einer Bauteilkategorie zugewiesen, die über eine Beziehung zur Entität **Kategorie** erreicht wird. So lassen sich gezielt alle Bauteile einer Kategorie z.B. alle Turmelemente auswählen. Über die Herstellerinformation lässt sich zusätzlich eine Beschränkung auf einen Hersteller realisieren, wenn z.B. nur dessen Turmstücke interessieren.

Die Entität **Zubehör** kann jedem Kran individuell beliebig viele Zubehörteile wie z.B. eine Fernsteuerung zuordnen. Die Entität Zubehör besitzt dazu je eine identifizierende Beziehung zu den Entitäten Krantyp und Bauteil, d.h. die Zubehörteile müssen vor der Zuordnung bereits in der Entität Bauteile vorhanden sein.

Die Entität **Ausleger** stellt die Liste möglicher Auslegerlängen zur Verfügung. Die Bezeichnung setzt sich immer aus AL für Auslegerlänge und der Länge in Metern zusammen, z.B. AL60 für einen 60m Ausleger.

Teilweise sind die Krantypen mit unterschiedlichen Katzen lieferbar. Die Entität **Katze** ordnet über je eine identifizierende Beziehung jeder Katze aus der Entität Bauteil eine Katzbauform aus der Entität **Katze Bauform** zu. Mögliche Bauformen sind teilbare und nicht teilbare Katzen. Eine teilbare Katze besteht dabei aus zwei Katzen mit je zwei Seilsträngen. Für den 4-Strangbetrieb fahren die Katzen gekoppelt. Beim 2-Strangbetrieb bleibt eine Katze am Turm stehen und nur die andere wird benutzt. Dadurch erhöht sich die Nutzlast des Krans um das Gewicht der am Turm geparkten Katze [Pot-03c]. Nicht teilbare Katzen können, je nachdem wie das Hubseil eingesichert ist, im 2- und 4-Strangbetrieb verwendet werden. Das Gewicht der Katze bleibt dabei immer gleich.

Jeder Krantyp kann mit verschiedenen Auslegerlängen und zum Teil auch mit verschiedenen Katzen montiert werden. Die Zuordnung zwischen den Auslegern, der verwendeten Katze und den einzelnen Kranen erfolgt in der Entität **Ausladung**, die je eine Beziehung zu den Entitäten Krantyp, Katze und Ausleger besitzt. Alle Beziehungen sind identifizierend, gehen also in den Schlüssel der Entität Ausladung ein. Die Strangzahl als Attribut der Entität Ausladung ist ebenfalls Teil des Schlüssels. Damit ist gewährleistet, dass jede Kombination Krantyp - Ausleger - Katze - Strang-

zahl nur einmal abgelegt werden kann. In einem Attribut kann für das CAD-Tool die reale Auslegergesamtlänge mit gespeichert werden, die für die korrekte Darstellung in der Zeichnung erforderlich ist. Von der Entität Ausladung sind einige andere wichtige Entitäten wie z.B. die Lastkurve abhängig.

Die Entität **Lastkurve** (s. Abbildung 6-4) beschreibt mit ihren Attributen Ausladung und Tragfähigkeit den Verlauf der Traglastkurve. Über die Beziehung zur Entität Ausladung kann für jede Kombination aus Krantyp, Ausleger, Katze und Strangzahl eine eigene Traglastkurve hinterlegt werden. Die zusätzliche Hakenhöhe, die bei Nadelauslegern durch das Einziehen des Auslegers entsteht, wird über das Attribut Höhendifferenz hinterlegt. Bei maximaler Ausladung hat die Höhendifferenz den Wert null und steigt kontinuierlich bis zur minimalen Ausladung an.

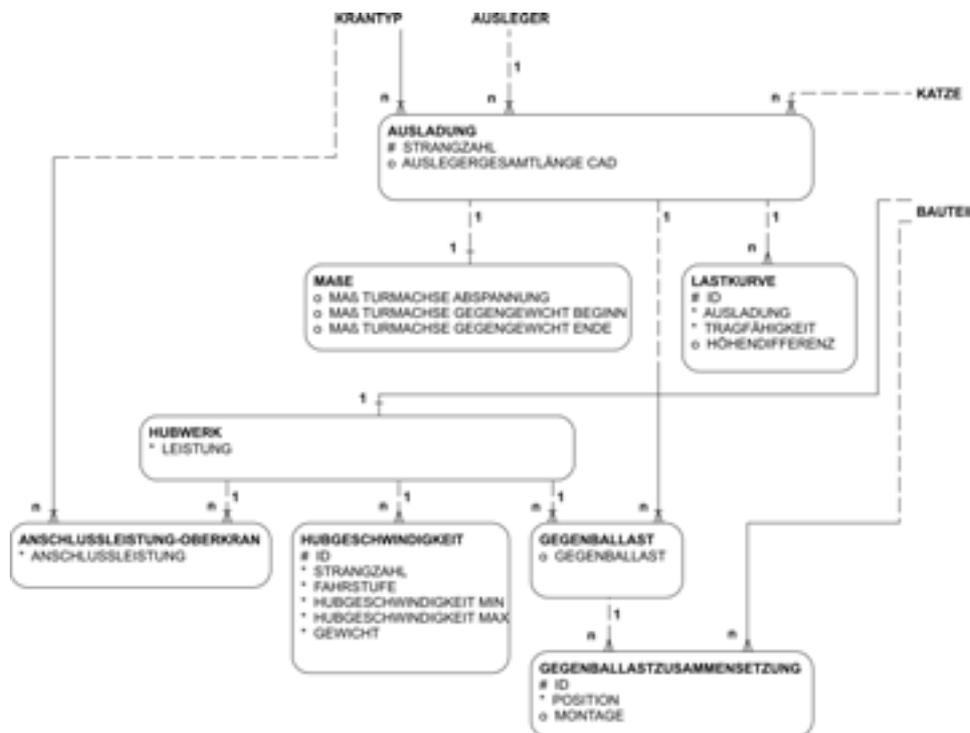


Abbildung 6-4: Ausschnitt „Ausladung“ aus Abbildung 6-2

Die Entität **Maße** besitzt eine identifizierende Beziehung zur Entität Ausladung. Hier lassen sich die Abmessungen des Oberkrans, die von der verwendeten Auslegerlänge abhängig sind, hinterlegen. Dazu zählen z.B. der Abstand des Gegengewichts von der Turmachse oder das Maß Turmachse-Abspannungsbefestigung am Ausleger. Die Länge des Gegenauslegers muss hier nicht hinterlegt werden, sie lässt sich

aus der Zusammensetzung des Oberkrans (s. Entität Oberkranzusammensetzung) ermitteln.

Die Krane sind teilweise mit unterschiedlichen Hubwerken lieferbar. Die Entität **Hubwerk** stellt über eine identifizierende Beziehung eine Verbindung zu dem in der Bauteil-Entität schon vorhandenen Hubwerk her und hinterlegt in einem Attribut seine elektrische Leistung. Die Geschwindigkeiten der Hubwerke in den unterschiedlichen Fahrstufen können in der Entität **Hubgeschwindigkeit** hinterlegt werden. Über eine Beziehung mit der Entität Hubwerk wird die Verbindung zwischen Hubwerk und Geschwindigkeitsdaten hergestellt. Für jedes Hubwerk lassen sich die Attribute Strangzahl, Fahrstufe, maximale und minimale Hubgeschwindigkeit sowie Gewicht hinterlegen. Gewicht steht hier für das vom Hubwerk maximal zu hebende Gewicht, das sich mit steigender Fahrstufe reduziert.

Da das Hubwerk meistens im Gegenausleger des Krans untergebracht ist und die verschiedenen Hubwerke unterschiedlich schwer sind, kann die Gegenballastierung vom Hubwerk abhängig sein. Zusätzlich besteht eine Abhängigkeit des Gegenballasts von der verwendeten Auslegerlänge. Um diese beiden Verbindungen abzubilden, verfügt die Entität **Gegenballast** über je eine identifizierende Beziehung zu den Entitäten Hubwerk und Ausladung. Der zugehörige Krantyp lässt sich über die Verbindung Ausladung - Krantyp feststellen. Der erforderliche Gegenballast kann in einem Attribut der Entität Gegenballast hinterlegt werden. Dieses Attribut ist für den Fall vorgesehen, dass die Zusammensetzung der Ballastierung, also wie viele Ballaststeine von welchem Typ erforderlich sind, nicht bekannt ist. Ist das jedoch der Fall, kann die Zusammensetzung mit Hilfe der Entität **Gegenballastzusammensetzung** abgelegt werden. Diese Entität stellt eine Verbindung zwischen den Entitäten Gegenballast und Bauteil her, d.h. sie ordnet die Ballaststeine aus der Bauteilliste jeweils einer Hubwerk-Ausladungskombination zu. Außerdem erhält jeder Ballaststein eine Positionsnummer.

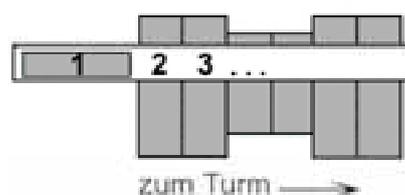


Abbildung 6-5: Aufnahmepunkte der Gegenballastierung

Die Krane haben feste Aufnahmepunkte für die Ballaststeine, die je nach erforderlichem Gesamtballast mit unterschiedlich schweren Ballaststeinen versehen werden oder auch leer bleiben können. Die Nummerierung der Aufnahmepunkte erfolgt im Turmdrehkran-Einsatzplaner immer vom Ende des Gegenauslegers in Richtung Turm (s. Abbildung 6-5). Da in der Bauteiltabelle auch das Gewicht der Ballaststeine erfasst ist, lässt sich das Gesamtgewicht des Gegenballasts einfach ermitteln. Ein weiteres Attribut in der Gegenballastzusammensetzung kennzeichnet bei jedem Ballaststein mit ja oder nein, ob es sich um Montageballastierung handelt. Diese mit ja gekennzeichneten Steine müssen in den Gegenausleger eingesetzt werden, bevor der Hauptausleger montiert wird, die restlichen erst anschließend. Diese Information ist für die Montage des Krans wichtig.

Die elektrische Anschlussleistung des Oberkrans setzt sich aus den von Krantyp abhängigen Anschlussleistungen von Drehwerk, Katzfahrwerk oder Wippwerk und der Anschlussleistung des im Kran verbauten Hubwerks zusammen. Die Entität **Anschlussleistung Oberkran** bildet diese Zusammenhänge über je eine identifizierende Beziehung zu den Entitäten Krantyp und Hubwerk ab und hinterlegt die jeweilige Anschlussleistung in einem Attribut.

Um die Zusammensetzung der Krantürme im Modell abzulegen, müssen zuerst alle Entitäten, von denen ein Turm abhängt (s. Abbildung 6-6), angelegt werden. Dazu zählt das Turmsystem, also die Bezeichnung des verwendeten Turmquerschnitts. Die Entität **Turmsystem** bildet diese Informationen in ihren Attributen Bezeichnung und Mastquerschnitt ab. Über eine Beziehung zur entsprechenden Entität wird der zugehörige Hersteller⁹ festgelegt.

Der Kranturm hängt zusätzlich vom verwendeten Kranunterbau ab, der in der Entität **Unterbau** hinterlegt wird. Da die Unterbaudaten wie alle Krankomponenten bereits in der Entität Bauteile hinterlegt sind, wird über eine identifizierende Beziehung eine Verbindung zu den Bauteildaten hergestellt. Zusätzliche Informationen wie die Motorleistung und die möglichen Geschwindigkeiten fahrbarer Unterbauten speichern

⁹ Es gibt Hersteller, die den Begriff des Turmsystems nicht verwenden. Der Turmquerschnitt kann hier, mit Hilfe von Übergangsstücken von unten nach oben abnehmen. In diesem Fall lassen sich die Türme, mit Hilfe der Entität Turmsystem, nach anderen Kriterien des Herstellers, z.B. der Verbindung zum Oberkran unterscheiden.

entsprechende Attribute der Entität Unterbau. Die Unterscheidung fahrbarer oder stationärer Unterbau erfolgt über eine Beziehung zur Entität **Unterbau Bauform**, die im Attribut Bauform diese beiden Möglichkeiten bereitstellt. Mit dieser Information lassen sich später gezielt stationäre oder fahrbare Krane wählen.

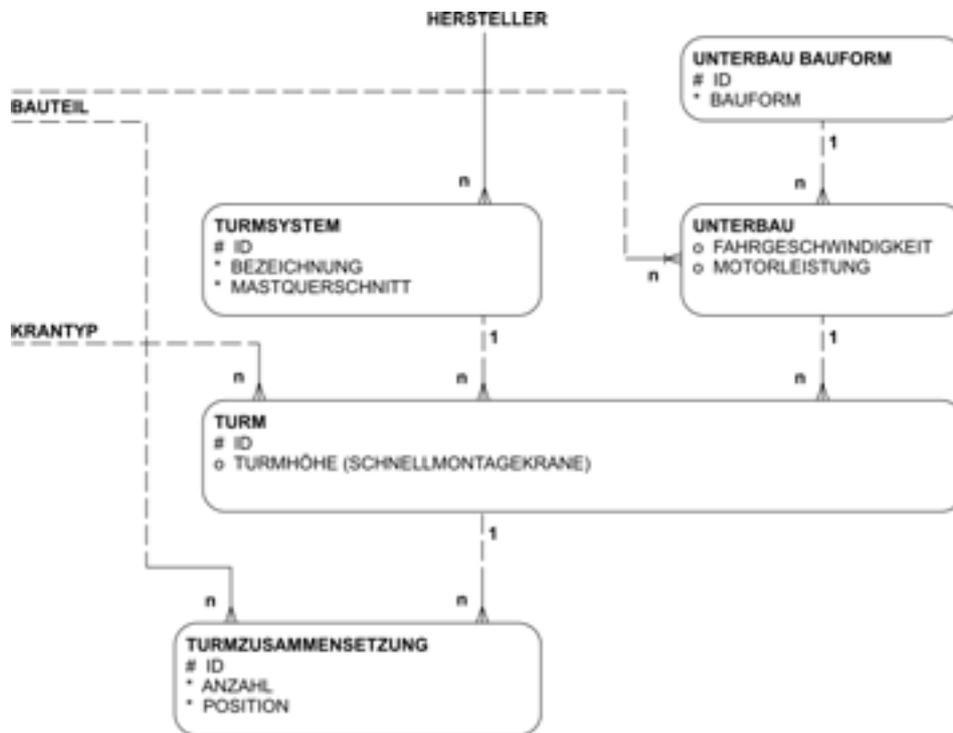


Abbildung 6-6: Ausschnitt „Turm“ aus Abbildung 6-2

Die Entität **Turm** enthält die eigentlichen Turminformationen. Die oben genannten Abhängigkeiten sind über Beziehungen zu den Entitäten Turmsystem und Unterbau abgebildet. Eine weitere Beziehung zur Entität Krantyp hinterlegt, zu welchem Kran der Turm gehört. Die Entität Turm besitzt ein Attribut, um die Turmhöhe zu hinterlegen. Dieses Attribut kommt nur für Schnellmontagekrane zum Einsatz, die als „Komplettsystem“ nicht aus Einzelelementen bestehen. Für Obendreher wird die Turmhöhe automatisch ermittelt. Die dazu erforderlichen Informationen über die im Turm verwendeten Bauteile sind in der Entität **Turmzusammensetzung** abgebildet, die über je eine Beziehung zur Entität Turm und Bauteil verfügt. Jedem Turm werden so die entsprechenden Turmelemente aus der Entität Bauteil zugewiesen. Über Attribute hinterlegt die Entität Turmzusammensetzung, wie oft und an welcher Stelle im Turm die Elemente vorkommen. Die Positionsnummer eins befindet sich am Turmfuß. Die Informationen können für einen Turm z.B. folgendermaßen aussehen (s.

Tabelle 6-4): Der Turm besteht (von unten nach oben) aus fünf Turmelementen von Typ XY und drei Elementen vom Typ YZ.

Mit den Informationen über die verwendeten Turmelemente (Entität Turmzusammensetzung) und den Unterbau (Entität Unterbau) lässt sich mit Hilfe der Abmessungen (Entität Bauteil) die Gesamthöhe des Turms ermitteln. Um aus der Turm- die Hakenhöhe des Krans zu errechnen, ist das Maß „Turmoberkante-Hakenhöhe“ aus der Entität Krantyp erforderlich, das auf die ermittelte Turmhöhe addiert wird.

Position	Anzahl	Turmelement
1	5	XY
2	3	YZ

Tabelle 6-4: Entität Turmzusammensetzung

Neben der Turmzusammensetzung soll der Einsatzplaner auch die Einzelteile des Oberkrans kennen. Zur Hinterlegung dieser Informationen dient die Entität **Oberkranzusammensetzung** (s. Abbildung 6-7). Auch hier wird über eine Beziehung zur Entität Bauteil die Verbindung zu den verwendeten Teilen hergestellt. Die Abhängigkeit der Oberkranzusammensetzung von der Kranausladung wird über eine Beziehung zur Entität Ausladung abgebildet.

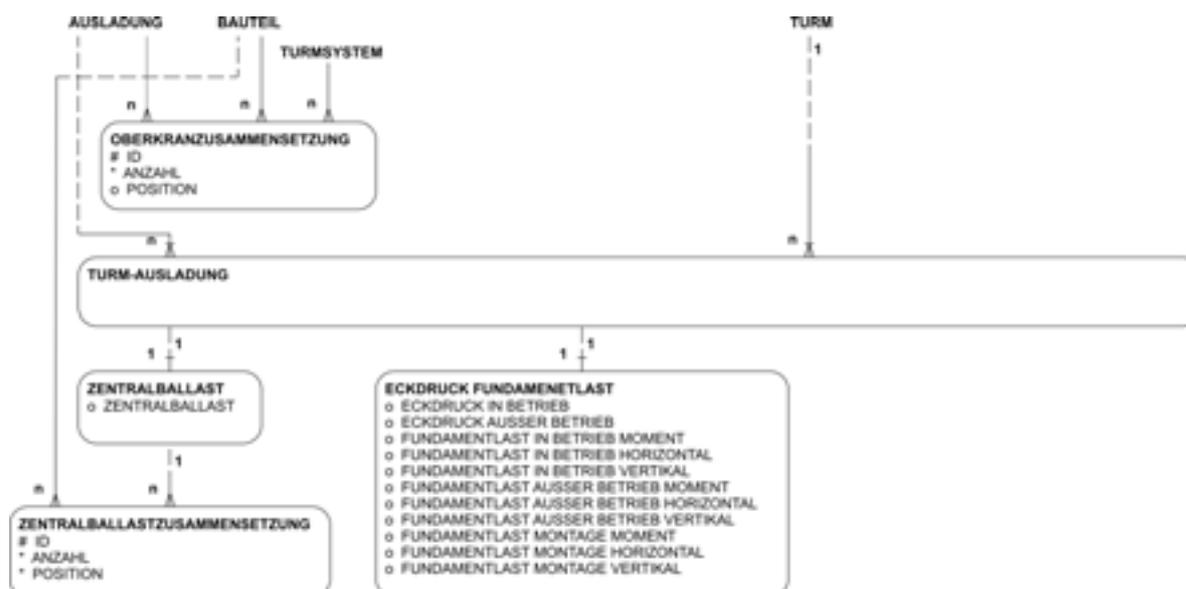


Abbildung 6-7: Ausschnitt „Turm-Ausladung“ aus Abbildung 6-2

Da je nach verwendetem Turmsystem u.U. eine andere Turmverbindung am Oberkran erforderlich sein kann, ist die Oberkranzusammensetzung auch vom Turmsystem abhängig, was durch eine entsprechende Beziehung modelliert wird. Die Entität Oberkranzusammensetzung besitzt die Attribute Anzahl und Position. Damit lassen sich z.B. Anzahl und Reihenfolge der Auslegerelemente festlegen. In dieser Entität werden nur die Oberkranbauteile eingetragen, die nicht schon wie Hubwerk, Katze und Gegenballaststeine über andere Entitäten feststehen.

