



## Diplomarbeit

# Instrumente der technischen Montageplanung

erstellt für

**FMT Industrieservice GmbH**

**Vorgelegt von:**  
Christoph Zeller  
9635116

**Betreuer:**  
O.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.mont. Werner L. Kepplinger

Leoben, 16.09.2009

## **EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

## **AFFIDAVIT**

I declare in lieu of oath, that i wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Datum

Unterschrift

## **DANKSAGUNG**

Ich danke dem Vorstand des Institutes für Verfahrenstechnik und Erst-Begutachter O.Univ.Prof.Dipl.-Ing.Dr.mont. Werner L. Kepplinger für seine geistige Begleitung und wissenschaftlichen Anregungen bei der Erstellung dieser Arbeit. Ich bin ihm zu großem Dank für seine Unterstützung und Geduld verpflichtet, mich stets auf wissenschaftlichem Kurs gehalten zu haben.

Auch danke ich den Mitarbeitern der FMT Industrieservice GmbH für die interessanten Diskussionen, konstruktiven Anmerkungen und das freundschaftliche Klima, welches mir entgegengebracht wurde.

Mein herzlichster Dank gilt meiner Lebenspartnerin Sonja Embst für die zahlreichen Diskussionen und Anregungen bei dieser Arbeit, darüber hinaus aber für ihr Verständnis während der Diplomarbeitserstellung.

Vor allem gilt mein Dank meinen Eltern die mir das Studium der Verfahrenstechnik ermöglicht haben.

## **Kurzfassung**

### **Instrumente der technischen Montageplanung**

Im Kraftwerksbau werden die Anforderungen bei mechanischen Montageprojekten immer herausfordernder. Die Angebotstermine werden immer kürzer, ebenso die Durchlaufzeit für die Errichtung. Der wirtschaftliche Erfolg eines Projektes wird wesentlich in der Montageplanung festgelegt, auf dem der Montageequipment- und Ressourceneinsatz basiert.

Aufgabenstellung ist die Analyse und Evaluierung der Montageplanung und der Montagekalkulation im Unternehmen FMT Industrieservice GmbH, sowie die Erstellung eines Leitfadens für künftige Projekte zur Errichtung von Kraftwerken, sowie die Implementierung einer Datenbank.

Bei der Analyse mehrerer Montagekalkulation konnten durch Überführung in die Baugruppenkalkulation Parallelitäten erhoben und in Form von Richtwerten den einzelnen Gewerken zugeordnet werden. Auf Basis der Analyse wurde der Montageplanungsprozess definiert und die einzelnen Phasen abgegrenzt. Die Evaluierung der Montageprojekte hat gezeigt, dass die Montageplanung in der Montagekalkulation wie auch in der Vorbereitungsphase bei jedem Projekt nach dem gleichen Schema abgehandelt werden kann. Ein Leitfaden für den firmeninternen Wissenstransfer konnte mittels der definierten Prozessschritte erfolgreich implementiert werden. Durch die Standardisierung der einzelnen Schritte konnte eine Vereinheitlichung der Montagekalkulation erzielt und die Durchlaufzeiten der Angebotsphase verkürzt werden.

Das Erstellen einer Datenbank mithilfe des firmeninternen EDV-Programmes erfordert noch eine weitere Detaillierung der eruierten Daten und wird mit einer eigenen Arbeitsgruppe, basiert auf den Erkenntnissen dieser Arbeit, umgesetzt.

## **Abstract**

### **Instruments of the technical assembly planning**

In the power-plant erection the requirements on mechanical assembly projects get more and more challenging. The tender deadlines become more briefly, just the lead time for the erection. The economic success of a project is based on the assembly planning. Significant parameters are the assembly equipment and resource use.

Main task is the analysis and evaluation of the assembly planning and the assembly calculation at the company FMT Industrieservice GmbH. Further the conception of a guideline for prospective power-plant projects is planned as well as the implementation of a database.

As result of the analysis of different assembly calculation diverse parallelisms could be lifted up and assigned to the individual assembly sections in form of reference values. Based on the analysis the assembly planning process was defined and the individual process phases distinguished. The evaluation of the assembly projects has shown that the assembly planning can be treated in assembly calculation at every project after the same schedule like even in the preparatory phase. Instructions for the internal knowledge transfer could be implemented successfully by means of the defined processing steps and their activities. A standardization of the assembly calculation could be obtained and the transmission delays of the bid phase reduced.

This work established the basis for a focused database. Nevertheless more detailed data's are required. The realization of a database is done by an internal workgroup.

## INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
1.1 Unternehmensporträt FMT Industrieservice GmbH.....	3
1.2 Ausgangssituation.....	8
1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung .....	9
1.4 Vorgehensweise und Aufbau .....	10
<b>2 GRUNDLAGEN DER TECHNISCHEN MONTAGEPLANUNG .....</b>	<b>12</b>
2.1 Montageanfrage .....	12
2.1.1 Summenblatt der Montagegewichte .....	17
2.1.2 Projekt - Montageterminplan .....	20
2.1.3 Qualitätsanforderungen an die Montage.....	21
2.2 Montageplanung und ihre Ausprägungen .....	24
2.3 Montageüberwachung.....	25
<b>3 MONTAGEPLANUNG IM BIETERVERFAHREN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Teilschritt 1: Bauteil- bzw. Baugruppenkalkulation .....	26
3.1.1 Baugruppenzuordnung.....	27
3.1.2 Stahlbau – Kalkulationsrichtwerte.....	31
3.1.3 Kesseldruckteil – Kalkulationsrichtwerte .....	34
3.1.4 Rohrleitungen – Kalkulationsrichtwerte.....	35
3.1.5 Diverse Kesselkomponenten – Kalkulationsrichtwerte.....	40
3.2 Teilschritt 2: Schwergereäte und Hebeeinrichtungen.....	42
3.2.1 Gittermastkran.....	42
3.2.2 Raupenkran.....	43
3.2.3 Teleskopkran.....	44
3.2.4 Hublitzensysteme .....	45
3.3 Teilschritt 3: Personaleinsatzplanung.....	47
3.4 Teilschritt 4: Baustellenequipment und Infrastrukturkosten .....	49
3.4.1 Montageebenkosten.....	50
3.5 Teilschritt 5: Unterlieferanten .....	51
3.6 Teilschritt 6: Summenkalkulation.....	52
<b>4 MONTAGEPLANUNG IM AUFTRAGSFALL .....</b>	<b>53</b>
4.1 Baustellenorganisation.....	53



---

4.2	Montageplanung in der Montagevorbereitung.....	54
4.2.1	Planung der Baustelleneinrichtung .....	55
4.2.2	Planung der Montagesequenzen.....	58
4.3	Planung der Krandisposition .....	60
4.4	Planung der Montagebehelfe .....	61
4.5	Montagedetailterminplanung .....	63
4.6	Montageplanung in der Montagedurchführung.....	64
<b>5</b>	<b>ERGEBNISSE / DISKUSSION .....</b>	<b>65</b>
<b>6</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>67</b>
6.1	Literatur.....	67
6.2	Abkürzungsverzeichnis .....	71
6.3	Tabellen .....	71
6.4	Abbildungen .....	72

# 1 Einleitung

„Wer aufgehört hat, besser zu werden,  
hat aufgehört, gut zu sein.“

[Hartmut Eklöh]

In der Einleitung wird das Unternehmen FMT Industrieservice GmbH in einem Unternehmensporträt vorgestellt und es werden die Ausgangssituation, Aufgabenstellung und Zielsetzung sowie Vorgehensweise und Aufbau der Diplomarbeit erläutert.

## 1.1 Unternehmensporträt FMT Industrieservice GmbH

Die FMT Industrieservice GmbH ist eine Tochtergesellschaft der FMT Industrieholding GmbH mit den Standorten Graz und Wien und stellt das Kompetenzzentrum für Energieanlagen, konkret zu Kesselanlagen und deren Service dar. Wie in Abbildung 1 dargestellt, bestehen neben der FMT Industrieservice GmbH die FMT Instandhaltung GmbH, FERRO Montagetechnik GmbH und die Personal Assistance Company GmbH.

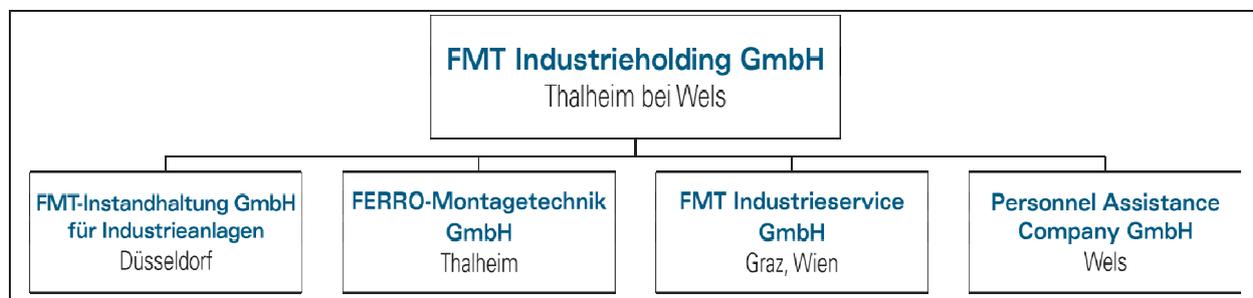


Abbildung 1: Organisation der FMT Industrieholding GmbH



Abbildung 2 zeigt die Betriebsleistung der FMT Industrieholding GmbH für die Geschäftsjahre 2005/2006 bis 2008/2009.

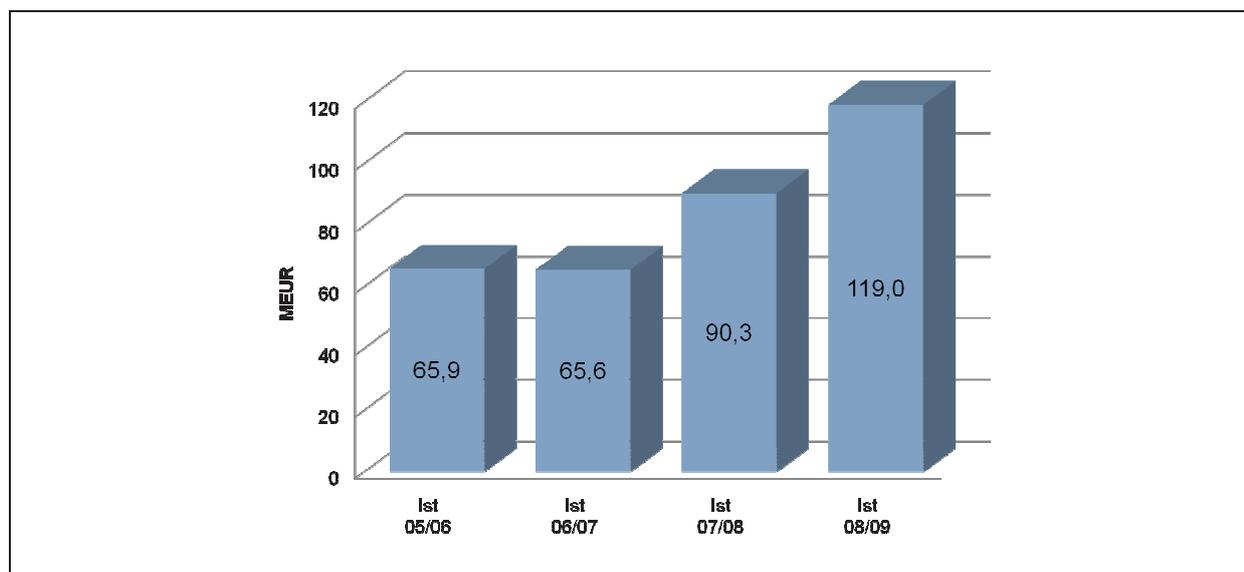


Abbildung 2: Betriebsleistung der FMT Industrieholding GmbH

Ab dem Geschäftsjahr 2006/2007 ist eine stark steigende Tendenz in der Betriebsleistung erkennbar. Dies lässt sich auf die sehr starke Konjunktur und den Boom zur Errichtung von neuen Energieanlagen zurückführen.