Einige technische Daten eines Krans, z.B. die Reaktionskräfte zwischen Kran und Boden und die Zentralballastierung, sind von der Kombination aus Ausleger und Turm abhängig. Um diesen Zusammenhang hinterlegen zu können, ist eine Verbindung zwischen den Entitäten Ausladung und Turm erforderlich, die über die Entität Turm-Ausladung hergestellt wird. Turm-Ausladung hat je eine identifizierende Beziehung zu Ausladung und zu Turm, aber keine weiteren Attribute.

Zu jeder Turm-Ausleger-Kombination kann die Entität **Eckdruck Fundamentlast**, die über eine identifizierende Beziehung mit der Entität Turm-Ausladung verbunden ist, in Attributen einen maximalen Eckdruck für die Stützkreuze und Kranunterwagen oder die Fundamentlasten (Horizontal-, Vertikalkraft und Moment) für Fundamentanker hinterlegen. Alle Werte lassen sich für die Betriebszustände „in Betrieb“ und „außer Betrieb“ getrennt ablegen. Für die Fundamentlasten steht zusätzlich der Betriebszustand „Montage“ zur Verfügung.

Auch die Entität **Zentralballast** verfügt über eine identifizierende Beziehung zu Turm-Ausladung. In einem Attribut kann, ähnlich wie beim Gegenballast, der Gesamtballast angegeben werden, falls die Zusammensetzung nicht bekannt ist. Im Normalfall wird dieses Attribut nicht verwendet. Die Gesamttonnage des Ballasts wird dann über die Informationen der Entität **Zentralballastzusammensetzung** automatisch errechnet. Diese Entität verfügt über je eine Beziehung zu den Entitäten Zentralballast und Bauteil, um die Ballaststeine zuzuordnen. Im Gegensatz zur Gegenballastierung, bei der jeweils genau ein Stein in einer definierten Halterung sitzt, werden die Zentralballaststeine aufeinander gestapelt. Über die Attribute Position und Anzahl wird jeweils von unten nach oben festgelegt, wie viele Steine von welchem Typ erforderlich sind. So kann der Zentralballast z.B. aus zehn Steinen vom Typ A und darüber aus vier Steinen vom Typ B bestehen (s. Tabelle 6-5).

Position	Anzahl	Zentralballaststein
1	10	A
2	4	B

Tabelle 6-5: Entität Zentralballastzusammensetzung

6.2.2 Kommerzielle Daten

Die Kommerziellen Daten enthalten alle Informationen, die für die Einsatzkostenermittlung der Krane erforderlich sind. Die Berechnung der Miet- und Versicherungskosten basiert auf dem Listenpreis des Krans. Um diese Gesamtsumme aller Bauteileinzelpreise zu ermitteln, wird in der Entität **Bauteil Preis** (s. Abbildung 6-8), die mit der Entität Bauteil in Beziehung steht, für jedes Kranbauteil ein Einzelpreis hinterlegt. Da für jeden Rüstzustand alle nötigen Bauteile in den technischen Daten festgelegt sind, kann aus der Summe der Einzelpreise der Gesamtpreis des Krans errechnet werden.

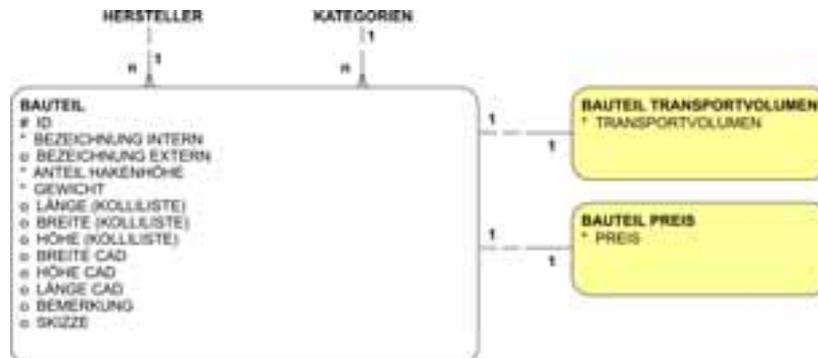


Abbildung 6-8: Ausschnitt „Bauteil“ aus Abbildung 6-2

Die Transportkosten basieren in erster Linie auf der zum Transport erforderlichen Anzahl von Lkws, die von der Anzahl und Größe der zu transportierenden Bauteile und damit vom Rüstzustand des Krans abhängt. Um die Anzahl der erforderlichen Lkw zu ermitteln, sind zwei Wege möglich:

1. Für jedes Bauteil wird in der Entität **Bauteil Transportvolumen** der nötige „Lkw-Anteil“ hinterlegt. Analog zur Ermittlung des Kranlistenpreises lässt sich die Lkw-Anzahl aus der Summe der Lkw-Transportanteile errechnen. Das Ergebnis dient

dem Anwender als Richtwert bei der Transportvorbereitung. Es erhält aber keine Informationen über die Lkwtypen oder die Preise. Die weiteren benötigten Daten lassen sich aber relativ einfach ermitteln und hinterlegen, sind jedoch sehr stark vom Nutzer abhängig.

2. Falls der Anwender über detaillierte Informationen verfügt, wie viele Lkws von welchem Typ für einen bestimmten Rüstzustand eines Krans erforderlich sind, sollen diese Daten anstatt der Summe der Einzelanteile verwendet werden, d.h. der Nutzer setzt einen festgelegten, optimierten Transportzug an Lkws ein. Die Informationen über die verschiedenen LKW-Typen wie z.B. die Abmessungen der Ladefläche, Nutzlast und eine Kostenpauschale können in den Attributen der Entität **Lkwtypen** (s. Abbildung 6-9) gespeichert werden. Die Zuordnung, wie viele Lkws von welchem Typ für einen Rüstzustand erforderlich sind, erfolgt über die Entität **Lkwanzahl**. Sie verfügt über je eine Beziehung zu Turm-Ausladung und Lkwtypen. Die Anzahl wird in einem Attribut hinterlegt.

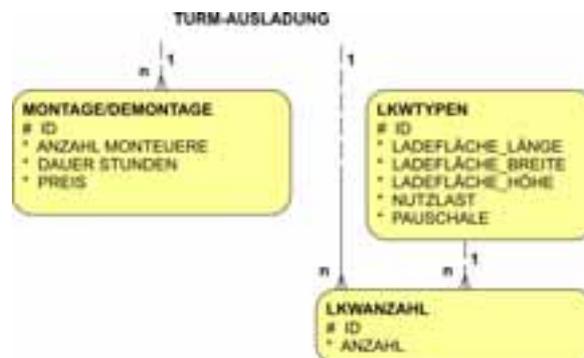


Abbildung 6-9: Ausschnitt „Lkw-Anzahl / Montage“ aus Abbildung 6-2

Auch die Montage eines Krans ist vom Rüstzustand und damit von der Entität Turm-Ausladung abhängig. Die Montagedaten, wie die Monteursanzahl, die zugehörige Montagedauer und die Kosten, sind über Attribute der Entität **Montage/Demontage** modelliert, die über eine Beziehung mit Turm-Ausladung verbunden ist.

Die An- und Abfahrtskosten der Monteure sind über Pauschalen in der Entität **An/Abfahrt Monteure** (s. Abbildung 6-10) gespeichert. Die zulässigen Miet- und Versicherungssätze, die den Anwendern zur Verfügung stehen sollen, können in den Entitäten **Miete** und **Versicherung** abgelegt werden. Die Entität **Texte im Angebot** enthält alle Daten, die zum Druck des Angebots benötigt werden, wie z.B. Textblöcke

für das Kundenanschreiben, die allgemeinen Geschäftsbedingungen, Transportvoraussetzungen oder das Logo der Firma. Die Entitäten aus Abbildung 6-10 haben keine Beziehungen zu anderen Entitäten, da sie autarke Daten enthalten, die aber für die Erstellung der Vermietungsangebote erforderlich sind. Diese Informationen sind sehr anwenderspezifisch und regional abhängig. So können z.B. für unterschiedliche Niederlassungen eines Kranvermieters je nach den regionalen Markteigenschaften auch unterschiedliche Werte für Mietsätze und Montagepauschalen gelten.



Abbildung 6-10: Ausschnitt „Unabhängige Datenbereiche“ aus Abbildung 6-2

6.2.3 Kundendaten

Die Datenbank Kundendaten enthält eine Entität aller zur Angebotserstellung erforderlichen Kontaktinformationen der Mietkunden, wie Firmenname, Ansprechpartner und Adresse.

6.2.4 Daten zur Angebotserstellung

Unter den Daten zur Angebotserstellung sind Informationen über den Benutzer des Turmdrehkran-Einsatzplaners zu verstehen, wie z.B. der Name des Sachbearbeiters, die Firmenbezeichnung des Kranvermieters und seine Kontaktdaten. Diese Informationen erscheinen als Briefkopf auf allen erstellten Mietangeboten. Die Informationen über den Programmbenutzer lassen sich in der Datenbank Benutzerdaten ablegen. Neben Kranvermietern kommen auch Hersteller und Maschinenmeister einer Bau-firma als Benutzer in Frage.

6.2.5 Angebotsdaten

Die Daten, die bei der Erstellung eines Angebots entstehen, werden in der Angebotsdatenbank archiviert. Da Änderungen an den Angeboten nicht verloren gehen, sondern als Version des Angebots erhalten bleiben sollen, werden die Daten auf zwei Entitäten verteilt abgelegt. Die Entität **Angebot Stammdaten** (s. Abbildung 6-11) enthält die Daten, die bei allen Angebotsversionen identisch sind, wie z.B. Kunden- und Baustellendaten. Die Entität Versionsdaten hinterlegt die Informationen, die sich von Version zu Version ändern können. Beide Entitäten sind über eine Beziehung verbunden.

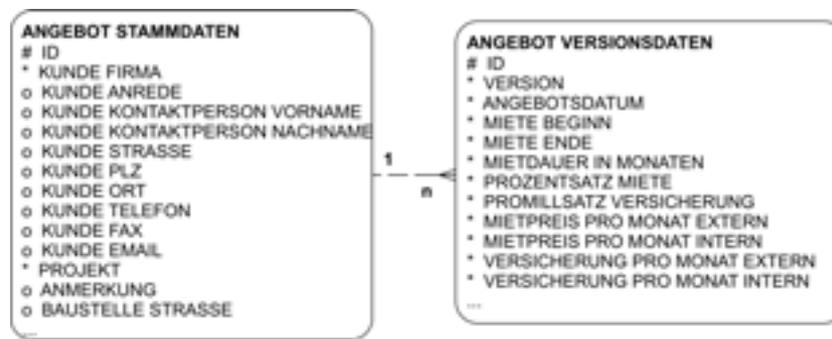


Abbildung 6-11: ER-Diagramm Angebotsdaten

Alle Informationen, die aus anderen Datenbanken stammen, wie z.B. die Kundendaten, werden in die Angebotsdaten kopiert und nicht über eine Beziehung verbunden. Damit ist sichergestellt, dass bei einer Änderung der Originaldaten sich die Informationen in den Angeboten sich nicht nachträglich verändern.

6.2.6 Baustellendaten

Im 2D werden die Krane vom Benutzer direkt in der Baustellenzeichnung positioniert. Dies erfolgt durch:

- Positionieren nach Baustellenkoordinaten.
- Positionieren durch Mausklick.
- Positionieren über den minimalen Wandabstand.

Für die automatische Kollisionskontrolle mit dem 3D-CAD-Tool sind zusätzlich die Informationen erforderlich, welche Krane auf der Baustelle an welchen Koordinaten aufgestellt sind. Diese Daten werden in der Datenbank Baustellendaten hinterlegt. Die Entität **Baustelle** enthält die Bezeichnung der Baustelle und ein Textfeld für Kommentare. Die Krandaten sind in der Entität **Kran in Baustelle** gespeichert, die über eine Beziehung mit der Entität Baustelle verbunden ist. Da das CAD-Tool einen Großteil der technischen Daten erfordert, ist die Entität Kran in Baustelle über Beziehungen mit den Entitäten Krantyp, Ausladung, Hubwerk und Turm der technischen Daten verbunden. Über diese vier Beziehungen ist ein Kranrüstzustand eindeutig identifiziert.



Abbildung 6-12: ER-Modell Baustellendaten

6.3 Implementationsentwurf

Nach der Anforderungsanalyse (s. Kapitel 6.1) und dem konzeptuellen Entwurf (s. Kapitel 6.2) folgt als nächste Entwicklungsphase der Turmdrehkraneinsatzplaner-Datenbanken der Implementationsentwurf. Hier endet die Planung „auf dem Papier“ und die Realisierung der Datenbank im Computer beginnt. Nach der Festlegung auf ein DBMS erfolgt die Umsetzung des ER-Modells in ein relationales Datenbanksystem (s. Kapitel 5.7.2). Die Entitäten und Beziehungen der ER-Modelle können direkt in Tabellen und Beziehungen einer relationalen Tabellenstruktur umgesetzt werden. Zusätzlich müssen für alle Attribute die entsprechenden Variablentypen des verwendeten DBMS gewählt und definiert werden. Eine Darstellung der relationalen Datenbankstruktur liefert keine neuen Informationen für das weitere Verständnis dieser Arbeit. Da hier außerdem die Methode der ER-Modellierung für das System Turmdrehkran im Vordergrund steht, wird auf eine erneute Darstellung der Zusammenhänge als Tabellen verzichtet.

7 Realisierung der Anwendung Turmdrehkran-Einsatzplaner

Nachdem im vorherigen Kapitel die Datenbankstruktur für den Turmdrehkran-Einsatzplaner entwickelt wurde, beschreibt das vorliegende Kapitel die Realisierung der Anwendungsumgebung. Nach der Auswahl eines geeigneten DBMS wird mit der Systemarchitektur der prinzipielle Aufbau der Anwendung und die Verbindung zwischen Datenbank, Programmmodulen, Benutzermasken und dem CAD-Programm AutoCAD erläutert. Aus Anwendersicht teilt sich der TEP in die Bestandteile: Datenanzeige, Kostenkalkulator und CAD-Tool. Die Beschreibung des Arbeitsablaufs und der Funktion dieser Bestandteile schließt das Kapitel ab.

7.1 Auswahl der Software

Der Einsatzplaner soll den Anwendern auf CD zur Verfügung gestellt werden und sich schnell und problemlos auch auf mobilen Rechnern installieren lassen, um eine schnelle Akzeptanz des Produkts zu erreichen bzw. die Anwendung auch vor Ort auf der Baustelle zu ermöglichen.

Eine Client-/Serverlösung (s. Kapitel 5.8) kommt daher nicht in Frage, da dazu bei den Anwendern ein eigener Datenbankserver und entsprechendes Know-how zu Installation, Betrieb und zur Wartung erforderlich ist. Außerdem ist bei einer Client-/Serverlösung ein Zugriff auf die Datenbanken des TEP nur mit Verbindung zum Server möglich. Um den Einsatzplaner jedoch auch mobil einsetzen zu können, ist es erforderlich, auf allen mobilen Rechnern eine Offline-Kopie aller Serverdatenbanken zu erzeugen und auf dem aktuellen Stand zu halten. Für den Einsatz des Datenbankservers entstehen außerdem zusätzliche Lizenzierungskosten. Gerade kleine und mittelständische Unternehmen scheuen diesen Aufwand, um ein neues Softwaretool einsetzen zu können.

Diese Problematik tritt bei Verwendung eines Desktopsystems (s. Kapitel 5.8) nicht auf. Ist das Desktopsystem, in diesem Fall Microsoft Access, auf dem Rechner vorhanden, wird eine Datei, die die komplette Anwendung enthält, auf den Rechner

kopiert und geöffnet. Weitere Schritte sind nicht erforderlich, der Einsatzplaner steht sofort zur Verfügung. Da sich alle Komponenten auf dem lokalen Rechner befinden, ist auch der mobile Einsatz möglich. Das Prinzip ist vergleichbar mit einer Exceldatei, die auf dem Rechner kopiert und geöffnet wird. Um eine neue Version des Turmdrehkran-Einsatzplaners an die Anwender zu verteilen, genügt es, die entsprechende Accessdatei auf den Anwenderrechnern zu tauschen.

Access ist als Teil des Officepakets auf vielen PCs bereits standardmäßig vorhanden und lizenziert. Falls nicht, kann eine für den Anwender kostenlose Runtimeversion verwendet werden. So entstehen für die Anwender keine zusätzlichen Lizenzkosten. Durch die weite Verbreitung ist sichergestellt, dass die Software auch in Zukunft zur Verfügung steht.

Auch die Benutzeroberfläche kann direkt mit Access erstellt werden, d.h. es wird keine zusätzliche Software benötigt. Eine Trennung zwischen der Datenhaltung und der Anwendung ist durch Aufteilung in mehrere Accessdateien möglich. Für die Benutzeroberfläche und für alle Datenbanken existiert je eine eigene Accessdatei. Auf die Anwenderrechner werden also mehrere Dateien kopiert und die Hauptdatei wird geöffnet. So ist ein einfacher Austausch von Komponenten möglich.

Wie alle Officeanwendungen verfügt auch Access über ein eigenes Visual Basic Modul (VBA), d.h. auch eine Programmierumgebung ist bereits enthalten. Über eine VBA-Schnittstelle ist ein direkter Zugriff auf andere Programme wie z.B. AutoCAD möglich. Diese Funktion ist für das CAD-Tool erforderlich. Da es sich zusätzlich um relativ geringe Datenmengen handelt, ist Access für den Einsatzfall Turmdrehkran-Einsatzplaner sehr gut geeignet und erfüllt alle in Kapitel 3 gestellten Anforderungen an die Datenhaltung.

Als DBMS für den Turmdrehkran-Einsatzplaner kommt aus den genannten Gründen, die Abbildung 7-1 nochmals zusammenfasst, Microsoft Access zum Einsatz.

- ▶ Schnelle und einfache Inbetriebnahme des TEP bei den Anwendern
- ▶ Keine Datenbankkenntnisse bei den Anwendern erforderlich
- ▶ Keine zusätzlichen Lizenzkosten für die Anwender
- ▶ Weit verbreitete und langfristig verfügbare Software
- ▶ Integrierte Möglichkeit zur Erstellung einer Benutzeroberfläche
- ▶ VBA als integrierte Programmierumgebung
- ▶ AutoCAD-Zugriff über VBA möglich

Abbildung 7-1: Vorteile von MS Access

7.2 Systemarchitektur

Die in Abbildung 7-2 gezeigte Systemarchitektur ermöglicht es, die an die Anwendung TEP gestellten Anforderungen in ein Programmsystem umzusetzen.

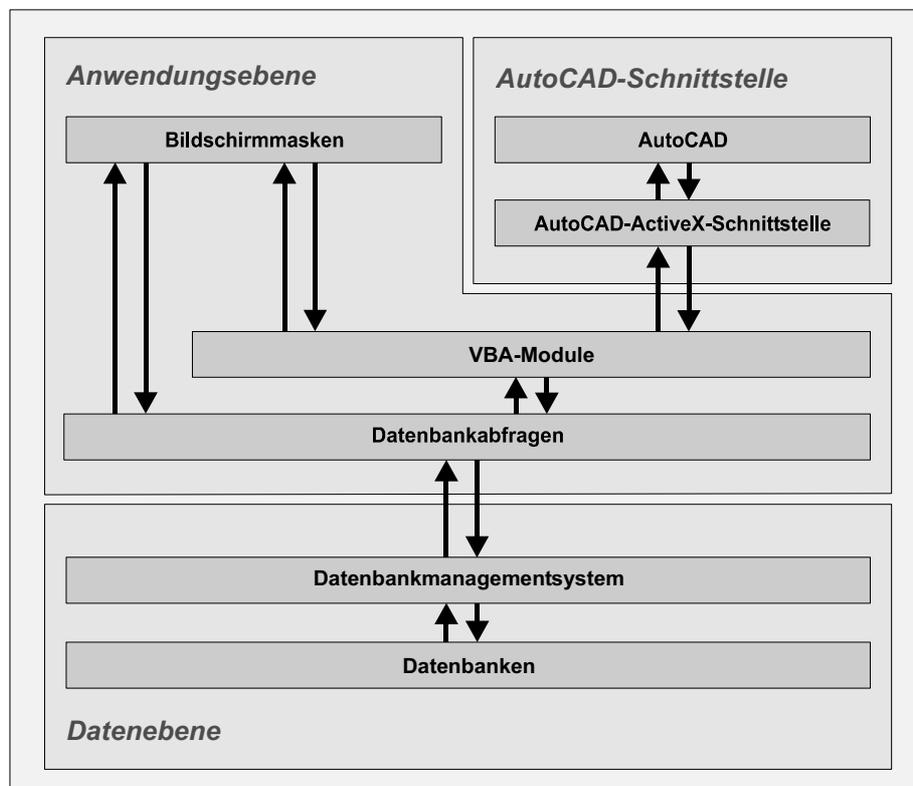


Abbildung 7-2: Systemarchitektur des Turmdrehkran-Einsatzplaners

7.2.1 Datenebene

Zur Erstellung der Datenbanken wird die in Kapitel 6.2 entwickelte konzeptuelle Struktur in ein relationales Datenbankmodell des gewählten Datenbankmanagementsystem Microsoft Access umgesetzt. Für jeden Datenbereich, wie „Technische Daten“, „Kommerzielle Daten“, „Kundendaten“ usw., wird eine eigene Datenbank angelegt, um die geforderte Trennung der Datenbereiche zu gewährleisten. Jeder Anwender erhält dann nur die Datendateien, die für seine Arbeit erforderlich sind. Wenn z.B. ein Kranvermieter seinen Kunden die technischen Daten seiner Krane zur Verfügung stellen möchte, kann er seinen Turmdrehkran-Einsatzplaner mit der Datei „Technische Daten“ an die Kunden weitergeben. Damit ist gewährleistet, dass keine sensiblen Finanzinformationen mit übertragen werden. Außerdem müssen vor der Weitergabe keine Informationen aus der Datenbank entfernt werden, was bei der Verwendung einer gemeinsamen Datenbank für technische und kommerzielle Daten erforderlich wäre.

7.2.2 Anwendungsebene

Um den Bildschirmmasken und VBA-Modulen die Informationen aus der Datenbank zur Verfügung zu stellen, sind umfangreiche SQL-Datenbankabfragen erforderlich. Die Aufgabe der Abfragen besteht darin, die Daten aus den entsprechenden Tabellen der Datenbank zu selektieren und an Hand der Fremdschlüsselbeziehungen über Join-Operationen (s. Kapitel 5.7.5) zu verknüpfen. Die Ergebnisliste wird dann in der Bildschirmmaske angezeigt oder dem VBA-Modul zur Verfügung gestellt.

Bei SQL handelt es sich im Gegensatz zu Visual Basic um eine nicht prozedurale Sprache [Mat-97], die keine Möglichkeiten zur Ablaufsteuerung mitbringt. Jede Abfrage muss einzeln ausgeführt werden. Sind, um die Daten für eine Bildschirmmaske zu gewinnen, keine prozeduralen Schritte erforderlich, kann die Maske direkt über eine Abfrage mit Informationen versorgt werden. Immer dann, wenn eine Ablaufsteuerung nötig ist, muss ein VBA-Modul eingesetzt werden. Hier stehen alle Möglichkeiten einer höheren Programmiersprache zur Verfügung. Es lassen sich Bildschirmmasken öffnen und schließen, die Daten in die Masken laden, verarbeiten und z.B. als fertiges Vermietungsangebot wieder in einer Datenbank ablegen.

Die Datenbankabfragen, VBA-Module und Bildschirmmasken, also das Anwendungsprogramm Turmdrehkran-Einsatzplaner, werden in einer eigenen Accessdatei gespeichert. Die Verbindung zu den Datendateien erfolgt über Verknüpfungen. Dadurch wird die geforderte Trennung von Anwendung und Datenhaltung erreicht.

7.2.3 AutoCAD-Schnittstelle

AutoCAD bietet mit der ActiveX-Technologie eine Möglichkeit, mit einer Programmierumgebung, wie z.B. dem in Access enthaltenen „Visual Basic for Applications“ (VBA), auf Befehle und Zeichnungen zuzugreifen. Es stellt dazu alle Elemente der Zeichnung als Active-X Objekte zur Verfügung, die sich dann über Visual Basic Befehle manipulieren lassen.

Dazu kommuniziert das Access VBA-Modul über die AutoCAD ActiveX Schnittstelle mit dem CAD-Programm und erhält die Erlaubnis, die Kontrolle über die AutoCAD Funktionen zu übernehmen (s. Abbildung 7-3). Damit stehen im Visual Basic Programmcode alle AutoCAD-Befehle, die sonst in der AutoCAD-Befehlszeile eingegeben oder über Mausklick gestartet werden, zur Verfügung. AutoCAD wird damit über die Programmierschnittstelle ferngesteuert. So lassen sich über den VBA-Programmcode im AutoCAD neue Objekte erstellen und damit die vom Nutzer gewünschten Krandarstellungen erzeugen.

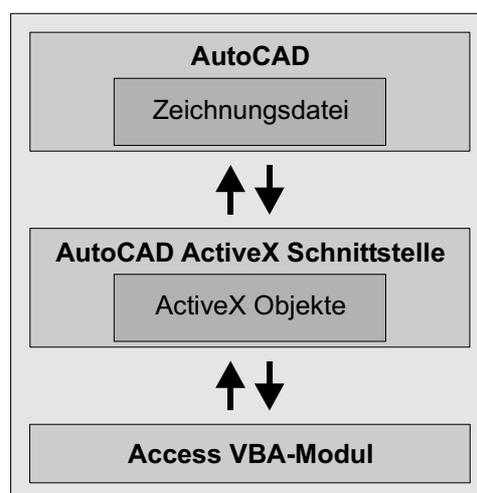


Abbildung 7-3: Zugriff auf die AutoCAD-Zeichnung über VBA

Um auf die AutoCAD Befehle im Access-VBA zugreifen zu können, muss in der VBA Programmierumgebung ein entsprechender Verweis auf die AutoCAD Typen-Bibliothek (AutoCAD 2005 Type Library) und die AutoCAD Objektbibliothek (AutoCAD Object/DBX Common 16.0 Type Library) erfolgen.

Die Steuerung von AutoCAD aus dem Access-VBA heraus hat erhebliche Vorteile. Die Programmierung erfolgt ausschließlich auf der Access-Seite. Dadurch ist die Anforderung an das CAD-Tool, die AutoCAD-Installation nicht zu verändern, erfüllt. Nach einer Neuinstallation von AutoCAD ist daher keine Anpassung an das CAD-Tool erforderlich. Der Turmdrehkran-Einsatzplaner muss nur auf einen Rechner mit AutoCAD kopiert werden und die Kommunikation funktioniert.

Die genaue Beschreibung zur Erstellung eines Krans im AutoCAD erfolgt in den Kapiteln 7.4.4 und 7.4.5. Eine Dokumentation der ActiveX-Schnittstelle findet sich in [Aut-01].

7.3 Struktur der Benutzeroberfläche

Der Turmdrehkran-Einsatzplaner soll möglichst einfach und intuitiv zu bedienen sein. Dazu ist eine grafische Benutzeroberfläche erforderlich, die durch ihre Gestaltung dem Anwender eine einheitliche Bedienlogik zur Verfügung stellt. Die Benutzeroberflächen werden als Bildschirmmasken realisiert, die alle Datenbankabfragen und programmtechnischen Abläufe vor dem Anwender verbergen. Damit kann jeder Anwender ohne Datenbankenkenntnisse innerhalb kürzester Zeit mit dem Einsatzplaner arbeiten.

Nach dem Start der Anwendung öffnet sich das Hauptmenü als zentrale Bildschirmmaske (s. Abbildung 7-4). Es bietet dem Benutzer über Buttons die Bestandteile Datenanzeige, Kostenkalkulator, Kran zeichnen (2D-CAD-Tool) und Baustellenplanung (3-CAD-Tool) des Einsatzplaners an, nach deren Verwendung der Anwender jeweils zum Hauptmenü zurückgeführt wird.

Da alle Bestandteile außer der Baustellenplanung die Angabe eines exakten Rüstzustands erfordern, erfolgt die Auswahl des Rüstzustands zentral über eine eigene

Funktion Kranauswahl. Der jeweils zuletzt gewählte Rüstzustand wird dem Benutzer im Hauptmenü angezeigt und automatisch an den jeweiligen Bestandteil übermittelt. Möchte der Anwender den angezeigten Rüstzustand ändern, steht ihm dazu die Kranauswahl zur Verfügung. Die Baustellenplanung bietet die Möglichkeit, alle Krane einer Baustelle mit ihren Standortkoordinaten zu verwalten und eine Kollisionsanalyse durchzuführen. Da dazu Informationen über mehrere Kranrüstzustände erforderlich sind, muss die Kranauswahl mehrmals durchgeführt werden können. Deshalb übernimmt die Baustellenplanung nicht den im Hauptmenü angezeigten Rüstzustand, sondern kann die Kranauswahl für jeden Kran der Baustelle selbst aufrufen.

Zur Darstellung der Krane im AutoCAD geben die Bestandteile „Kran zeichnen“ und „Baustellenplanung“ die Krandaten an die AutoCAD-Schnittstelle weiter, die die Erzeugung der Kranzeichnungen übernimmt.

Eine genaue Beschreibung der Einzelbestandteile liefert das folgende Kapitel.

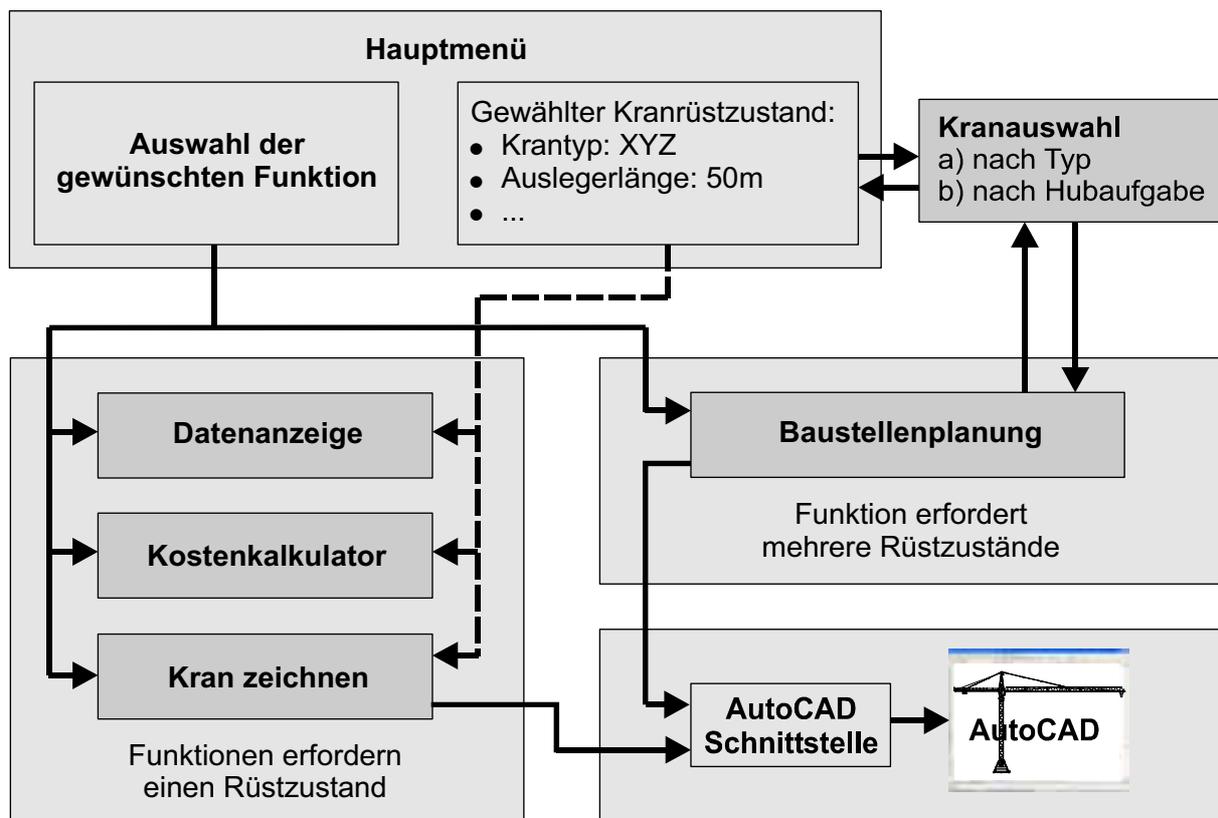


Abbildung 7-4: Struktur der Benutzeroberfläche

7.4 Bestandteile der Anwendung

Die folgenden Unterkapitel beschreiben die Funktion der Einzelbestandteile des Turmdrehkran-Einsatzplaners.

7.4.1 Kranauswahl

Über die Kranauswahl kann der im Hauptmenü angezeigte Kranrüstzustand verändert werden. Dazu stehen dem Anwender zwei Möglichkeiten zur Verfügung (s. Abbildung 7-5).

Experten, die mit der genauen Bezeichnung der Krankomponenten vertraut sind, bevorzugen die Auswahl über den Krantyp. Die Software unterstützt den Benutzer bei einer schnellen und einfachen Auswahl aller Krankriterien (s. Abbildung 7-5a). Zuerst muss der Anwender die gewünschte Kranbauart (Katzausleger mit Spitze, Katzausleger ohne Spitze, Wippausleger oder Schnellaufsteller) wählen. Das nächste Feld enthält dann nur noch die Krantypen, die der gewählten Bauart entsprechen und der Benutzer selektiert den gewünschten Typ. Die für diesen Typ möglichen Auslegerlängen stellt das Feld Ausleger dem Benutzer zur Wahl. Auch die folgenden Felder für Hubwerk, Unterbau und Hakenhöhe enthalten ebenfalls immer nur die Möglichkeiten, die zu den zuvor gewählten Kriterien passen, bis nach der Wahl der Hakenhöhe der genaue Rüstzustand definiert ist.

Anwender, die mit den Bezeichnungen und technischen Daten der Krane weniger vertraut sind, steht die Auswahl über die Hubaufgabe zur Verfügung. Über eine Suchmaske können gezielt Wunschbereiche für verschiedene Kriterien (s. Abbildung 7-5b), wie z.B. Auslegerlänge, Traglast an der Auslegerspitze und Hakenhöhe vorgegeben werden. Zusätzlich lassen sich bestimmte Parameter, wie das Turmsystem, die Unterbaubezeichnung oder die Bauart (stationär oder fahrbar) des gesuchten Rüstzustands vorgeben. Die Datenbank stellt dann eine Liste aller Kranrüstzustände zur Verfügung, die diese Vorgaben erfüllen. Der Benutzer kann die Suchbereiche weiter präzisieren und sich schließlich für einen Rüstzustand aus der Ergebnisliste entscheiden. Mit dieser Funktion kann der für eine Hubaufgabe, wie z.B. das Einheben von Fertigteilen in einer bestimmten Ausladung über eine Gebäudekante, geeignete Kran schnell und einfach gewählt werden.