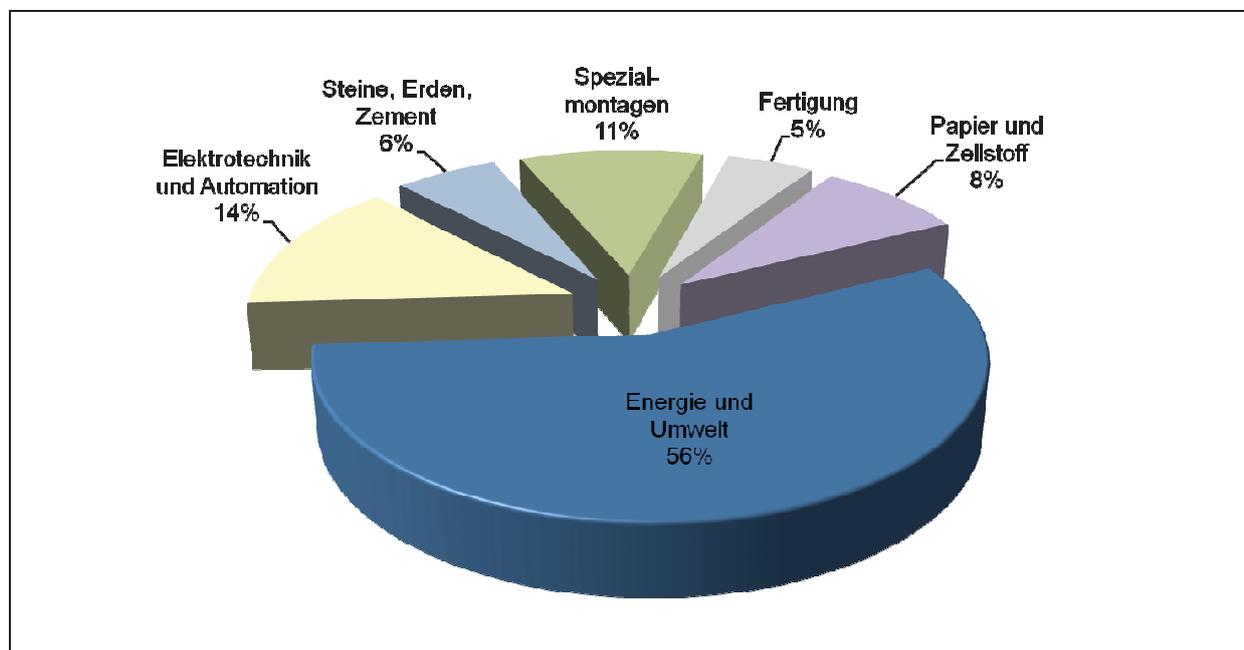


Abbildung 3: Betriebsleistung nach Bereichen im Geschäftsjahr 2008/2009

Weit über die Hälfte der Betriebsleistung der FMT Industrieholding GmbH kommen aus dem Geschäftsfeld Energie und Umwelt.



Den Grundstein der FMT Industrieservice GmbH bilden das im Jahre 1854 gegründete Unternehmen WAAGNER – BIRÓ´ und die im Jahre 1853 gegründete Firma SGP. Im Wandel der Zeit durchliefen beide Unternehmen unzählige Phasen der Umstrukturierung (Abbildung 4). Als AE Industrieservice wurde die Montage und Serviceabteilung der damaligen AE Energietechnik 1996 ausgegliedert. Im Jahre 2002 wurde die AE Industrieservice von der FMT Industrieholding übernommen.

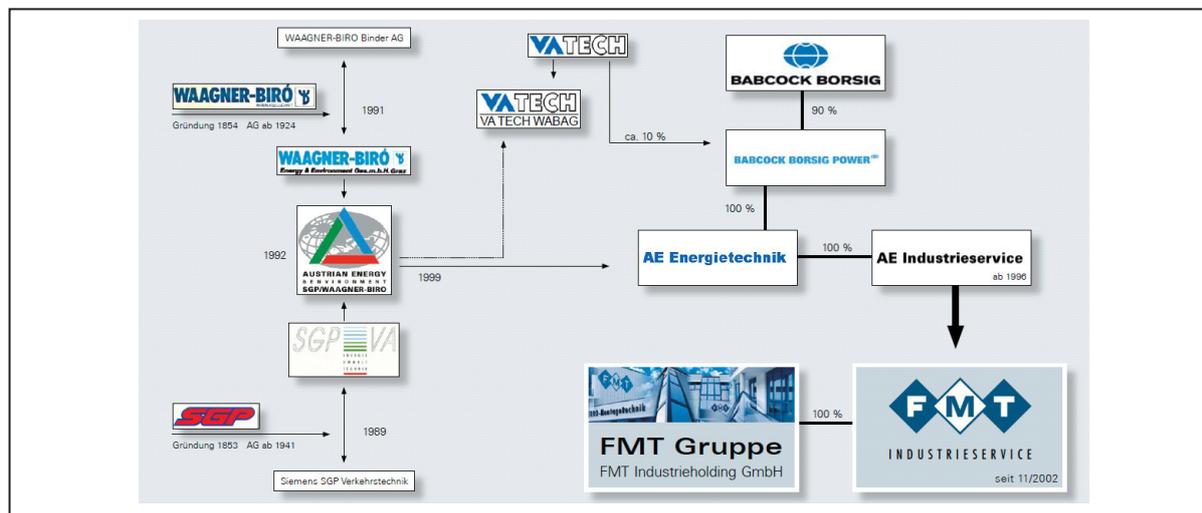


Abbildung 4: Firmengeschichte FMT Industrieservice GmbH

Im Gegensatz zur FMT Industrieservice GmbH geht die Chronologie der FMT Industrieholding GmbH (Tabelle 1) auf das Jahr 1980 zurück.

<b>1980</b>	Gründung der FERRO-Montagetechnik in Wels durch Heinz J. Angerlehner
<b>1981</b>	Das erste internationale Großprojekt wird erfolgreich abgeschlossen
<b>1982</b>	FMT beschäftigt bereits 100 Mitarbeiter
<b>1988</b>	FMT erzielt erstmals einen Umsatz von mehr als 100 Mio. Schilling (ca. 7,25 Mio. Euro)
<b>1989</b>	Übersiedlung in die neu errichtete Firmenzentrale in Thalheim bei Wels
<b>1990</b>	Verleihung des österreichischen Staatswappens
<b>1993</b>	ISO 9001-Zertifizierung durch Det Norske Veritas
<b>1999</b>	Über 500 Mitarbeiter tragen bereits zum Erfolg von FMT bei
<b>2000</b>	Erweiterung der Firmenzentrale in Thalheim bei Wels
<b>2001</b>	SCC**-Zertifizierung durch Det Norske Veritas
<b>2002</b>	Erwerb der AE Industrieservice mit Standorten in Graz und Wien und Integration in die FMT Gruppe
<b>2003</b>	Gründung der FMT Industrieholding GmbH
<b>2007</b>	FMT-Gründer und Mehrheitseigentümer Heinz J. Angerlehner zieht sich aus der operativen Geschäftsführung zurück und übernimmt den Vorsitz im Aufsichtsrat. Die Nachfolge treten Dipl.-Ing. Alfred Riedl (Vorsitzender der Geschäftsführung) und Ing. Herbert Säumel an.

Tabelle 1: Chronik FMT Industrieholding GmbH



In Anlehnung an den Absatzmarkt werden acht Geschäftsfelder unterschieden (Abbildung 5).



Abbildung 5: Geschäftsfelder des Unternehmens

In diesen Branchen stellt die FMT Industrieholding GmbH einen kompetenten Partner dar. Referenzprojekte stellen dies eindrucksvoll unter Beweis (Abbildung 6).

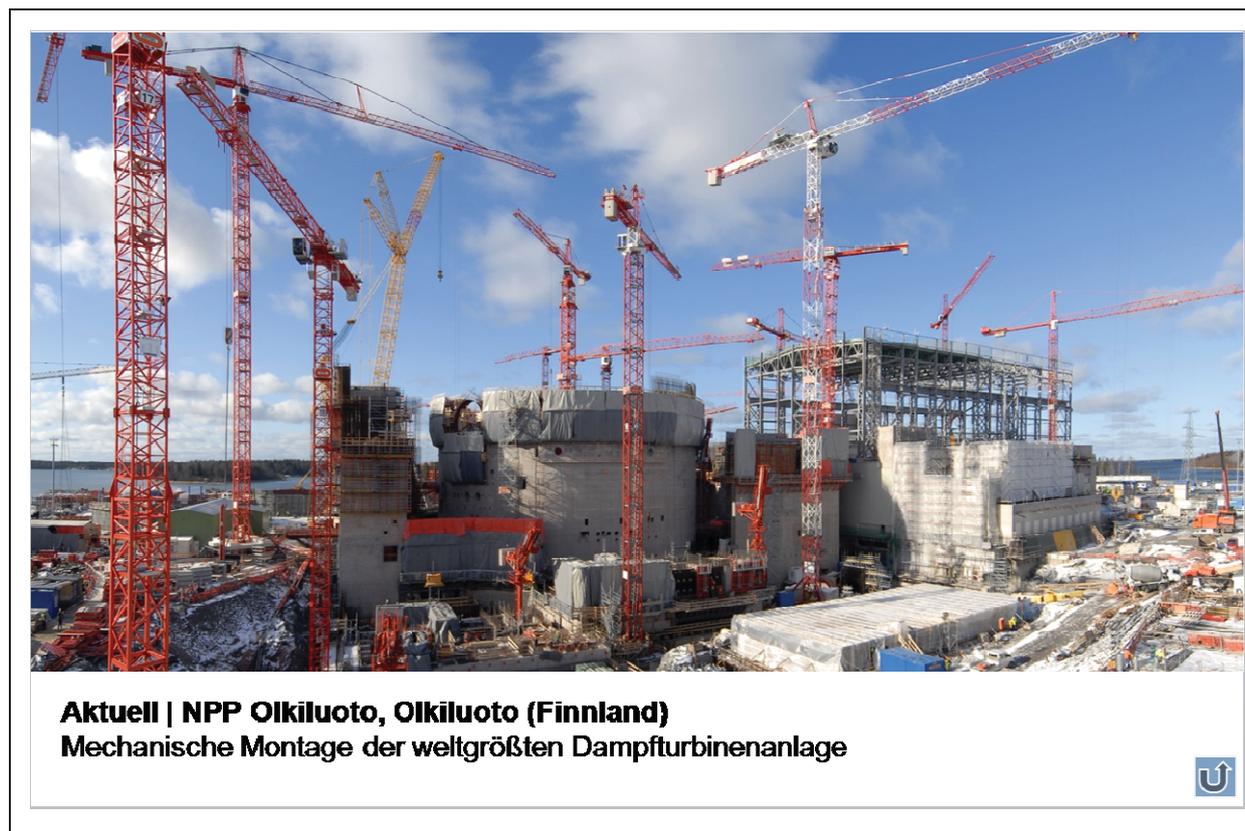


Abbildung 6: Referenz Olkiluoto <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Referenzliste FMT Industrieholding GmbH [www.fmt.biz]

Die Kompetenzbereiche der FMT Industrieservice GmbH sind auf die Standorte Graz und Wien aufgeteilt (Abbildung 7 und Abbildung 8)

Geschäftsfelder						
Papier und Zellstoff	Energie und Umwelt	Steine, Erden und Zement	Holz und Faserplatten	Stahl und Hüttenwesen	Lager- und Fördersysteme	
Leistungen						
Projektmanagement	Planung und Konstruktion	Fertigung und Ersatzteilservice	Mechanische Montage	Elektrotechnik und Automation	Anlagenservice und Revision	Modernisierung von Kesselanlagen

Abbildung 7: Geschäftsfelder und Leistungen am Standort Graz

Das Geschäftsfeld Energie und Umwelt hat eine eigene Druckteillfertigung und Montagehallen in Graz Eggenberg und ist somit die einzige Firma in Österreich, die über die notwendigen Bearbeitungs- und Fertigungsmaschinen für Kesselhochdruckteile verfügt. In diesem Segment ist FMT Industrieservice GmbH Marktführer.

Geschäftsfelder						
Papier und Zellstoff	Energie und Umwelt	Steine, Erden und Zement	Holz und Faserplatten	Stahl und Hüttenwesen	Lager- und Fördersysteme	
Leistungen						
Projektmanagement	Planung und Konstruktion	Fertigung und Ersatzteilservice	Mechanische Montage	Elektrotechnik und Automation	Anlagenservice und Revision	Modernisierung von Kesselanlagen

Abbildung 8: Geschäftsfelder und Leistungen am Standort Wien

Es ist eine deutliche Tendenz erkennbar, dass Auftraggeber zur Vermeidung von Schnittstellenproblemen vermehrt auf Montagepartner zurück greifen, die sämtliche Bereiche abdecken können. Die FMT Industrieholding GmbH kann von der mechanischen Montage bis hin zur Elektromontage und Ersatzteilbereitstellung alles aus einer Hand anbieten.

Um langfristig am Markt erfolgreich zu sein bzw. seine Marktposition zu halten, ist die Verfolgung einer bestimmten Wettbewerbsstrategie unabdingbar. Nach PORTER<sup>2</sup> werden folgende Grundstrategien unterschieden:

- Strategie der umfassenden Kostenführerschaft
- Differenzierungsstrategie (hervorragender Kundennutzen)
- Strategie der Konzentration auf Schwerpunkte (Fokus)

<sup>2</sup> Porter (1992), S.31ff und Porter (1999), S.70ff.



- Unentschlossene Mittelposition (stuck in the middle)

Die strategische Ausrichtung der FMT Industrieholding GmbH unterstreicht die Differenzierungsstrategie<sup>3</sup>. Die FMT Industrieholding GmbH übernimmt Verantwortung, bietet Sicherheit, hält Termine und liefert Qualität und besinnt sich auf diese Werte. Die Vision prägt die starke Ausrichtung auf operative Umsetzung „Wir wollen das beste Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau in Europa sein.“

## 1.2 Ausgangssituation

Im Kraftwerksbau werden die Anforderungen bei mechanischen Montageprojekten immer komplexer. Einerseits werden die Angebotstermine immer kürzer, ebenso die Durchlaufzeit für die Errichtung hat sich in den letzten Jahren wesentlich verringert. So wird heute ein Kraftwerk mittlerer Größe innerhalb eines Jahres errichtet und in Betrieb genommen.

Um die damit gestellten Aufgaben bewerkstelligen zu können, wurde in den letzten Jahrzehnten unermesslich Literatur zum allgemeinen Projektmanagement verfasst. Die Projektplanung zur mechanischen Montage von Dampfkesselanlagen bis hin zu ganzen Kraftwerken ist ein bedeutungsvoller Schritt zur Errichtung bzw. Service von Anlagen(teilen). Die folgenden Montage-Prozessschritte bauen darauf auf. Der wirtschaftliche Erfolg eines Projektes wird wesentlich in diesem Prozessschritt festgelegt, auf dem der Montageequipment- und Ressourceneinsatz basiert.

Allen Beteiligten erschien das Thema zwar wichtig aber ein gültiger Leitfaden wurde nie erstellt. Die Begründung liegt darin, dass die Anzahl der Marktbegleiter begrenzt ist, und eine Dokumentation zweifelsfrei auch diesen Unternehmen Transparenz über die Montageplanung und Kalkulation gewährt wird.

Doch warum ist Dokumentation in der FMT Industrieservice GmbH trotzdem wichtig, sodass die Dokumentation mit deiner Diplomarbeit nachholen werden soll? Die Antwort lautet zum firmeninternen Wissenstransfer<sup>4</sup>. Jedes Montageprojekt ist in ihren Ausführungen eigen, aber alle gemeinsam haben idente Fragestellungen. Durch eine systematisch aufgebaute Dokumentation können ähnliche Montageprojekte in viel kürzerer Zeit kalkuliert werden und die frei werdenden Ressourcen können anderweitig im Unternehmen eingesetzt werden. Durch die Standardisierung der Baugruppenkalkulationen, kann nicht-involvierten bzw. neuen Mitarbeitern der Einstieg in das Wesen der Montagekalkulation erleichtert werden. Durch die Aktualisierung der Datenbank können Risiken zur Prognosen reduziert oder sogar eliminiert und das Ziel zur Nachhaltigkeit in der Projektorganisation erreicht werden.

<sup>3</sup> Vgl. Kotler/Bliemel (1999), S. 494ff.

<sup>4</sup> Vgl. North (1998), 41.



### 1.3 Aufgabenstellung und Zielsetzung

Aufgabenstellung ist die Dokumentation der Montageplanung und der Montagekalkulation im Unternehmen FMT, sowie die Erstellung eines Leitfadens für künftige Projekte zur Errichtung von Kraftwerken.

Als Basis für die Implementierung einer zukünftig automatischen Aufzeichnung ist es notwendig, dass alle kalkulierten und umgesetzten Projekte nach einer definierten Struktur ablaufen, den nur so können Erfahrungswerte und essentielles Zahlenmaterial für Kalkulation und Umsetzung nachhaltig gesichert werden. Des Weiteren müssen Schlüsselfelder zur Vernetzung der einzelnen Datenpools definiert werden. Künftig soll es möglich sein, mit Hilfe einer Datenbank präzise Kalkulationen zu erstellen um die Risiken von Prognosen zu reduzieren (Abbildung 9).

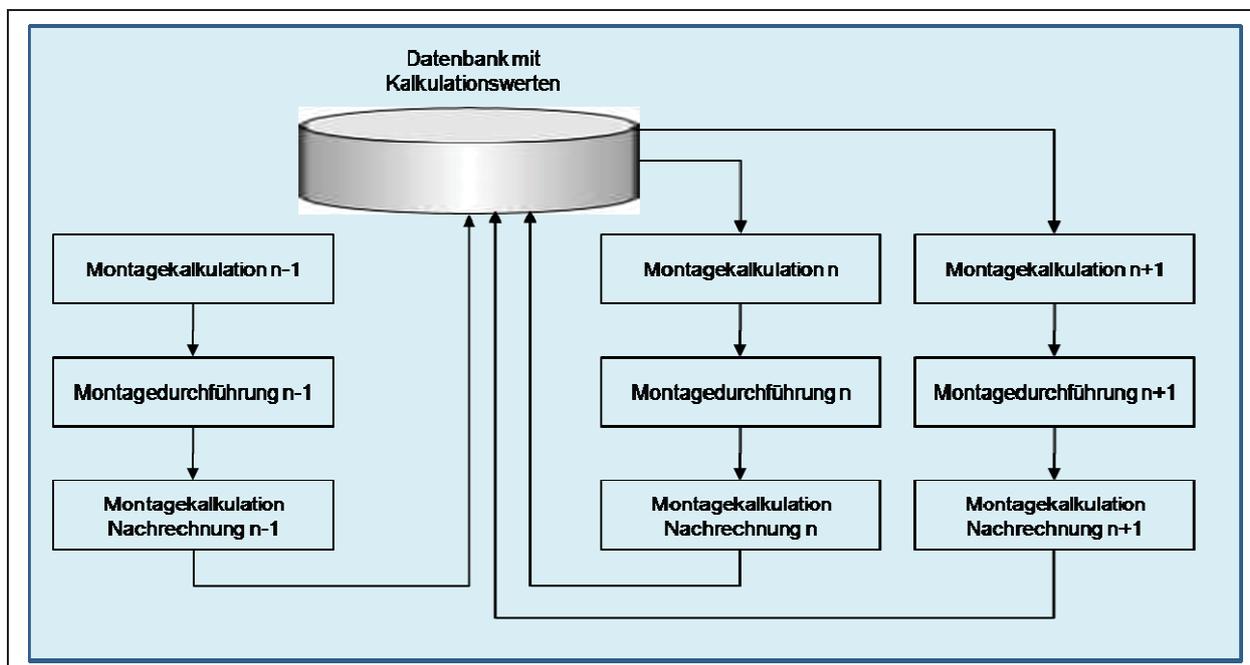


Abbildung 9: Ablauf der Kalkulationsdokumentation

Bei der mechanischen Errichtung der Kraftwerksanlage müssen die konkreten Inhalte der Montageplanung klar abgegrenzt sein, damit Projekte erfolgreich mit dem gesteckten Kostenrahmen umgesetzt werden.

Ausgehend von den einzelnen Projekten, die getrennt voneinander betrachtet werden, ist dabei auch eine betriebsübergreifende Betrachtung unabdingbar.

## 1.4 Vorgehensweise und Aufbau

In Anbetracht der gewählten Zielsetzung soll Abbildung 10 einen umriss artigen Ausblick auf den Aufbau der Diplomarbeit gegeben werden.

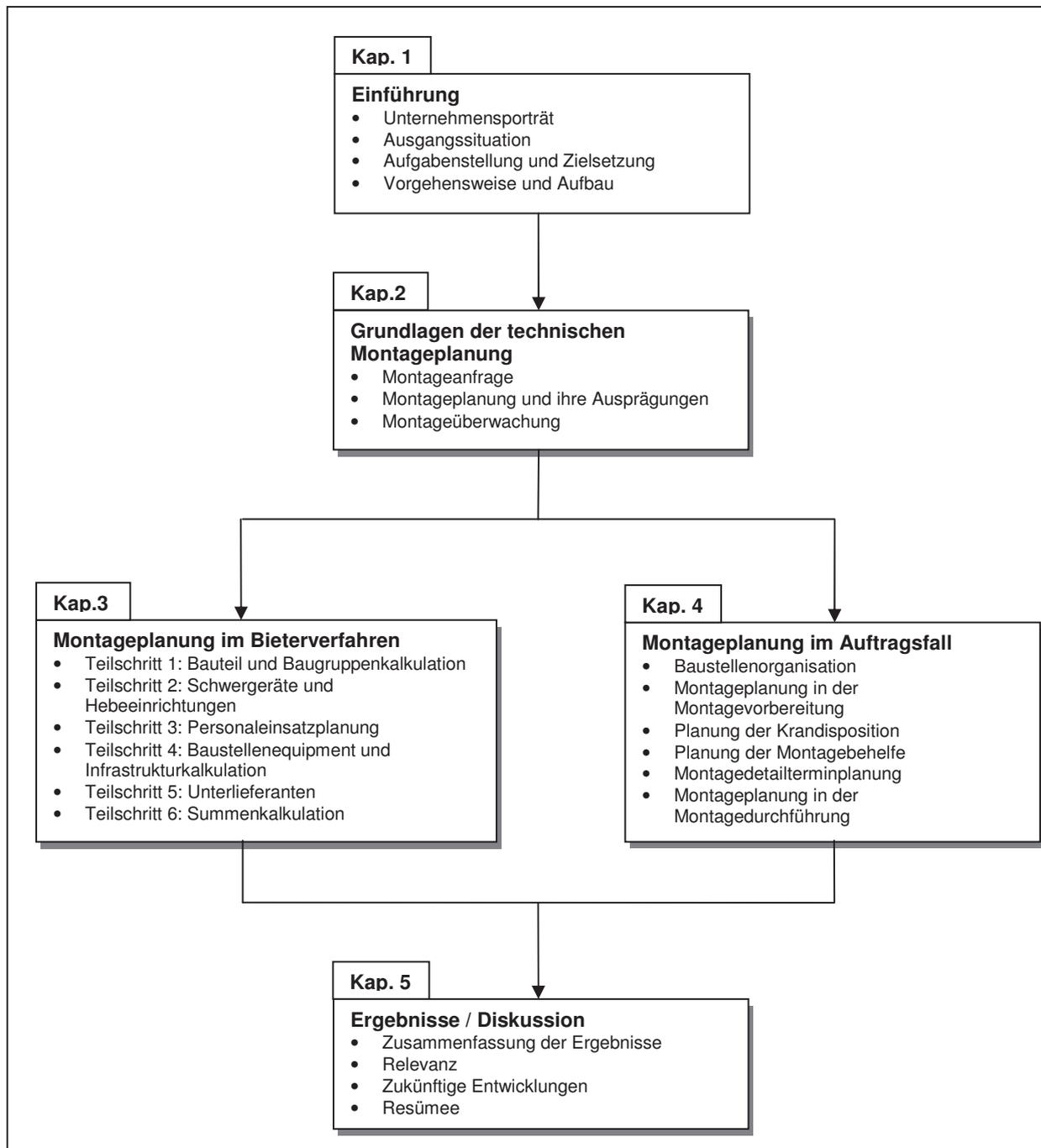


Abbildung 10: Struktur der Arbeit

Es wird eine Struktur mit insgesamt fünf Kapiteln gewählt. Ausgehend von der Vorstellung des Firmenportraits der Firma FMT wird die Ausgangssituation rund um die Montageplanung im Kraftwerksbau im Kapitel 1 formuliert. Aus der Aufgabenstellung wird die Zielsetzung abgeleitet und ein Aufbau der Arbeit erläutert.