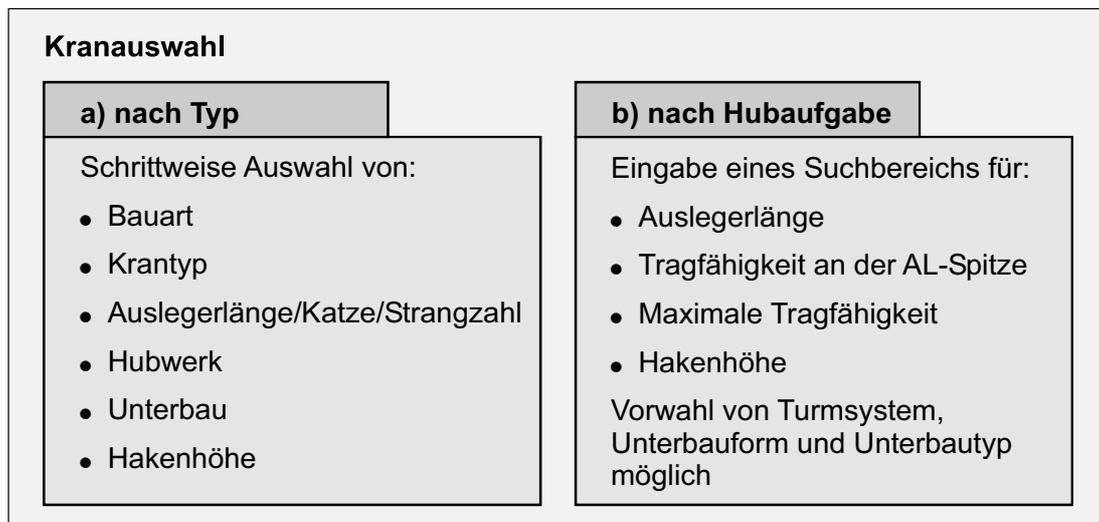


Abbildung 7-5: Möglichkeiten zur Kranauswahl

7.4.2 Datenanzeige

Mit der Datenanzeige lassen sich alle für den gewählten Kran hinterlegten Informationen nach den Kategorien

- Turm
- Ausleger
- Hubwerk
- Motorleistungen
- Ballastierung
- Kolliliste

geordnet am Bildschirm anzeigen oder ausdrucken. Für jede Kategorie stellt die Datenanzeige alle technischen Daten, aber auch die jeweils erforderlichen Bauteile dar. Die in Abbildung 7-6 gezeigte Kategorie Turm enthält z.B. Daten über Hakenhöhe, Turmsystem, Unterbauform und max. Eckdruck. Zusätzlich wird der Unterbau sowie Typ und Anzahl der verwendeten Turmelemente angegeben. Neben der Kategorie Turm existieren ähnlich aufgebaute Masken für die übrigen Kategorien. Die Kategorie Kolliliste stellt mit der übersichtlichen Darstellung aller Bauteile des gewählten Kranrüstzustands eine erhebliche Erleichterung für Transport und Montage

dar. Jedes Teil ist mit der benötigten Stückzahl, seinen Transportabmessungen, dem Transportgewicht und einer Abbildung hinterlegt (s. Abbildung 7-6).

Hubwerk		Motorleistungen	
Ausleger		Ballastierung	
Turm		Kolliliste	
Hakenhöhe: 40,9m	Unterbau: UW 8	Bezeichnung	
Turmsystem: XY	Bauform: fahrbar	Anzahl Länge Breite Höhe Gewicht	
Turmelemente:	Max. Eckdruck:	Hubwerk HW XYZ	
- 5 x TE 123	- In Betrieb: 500kN	1x 1,6m 2,2m 2,0m 2,3t	
- 3 x TE 456	- Außer Betrieb: 550kN	Auslegerstück A	
- 1 x TE 789		1x 12,2m 1,5m 1,5m 3,1t	
		Auslegerstück B	

Abbildung 7-6: Datenanzeige

7.4.3 Kostenkalkulator

Der Kostenkalkulator unterstützt Kranvermieter bei der Angebotserstellung. Da Krane aber nicht nur von reinen Vermietern an externe Kunden, sondern auch innerhalb einer Baufirma an die Kostenstelle Baustelle vermietet werden, ist die schnelle und einfache Ermittlung der Bereitstellungskosten auch hier von Bedeutung. Der Kostenkalkulator ermittelt schrittweise alle relevanten Faktoren (s. Abbildung 7-7) der

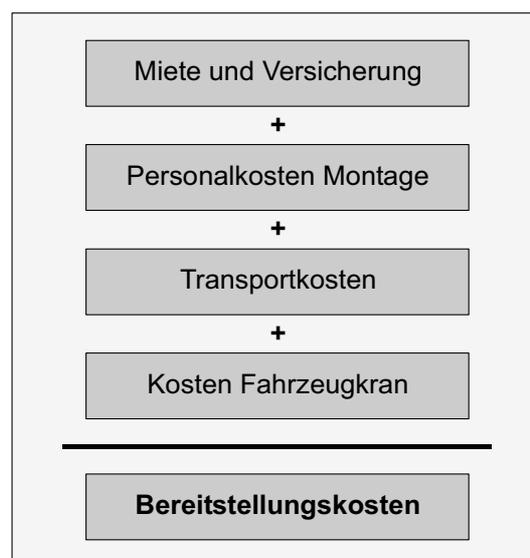


Abbildung 7-7: Zusammensetzung der Bereitstellungskosten

Bereitstellungskosten an Hand übersichtlicher Bildschirmmasken. Der Benutzer erhält jeweils einen Vorschlag aus in der Datenbank hinterlegten Werten, den er übernehmen, aber auch einfach abändern kann. Im Folgenden wird die Ermittlung der einzelnen Faktoren beschrieben.

- Bildschirmmaske Miete/Versicherung

Die Zusammensetzung des gewählten Kranrüstzustands wird aus der Datenbank technische Daten ermittelt. In den kommerziellen Daten ist für jedes Bauteil ein Wert hinterlegt. Der Gesamtpreis des Krans wird als Summe der Bauteileinzelpreise ermittelt und dem Benutzer angezeigt. Die Miet- und Versicherungskosten für einen Monat errechnen sich über vorgegebene Prozent- bzw. Promillesätze aus dem Kranlistenpreis. Nach Multiplikation mit dem angegebenen Einsatzzeitraum in Monaten sind Miet- und Versicherungskosten bestimmt.

- Bildschirmmaske Monteure

Die Personalkosten bei der Montage und die Montagedauer sind von der Anzahl der eingesetzten Monteure anhängig. Der Benutzer kann unter den für den gewählten Kranrüstzustand in den kommerziellen Daten hinterlegten Monteurszahlen wählen. Die Datenbank liefert die erforderliche Montagezeit und die entstehenden Kosten. Aus der Montagezeit lässt sich die Zahl der erforderlichen Arbeitstage ermitteln. Pro Monteur und Montagetag wird eine An- und Abfahrtpauschale zu den Montagekosten addiert.

- Bildschirmmaske Transport

Die für den Transport nötige Lkw-Anzahl und die damit verbundenen Transportkosten lassen sich auf zwei Arten ermitteln:

- a) Die Datenbank liefert für jedes Kranbauteil einen prozentualen Lkw-Ladeflächenanteil. Mit der Kolliliste des Krans kann so die gesamte Lkw-Anzahl ermittelt werden. Diese Zahl stellt einen Richtwert dar und ist als Anhaltspunkt für den Benutzer gedacht. Ein Kostenvorschlag erfolgt in diesem Fall nicht. Der Benutzer muss Anzahl, Typen und Preis der Lkws manuell eingeben.
- b) Falls genaue Daten über Anzahl, Typ und Preis der Lkw für die unterschiedlichen Rüstzustände zur Verfügung stehen, können diese Erfahrungswerte

zusätzlich in der Datenbank hinterlegt werden, die dem Benutzer dann anstelle der pauschalen Lkw-Anzahl angezeigt werden.

- Bildschirmmaske Fahrzeugkran

Der Kostenkalkulator unterstützt den Benutzer bei der Auswahl des Fahrzeugkrans, der für die Baukranmontage benötigt wird, indem er drei charakteristische Traglastpunkte ermittelt, die die Lastkurve des Fahrzeugkrans bei der Montage abdecken muss. Mit diesen Traglastpunkten kann der Anwender einen entsprechenden Fahrzeugkran aus dem eigenen Fuhrpark wählen oder bei einem Vermieter bestellen.

Informationen wie die Abmessungen, das Gewicht und die nötige Einbauhöhe der Bauteile, die zur Berechnung der Traglastpunkte erforderlich sind, stehen in der Datenbank „Technischen Daten“ zur Verfügung. Zusätzlich muss der Benutzer den Abstand zwischen Fahrzeugkran und Turmdrehkran, eine eventuelle Höhendifferenz und die Länge des verwendeten Anschlagmittels angeben. Aus den Standortdaten von Fahrzeugkran und Baukran berechnet der Assistent für jeden Traglastpunkt den Vektor, der unter Berücksichtigung der Baukrandaten die benötigte Hubhöhe und Ausladung des Fahrzeugkrans festlegt. Aus den Vektoren und den Bauteilgewichten werden drei Traglastpunkte (Ausladung, Hubhöhe und Traglast) des Fahrzeugkrans bestimmt (s. Abbildung 7-8):

- Traglastpunkt 1: Auslegermitte
- Traglastpunkt 2: Turmspitze¹⁰ (höchstes Bauteil)
- Traglastpunkt 3: $\frac{2}{3}$ -Länge¹¹ Gegenausleger

Die benötigten Ausladungen der Traglastpunkte 1 und 3 werden über die Gesetze der Trigonometrie (s. Abbildung 7-8 für Traglastpunkt 1) aus den Standortdaten von Turmdrehkran und Fahrzeugkran berechnet. Die Höhenwerte aller drei Traglastpunkte ergeben sich aus den Zusammenbauinformationen in den

¹⁰ Falls es sich um einen spitzenlosen Kran handelt, wird statt der Turmspitze der Traglastpunkt für die Drehbühne angegeben.

¹¹ Der Schwerpunkt des Gegenauslegers liegt bedingt durch das hinten montierte Hubwerk ca. bei $\frac{2}{3}$ der Gegenauslegergesamtlänge.

technischen Daten. Ein eventueller Niveauunterschied der Krane muss hier berücksichtigt werden. Die Gewichtsangaben der Bauteile stammen ebenfalls aus den Bauteilinformationen in den technischen Daten.

Die Ermittlung der Traglastpunkte 1 und 3 erfolgt an Hand der in Abbildung 7-8 dargestellten Auslegerstellung des Turmdrehkrans senkrecht zur Linie Fahrzeugkran-Turmdrehkran. Die Montage des Turmdrehkranauslegers muss aber nicht in dieser Stellung erfolgen. Durch Schwenken des Turmdrehkrans kann der Abstand Fahrzeugkran-Traglastpunkt und damit die erforderliche Fahrzeugkranausladung reduziert werden. Da die Traglastpunkte mit der für den Fahrzeugkran ungünstigsten Turmdrehkranauslegerposition ermittelt werden, ist die Montage von Ausleger und Gegenausleger auf jeden Fall möglich.

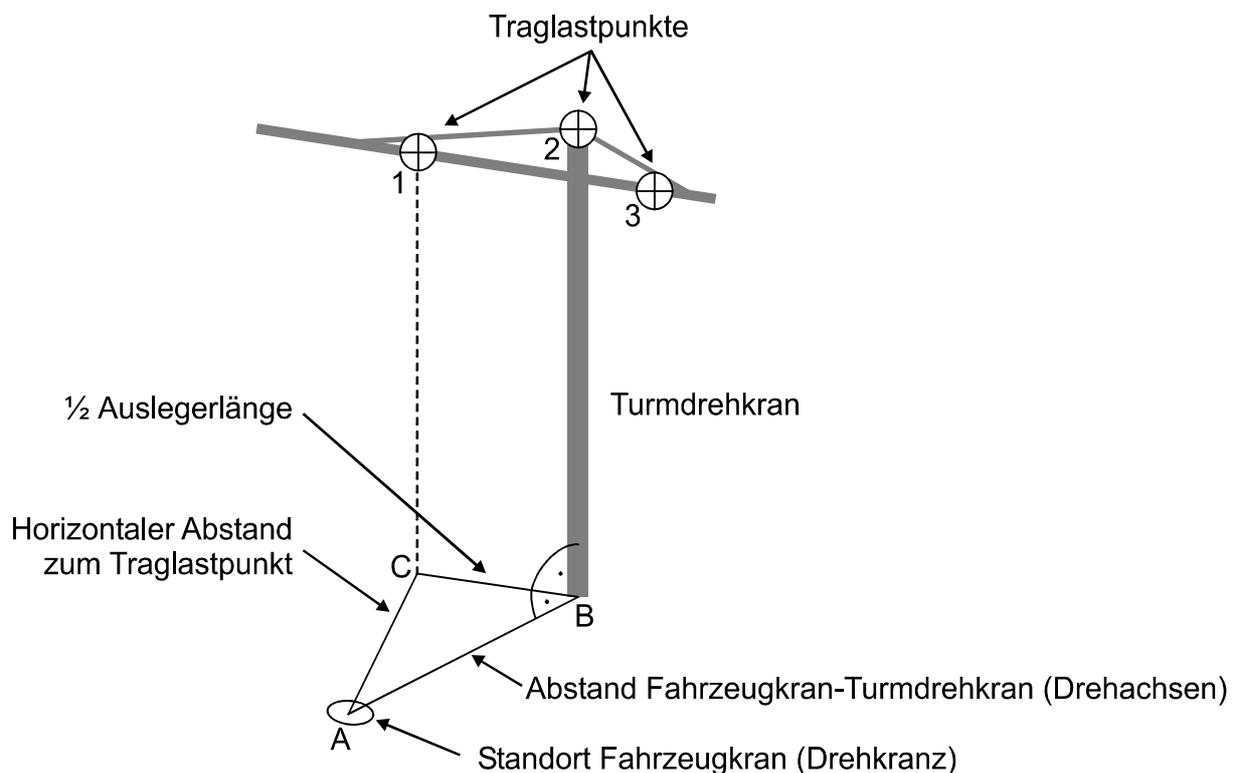


Abbildung 7-8: Ermittlung der Traglastpunkte am Oberkran

In der Regel kann derselbe Fahrzeugkran auch für die Demontage verwendet werden. Ändern sich aber die Bedingungen auf der Baustelle z.B. durch ein errichtetes Gebäude, kann für die Demontage ein größerer Fahrzeugkran erforderlich sein. Andererseits ist es auch möglich, dass der Fahrzeugkran bei der De-

montage näher an den Turmdrehkran heranfahren kann und ein kleineres Modell ausreicht. Montage und Demontage lassen sich deshalb getrennt im TEP erfassen.

Nach der Auswahl eines geeigneten Fahrzeugkrans durch den Benutzer kann er Fahrzeugkrantyp, Anfahrtspauschale und Miete pro Stunde in den Kostenkalkulator eingeben. Die erforderliche Montagezeit wird aus den Monteursdaten übernommen, kann aber verändert werden, da die Monteure den Fahrzeugkran in der Regel nicht für die komplette Montagezeit benötigen. Die Kosten für den Fahrzeugkran werden ermittelt und gehen automatisch mit in die Bereitstellungskosten des Turmdrehkrans ein.

Während der Angebotserstellung legt der Kostenkalkulator den jeweiligen Systemvorschlag und die vom Benutzer eingegebenen Werte getrennt ab. So kann später genau nachvollzogen werden, bei welchen Kostenanteilen der Ersteller eines Angebots über oder unter den Vorgaben liegt. Die Angebote können durch Nachkalkulation rasch an eine veränderte Situation angepasst werden. Durch Archivierung verschiedener Versionen dokumentiert der Kostenkalkulator die Angebotsentwicklung und ist so in der Lage, regionale Markteigenschaften zu identifizieren, die sich bei anderen Angeboten berücksichtigen lassen.

7.4.4 2D-CAD-Tool

Das 2D-CAD-Tool des Turmdrehkran-Einsatzplaners ermöglicht es, Krane maßstabsgerecht in vorhandene 2D-CAD-Baustellenzeichnungen einzufügen, die exakt dem gewählten Rüstzustand entsprechen. Jeder Kran ist in der Draufsicht und in der Seitenansicht verfügbar, wodurch sich sowohl Grundriss als auch Schnittdarstellungen der Baustellen mit Kranen bestücken lassen. Im Folgenden wird der prinzipielle Arbeitsablauf des Tool erläutert. Die Zugriffe auf die AutoCAD-Befehle erfolgen über die im Kapitel 7.2.3 beschriebene AutoCAD-Schnittstelle direkt aus dem VBA-Programmcode des Access.

Nachdem der Kran vom Nutzer über die Datenbank selektiert wurde, erhält das CAD-Modul nach Aufruf Informationen über den zu erstellenden Kranrüstzustand.

Das Modul überprüft, ob AutoCAD geöffnet ist. Wenn ja, liest es die Dateinamen der geöffneten Zeichnungen aus und stellt sie dem Benutzer als Ziel für die Kranzeichnung zur Auswahl. Ist das nicht der Fall, wird AutoCAD gestartet und die Kranzeichnung in einer neuen, leeren AutoCAD-Zeichnung erstellt. Der Benutzer sollte deshalb seine Baustellenzeichnung im AutoCAD öffnen, bevor er das CAD-Tool startet. Um die Krandarstellung an den Maßstab der Baustellenzeichnung anpassen zu können, muss der Benutzer den Maßstab der Baustellenzeichnung angeben. Außerdem kann er wählen, ob er die Seitensicht, Draufsicht oder beide Darstellungen erzeugen möchte. Um den Kran zu erstellen, öffnet das Modul im Hintergrund eine eigene Hilfszeichnung. Dadurch kann der Zusammenstellungsprozess vom Benutzer unbemerkt ablaufen. Das Modul startet mehrere Datenbankabfragen, die an Hand der vorhandenen Rüstzustandsinformationen (Zusammenbauanweisung) alle erforderlichen Krاندaten liefern.

Zuerst wird die Seitenansicht erstellt (s. Abbildung 7-10). Der Zusammenbau beginnt mit dem Kranunterbau, der als CAD-Element am Koordinatenursprung der Hilfszeichnung eingefügt wird. Anschließend errechnet das Modul den Einfügepunkt für das erste Turmelement, indem es die Höhe des Unterbaus zur Y-Koordinate des letzten Einfügepunkts addiert. Dann wird das erste Turmelement an diesem Punkt eingefügt und seine Höhe wieder zur Y-Koordinate seines Einfügepunkts addiert, um den Einfügepunkt für das nächste Bauteil zu erhalten. Dieser Ablauf wiederholt sich für alle restlichen Turmelemente. Schließlich wird der Oberkran als Komplettbauteil aufgesetzt. Der Vorgang der Zeichnungserstellung wird hier am Beispiel eines oben drehenden Katzauslegers gezeigt. Die Bilder in Abbildung 7-12 bis Abbildung 7-15 zeigen die Ansichten eines oben drehenden Wippauslegers und eines unten drehenden Schnellaufstellers mit Katzausleger, wie sie für die 2D-Baustellenzeichnung erzeugt werden.