Im Kapitel 2 werden die Grundlagen der technischen Montageplanungen erläutert und die wichtigsten Inhalte von der Montageanfrage abgefangen bis hin zur letzten Kalkulation in der Montageplanung geschildert. Die Gliederung orientiert sich nach den Prozessschritten zur technischen Abwicklung von Montagen.

Im Kapitel 3 folgt die Montageplanung im Bieterverfahren. Grundlage für jegliche Planungstätigkeit stellen die Anfrageunterlagen dar. Die Basis sind die technische Spezifikation(en), die Montagegewichte und der Montageterminplan. In diesem Kapitel wird auf diese und konkret auf den Ablauf der Montagekalkulation eingegangen.

Aufbauend auf den Erkenntnissen des Kapitel 3 werden im Kapitel 4 Ansätze zur Montageplanung im Auftragsfall formuliert und Anhand von Dokumentenauszügen und Beispielen dargelegt. Die Ausführungen zur Montageplanung im Auftragsfall sprechen den Bereich Montagevorbereitung als auch den Bereich der Montagedurchführung an.

Die logischen und praxisorientierten Beiträge werden im Kapitel 5 beleuchtet. Überlegungen zu zukünftigen Entwicklungen von Montagekalkulationen und der künftigen Relevanz von einfachen Dokumentationen bis hin zu Datenbanken schließen die Arbeit ab.



## 2 Grundlagen der technischen Montageplanung

Dieses Kapitel beinhaltet theoretische Hintergründe zum Thema der Montageabwicklung. Es werden Begriffsdefinitionen erläutert und Zusammenhänge dargestellt.

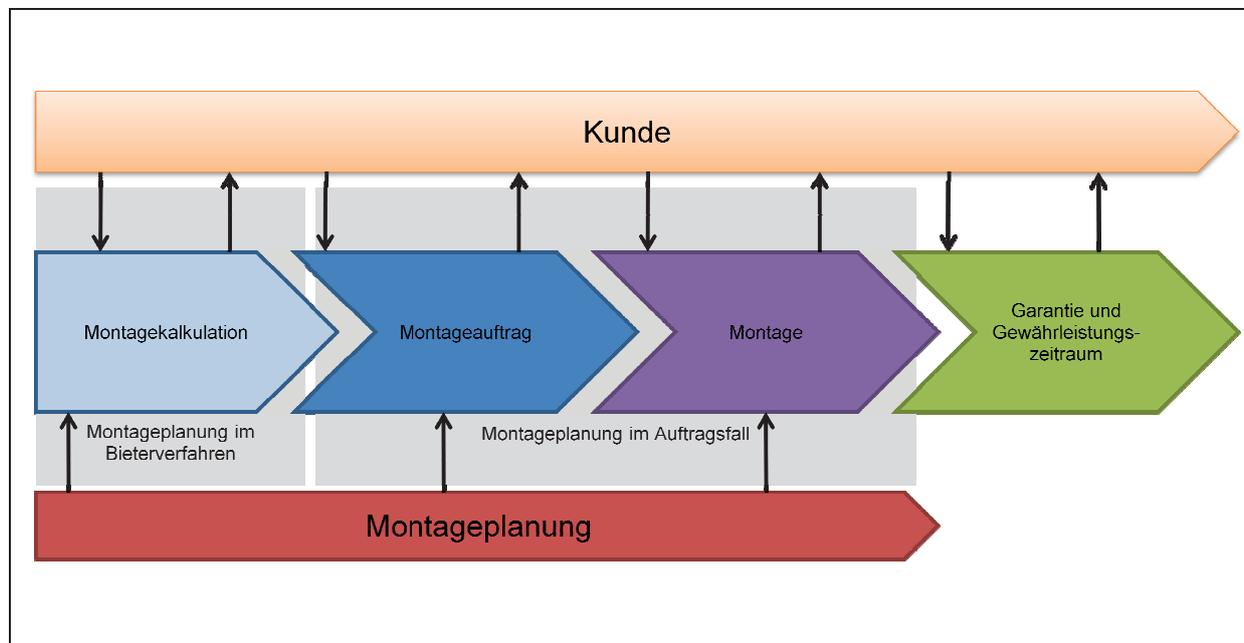


Abbildung 11: Prozessschritte zur technischen Abwicklung von Montagen

Das Kapitel unterteilt sich in nach den Prozessschritten zur technischen Abwicklung von Montagen (Abbildung 11) in Montageanfrage, Montageplanung und Montageüberwachung, beinhaltet Einzelprozesse, die analysiert und interpretiert werden.

### 2.1 Montageanfrage

Projektanstoß ist die Anfrage des Kunden zur Offertlegung für die mechanische Errichtung einer Dampfkesselanlage. Die Kundenorientierung ist der Unternehmung ein besonderes Anliegen, sodass diese frühe Phase im Zeichen von professionellem Handeln<sup>5</sup> im zwischenmenschlichen Bereich und persönlichem Engagement der Mitarbeiter steht. Aus Gründen der Standardisierung und Vollständigkeit zur Erhebung der Daten werden Anfragespezifikation (Specification for erection works) eingesetzt. Der Aufbau der Montageanfrage untergliedert sich in eine technische und eine kaufmännische Hälfte (Abbildung 12).

<sup>5</sup> Vgl. Schwarz/Dummer/Krajger (2007), 63f.



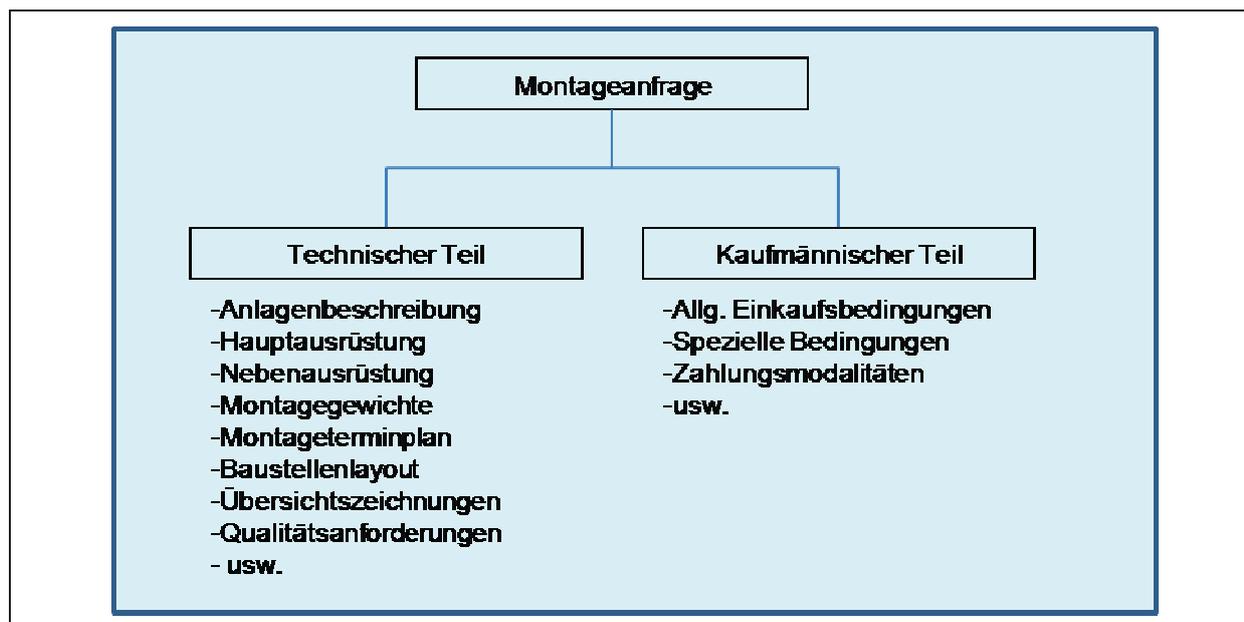


Abbildung 12: Gliederung der Montageanfrage

Als Basisinformationen über das Montageprojekt werden ein Montageterminplan in Form eines Balkenplanes, Übersichtzeichnungen, Lageplan und diverse Detailzeichnungen, allerdings in der Grobfassung, der Anfrage beigelegt. Üblicherweise enthält die Spezifikation eine Zusammenfassung der Montagegewichte und eine Verpflichtungsliste. Beide liefern wertvolle und vor allem für die Kalkulation und Montageplanung wichtige Parameter. Diese Form der Anfrage ist vor allem bei Neubau-Projekten üblich.

Bei den Umbauprojekten, sogenannte Retrofits von Anlagenkomponenten, sind die Ausschreibungen der detailliert ausgeführt, da meist ein kürzerer Realisierungszeitraum zur Verfügung steht.

Eine weitere Form der Anfragemöglichkeit stellt sein sogenanntes Lastenheft dar. Ein Lastenheft (teils auch *Anforderungsspezifikation*, *Kundenspezifikation* oder *Requirements Specification*) beschreibt die Gesamtheit der Forderungen des Auftraggebers an die Leistungen eines Auftragnehmers.

Der Montageumfang umfasst im Allgemeinen die betriebsfertige mechanische Montage und die Inbetriebnahme (IBN) Assistenz der Dampfkesselanlage. Die eigentliche Inbetriebnahme wird vom Kessellieferanten durchgeführt, von der Montagefirma wird nur Personal gestellt damit Änderungen an der Anlage durchgeführt werden können.

Im Kapitel 3.2 Lieferung der VGB Richtlinie R 101H <sup>6</sup> wird eine Empfehlung für den Inhalt einer Anfrage abgegeben.

Der Auftrag umfasst die betriebsfähige Herstellung, Montage und Inbetriebnahme der Kesselanlage mit allen Ausrüstungsteilen, die für den ordnungsgemäßen und sichern Dauerbetrieb erforderlich sind.

Bei der Abgabe eines Angebotes hat der Anbieter sich an die festgelegten Liefergrenzen zu halten. In der Spezifikation ist der Liefer- und Leistungsumfang für die gesamte Ausrüstung festgelegt. Dazu gehören Hauptausrüstungen, Hilfs-Ausrüstungen, Baustellentätigkeiten, Bauüberwachung, Behördliche Abnahmen, Montageendkontrollen und Dokumentation.

Hauptausrüstungen:

- Druckführende Teile: Heizflächen, Trommeln, Sammler, Verteiler, Verbindungsrohre, Ventile und Armaturen, Bypass-System, Sicherheitsventile einschließlich Schalldämpfer, Umwälzpumpen und – systeme
- Feuerungs-ausrüstung: Bunker, Zuteiler, Mühlen, Brenner, Ölpumpen, Erdgasverdichter, Öl- bzw. Gasvorwärmer, Brennstoffleitungssysteme, Zündfeuerungs-systeme, Flammenwächter
- Wärmetauscher: Luftvorwärmer, Gas/Gas Vorwärmer, Dampf – Luftheritzer
- Verbrennungsluftanlage: Ansaugstutzen innerhalb und außerhalb des Kesselhauses, Luftkanäle, Klappen, Schalldämpfer, Frischlüfter, Mühlengebläse
- Saugzuganlage: Rauchgaskanäle, Klappen, Schalldämpfer
- Ausrüstungen zu Reduzierung von Staubemissionen
- Heizflächenreinigungseinrichtungen
- Entaschungssysteme
- DeSOx-, DeNOx- Anlagen
- Emissionmesseinrichtungen
- Speisewasseranalyseeinrichtungen, Chemikaliendosierungsanlagen, Abschlamm-anlagen
- Antriebe
- Stahlkonstruktionen, Abmauerungen, Kesselgerüst, Treppentürme
- Bühnen, Laufstege und Treppen, Aufzüge, Hebezeuge
- Verbindungsteile zwischen Kesselgerüst und Fundamenten
- Wärme- und Schallisierungen sowie Mauerwerk
- Anstrich, Verkleidung, Blitzschutz und Erdungssysteme
- Ersatzteile
- Feuerlöscheinrichtungen

<sup>6</sup> VGB Richtlinie R101H Bestellung von Hochleistungskesselanlagen Seite 21ff.



- Beleuchtung und Notbeleuchtung
- Einrichtungen zum Befahren des Dampferzeugers für die rauchgasseitige Reinigung und die Durchführung von Reparaturen

#### Hilfs-Ausrüstungen

- Mess- und Regelanlagen, Stell und Regelantriebe, Kompressoren, örtliche elektrische Stromversorgung, Verkabelung
- Heizungs-/Belüftungsanlagen und Frostschutz

#### Baustellentätigkeiten:

- Baustelleneinrichtung
- Transport
- Lagerung
- Demontage auf der Baustelle, falls erforderlich
- Montage
- Montage – Einrichtungen: Kräne, Gerüste, Schweißausrüstungen usw.
- Beizen und Auskochen, Dampfausblasung (einschließlich Provisorien)
- Inbetriebsetzung

#### Bauüberwachung:

- Im Werk und auf der Baustelle

#### Behördliche Abnahmen:

- Im Werk und auf der Baustelle

#### Montageendkontrollen:

- Vorstellung der fertig montierten Ausrüstung im Rahmen der Qualitätssicherung des Käufers

Abschließend die Montagedokumentation nach gefordertem Standard.



Vom Anlagenbauer werden Spezifikationen üblicherweise nach diesem Muster gegliedert:

- Generelle Anforderungen
- Umfang der Leistungen
- Empfangen, Inspektion der Ware, Lagern und Lagerhaltung
- Ersatzteile
- Vorbereitung der Montagearbeiten
- Gerüste
- Hebezeuge
- Schweißen und Schweißnahtprüfung
- Korrosionsschutz
- Qualitätskontrolle, as-built Dokumentation
- Zu erbringende Arbeiten und Leistungen durch den AG
- Progressermittlung
- Eck- und Pönaftermine
- Regelwerke und Normen
- Hauptausrüstung
- Hilfs-Ausrüstungen
- Abnahmen und Funktionstests

Neben den Detailbeschreibungen der Anlagenkomponenten sind folgende Fragestellungen für die weitere Vorgehensweise äußerst relevant:

- Wie groß sind die Montage-, Vormontage- und die Lagerfläche?
- Nach welchen Kriterien erfolgt die Anlieferung und in welchen Sequenzen?
- In welchen Liefer- und Losgrößen werden die Komponenten angeliefert?
- Nach welchem Regelwerk ist die Montage durchzuführen?
- Zu welcher Jahreszeit findet die Hauptmontage statt?
- Gibt es besondere Vorschriften vom Endkunden?
- Sind für die Montagetätigkeiten sogenannte Methodstatements zu erstellen?
- Mit welchen Sicherheitsauflagen ist zu rechnen?
- Gilt es besondere gesetzliche Regelungen (Arbeitszeit usw.) zu beachten?



## 2.1.1 Summenblatt der Montagegewichte

Alle in der Spezifikation angeführten Anlagenkomponenten werden in einem Summenblatt erfasst. Das Summenblatt wird auch zur Preisbildung herangezogen. Aus dem Summenblatt sind folgende Inhalte ersichtlich: Anlagenteil, Montagegewicht, Preis pro Einheit (meist in Tonnen) und der Gesamtpreis. In der unten angeführten Tabelle (Abbildung 13 und Abbildung 14) ist ein typischer Aufbau eines Summenblattes dargestellt.

<b>Mengenaufstellung</b>				
	Bezeichnung		Gewicht [t]	Preis pro Tonne
<b>1</b>	<b>Stahlbau</b>		<b>483</b>	
1.01	Kesselhaus Dachunterkonstruktion	UP	52	
1.02	Unterkonstruktion für Türen, Fenster, etc	UP	12	
1.03	Bühnen und Geländer	UP	120	
1.04	Stiegen	UP	11	
1.05	Leitern	UP	2	
1.06	Tragrost	UP	8	
1.07	Träger für Rohrleitungshalterungen	UP	16	
1.08	Laufkatzenräger für Katalysatoren	UP	5	
1.09	Vertikalverbände	UP	65	
1.10	Horizontalverbände	UP	8	
1.11	Stützen	UP	105	
1.12	Tragkonstruktion Vorwärmer	UP	21	
1.13	Lichtgitter (2000 m <sup>2</sup> )	UP	36	
1.14	Lichtgitterstufen (400 Stück)	UP	8	
1.15	Kalte Bandagen für Membranwände	UP	14	
<b>2</b>	<b>Rauchgassystem</b>		<b>106</b>	
2.01	Rauchgaskanäle (15Mo3)	UP	76,5	
2.02	Rauchgaskanäle (St35.8 III)	UP	25,5	
2.03	Kompensatoren für Rauchgaskanäle	UP	4	
<b>3</b>	<b>Kamin</b>		<b>20</b>	
3.01	Kamin Ø 2,5 m	UP	18	
3.02	Plattform & Leitern für den Kamin	UP	2	

Abbildung 13: Summenblatt Teil 1

Im Summenblatt ist das Gesamtmontagegewicht des Stahlbaus mit 483 t ersichtlich, darunter befindet sich die Aufschlüsselung der Komponenten des Stahlbaues ebenfalls mit der zu montierenden Tonnage.



<b>4</b>	<b>Kesseldruckteile</b>		<b>512,5</b>
4.01	Trommel mit Einbauten	LP	35
4.02	Tragrohre inkl. Sammler	LP	8
4.03/4.04	Überhitzer 1/1, Überhitzer 1/2	LP	23
4.05	Überhitzer 2	LP	19
4.06	Überhitzer 3	LP	12
4.07	Verdampferbündel	LP	40
4.08	Membranwände	LP	145
4.09	Economiser 2 (ohne Blechmantel)	LP	50
4.10	Economiser 1 (ohne Blechmantel)	LP	10
4.11	Interne Verbindungsleitungen 1	UP	45
4.12	Interne Verbindungsleitungen 2	UP	11
4.13	Fallrohre	UP	17
4.15	Einspritzkühler (2 Stk.)	UP	15
4.16	Ablassentspanner	LP	2
4.17	Mitteldruckleitung	UP	20
4.18	HD-Dampfleitung	UP	20
4.19	ND-Dampfleitung (Speisewassertank, HD Vorwärmer, Dampflevos)	UP	10
4.20	Kondensatorrohrleitung	UP	5
4.21	Speisewasserleitung (Saug-/Druckleitung)	UP	22
<b>5</b>	<b>Wärmeverschiebesystem</b>		<b>120</b>
<b>6</b>	<b>Luftsystem</b>		<b>223</b>
6.01	Frischluchtgebläse	LP	7,5
6.02	Motor 960KW für Gebläse	LP	5
6.03	Schalldämpfer für Gebläse	LP	4,5
6.04	Luftleitungen	UP	96
<b>7</b>	<b>Brennersystem</b>		<b>30,8</b>
<b>9</b>	<b>Speisewassertank</b>	LP	<b>30</b>
<b>8</b>	<b>Speisewasserpumpen mit Motoren (2)</b>	LP	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>HD- Vorwärmer</b>	LP	<b>14</b>
<b>10</b>	<b>DeNOx</b>		<b>33,2</b>

Abbildung 14: Summenblatt Teil 2

Folgende Informationen sind für den Montageplaner aus diesem Summenblatt ersichtlich:

- 1) Anzahl der Komponenten pro Gewerk
- 2) Angabe über die Gesamtmontagegewichte pro Komponente
- 3) Angabe, ob in Stück oder in Tonnen bewertet wird



Das Summenblatt wird auch für die Fortschrittsbewertung herangezogen, die Bewertung erfolgt meist über den Montagefortschritt in Prozent. Die so gewonnenen Werte werden für die Teilzahlungsbemessung während des Projektes herangezogen, meist gemindert um eventuelle Vertragsstrafen, erfolgreiche Druckprobe, positive Gewerkabnahmen, Haftrücklass und Dokumentation. Die genaue prozentuelle Aufschlüsselung ist dem kaufmännischen Vertragsteil zu entnehmen.

Bezeichnung	Da x s	Material	Bemerkung	Anz. der Nähte
<b>Membranwände</b>				
Strahlungszug Seitenwände	60,3 x 5,6	P265GH TC2	16 Teile	214
Sammler	273 x 36	16Mo3		6
Sammler	219,1 x 25	16Mo3		2
Dackelzug Seitenwände			8 Teile	0
Sammler	219,1 x 28	16Mo3		6
Sammler	219,1 x 28	16Mo3		6
Strahlungszug Vorderwand	60,3 x 5,6	P265GH TC2	4 Teile	85
Sammler	273 x 36	16Mo3		3
Sammler	219,1 x 25	16Mo3		3
Strahlungszug Trennwand			2 Teile	0
Sammler	273 x 36	16Mo3		3

Abbildung 15: Detailinformation aus einer Spezifikation I

Es bietet einen groben Überblick, die Detailinformationen sind in den Anfrageunterlagen ersichtlich wie zB. wie viele Rundnähte zu schweißen sind oder in wie vielen Einzelwänden die Membranwände geliefert werden (Abbildung 15 und Abbildung 16).

Feed water piping:		
Dimensions and material for feed water piping	Tube dimension	Material
	od x et (mm)	
Feedwater tank ⇒ feedwater pump	219,1 x 20	P265GH TC2
Feedwater pump ⇒ HP-preheater ⇒ Eco 1 inlet header	219,1 x 20	P265GH TC2

Feed water pump is a HP horizontal ring section type.  
Material 1.4008/1.4006/1.4313+Gal Cr  
Flow rate (design) 73,5 kg/s, H=1735m  
Motor 1550 KW  
Weight: approx 10000kg per pcs

HP-preheater are U-type heatexchanger type  
Dimension: approx 10000 x Ø800mm  
Weight: approx 7000kg per pcs

Abbildung 16: Detailinformation aus einer Spezifikation II



## 2.1.2 Projekt - Montageterminplan

In der Spezifikation ist der Projektterminplan beschrieben, innerhalb derer die Montage durchgeführt wird. Darin sind wichtige Meilensteine angeführt:

- Abgabe des Angebotes, Auftragserteilung,
- Zugang zum Baufeld,
- Beginn der einzelnen Montagesequenzen und deren Ende,
- Haupt und Nebendruckproben,
- Inbetriebnahme,
- Übernahme und Endabnahme.

Ein Auszug eines Montageterminplans ist in Abbildung 17 ersichtlich.