Die erforderlichen Kranbauteile sind als CAD-Dateien in einer Verzeichnisstruktur sortiert nach Herstellern hinterlegt (s. Abbildung 7-9). Innerhalb eines Herstellers erfolgt eine weitere Trennung in Turm- und Oberkranbauteile. Die Turmbauteile können in mehreren Krantypen vorkommen und werden im Ordner Bauteile hinterlegt. Kranspezifische Teile wie der Oberkran werden in einem Ordner abgelegt, dessen Bezeichnung dem Krantyp entspricht. Die Benennung der Bauteil-CAD-Dateien muss exakt der Bauteilbezeichnung entsprechen, mit der das Teil in der Datenbank

eingetragen ist. Die Unterscheidung zwischen den CAD-Dateien für Seitenansicht und Draufsicht erfolgt über das Präfix „S_“ für Seitenansicht und „D_“ für Draufsicht.

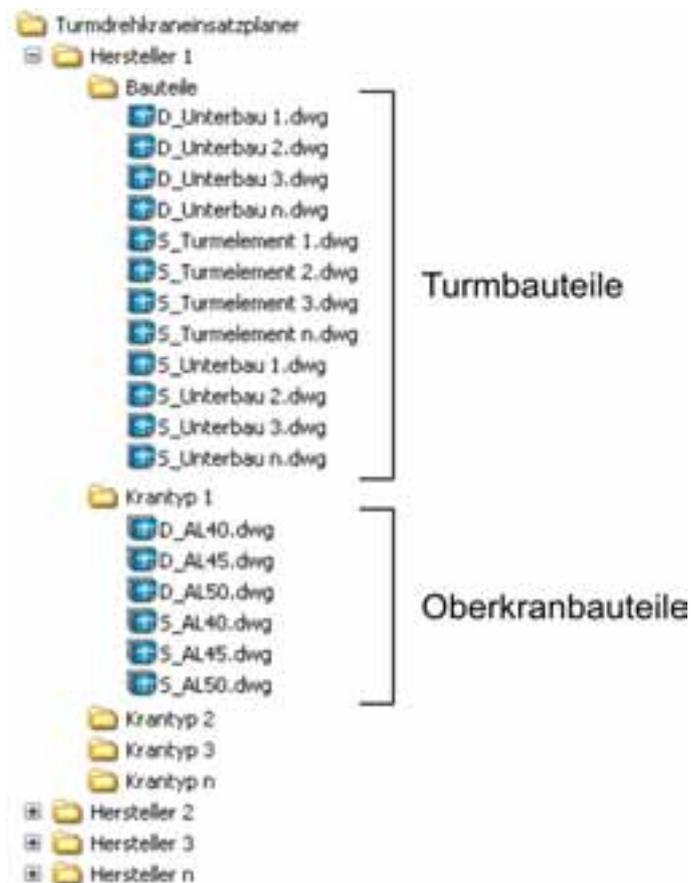


Abbildung 7-9: Dateistruktur des CAD-Tools

Ist der Kran erstellt, ergänzt das CAD-Tool zusätzliche Informationen wie die genaue Kranbezeichnung, die Bemaßung und die Traglastfähnen. Die Seitenansicht erhält zusätzlich ein Textfeld mit den wichtigsten technischen Daten des Krans. Hier sind das Hubwerk, die Ballastierung, die elektrische Anschlussleistung und die Reaktionskräfte aufgeführt. Damit ist sichergestellt, dass diese Informationen jedem, der die Baustellenzeichnung später verwendet, zur Verfügung stehen.

Die komplette Kranzeichnung wird in die Zwischenablage kopiert, das Programm schaltet auf die vom Benutzer angegebene Baustellenzeichnung um und fügt die Krandarstellung unter Berücksichtigung des Zeichnungsmaßstabs ein. Der Benutzer

kann die Seitenansicht des Krans (s. Abbildung 7-10) als Block frei in seiner Zeichnung positionieren. Die Hilfszeichnung wird geschlossen.

Im nächsten Schritt wird die Draufsicht (s. Abbildung 7-11) in einer neuen Hilfszeichnung auf dieselbe Art erstellt und über die Zwischenablage in die Baustellenzeichnung kopiert. Nach dem Schließen der Hilfszeichnung ist der Vorgang abgeschlossen. Als Positionierhilfe erstellt das CAD-Tool automatisch eine senkrechte Hilfslinie durch den Fußpunkt der Kranseitenansicht. Wird die Draufsicht auf dieser Hilfslinie positioniert, befinden sich beide Ansichten des Krans in einer Flucht.

Das CAD-Tool nutzt bei der Zeichnungserstellung die Layertechnik von AutoCAD und legt die Informationen auf unterschiedlichen Layern ab. Der Planer kann so einfach durch Ein- bzw. Ausblenden der Layer das Kranbild nach seinen Anforderungen anpassen und z.B. die Textblöcke oder Bemaßungen ausblenden ohne die Informationen löschen zu müssen.

7 Realisierung der Anwendung Turmdrehkran-Einsatzplaner

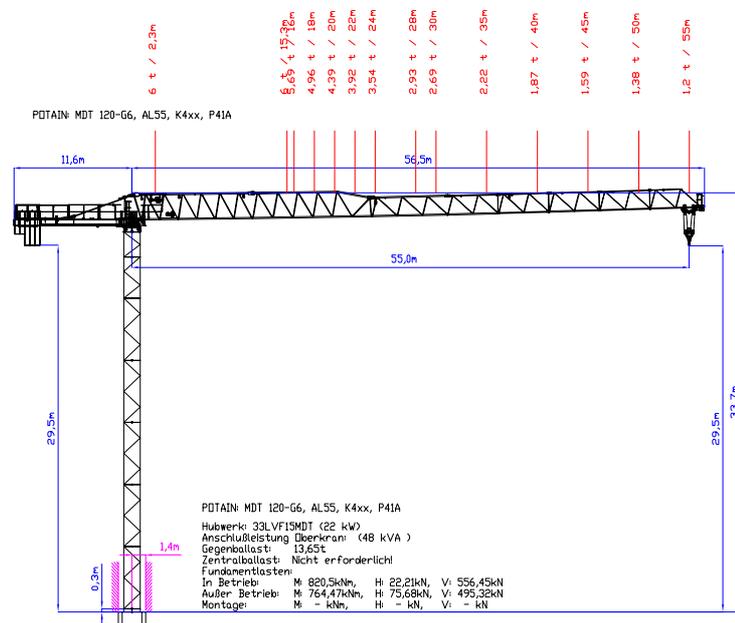


Abbildung 7-10: Oben drehender Katzausleger in der Seitenansicht

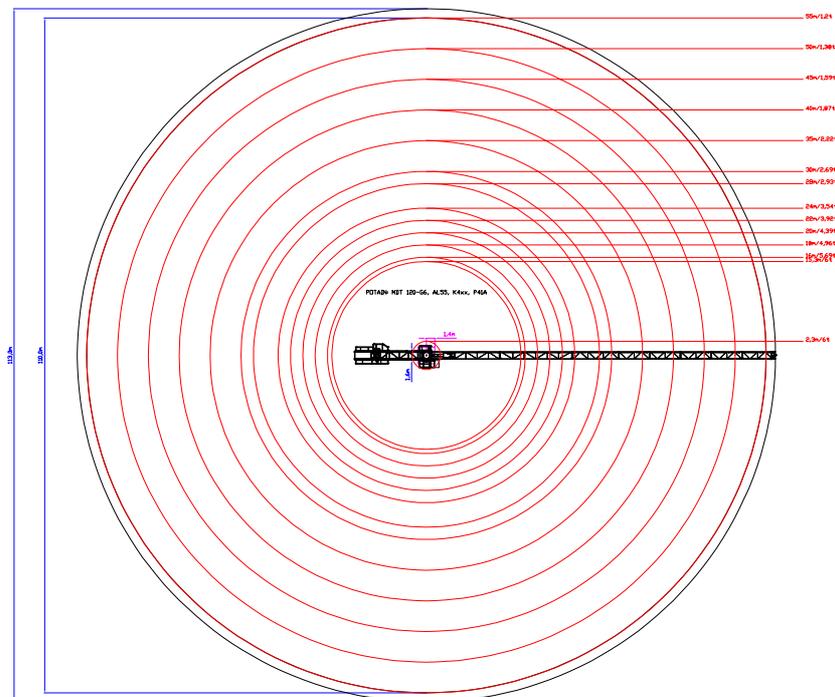


Abbildung 7-11: Oben drehender Katzausleger in der Draufsicht

7.4 Bestandteile der Anwendung

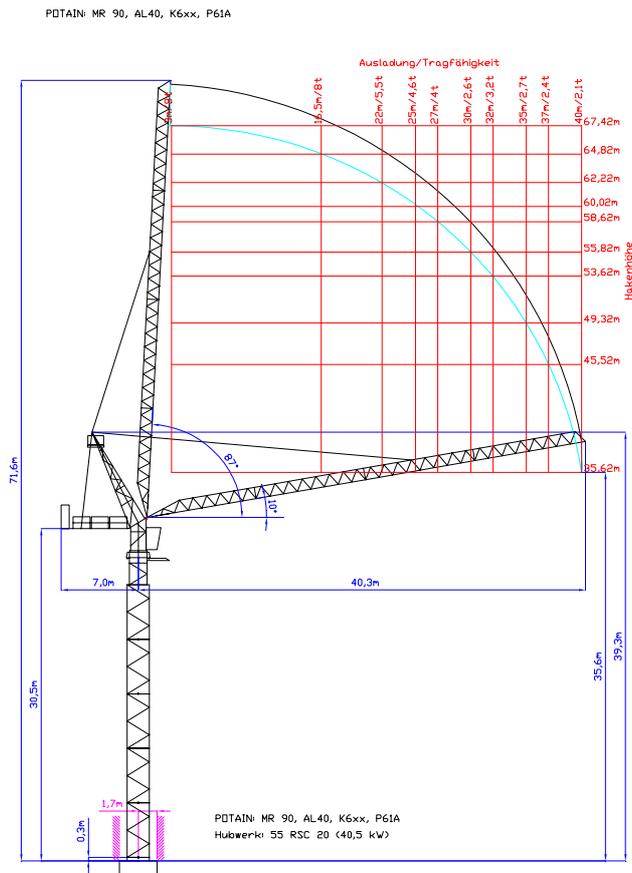


Abbildung 7-12: Oben drehender Wippausleger in der Seitenansicht

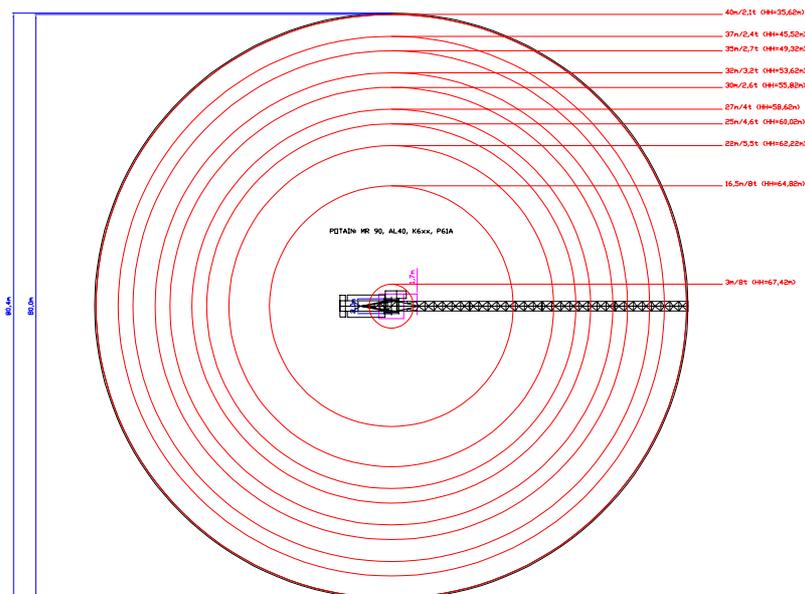


Abbildung 7-13: Oben drehender Wippausleger in der Draufsicht

7 Realisierung der Anwendung Turmdrehkran-Einsatzplaner

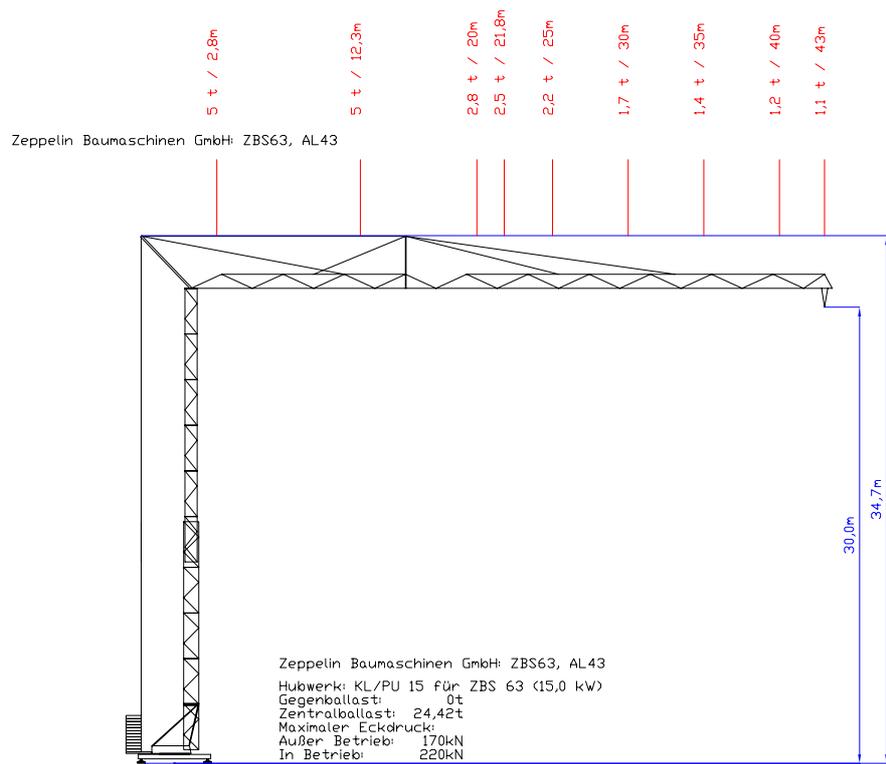


Abbildung 7-14: Unten drehender Katzausleger in der Seitenansicht

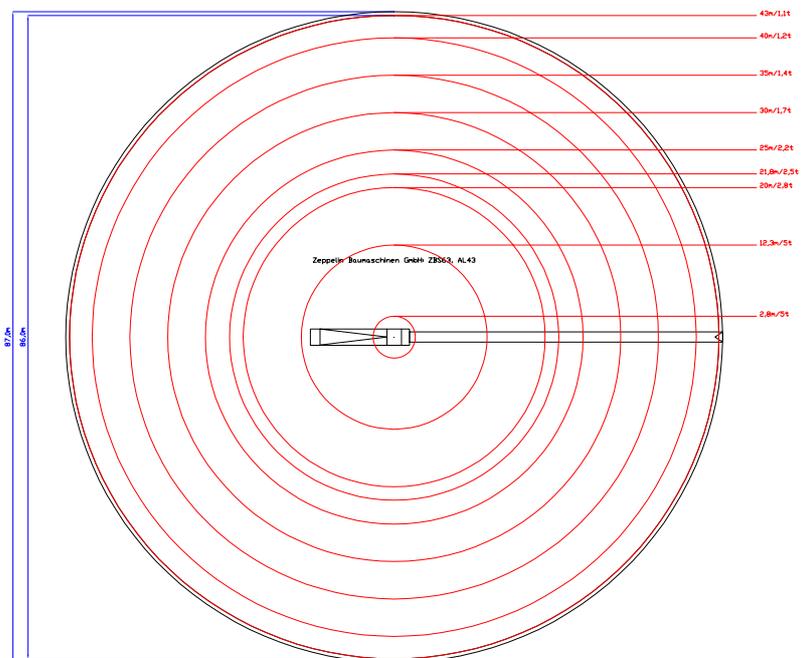


Abbildung 7-15: Unten drehender Katzausleger in der Draufsicht

7.4.5 3D-CAD-Tool

Auch im Bauwesen hält das 3D-CAD mehr und mehr Einzug. Wenn die Gebäude bereits als 3D-CAD-Zeichnung existieren, liegt es nahe, diese Daten auch zur Einsatzplanung der Turmdrehkrane zu verwenden. Das 3D-CAD-Tool des Turmdrehkran-Einsatzplaners ist in der Lage, die Krane als maßstäbliche 3D-Modelle in die Baustellen zu integrieren. Durch die 3D-Technik lassen sich zusätzliche Vorteile für die Einsatzplanung, wie z.B. eine automatische Kollisionskontrolle zwischen den Kranen und zwischen Kranen und Gebäuden, erzielen.

Im Gegensatz zu allen anderen Funktionen des Einsatzplaners, die sich immer auf genau einen gewählten Kranrüstzustand beziehen, benötigt das 3D-CAD-Tool, um die Krane darstellen und auf Kollision prüfen zu können, Informationen über die Standorte und Rüstzustände aller Krane auf der Baustelle. Deshalb muss der Anwender, bevor er den Zeichenvorgang starten kann, diese Informationen im Formular Baustellenplanung eingeben. Dazu wählt er über die Funktion Kranauswahl nacheinander die gewünschten Krantypen. Für jeden Kran muss die genaue Position im Baustellenkoordinatensystem definiert werden. Sind alle Daten erfasst, speichert das Formular die Informationen in der Datenbank „Baustellendaten“ und das 3D-CAD-Tool kann gestartet werden.

Das Funktionsprinzip des 3D-Tools ähnelt dem der 2D-Version. Die Krane werden auch hier aus einzelnen CAD-Elementen zusammengesetzt. Das 3D-CAD-Tool verwendet aber keine vorgefertigten CAD-Elemente, sondern erzeugt die Kranbauteile aus einfachen geometrischen Volumenkörpern wie Quadern, Kegeln und Zylindern. Abbildung 7-16 zeigt (von links nach rechts) die abstrahierte Darstellung von Katzauslegern ohne und mit Spitze und eines Wippauslegers. Die dazu erforderlichen Informationen über die Bauteilabmessungen sind in der Datenbank „Technische Daten“ vorhanden. Die entstehenden abstrahierten Darstellungen der Krane reichen für die Einsatzplanung völlig aus. Weiterhin funktioniert diese Art der Darstellung für alle Krantypen und Bauteile, sobald die nötigen Maße in der Datenbank eingetragen sind. Die Möglichkeit, fertige CAD-Elemente zu benutzen, ist zusätzlich vorhanden. Die Bauteile werden in derselben Dateistruktur angelegt wie die 2D-Teile und durch das Präfix „3D_“ gekennzeichnet.