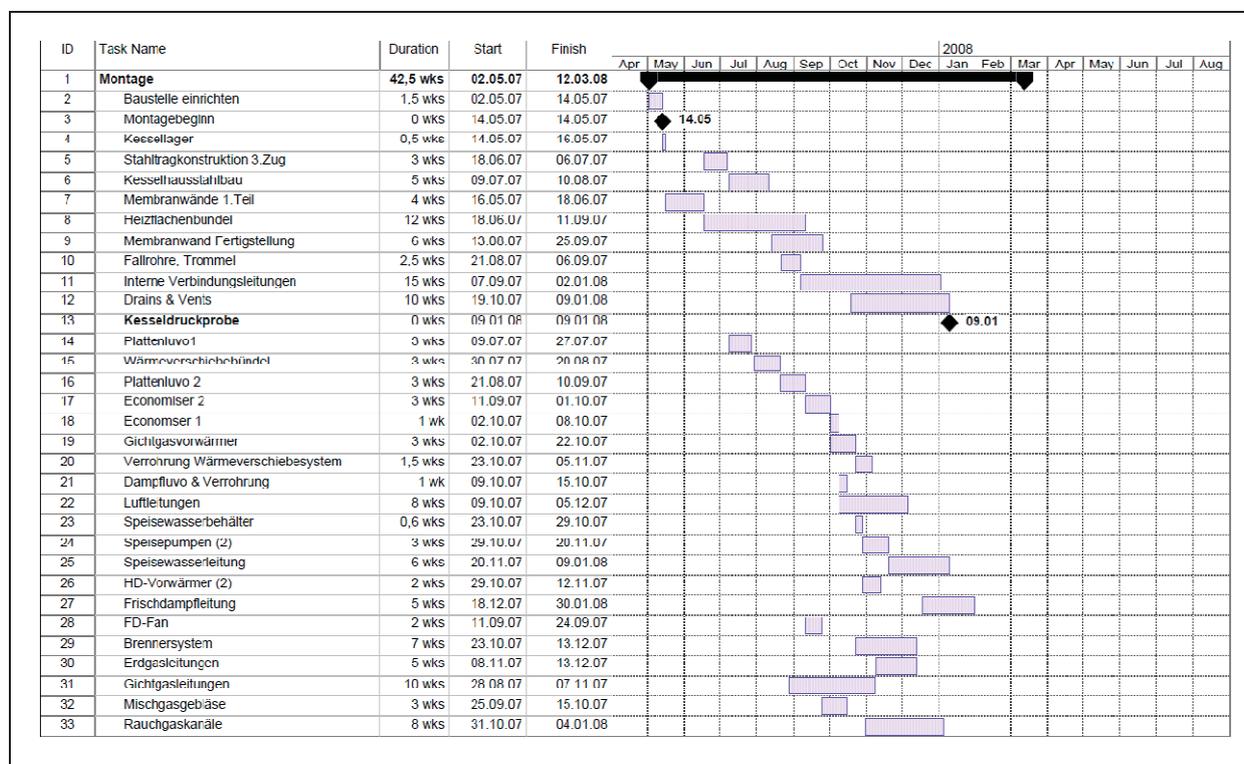


Abbildung 17: Auszug eines Montageterminplans

Der Montageterminplan wird in Form eines Balkenplanes<sup>7</sup> dargestellt. Der Vorteil dieser Darstellungsmethode liegt in der Überschaubarkeit.

<sup>7</sup> Vgl. Kepplinger AT1 Skriptum



Mit Hilfe einer roten Line kann Tagesaktuell abgelesen werden, welche Termine anstehen und wo man sich im Projektablauf gerade befindet.

Die Darstellung in einem Netzplan<sup>8</sup> ist möglich, jedoch nicht üblich. Zumeist überwältigt die Komplexität des Projektes die Vorteile dieser Art der Aufbereitung.

### 2.1.3 Qualitätsanforderungen an die Montage

In den Spezifikationen werden die Normen, Regelwerke und Standards angeführt. Diese können erhebliche Mehrkosten verursachen, wenn für die Ausführung strengere Prüf- und Toleranzklassen gefordert werden. Nachstehend ein kurzer Überblick.

VGB- Richtlinie für die Herstellung und Bauüberwachung von Hochleistungsdampfkesseln (VGB-R501H, VGB-R508L, VGB-R 510L)

VdTÜV- Werkstoffblätter

VdTÜV1153: Richtlinien für die Eignungsprüfung von Schweißzusätzen,  
Schweißzusatzwerkstoffen gemäß VdTÜV, EN oder Gleichwertig

TRD 201 Herstellung, Schweißen von Bauteilen aus Stahl, Fertigung-Prüfung

TRD 503 Prüfung vor Inbetriebnahme . Bauprüfung und Wasserdruckprüfung

AD-Merkblatt HP2/1 Schweißanweisungen

AD-Merkblatt HP 5/1 Herstellung und Prüfung von Verbindungen

AD-Merkblatt HP 5/3 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten

EN 12952 Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten

EN 287-1 A1 Prüfung von Schweißern; Schmelzschweißen; Stähle

<sup>8</sup> Vgl. Keplinger AT1 Skriptum



- EN 288-1 A1 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Allgemeine Regeln für das Schmelzschiweißen
- EN 288-2 A1 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen
- EN 288-3 Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen
- EN 444 Zerstörungsfreie Prüfung; Grundlagen für die Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen
- EN 462-1 Zerstörungsfreie Prüfung; Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen; Bildgütekörper (Drahtsteg), Ermittlung der Bildgütezahl
- EN 473 Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung; Allgemeine Grundlagen
- EN 571-1 Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung; Allgemeine Grundlagen
- EN 583 – 1 Zerstörungsfreie Prüfung; Ultraschallprüfung; Allgemeine Grundsätze
- EN 583 – 3 Zerstörungsfreie Prüfung; Ultraschallprüfung; Durchschallungstechnik
- EN 719 Schweißaufsicht; Aufgaben und Verantwortung
- EN 729 Schweißtechnische Qualitätsanforderungen
- EN 970 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten; Sichtprüfung
- EN1290 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen; Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen
- EN 1011 Welding recommendations for arc welding of ferritic steels
- EN 1291AC Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen; Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen; Zulässigkeitsgrenzen
- EN 1435 Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen; Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschiweißverbindungen
- EN 12072 Schweißzusätze – Drahtelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen.



- EN 12536 Schweißzusätze –Stäbe zum Gasschweißen von unlegierten und warmfesten Stählen – Einteilung
- EN 25817 Lichtbogenschweißverbindung an Stahl
- EN ISO 12944 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
- EN ISO 13920 Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen
- 
- DIN 2559 Schweißnahtvorbereitung; Richtlinien für Fugenformen, Schmelzschweißen von Stumpfstößen an Stahlrohren
- DIN 4119 Oberirdische zylindrische Flachboden -Tankbauwerke aus metallischen Werkstoffen
- DIN 8551-4 Schweißnahtvorbereitung; Fugenformen an Stahl, Unter-Pulver-Schweißen
- DIN 8563 Sicherung der Güte von Schweißarbeiten
- DIN 8564-1 Schweißen im Rohrleitungsbau; Rohrleitungen aus Stahl, Herstellung, Schweißnahtprüfung
- DIN 8570 Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktion
- DIN 8575-1 Schweißzusätze zum Lichtbogenschweißen warmfester Stähle; Einteilung, Bezeichnung, Technische Lieferbedingungen
- DIN 18800-1/A1 Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion
- DIN 18800 V -7 Stahlbauten; Herstellen, Eignungsnachweise zum Schweißen

Vom Anlagenbauer werden noch spezifische Vorschriften und Regelungen der eigenen Qualitätsstelle beigefügt. Diese Unterlagen sind vom Auftraggeber einzufordern.



## 2.2 Montageplanung und ihre Ausprägungen

Aufgabe der Montageplanung ist es, ein geordnetes und zusammenarbeitendes Gesamtsystem zu entwerfen, in dem die einzelnen Montagebereiche reibungslos ineinandergreifen. Dies erfolgt nur durch eine gezielte Strukturierung des Montagesystems und Auswahl der jeweils am besten geeigneten Lösungsmöglichkeiten erfolgen.

Die Montageplanung ist die Erstellung und Zusammenfassung der technischen, terminlichen, administrativen, organisatorischen und kostenmäßigen Unterlagen, um die Voraussetzung für die Montage einer Anlage zu schaffen.

Grundsätzlich kann man zwei Arten der Montageplanung (Abbildung 18) unterscheiden, einerseits das Bieterverfahren, in dem die Montageplanung zur Preisfindung im Angebotsstadium dient und dabei die technischen Referenten in Detailfragen unterstützt. Andererseits stellt die Montageplanung bei Erhalt des Auftrages eine zentrale Stelle dar. Die damit beauftragte Abteilung plant und organisiert die Baustelle von Montagebeginn bis zur Abnahme durch.

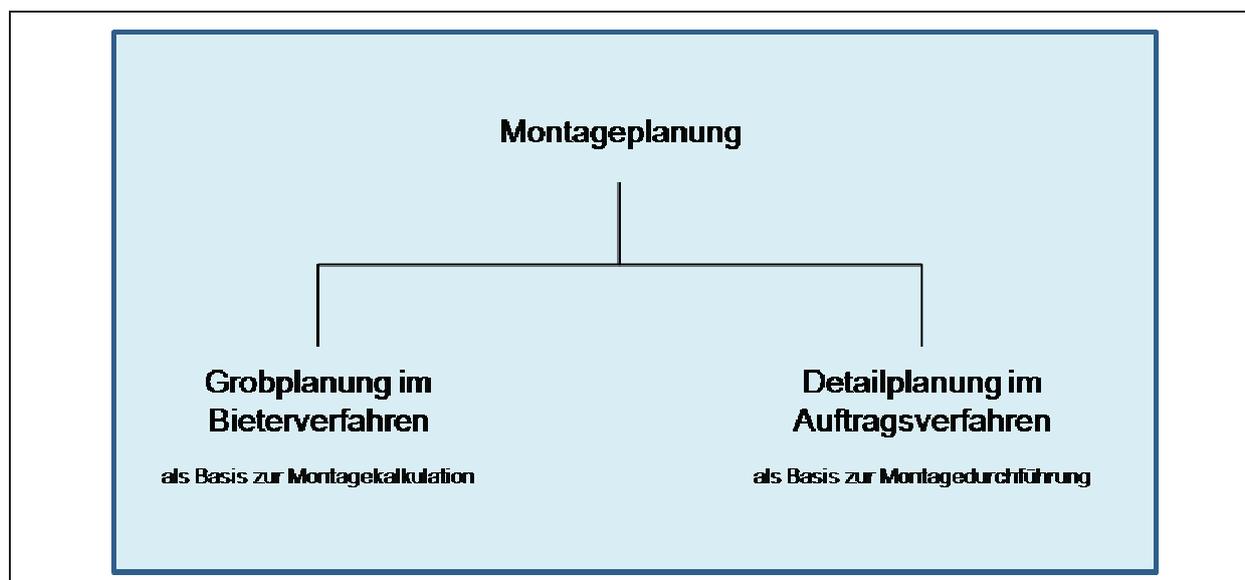


Abbildung 18: Typen der Montageplanung

Im Bieterverfahren ist die Hauptaufgabe der Montageplanungsabteilung sämtliche Information aus der Anfragespezifikation zu filtern und zu bewerten. Dabei werden alle Komponenten einzeln bewertet und in einer Gesamtkalkulation zusammengeführt. Dabei können zwei verschiedene Ansätze der Kalkulation angewendet werden. Es erfolgt die Berechnung der Montagestunden anhand von Montagestunden pro Tonne, Kilogramm, Laufmeter, Stück oder eine Detailkalkulation der Komponenten nach Mannstunden. Nach erfolgter Kalkulation der Haupt- und Nebenkosten werden sämtliche Nebenkosten ermittelt.



Bereits in diesem Stadium erfolgt eine wesentliche Grundsatzentscheidung, welche Komponenten werden an Subunternehmer vergeben, welche Leistungen werden regional zugekauft und welche Leistung werden von der eigenen Montageabteilung durchgeführt. In diesem Fall übernimmt die Planungsabteilung die Ausarbeitung der Detailanfragen und stellt die Unterlagen für die Einkaufsabteilung zusammen. Diese übernimmt dann die Angebotseinholung und leitet die erhaltenen Offerte an die Planungsabteilung weiter.

Bei Erhalt des Auftrages beginnt die Planungsabteilung mit der Umsetzung des Projektes. Es gilt nun alle bei der Montageangebotskalkulation angesetzten Werte zu überprüfen und mit der Detailplanung der Montage zu beginnen. In diesem Stadium liegen den Montageplanern meistens detaillierte Informationen über das Gewerk vor. Der erste und wesentlichste Schritt ist die Sichtung der nun übermittelten Montagezeichnungen, daraus werden alle erforderlichen Detailplanungen abgeleitet. Auch die seitens des Auftraggebers aber auch die des Endkunden erforderlichen Anforderungen müssen verifiziert werden. Zusammenfassend kann man festhalten, dass bei der Montageplanung im Auftragsfall alle projektspezifischen Anforderungen überprüft, geplant und während der Durchführung ständig angepasst und erst mit dem Montageende abgeschlossen sind

## 2.3 Montageüberwachung

Unter Montageüberwachung versteht man die Summe aller Tätigkeiten zur Wahrung der vertraglichen Aufgaben und Verantwortlichkeiten durch das vom Auftragnehmer auf der Baustelle eingesetzte Personal, aber auch die Überwachung der eigenen Subkontraktoren oder Spezialisten von Herstellerfirmen, die zur Unterstützung der Montage angefordert wurden.

Für die Montage selbst, ist die VGB Richtlinie VGB-R-501 H<sup>9</sup> anzuwenden. In dieser Richtlinie sind sämtliche Komponenten angeführt sowie deren Montageüberwachung.

---

<sup>9</sup> VGB Richtlinie R501H Herstellung sowie Bau- und Montageüberwachung von Dampfkesselanlagen



### 3 Montageplanung im Bieterverfahren

Grundlage für jegliche Planungstätigkeit stellen die Anfrageunterlagen dar, die dem Montageplaner zur Verfügung gestellt werden. Als Basis dienen die technische Spezifikationen, die Montagegewichte und der Montageterminplan. Nach Auftrennung der Anfrage in einzelne Baugruppen werden diese nach Montagestunden bewertet und am Ende einer Gesamtkalkulation zugeführt, die die Preisempfehlung für den technischen Referenten darstellt. Die Montagekalkulation lässt sich in sechs Schritte (Abbildung 19) unterteilen.

- Teilschritt 1: Bauteil bzw. Baugruppenkalkulation
- Teilschritt 2: Schwerveräte und Hebeeinrichtungen
- Teilschritt 3: Personaleinsatzplanung
- Teilschritt 4: Baustellenequipment und Infrastrukturkosten
- Teilschritt 5: Unterlieferanten
- Teilschritt 6: Gesamtkalkulation

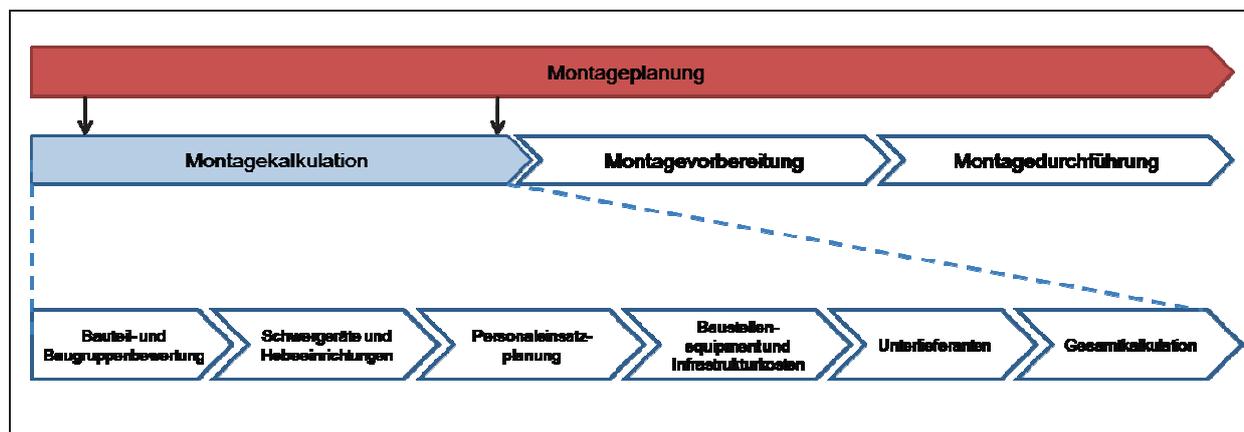


Abbildung 19: Montagekalkulationsschritte

Auf diese Teilschritte wird im Folgenden näher eingegangen.

#### 3.1 Teilschritt 1: Bauteil- bzw. Baugruppenkalkulation

In diesem Kapitel wird auf Richtkalkulationswerte für ausgewählte Komponenten eingegangen. Es ist verständlich, dass man nur grobe Richtwerte angeben kann, da für jede Detailkalkulation ein genaues Studium der Anfrageunterlagen zwingend notwendig ist.

Wie bereits unter 2.1.1 angeführt, werden die Basisdaten aus dem Mengengerüst entnommen und die einzelnen Positionen in Baugruppen unterteilt. Im darauf folgenden Schritt werden die Baugruppen mit Stunden bewertet.



### 3.1.1 Baugruppenzuordnung

Vom Kunden wird in der Montageanfrage der gesamte Leistungsumfang der zu montierenden Anlagenkomponenten im technischen Teil beschrieben. Für die Montagekalkulation erfolgt die Aufbereitung der Anfragespezifikation nach Baugruppennummer. Diese Aufbereitung dient der Vergleichbarkeit der Kalkulationsansätze mit bereits durchgeführten Projekten.

In der nachstehenden Tabelle 2 ist die Zuordnung der Komponenten nach Baugruppennummer dargestellt.

BGR - Nr.	BEZEICHNUNG
<b>00</b>	<b>KESSELTROMMEL</b>
001	Trommel
002	Untertrommel
003	ND-Trommel
<b>01</b>	<b>KESSELVERDAMPFER</b>
011	Wandverdampfer
012	Berührungsverdampfer
013	Tauchheizfläche
014	Tragrohre
015	HD-Verbindungsleitungen
016	HD-Rippenrohrverdampfer
017	ND-Rippenrohrverdampfer
018	Rauchrohrkessel
019	ND-Verbindungsleitungen
<b>02</b>	<b>FEINE ARMATUR</b>
021	Feine Armatur
022	Probenahmekühler
023	Entwässerung, Entlüftung, Ausblaseleitungen
<b>03</b>	<b>GROBE ARMATUR</b>
031	Grobe Armatur
<b>04</b>	<b>KESSEL-STAHLKONSTRUKTION</b>
041	Traggerüst, Tragrost
042	Kesselhängung
043	Kalte Bandagen
044	Teile für Fundament
<b>05</b>	<b>FRISCHDAMPF-ÜBERHITZER (FD)</b>
051	FD-Wandüberhitzer
052	FD-Berührungsüberhitzer
053	FD-Schottüberhitzer
054	Tragrohre
055	HD-Verbindungsleitungen
056	HD-Rippenrohrüberhitzer
057	ND-Rippenrohrüberhitzer
058	ND-Verbindungsleitungen
<b>06</b>	<b>HEISSDAMPFKÜHLER</b>
061	Einspritzkühler FD

062	Einspritzkühler ZD
063	Oberflächenkühler innenliegend
064	Oberflächenkühler außenliegend
065	Einspritzleitungen
<b>07</b>	<b>HEIZFLÄCHENREINIGUNG</b>
071	Rußbläser
072	Kugelregen
073	Klopfeinrichtungen
074	Armaturen
075	Verbindungsleitungen
<b>08</b>	<b>STIEGEN UND PODESTE</b>
081	Stiegen und Podeste ohne Belag
082	Gitteroste
083	Sonstige Beläge
<b>09</b>	<b>ZWISCHENDAMPF-ÜBERHITZER (ZD)</b>
091	ZD-Berührungsüberhitzer
092	ZD-Schottüberhitzer
093	Tragrohre
094	Verbindungsleitungen
<b>12</b>	<b>STAHLKONSTRUKTION</b>
121	Wandkonstruktion
122	Dachkonstruktion
123	Jalousien
124	Dachrinnen
125	Funkturm
126	Leichtgerüste
127	Rohrbrücken
<b>18</b>	<b>KÜHLWASSERSYSTEM</b>
181	Wärmetauscher
182	Unterkonstruktion
183	Armaturen
184	Verbindungsleitungen
<b>21</b>	<b>TROMMELSPSEISEWASSER-VORWÄRMER</b>
211	Trommelspeisewasser-Vorwärmer
212	Armaturen
213	Verbindungsleitungen
<b>22</b>	<b>HILFS-KONDENSATOREN-VERDAMPFER</b>
221	Verdampfer



222	Dampfumformer
223	Kondensator
224	Kühler zu D-Umformer
225	Armaturen
226	Verbindungsleitungen
227	Dampfspeicher
<b>23</b>	<b>ND-VORWÄRMER</b>
231	ND-Vorwärmer
232	Dampfumformer
233	Kühler zu ND-Vorwärmer
234	Sonstige ND-Wärmetauscher
235	Armaturen
236	Verbindungs-Leitungen
<b>24</b>	<b>HD-VORWÄRMER</b>
241	HD-Vorwärmer
242	Armaturen
243	Verbindungsleitungen
<b>25</b>	<b>KONDENSAT - ABLAUFREGELUNG</b>
251	Kondensat-Ablaufregelung
<b>26</b>	<b>INSTALLATIONEN</b>
261	Zentralheizung
262	Trinkwasserversorgung
263	Nutzwasserversorgung
264	Feuerlöscheinrichtung
265	Sanitäre Einrichtung
266	Drucklufteinrichtung
267	Klima-Belüftungsanlage
<b>29</b>	<b>KÜHLSYSTEM</b>
291	Kühlturm
292	Kühlwasser-Dosierung
293	Hauptkühlwasser-Leitung
<b>30</b>	<b>HD / ZD-ROHRLEITUNG</b>
301	FD-Leitungen
302	Heiße ZD-Leitungen
303	Kalte ZD-Leitungen
304	Speisewasser-Druckleitung
305	Sonstige HD-Leitung
306	Armaturen
307	Hängung, Unterstützungen
<b>31</b>	<b>ND-ROHRLEITUNGEN</b>
311	Speisewasser-Saugleitung
312	Sonstige ND-Leitung
313	Armaturen
314	Hängung, Unterstützungen
<b>35</b>	<b>WASSERABSCHIEDER-ANFAHRGEFÄSS</b>
351	Wasserabscheider
352	Wasserstandsflasche
353	Kesselentspanner
354	Laugenentspanner
<b>40</b>	<b>SPEISEWASSERBEHÄLTER</b>
401	Speisewasser-Behälter
402	Armaturen
403	Unterkonstruktion

404	Rieselentgaser
405	Stork-Entgasung
<b>42</b>	<b>SONSTIGE BEHÄLTER</b>
421	Kondensatbehälter
422	Entwässerungs-Behälter
423	Entspanner
424	Rohwasserbehälter
425	Reinwasserbehälter
426	Sonstige Behälter
427	Unterkonstruktion
<b>43</b>	<b>BLECHVERSCHALUNG</b>
431	Blechverschalung
432	Feuerraumtrichter
433	Aschensammelgehäuse
<b>44</b>	<b>FEUERUNG</b>
441	Brenner mit Armaturen
442	Ölversorgungsstation
443	Ölbehälter mit Armaturen
444	Gasreduzierstation
445	Rohrleitungen
446	Brennersteuerung
447	Heißgaserzeugung
448	Flüssiggasaufbereitung
<b>45</b>	<b>DOSIERUNG, KONDITIONIERUNG</b>
454	Dosiereinrichtung
455	Rohrleitungen
<b>46</b>	<b>BEIZEN / KONSERVIEREN</b>
461	Spül- und Beizprovisorien
462	Beizen
463	Ausblaseprovisorien
465	Einrichtungen für Kesselkonservierung
<b>47</b>	<b>DAMPFUMFORMER</b>
471	Umformstation
472	Einspritzkühler für Probenentnahme
<b>49</b>	<b>PUMPEN</b>
491	Kesselspeisepumpe
492	Umwälzpumpen
493	Nebenkondensatpumpe
494	Mindestmengeneinrichtung
495	Armaturen
496	Sonstige Pumpen
497	Vakuumpumpen
<b>50</b>	<b>ROSTE</b>
501	Wanderrost
502	Vorschubrost
503	Planrost
504	Nachbrennroste
505	Sonstige Roste
<b>53</b>	<b>ASCHENSCHIEBER</b>
531	Aschenschieber
<b>55</b>	<b>SEKUNDÄRLUFTEINRICHTUNG</b>
551	Sekundärlufteinrichtung