Abbildung 7-16: Abstrahierte Darstellung der Krane

Da in der Maske Baustellenplanung alle Informationen über die Rüstzustände und die Standortkoordinaten der Krane vorhanden sind, kann der Zeichenvorgang automatisch für alle Krane der Baustelle nacheinander durchgeführt werden.

Die Kollisionskontrolle erfolgt über boolesche Operationen. Dazu ist es erforderlich, die Kranteile als Volumenkörper zu definieren. Deshalb werden die abstrahierten Darstellungen der Krane immer mit erzeugt. Nachdem der Benutzer die Baustellenzeichnung zum Einfügen der Krane gewählt hat, erstellt das Tool die Krane und führt die Kollisionskontrolle durch. Dazu wird für alle Krane das Hüllvolumen der Auslegerkinematik gebildet. Bei Katzauslegern ohne Spitze ergibt sich ein flacher Zylinder, bei Katzauslegern mit Spitze ein flacher Zylinder mit aufgesetztem Kegel und bei Wippauslegern, die ihre Ausleger nahezu senkrecht stellen können, eine Halbkugel (s. Abbildung 7-17).

Anschließend werden die Hüllvolumen untereinander mit allen anderen Kranbauteilen und allen Gebäudeelementen über eine boolesche Operation auf mögliche Schnittmengen, also Kollisionsbereiche, überprüft. Ist ein Kollisionsbereich vorhanden, wird er farblich hervorgehoben und dem Anwender so als Problemstelle angezeigt. Dadurch kann der Anwender Kollisionen frühzeitig erkennen und die Positionen der Krane entsprechend korrigieren bzw. die Hakenhöhe einzelner Krane verändern. Diese Korrekturen erfolgen wieder in der Kranliste der Baustellenplanung. Durch erneutes Ausführen des CAD-Tools werden die veränderten Krandaten in die Baustellenzeichnung übertragen.

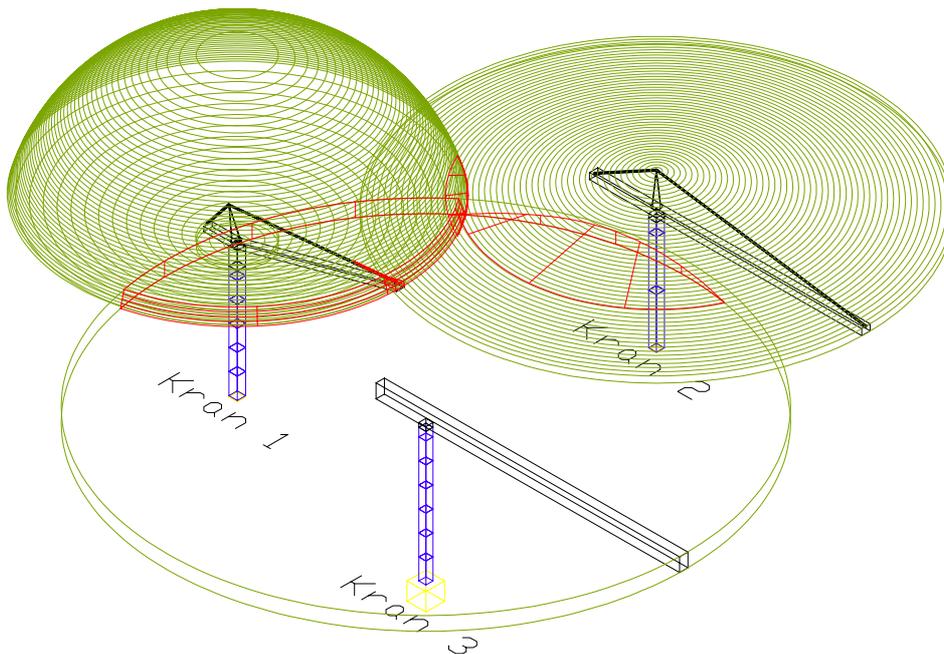


Abbildung 7-17: Darstellung der Überschneidungen im AutoCAD

Die 3D-Darstellung des Kranbetriebs auf der Baustelle unterstützt zusätzlich die konstruktive Denkweise des Planers. Problemstellen lassen sich einfacher und schneller erkennen als bei der herkömmlichen Darstellung in Draufsicht und Schnitten. Nach der Positionierung der Krane kann der Planer an Hand der Traglastkurve des Krans sofort kontrollieren, ob die Krane die erforderlichen Hubaufgaben auf der Baustelle ausführen können. Auch zur Planung der Turmdrehkranmontage und Demontage ist die 3D-Darstellung gut geeignet. So lässt sich z.B. überprüfen, ob die nötigen Arbeitsräume sowie die An- und Abfahrtsmöglichkeiten für die Fahrzeugkrane vorhanden sind. Der 3D-Einsatz erzeugt zusätzlich sehr anschauliche Darstellungen der Baustelle, die für Werbezwecke und Kundenpräsentationen gut geeignet sind.

Auch beim 3D-Tool werden die unterschiedlichen Zeichnungsobjekte auf verschiedenen AutoCAD-Layern erstellt. So kann der Benutzer entscheiden, welche Daten er in der Zeichnung dargestellt haben möchte und z.B. die Hüllkörper der Auslegerkinematik ausblenden. Wie bei jeder 3D-Darstellung kann auch aus der 3D-Baustelle über Projektion eine 2D-Darstellung abgeleitet werden. Da Baustellen heute aber immer noch überwiegend in 2D-geplant werden, ist ein eigenes 2D-Tool nach wie vor erforderlich.

7.5 Datenpflege

Bevor Informationen abgerufen werden können, müssen die Daten der gewünschten Krane in der Datenbank hinterlegt werden. Dieser Vorgang soll so einfach wie möglich ablaufen. Eine direkte Eingabe in die Datenbank kommt daher nicht in Frage. Der Benutzer muss dazu über detaillierte Datenbankkenntnisse verfügen und die Daten manuell in den unterschiedlichen Tabellen eintragen. Da auch die Datenpflege ohne Datenbankkenntnisse möglich sein soll, erfolgt sie über eine eigene Anwendung, die dem Benutzer übersichtliche Bildschirmmasken zur Verfügung stellt. Der Benutzer wird so schrittweise durch den Eingabeprozess geführt und die Daten automatisch, für den Benutzer unsichtbar in der Datenbank hinterlegt. Ein solches Tool existiert für alle Turmdrehkran-Einsatzplaner Datenbanken. Der Anwender muss die erforderlichen Daten aus entsprechenden Herstellerunterlagen entnehmen und in die jeweilige Bildschirmmaske übertragen. Dazu ist es aber erforderlich, dass der Anwender mit dem Baukastensystem und den Bezeichnungen des jeweiligen Herstellers vertraut ist.

In der Regel erfolgt die Datenpflege an einer zentralen Stelle und der aktuelle Datenstand wird per Update an die Benutzer verteilt. Diese Stelle kann ein Kranhersteller oder Vermieter sein, der seine Produktpalette hinterlegen und an Mitarbeiter und Kunden weitergeben möchte. Es kann aber auch die Kranabteilung eines Bauunternehmens sein, die die Baustellenplaner mit aktuellen Daten über den eigenen Kranbestand versorgt. In allen Fällen stehen Personen zur Datenpflege zur Verfügung, die mit Turmdrehkränen gut vertraut sind. Den Ablauf der Dateneingabe in die Masken des Einsatzplaners kann diesen Personen durch eine Einweisung in das Programm schnell vermittelt werden.

Die eigentlichen Anwender verfügen nicht über das Datenpflege-Tool und haben daher keine Möglichkeit, die Daten zu verändern. Dadurch ist sichergestellt, dass die hinterlegten technischen Daten und Rüstzustände dem Stand bei der Dateneingabe entsprechen. Maßgeblich sind hierfür immer die technischen Dokumentationen und Handbücher der Kranhersteller. Falls ein Kranhersteller die für den Turmdrehkran-Einsatzplaner erforderlichen Daten ganz oder teilweise in Dateiform zur Verfügung stellen kann, ist ein Import der Informationen in die Datenbanken durch eine individuelle Anpassung des Datenpflege-Tools möglich.

8 Anwendungsbeispiele

Das aktuelle Kapitel soll nun den Einsatz des Planungshilfsmittels Turmdrehkran-Einsatzplaner an drei realen Beispielen demonstrieren. Das erste Beispiel zeigt die Vorteile des TEP bei einer herkömmlichen 2D-Planung in Draufsicht und Schnitt. Die Beispiele zwei und drei demonstrieren die 3D-Planung und die automatische Kollisionkontrolle des TEP.

8.1 2D-Planung

Bei dem Beispielprojekt handelt es sich um ein geplantes Einkaufs- und Freizeitzentrum in Bern. Die Kranstandorte und Parameter Ausladung und Tragfähigkeit waren bereits nach Baustellenanforderung vorgegeben. Die Beplanung sollte mit möglichst geringen Hakenhöhen erfolgen. Aus diesem Grund wurden spitzenlose MDT-Krane der Fa. Potain gewählt.

Die Hakenhöhen sind so niedrig wie möglich gewählt und orientieren sich jeweils an der maximalen Gebäudehöhe und den benachbarten Kranen. Krane innerhalb eines Gebäudes stehen auf Fundamentankern, außerhalb auf Fundamentkreuzen. Zur Kranauswahl wurde die Hubaufgabe des TEP verwendet. Nach Eingabe der für den Standort nötigen Auslegerlänge, Traglast, der erforderlichen minimalen Hakenhöhe und des Unterbaus lieferte der TEP die in Frage kommenden Kranrüstzustände. Tabelle 8-1 enthält die gewählten Varianten. Nach der Kranauswahl kann der Planer den Kran mit der Funktion „Kran zeichnen“ erzeugen und an der gewünschten Position in die Baustellenzeichnung einfügen. Der TEP stellt ihm den Kran als CAD-Block automatisch zur Verfügung. Abbildung 8-1 zeigt die fertig beplante Baustelle in der Draufsicht. Dabei sind alle möglichen Zusatzinformationen wie Traglastkreise und Bemaßung eingeblendet. Über die Traglastkreise kann der Planer sofort überprüfen, ob die verfügbare Krantraglast an allen Stellen der zukünftigen Gebäude ausreicht. Da bei diesem Beispiel auf möglichst geringe Hakenhöhen großen Wert gelegt wurde, war die Kollisionkontrolle ein sehr wichtiges Auslegungskriterium. Die Kollisionsprüfung der Krane erfolgt bei der 2D-Planung in einer eigenen Ansicht, in der die Originalabstände der Krane als Abwicklung sichtbar werden (s. Abbildung

8-2). Der Anwender muss dazu eine Zeichnung mit den verschiedenen Niveauebenen der Baustelle vorbereiten. Dann kann er mit dem CAD-Tool die Seitenansicht des ersten Krans automatisch erzeugen und in der Abwicklung auf der entsprechenden Niveauebene positionieren. Um den zweiten Kran einfügen zu können, ist der Originalabstand zwischen den Kranen erforderlich. Dieses Maß ist in der Draufsicht erkennbar und lässt sich aus der CAD-Zeichnung entnehmen. Der zweite Kran wird in genau diesem Abstand in der Abwicklung eingefügt. Diese Schritte wiederholen sich, bis alle benachbarten Krane auf Kollision überprüft sind. Kommt es zu Überschneidungen, muss die Hakenhöhe oder der Standort des betroffenen Krans verändert werden. In der Kollisionskontrolle sind alle Zusatzinformationen ausgeblendet, um eine übersichtliche Darstellung zu erreichen. Der gewählte Verlauf der Abwicklung ist aus der Kennzeichnung in Abbildung 8-2 ersichtlich.

Kran	Typ	Auslegerlänge	Unterbau	Hakenhöhe
1	Potain MDT 120-G6	40m	Fundamentkreuz ZC42A	14,5m
2	Potain MDT 192-H12	60m	Fundamentanker P41A	21,0m
3	Potain MDT 192-H12	60m	Fundamentanker P41A	49,9m
4	Potain MDT 132-G8	45m	Fundamentkreuz S41A	56,4m
5	Potain MDT 222-J12	60m	Fundamentkreuz ZD46A	24,8m
6	Potain MDT 162-H8	50m	Fundamentanker P41A	37,6m
7	Potain MDT 132-G8	45m	Fundamentkreuz ZC42A	21,9m
8	Potain MDT 192-H12	60m	Fundamentkreuz ZD46A	27,5m
9	Potain MDT 132-G8	45m	Fundamentanker P41A	31,1m
10	Potain MDT 222-J12	60m	Fundamentanker P61A	42,4m
11	Potain MDT 132-G8	50m	Fundamentkreuz ZC42A	21,1m

Tabelle 8-1: Krantypen für das Einkaufs- und Freizeitzentrum

Durch die einfache Kranauswahl und das automatische Erzeugen der maßstäblichen Kran-CAD-Darstellungen entsteht für den Anwender im Vergleich zur Kranauswahl über Datenblätter und dem manuellen Erstellen der Kranzeichnungen eine erhebliche Arbeitserleichterung, Zeitersparnis und Planungssicherheit.

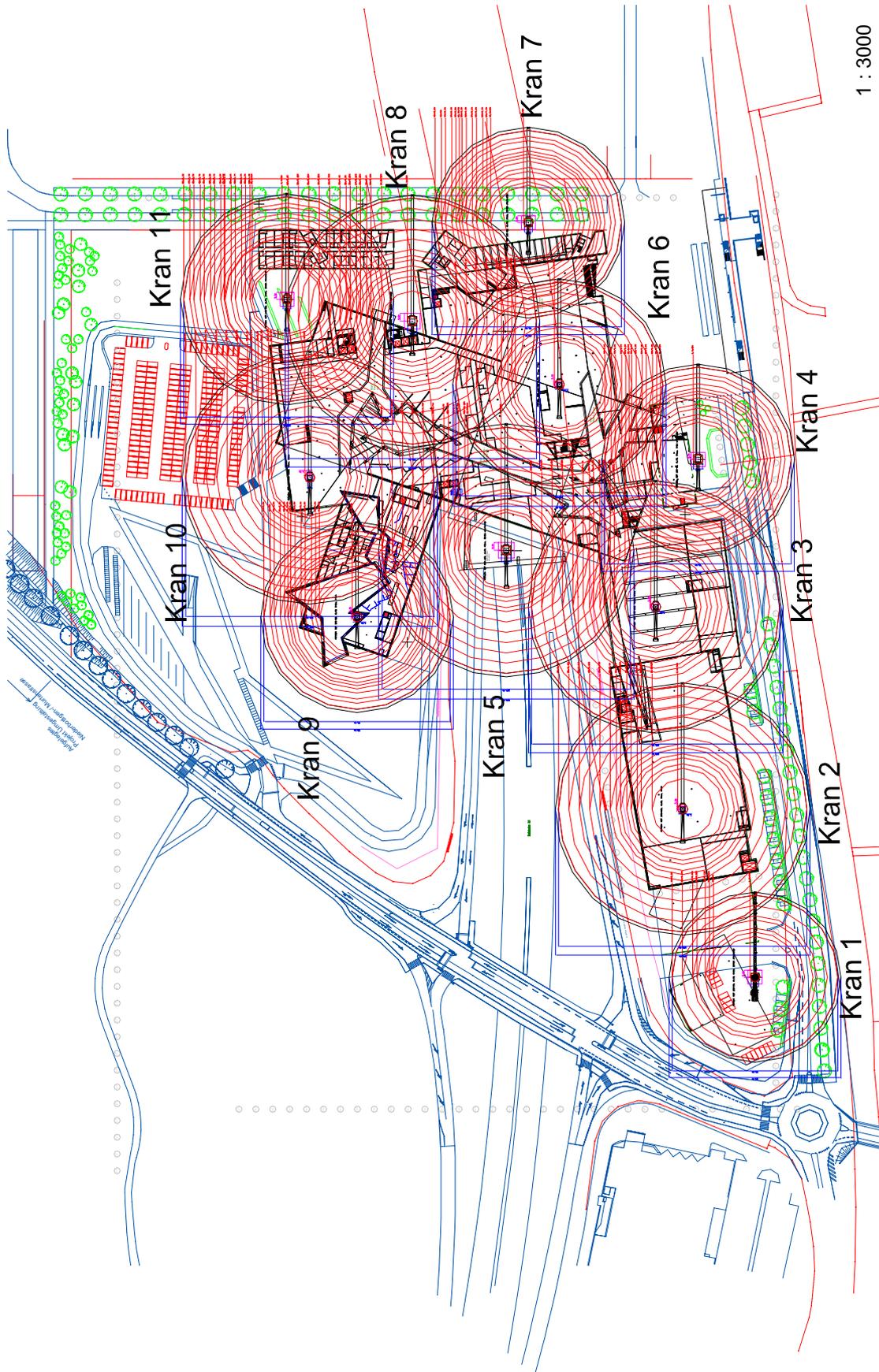
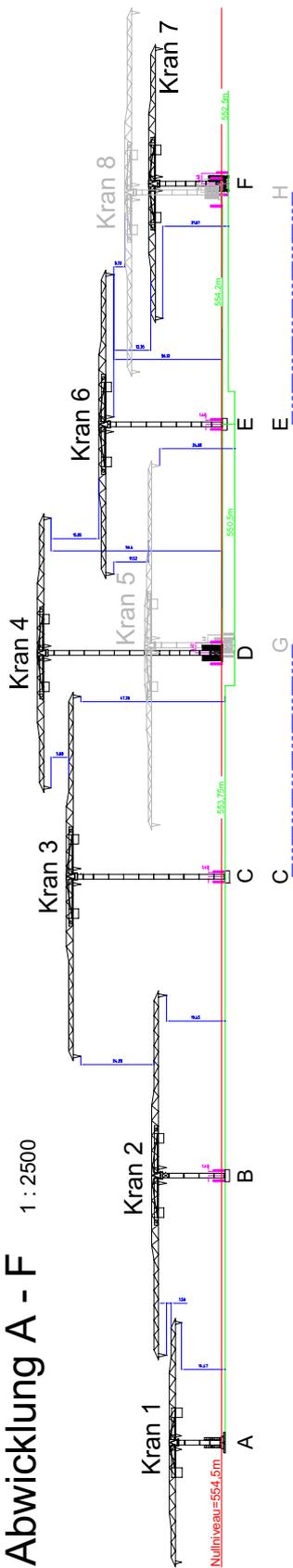


Abbildung 8-1: Baustelle in der Draufsicht

Abwicklung A - F 1 : 2500



Abwicklung I - K 1 : 2500

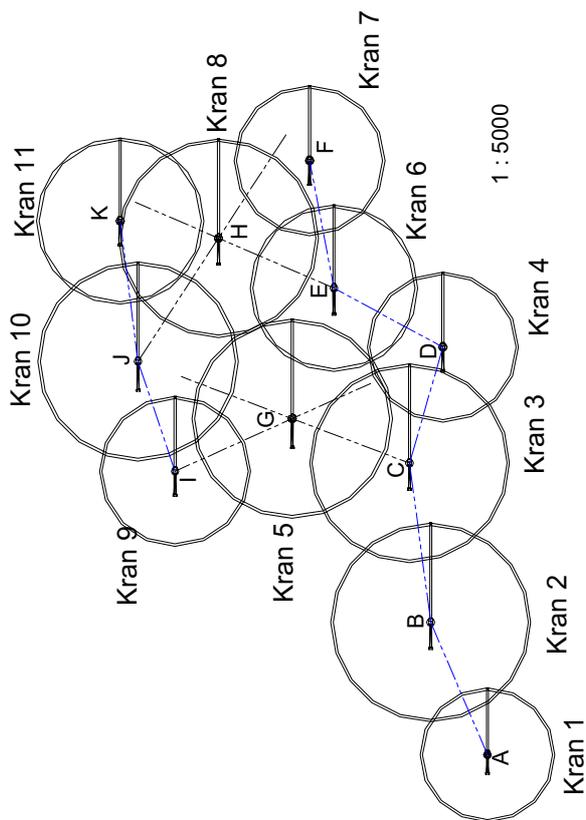
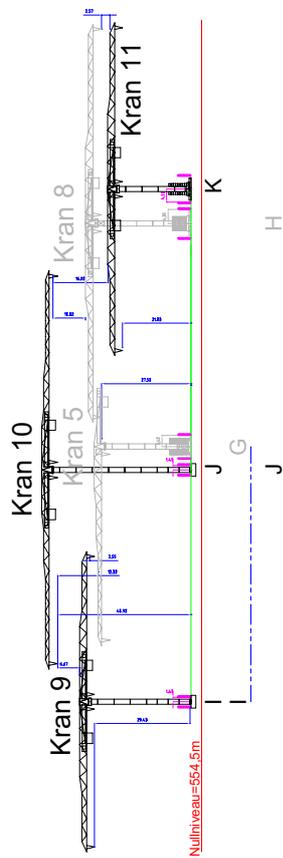


Abbildung 8-2: Kollisionskontrolle: Originalabstände in der Abwicklung

8.2 3D-Planung

Die folgenden zwei Beispiele zeigen die Anwendung des Turmdrehkran-Einsatzplaners mit dem 3D-CAD-Tool.

8.2.1 BB-Gebäude

Das Musterprojekt „BB-Gebäude“ wird vom Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre (tbb) der TU München [Bös-01] zu Lehrzwecken verwendet und als Beispiel für das 3D-Tool des TEP zu Testzwecken angesetzt.

Für das Bauvorhaben sind drei Krane erforderlich. Kran 1 steht auf Fundamentankern innerhalb des Gebäudes, die Krane 2 und 3 auf Fundamentkreuzen außerhalb (s. Abbildung 8-3). Die genauen Kranstandorte sind vorgegeben. Aus der Gebäudehöhe von 23m, einer Lasthöhe (mit Gehänge) von 7m und 2m Sicherheitsabstand ergibt sich eine minimale Hakenhöhe für den niedrigsten Kran (Kran 2) von 32m. Die Hakenhöhen der anderen Krane sollen jeweils um mindestens 9m höher liegen. Kran 1 soll eine maximale Auslegerlänge von 40m, die Krane 2 und 3 jeweils 35m besitzen. Als maximale Traglast an der Spitze sind jeweils 2t gefordert. Für dieses Beispiel kommen Katzausleger mit Spitze der Firma Zeppelin Baumaschinen GmbH zum Einsatz.

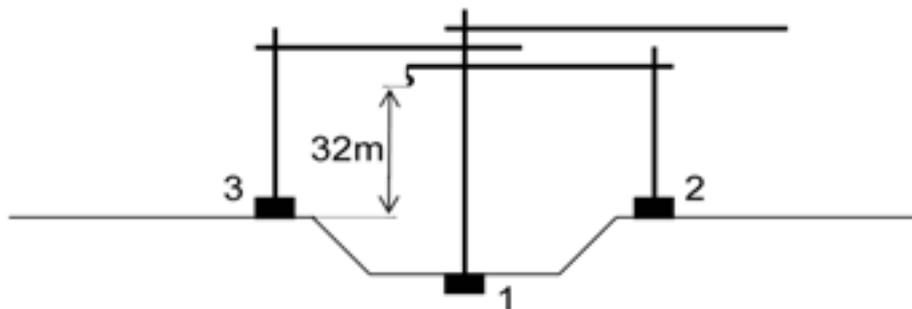


Abbildung 8-3: Krananordnung [Bös-01]

Zur 3D-Planung öffnet der Anwender die Baustellenplanung des TEP und legt die neue Baustelle an. Die Kranauswahl beginnt mit dem niedrigsten Kran. Nach Eingabe der Suchparameter (Ausladung, Traglast und Hakenhöhe) in die Abfrage Hub-

aufgabe ermittelt der TEP alle hinterlegten Rüstzustände, die diese Anforderungen erfüllen. Der Anwender wählt eine gewünschte Variante und gibt den Standort des Krans im Koordinatensystem der AutoCAD-Baustellenzeichnung ein. Die weiteren Krane werden nach steigender Hakenhöhe gewählt. Tabelle 8-2 zeigt die Krantypen mit ausgewähltem Rüstzustand.

Kran	Typ	Auslegerlänge	Unterbau	Hakenhöhe
1	Zeppelin ZBK 224	40m	Fundamentanker FF1721	52,9m
2	Zeppelin ZBK 125	35m	Fundamentkreuz FK46	33,1m
3	Zeppelin ZBK 125	35m	Fundamentkreuz FK46	42,1m

Tabelle 8-2: Krantypen für das BB-Gebäude

Sind alle Krane und Standorte definiert, fügt das 3D-CAD-Tool die maßstäblichen Kranabbildungen automatisch in das 3D-Modell der Baustelle ein (s. Abbildung 8-4 und Abbildung 8-5).

Der TEP führt die Kollisionskontrolle automatisch aus und hebt eventuelle Kollisionspunkte für den Anwender farblich hervor. Auf das zeitaufwendige manuelle Erstellen einer Abwicklung wie in der reinen 2D-Planung kann nun verzichtet werden. Dadurch ergibt sich gegenüber der TEP-2D-Planung noch mal ein erheblicher Zeitvorteil.

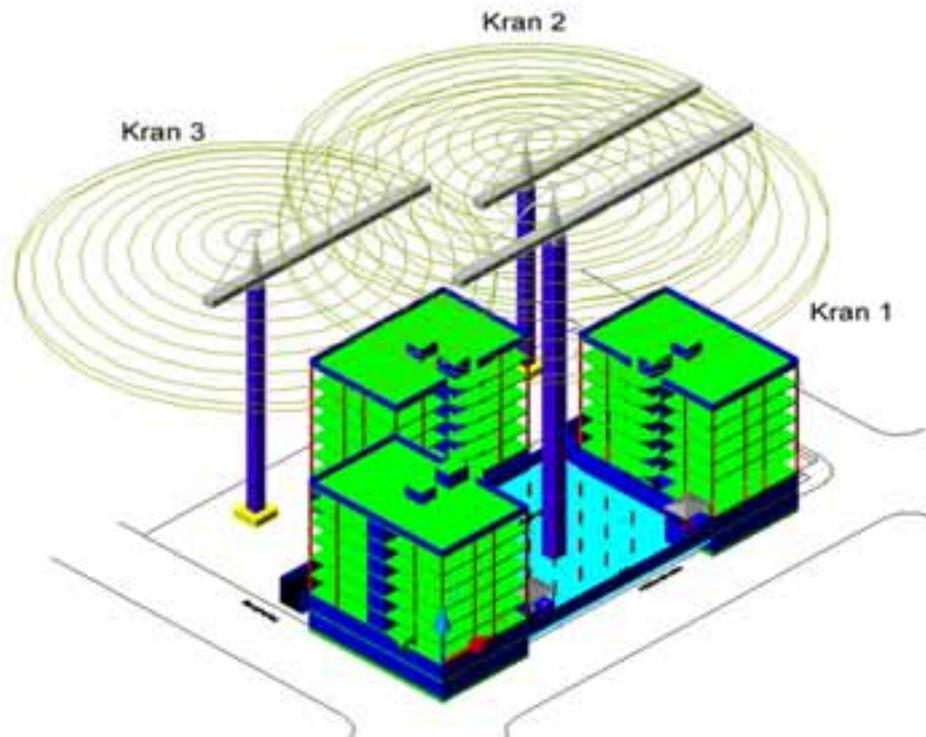


Abbildung 8-4: BB-Gebäude Ansicht SW

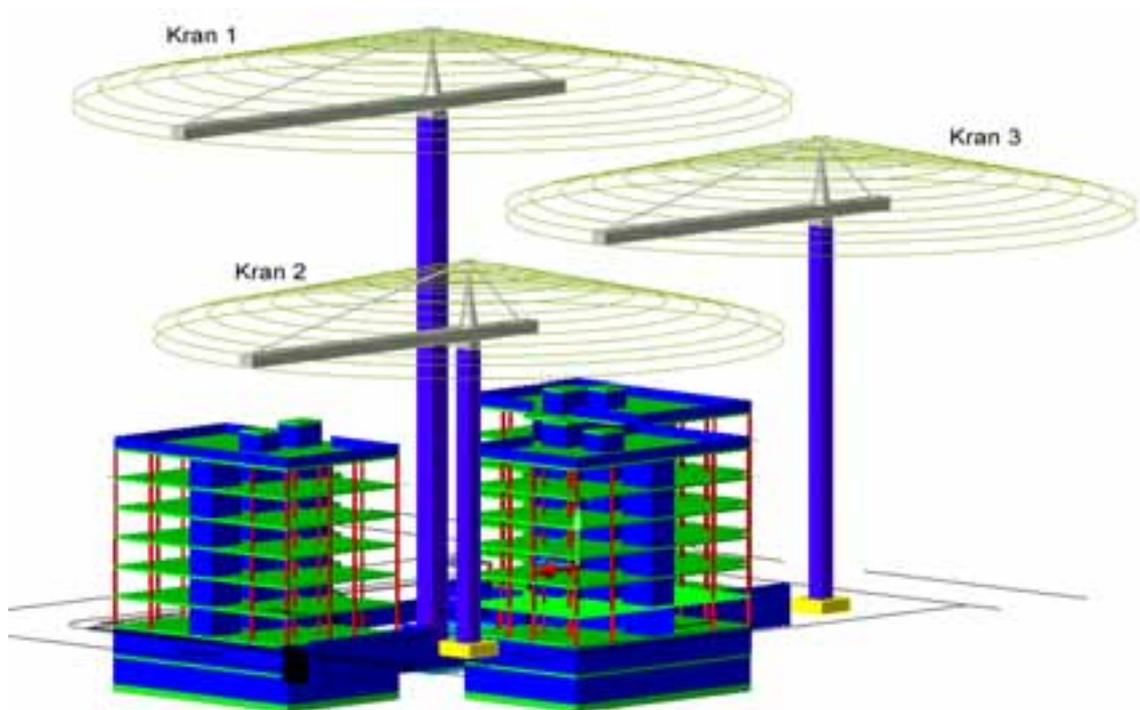


Abbildung 8-5: BB-Gebäude Ansicht NO

8.2.2 Tiroler Hof

Bei dem Projekt Tiroler Hof handelt es sich um ein Seniorenstift, das von der Max Bögl Projektentwicklung GmbH & Co. KG in Neumarkt errichtet wird. Da die Planung komplett in 3D-CAD erfolgt, steht für die Kraneinsatzplanung ein exaktes 3D-Modell des Gebäudes bereit.

Es werden zwei Krane mit einer Auslegerlänge von 40m und einer Traglast von 1,5t an der Auslegerspitze benötigt. Die Hakenhöhen sollen 20m bzw. 30m betragen. Die Kranstandorte sind vorgegeben. Für dieses Beispiel sind spitzenlose Krane der Fa. Potain vorgesehen. Tabelle 8-3 zeigt die über die Hubaufgabe des TEP gewählten Krane mit dem ausgewählten Rüstzustand.

Kran	Typ	Auslegerlänge	Unterbau	Hakenhöhe
1	Potain MDT 178	40m	Fundamentkreuz S40A	30,6m
2	Potain MDT 178	40m	Fundamentkreuz S40A	20,6m

Tabelle 8-3: Krantypen für den Tiroler Hof

Abbildung 8-6 und Abbildung 8-7 zeigen das 3D-Modell des Gebäudes mit den durch das 3D-CAD-Tool des TEP an den gewünschten Standorten eingefügten Krane. Die Kranbestückung und Kontrolle erfolgt mit dem Turmdrehkran-Einsatzplaner im Vergleich zu einer herkömmlichen Kranbeplanung in einem Bruchteil des sonst benötigten Zeitaufwands.

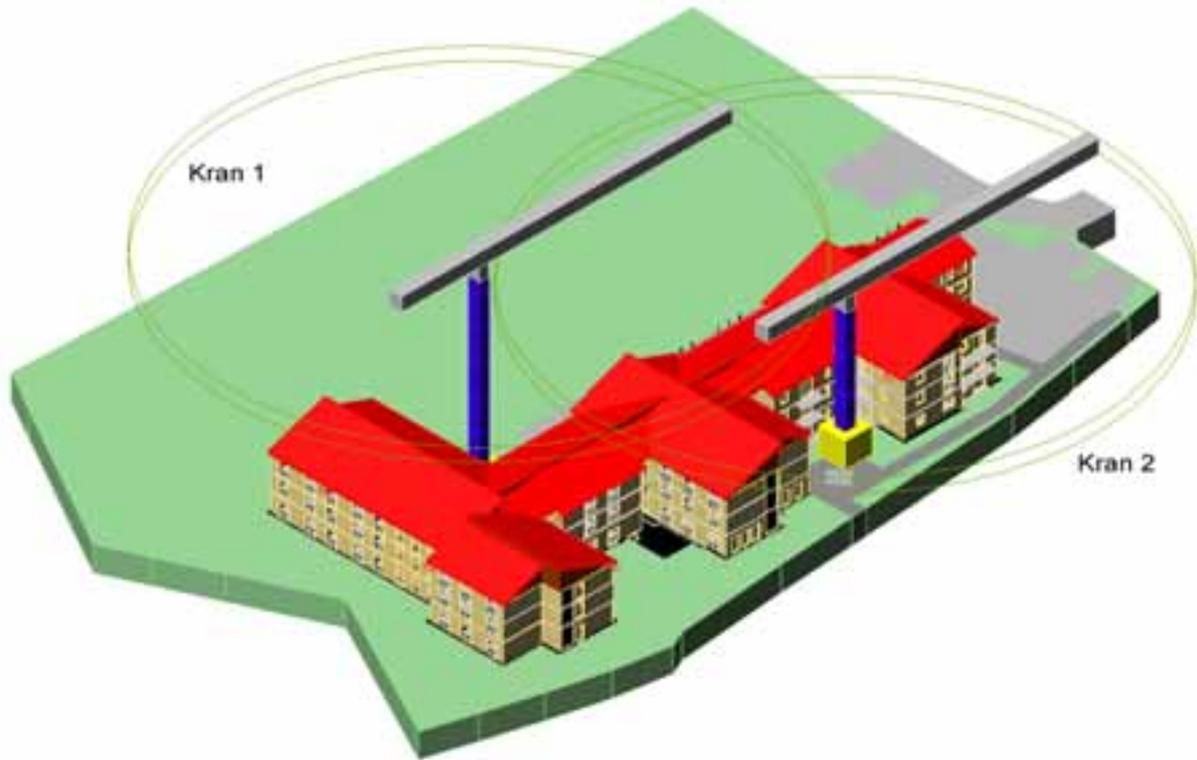


Abbildung 8-6: Tiroler Hof Ansicht SW

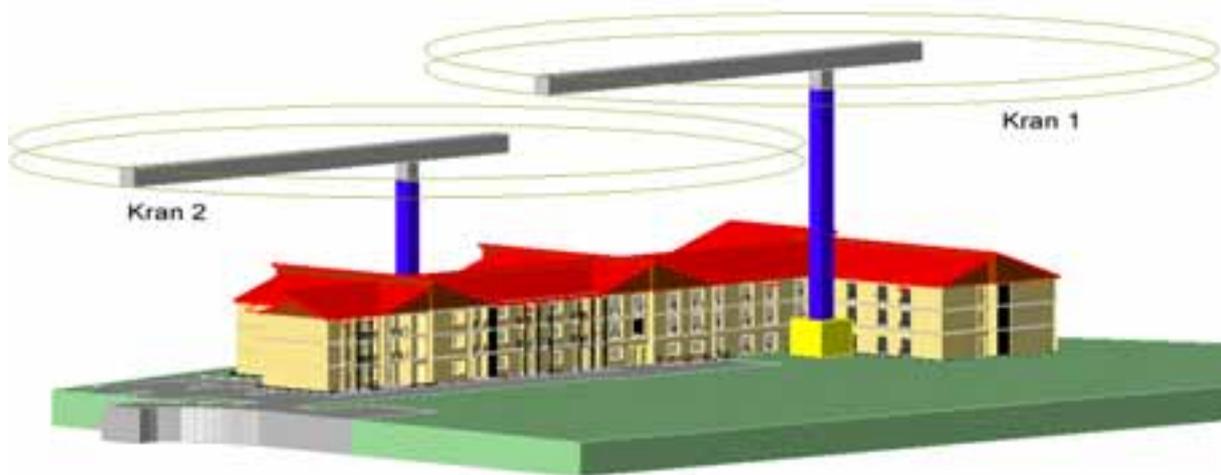


Abbildung 8-7: Tiroler Hof Ansicht NO

9 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die schlechte wirtschaftliche Lage in der Baubranche sind die Verkaufszahlen für Turmdrehkrane in den letzten Jahren stark gesunken. Die Bauunternehmen vermeiden Investitionen in Neukrane und kaufen die „Dienstleistung Kran“ als Paket inklusive Montage und Service bei einem Vermieter ein. Der Kranmarkt wandelt sich dadurch vom Kauf- hin zum Mietmarkt. Die gestiegenen Serviceanforderungen der Bauunternehmen führen dazu, dass sich auch die Kranfirmen immer stärker im Mietgeschäft engagieren müssen. Durch die kurzen Reaktionszeiten zwischen Angebotsanfrage und Einsatzbeginn des Krans können die Dienstleister oft nur noch auf die Anfragen reagieren, ihr Wissen über den Kraneinsatz aber nicht mehr als Verbesserungsvorschlag einbringen.

Um trotz der kurzen zur Verfügung stehenden Zeitspanne einen optimalen Kraneinsatz zu gewährleisten, beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit dem Prozess der Baukran-Einsatzplanung mit dem Ziel, ein DV-gestütztes Tool zur Vereinfachung und Beschleunigung des Planungsvorgangs bereitzustellen.

Ausgangspunkt bildet die Konzepterstellung für das Planungshilfsmittel. Durch eine Analyse der Vorgänge bei der Kraneinsatzplanung lassen sich die Aufgaben isolieren, die sich bei jedem Kraneinsatz wiederholen und sich so für eine Automatisierung durch das Tool anbieten. Dabei ergeben sich drei Hauptaufgabengruppen:

- Auswahl eines Krans an Hand bestimmter Kriterien und Anzeige der technischen Daten.
- Einzeichnen der Krane in die Baustellenzeichnung und Durchführung einer Kollisionskontrolle.
- Ermittlung der Kraneinsatzkosten bzw. Angebotserstellung für Kranvermieter.

Als Anwender für das sich aus dem Konzept ergebende Planungstool Turmdrehkran-Einsatzplaner kommen wiederum drei Gruppen in Frage. Kranhersteller, Vermieter, die das Tool zur schnellen Bearbeitung von Kundenanfragen und der Erstellung von Mietangeboten einsetzen und Bauunternehmen, die damit ihre Kraneinsatzplanung durchführen. Je nach Nutzerkreis sind dazu nicht immer alle Bestandteile des Tools

erwünscht. Um diese Anforderungen zu erfüllen, entsteht aus jeder Aufgabengruppe ein eigenständiges Modul der Anwendung Turmdrehkran-Einsatzplaner (s. Abbildung 9-1). Die Basis bildet das Datenbankmodul mit den Funktionen Kranauswahl und Datenanzeige. Je nach Anforderung können die Anwender individuell das Modul CAD-Tool zur Zeichnungserstellung oder den Kostenkalkulator zur Ermittlung der Kraneinsatzkosten ergänzen.

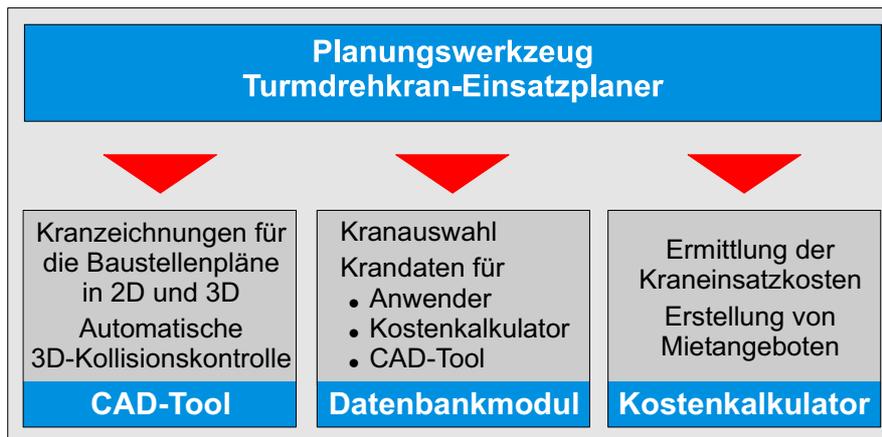


Abbildung 9-1: Bestandteile des Turmdrehkran-Einsatzplaners

Das Datenbankmodul stellt zwei Möglichkeiten zur Auswahl eines Krans zur Verfügung. Der Anwender kann entweder Suchbereiche für Traglast, Ausladung und Hakenhöhe über die Abfrage „Hubaufgabe“ eingeben und einen Rüstzustand aus der Ergebnisliste wählen oder den Kran über die „Schnellauswahl“ an Hand der Herstellerbezeichnungen definieren. Anschließend stehen ihm die technischen Daten des Krans zur Anzeige und zur Verwendung in den anderen Modulen des TEP zur Verfügung. Entscheidend für die Funktion des Datenbankmoduls ist dabei die ordnungsgemäße Speicherung und Verwaltung der technischen Krandaten. Um eine dazu erforderliche Struktur des Systems Turmdrehkran in einer Datenbank abzubilden, kommt auf der konzeptuellen Ebene die Methode der Entity-Relationship-Modellierung zum Einsatz. Mit ihrer Hilfe wird eine auf Turmdrehkrane abgestimmte Datenstruktur entwickelt. Spezielle Konsistenzbedingungen garantieren dabei die Integrität der Daten und verhindern Inkonsistenzen und Redundanzen. Das erstellte Datenbankmodell ist in der Lage, alle Informationen über die Krane zu hinterlegen. Dabei werden für die bei Obendrehern pro Kran über 1000 möglichen Rüstzustände jeweils alle verwendeten Bauteile, ihre Reihenfolge im Kran und sämtliche technische Daten hinterlegt.

Das CAD-Tool unterstützt den Planer beim Einzeichnen der Krane in die Baustellenzeichnung und stellt ihm dazu im 2D maßstäbliche Krane in Seitenansicht und Draufsicht bereit. Eine entwickelte AutoCAD-Schnittstelle ermittelt dazu die in der Datenbank hinterlegten Zusammenbauinformationen des Krans und erzeugt aus CAD-Elementen der einzelnen Kranbauteile automatisch den Kran in genau dem Rüstzustand, wie er später auf der Baustelle aufgestellt wird. Zusätzlich ergänzt das Tool Traglastkurve und Bemaßung und bestückt die Zeichnung zusätzlich mit wichtigen technischen Krandaten. Gegenüber der manuellen Erstellung ergibt sich für den Planer eine erhebliche Zeitersparnis. Neben der reinen 2D-Zeichnungserstellung lassen sich nach dem gleichen Prinzip auch 3D-Abbildungen der Krane erzeugen. Sind dem CAD-Tool zusätzlich die Positionen der Krane in der Baustelle bekannt, kann eine automatische Kollisionskontrolle zwischen den Kranen oder, stehen die Gebäude als 3D-Modell zu Verfügung, auch zwischen Kranen und Gebäuden erfolgen. Durch die 3D-Abbildung des Kranbetriebs auf der Baustelle unterstützt der TEP die konstruktive Denkweise des Planers und ermöglicht eine einfache Kontrolle der topografischen Krananordnung und der zur Montage erforderlichen Arbeitsräume für den Fahrzeugkran. Problemstellen werden automatisch durch farbliche Hervorhebung markiert. Es entsteht eine anschauliche und werbewirksame Darstellung der Baustelle für den Kunden.

Der Kostenkalkulator ermittelt die durch den Kraneinsatz entstehenden Kosten. Kranvermieter benötigen die Preise zur Erstellung eines Mietangebots, aber auch für Bauunternehmen sind diese Informationen z.B. zur internen Verrechnung des Kraneinsatzes interessant. Die Kosten setzen sich dabei aus den Komponenten Kranmiete, Versicherung, Personalkosten für die Montage, Transport der Kranteile zur Baustelle und Kosten für den zur Montage erforderlichen Fahrzeugkran zusammen. Das Tool ermittelt die einzelnen Kostenkomponenten schrittweise für den Anwender, der den Vorschlag akzeptieren oder je nach Marktsituation anpassen kann. Auch der Kostenkalkulator benötigt die technischen Krandaten. Die zusätzlichen Finanzinformationen stammen aus einer eigenen Datenbank, die ebenfalls mit der Methode der ER-Modellierung erstellt wurde.

Zum Abschluss stellt die Arbeit den Einsatz des TEP an drei Praxisbeispielen vor.

Der Turmdrehkran-Einsatzplaner stellt mit der gleichzeitigen Anwendung aller Module ein rationelles Werkzeug für die Kraneinsatzplanung, Baustellenbeplanung

und Kranlogistik dar. Bauunternehmen ermöglicht der TEP eine schnelle und einfache Baustelleneinrichtungsplanung. Kranvermieter und Kranhersteller können mit dem Programmpaket auch innerhalb der kurzen verbleibenden Planungszeiten schnell auf Anfragen reagieren und mit ihrem Know-how die Krankunden unterstützen. Die Kranfirmen werden damit in die Lage versetzt, bei größeren Bauvorhaben zügig Angebote zu erstellen und ihre Wettbewerbsfähigkeit erheblich zu verbessern. Aber auch die Bauunternehmen können durch den Einsatz des TEP erhebliche Vorteile gegenüber Konkurrenten erzielen, wenn z.B. in der Planungsphase bereits kranbestückte CAD-Zeichnungen oder sogar 3D-Modelle der Baustelle zur Verfügung stehen.

Mit den in der Arbeit gezeigten 3D-Darstellungen des Kranbetriebs sind die Möglichkeiten des 3D-CADs noch nicht erschöpft. Gerade der sich momentan rasant entwickelnde Einsatz von 3D-Techniken im Bauwesen bietet von der aktuellen 3D-Darstellung der Gebäude hin zur virtuellen Baustelle noch viel Entwicklungspotenzial. So könnte z.B. im Zuge einer Weiterentwicklung des 3D-CAD Tools die komplette Montage der Krane inklusive der erforderlichen Fahrzeugkrane sowie die Höhenveränderung der Krane beim Klettern während des Baufortschritts vorab komplett im CAD-System dargestellt und überprüft werden. Damit ließe sich die Zeitabhängigkeit der Kranlogistik noch besser erfassen.

10 Literaturverzeichnis

- [Aut-01] AutoCAD 2002
ActiveX and VBA Developers' Guide
San Rafael: Autodesk, Inc., 2001
- [Bac-97] Bachmann, O; Cohrs, H. H.; Whiteman, T.; Wislicki, A.:
Faszination Baumaschinen - Krantechnik von der Antike zur Neuzeit
Isernhagen: Giesel Verlag für Publizität GmbH, 1997
- [Bag-99] Bager, J.:
In die passende Schublade
Datenbanken: Wie man Informationen am besten organisiert
In: c't Magazin für Computertechnik, Ausgabe 4/1999, S. 130
- [Bau-92] Bauer, H.:
Baubetrieb 1
Einführung, Rahmenbedingungen, Bauverfahren
Berlin u.a.: Springer, 1992
- [Ben-04] Bender, K.:
Einführung in die Informationstechnik
Vorlesungsskriptum: Lehrstuhl für Informationstechnik im MW,
TU München, 2004
- [Bös-01] Bösch, H.:
Grundübung Baumaschinen
Vorlesungsskriptum: Lehrstuhl für Tunnelbau und Baubetriebslehre,
TU München, 2001
- [Böt-97] Böttcher, P.; Neuenhagen, H.:
Baustelleneinrichtung
Betriebliche Organisation, Geräte, Kosten, Checklisten
Wiesbaden u.a.: Bauverlag, 1997
- [Che-77] Chen, P.:
The Entity-Relationship Approach to Logical Database Design
Wellesley: QED Information Sciences Inc., 1977
- [COD-71] CODASYL - Data Base Task Group:
Report
New York: ACM, 1971

- [Cod-90] Codd, E. F.:
The Relational Model for Database Management
Version 2
Reading, Massachusetts u.a.: Addison-Wesley, 1990
- [Dal-04] Dalitz, C.:
Datenbanksysteme
Vorlesungsskriptum: Fachbereich Elektrotechnik und Informatik,
FH Niederrhein, 2004
- [Dat-86] Date, C. J.:
An Introduction to Database Systems
Volume 1
Reading, Massachusetts u.a.: Addison-Wesley, 1986
- [Dre-71] Drees, G.; Reiff, K.:
Die Baustelleneinrichtung
Entwurf, Planung, Beispiele
Düsseldorf: Werner-Verlag, 1971
- [Elm-02] Elmasri, R.; Navathe, S. B.:
Grundlagen von Datenbanksystemen
München: Pearson Studium, 2002
- [Gab-95] Gabriel, R.; Röhrs, H. P.:
Datenbanksysteme
Konzeptionelle Datenmodellierung und Datenbankarchitekturen
Berlin u.a.: Springer, 1994
- [Gün-01a] Günthner, W. A.; Kessler, S.; Tölle, S.:
Werkzeug zur Baustellen-Bepanung
In: Hebezeuge und Fördermittel, Ausgabe 7-8/2001, Special 2001,
S. 6-10
- [Gün-01b] Günthner, W. A.; Kessler, S.; Tölle, S.:
Die schnelle Bepanung und Versorgung von Baustellen mit
Turmdrehkränen
In: VDBUM Information, Ausgabe 4/2001, S. 5-6
Stuhr: Verband der Baumaschinen-Ingenieure und -Meister e.V., 2001
- [Gün-02] Günthner, W. A., Kessler, S., Tölle S.:
Abschlussbericht zu AiF-Projekt 12440N:
Entwicklung eines Turmdrehkran-Einsatzplaners
Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, TU München, 2002

- [Gün-04a] Günthner, W. A.:
Materialflusstechnik
Vorlesungsskriptum: Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik,
TU München, 2004
- [Gün-04b] Günthner, W. A.; Kessler, S.; Tölle, S.:
Virtuelle Baustellen-Beplanung
In: Hebezeuge und Fördermittel, Ausgabe 3/2004, S. 128-130
- [Hal-02] Haladuda, G.; Hermanns, P.:
Topless Krane - die Vorteile und ihre Stellung im Markt
In: VDBUM Seminarband 2002, S. 56-64
Stuhr: Verband der Baumaschinen-Ingenieure und -Meister e.V., 2002
- [Heu-95] Heuer, A.; Saake, G.:
Datenbanken
Konzepte und Sprachen
Bonn, Albany u.a.: International Thomson Publishing, 1995
- [Kem-04] Kemper, A.; Eickler, A.:
Datenbanksysteme
Eine Einführung
München: Oldenbourg, 2004
- [Kes-02] Kessel, H.:
Boomzeit in London
In: Kran & Bühne, Ausgabe März 2002, S. 24-27
- [Kor-91] Korth, H.; Silberschatz, A.:
Database System Concepts
New York u.a.: McGraw-Hill, 1991
- [Lie-80] Liebherr Produktinformation:
Die HC-Krane
Biberach: Liebherr-Werk Biberach GmbH, 1980
- [Lie-86] Liebherr: Das Programm der Firmengruppe Liebherr
Bulle/FR: Liebherr-International AG, 1986
- [Lie-93] Liebherr Mobilkraneinsatzplaner:
Zeit- und Kostendruck minimieren
In: F+H Fördern und Heben, Ausgabe 6/1993, S. 434-440
- [Lie-94] Liebherr: CAD-Logistik für Turmdrehkrane
Benutzerbeschreibung
Biberach: Liebherr-Werk Biberach GmbH, 1994

- [Lie-95] Liebherr: Der LICCON-Einsatzplaner für Mobilkrane
Benutzerhandbuch
Ehingen: Liebherr-Werk Ehingen GmbH, 1995
- [Loc-98] Lockman, D.:
Oracle 8
Datenbankentwicklung in 21 Tagen
München: SAMS, 1998
- [Mat-97] Matthiessen, G.; Unterstein, M.:
Relationale Datenbanken und SQL
Konzepte der Entwicklung und Anwendung
Bonn u.a.: Addison-Wesley, 1997
- [Mei-04] Meier, A.:
Relationale Datenbanken
Leitfaden für die Praxis
Berlin u.a.: Springer, 2004
- [Moo-97] Moos, A.; Daues, G.:
Datenbank-Engineering
Analyse, Entwurf und Implementierung
relationaler Datenbanken mit SQL
Braunschweig u.a.: Vieweg, 1997
- [Pot-03a] Potain CDROM:
Betriebsanleitung Turmdrehkran MDT 132-G8
Langenfeld: Deutsche Grove GmbH, 2003
- [Pot-03b] Potain Datenblatt:
Schnellmontagekran Igo 50
Langenfeld: Deutsche Grove GmbH, 2003
- [Pot-03c] Potain Datenblatt:
Turmdrehkran TOPKIT MD 285 B
Langenfeld: Deutsche Grove GmbH, 2003
- [Pot-04a] Potain CD-Rom:
Cranes – CAD
AutoCAD Bibliothek -Version 01/2004
Langenfeld: Deutsche Grove GmbH, 2004
- [Pot-04b] Potain CD-Rom:
Das Baukran Programm
Langenfeld: Deutsche Grove GmbH, 2004

- [Pot-98] Potain Datenblatt:
Turmdrehkran MDT 192-H12
ECULLY Cedex: Potain GmbH, 1998
- [Ros-81] Rosenheinrich, G.:
Baustelleneinrichtungsplanung
Köln-Braunsfeld: Verlagsgesellschaft Rudolf Müller, 1981
- [Sch-96] Schwarzat, F. J.:
Computergestützte Einsatzplanung
In: F+H Fördern und Heben, Ausgabe 10/1996, S. 789-790
- [Spe-01] Speelpenning, J.; Daux, P.; Gallus, J.:
Oracle University - Schulungsunterlagen
Datenmodellierung und Datenbankdesign - Band 1
München: Oracle Deutschland GmbH, 2001
- [UVV-1] Unfallverhütungsvorschrift
Grundsätze der Prävention (BGV A1)
Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Stand Januar 2004
- [UVV-2] Unfallverhütungsvorschrift
Bauarbeiten (BGV C22)
Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Stand Oktober 2002
- [UVV-3] Unfallverhütungsvorschrift
Krane (BGV D6)
Tiefbau-Berufsgenossenschaft, Stand April 2001
- [VDMA-05] VDMA-Statistik:
Verkaufszahlen Turmdrehkrane Deutschland
Frankfurt: Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V., 2005
- [Vos-00] Vossen, G.:
Datenmodelle, Datenbanksprachen und
Datenbankmanagementsysteme
München: Oldenbourg, 2000
- [Wol-01] Wolff Datenblatt:
Turmdrehkran WOLFF 60140B
Heilbronn: MAN Wolfkran GmbH, 2001
- [Wol-05] Internetseite www.wolffkran.de:
Download CAD-Dateien
Heilbronn: MAN Wolffkran, 2005

- [Wol-95] Wolff Datenblatt:
Turmdrehkran WOLFF 320 BE-G7
Heilbronn: MAN GHH Logistics GmbH, 1995
- [Wol-95] Wolff Produktinformation:
Turmkrane
Heilbronn: MAN GHH Logistics GmbH, 1995
- [Zep-95] Zeppelin Datenblatt:
Turmdrehkran ZBK 132-4
Garching: Zeppelin Baumaschinen GmbH, 1995
- [Zep-96] Zeppelin Datenblatt:
Schnellmontagekran ZBS 63
Garching: Zeppelin Baumaschinen GmbH, 1996