552	SW-Kühlluftgebläse
<b>56</b>	<b>GEBLÄSE UND VERDICHTER</b>
561	Verbrennungsluftgebläse
562	Brüdenverdichter
563	Regelkupplung
564	Schalldämpfer
<b>57</b>	<b>BUNKERAUFSATZ / BUNKERAUSLASS</b>
571	Bunkeraufsatz
572	Schieber, Schurren
573	Unterstützungen
<b>58</b>	<b>BRENNSTOFF- UND ADDITIVZUTEILUNG</b>
581	Wurfbeschicker
582	Silo mit Austrag
583	Förderorgane
584	Brennstoffzuteilung
585	Sandversorgung
586	Kalkversorgung
587	Sonderaggregate
588	Schieber, Schurren
<b>59</b>	<b>WIRBELSCHICHTMODUL</b>
591	Wirbelschichtofen
592	Anströmboden
593	Mechanische Abscheider
594	U/C-Beams
595	Bettlanzen
596	Bettascheaustrag / -sieb
597	L-Valve
598	Schieber, Schurren
<b>62</b>	<b>SCHLAGRADMÜHLEN</b>
621	Schlagradmühlen
<b>63</b>	<b>SCHÜSSELMÜHLEN</b>
631	Schüsselmühlen
632	Gebläse für Mühlen
<b>64</b>	<b>SONSTIGE MÜHLEN</b>
641	Schlägermühlen
642	Kugelmühlen
643	Rohrmühlen
<b>65</b>	<b>MÜHLEN-AUSBAUVORRICHTUNGEN</b>
651	Mühlen-Ausbauvorrichtungen
<b>67</b>	<b>HEISSGASSCHÄCHTE</b>
671	Heißgasschächte
<b>68</b>	<b>KOHLENSTAUBLEITUNGEN</b>
681	Kohlenstaubleitung
<b>69</b>	<b>KOHLENSTAUBBRENNER</b>
691	Kohlenstaubbrenner
692	Flammenüberwachung
<b>70</b>	<b>EKONOMISER</b>
701	Guß-Ekonomiser
702	Berührungs-Ekonomiser

703	Tragrohre
704	HD-Rippenrohr-Ekonomiser
705	ND-Rippenrohr-Ekonomiser
706	Rippenrohr-Wärmetauscher
707	HD-Verbindungsleitungen
708	ND-Verbindungsleitungen
<b>72</b>	<b>LUFTVORWÄRMER</b>
721	Plattenluftvorwärmer
722	Röhrenluftvorwärmer
723	Unterstützung, Verschalung
724	Guß-Luftvorwärmer
<b>73</b>	<b>LJUNGSTRÖM-LUFTVORWÄRMER</b>
731	Ljungström-Luftvorwärmer
732	Heizbleche, Körbe
<b>76</b>	<b>LUFTLEITUNGEN</b>
761	Luftleitungen
762	Klappen
763	Gewebekompensatoren
764	Blechkompensatoren
<b>77</b>	<b>DAMPFLUFTVORWÄRMER</b>
771	Dampfluvo
<b>78</b>	<b>RAUCHGASLEITUNGEN</b>
781	Rauchgasleitungen
782	Klappen
783	Gewebekompensatoren
784	Blechkompensatoren
<b>79</b>	<b>NACHHEIZFLÄCHEN</b>
791	Wärmerückgewinnung
<b>80</b>	<b>BRENNSTOFFVERSORGUNG</b>
801	Fördereinrichtung
802	Brennstoffbunker
803	Abstützung für Brennstoffbunker
805	Bunkerauskleidung / Bunkerzubehör
<b>81</b>	<b>SAUGZUGGEBLÄSE</b>
811	Saugzuggebläse
812	Regelkupplung
813	Schalldämpfer
<b>82</b>	<b>ENTSCHLACKUNG</b>
821	Naßentschlacker
822	Tauchklappentrichter
823	Schlackenbrecher
824	Schlackenbunker
825	Sonstige Schlackenfördereinrichtung
<b>83</b>	<b>RAUCHGASREINIGUNG</b>
831	UK-Filter
832	E-Filter
833	Gewebefilter
834	Sonstige Rauchgasreinigung
835	DENOX - Anlage
<b>84</b>	<b>ENTASCHUNG</b>
841	Hydraulische Entaschung



842	Pneumatische Entaschung
843	Mechanische Entaschung
844	Aschenbunker
845	Kesselentaschung
846	Schieber, Klappen
847	Aschenförderschnecke
848	Anlagen-Reinigungseinrichtung
849	Aschenwagen
<b>87</b>	<b>KAMIN</b>
871	Stahlseele für Blechkamin
872	Blechkamin
873	Bypasskamin
874	Kaminklappe
875	Kunststoffkamin
<b>88</b>	<b>KALTGASEINRICHTUNG</b>
881	Kaltgasgebläse
882	Kaltgasleitungen
883	Klappen
884	Gewebekompensatoren
885	Blechkompensatoren
886	Gasmischer
<b>90</b>	<b>AUSMAUERUNG</b>
901	Ausmauerung für Heißgasschacht
902	Ausmauerung Sonstiges
903	Ausmauerung für Kessel
<b>91</b>	<b>ISOLIERUNG, ANSTRICH</b>
911	Isolierung komplett
912	Korrosionsschutz
<b>92</b>	<b>MESS- UND REGELTECHNIK</b>
921	Prozeßbleitsysteme
922	Meßwertaufnehmer
923	Einbauteile, Stutzen, Probenkühler
<b>93</b>	<b>MOTOREN UND ANTRIEBE</b>
931	Antriebsmotor
932	Antriebsturbine
933	Kolbenmaschine
<b>94</b>	<b>WASSERAUFBEREITUNG</b>
941	Rohwasseraufbereitung
942	Prozeßwasseraufbereitung
943	Vollentsalzung
944	Kondensataufbereitung
945	Rohrleitungen
946	Abwasseraufbereitung
<b>99</b>	<b>MONTAGE, IBS, PROBEBETRIEB</b>
991	Montage gesamt
992	IBS-Probebetrieb
993	Betriebspersonal
994	Montageüberwachung
999	Globale Baugruppe

Tabelle 2: Baugruppenzuordnung



### 3.1.2 Stahlbau – Kalkulationsrichtwerte

Unter der Voraussetzung, dass von der Werkstätte transportfähige Einheiten zusammengestellt werden und auf der Baustelle Schraubverbindungen verwendet werden, können Stundenwerte wie in Tabelle 3 bis Tabelle 15 angeführt als Basis herangezogen werden.

<b>Stahlhochbau</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Stahltragwerke	8 h/t	12 h/t
Aussteifungen	12 h/t	16 h/t
Stahlblechdecken	20 h/t	26 h/t

Tabelle 3: Kalkulationswerte Stahlhochbau

<b>Großräume</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Weitgespannte Hallentragwerke	12 h/t	16 h/t
Mittel bis kurzgespannte Tragwerke	10 h/t	15 h/t
Vollwand Tragwerke	8 h/t	12 h/t
Fachwerkträger Tragwerke	11 h/t	16 h/t
Raumfachwerk Tragwerke	20 h/t	35 h/t

Tabelle 4: Kalkulationswerte Großräume

<b>Bahnhallen und Bahnüberdachungen</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Hallen mit Fachwerkbindern	13 h/t	18 h/t
Hallen mit Rahmenkonstruktionen	10 h/t	14 h/t
Hallen mit Rohrtragwerken	15 h/t	20 h/t

Tabelle 5: Kalkulationswerte Bahnhallen und Bahnüberdachungen

<b>Industriehallen</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Fachwerkbinder	14 h/t	20 h/t
Vollwandbinder	10 h/t	16 h/t
Pfetten	14 h/t	18 h/t
Wandkonstruktionen	12 h/t	16 h/t
Stützkonstruktionen	6 h/t	8 h/t
Kranbahnen	8 h/t	14 h/t
Dacheindeckung	0,40 h/m <sup>2</sup>	0,60 h/m <sup>2</sup>
Fassadeneindeckung	0,30 h/m <sup>2</sup>	0,60 h/m <sup>2</sup>

Tabelle 6: Industriehallen



<b>Fördertechnik und Umschlaggeräte</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Schaufelradlader	20 h/t	30 h/t
Absetzer	20 h/t	30 h/t
Bandanlagen	14 h/t	18 h/t
Schiffsbe- und entlader	16 h/t	20 h/t

Tabelle 7: Kalkulationswerte Fördertechnik und Umschlaggeräte

<b>Rohrbrücken</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Fußgängerbrücke mit Rohren	25 h/t	30 h/t
Rohrleitungsbrücken	15 h/t	20 h/t

Tabelle 8: Kalkulationswerte Rohrbrücken

<b>Wasserbau</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Verschlusskörper	20 h/t	35 h/t
Lager	30 h/t	40 h/t

Tabelle 9: Kalkulationswerte Wasserbau

<b>Behälterbau</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Zylindrischer Behälter	20 h/t	30 h/t
Kugelbehälter	35 h/t	50 h/t

Tabelle 10: Kalkulationswerte Behälterbau

<b>Kraftwerksbau</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Kesseltraggerüst	10 h/t	15 h/t
Kesselgerüst mit Bühnen	20 h/t	25 h/t
Abhängungen	15 h/t	20 h/t
Rauchgaskanal	25 h/t	35 h/t

Tabelle 11: Kalkulationswerte Kraftwerksbau



<b>Gitterroste</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Kleinere Flächen Laufstege, Podeste, Bedienbühnen	0,80 h/m <sup>2</sup>	1,00 h/m <sup>2</sup>
Größere Flächen (Bühnen)	0,50 h/m <sup>2</sup>	0,80 h/m <sup>2</sup>
Ausschnitte mit Kanten	3,0 h/lfm	4,0 h/lfm
Gitterstufen	0,2 h/Stk.	0,4 h/Stk.

Tabelle 12: Kalkulationswerte Gitterroste

<b>Geländer</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Rohrgeländer geradeverlaufend Werkstätteneinheiten von 4 bis 6m	0,6 h/lfm	0,9 h/lfm
Rohrgeländer für Treppen (Podeste, Pfosten, Hand und Knieleiste)	2,0 h/lfm	3,0 h/lfm
Brückengeländer	1,5 h/lfm	2,0 h/lfm

Tabelle 13: Kalkulationswerte Geländer

<b>Steigleitern</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Ohne Rückenschutz	1,0 h/lfm	1,3 h/lfm
Mit Rückenschutz	1,8 h/lfm	2,0 h/lfm

Tabelle 14: Kalkulationswerte Steigleitern

<b>Bleche für Bühnen</b>	<b>min</b>	<b>max</b>
Glattbleche, Tränenbleche, Riffelbleche	2,00 h/m <sup>2</sup>	2,50 h/m <sup>2</sup>

Tabelle 15: Kalkulationswerte Bleche für Bühnen



### 3.1.3 Kesseldruckteil – Kalkulationsrichtwerte

Unter der Voraussetzung, dass vom Kessellieferant alle Lieferteile in größtmöglichen Einheiten angeliefert werden, können die in Tabelle 16 angeführten Werte als Basis für die Montagestundenkalkulation herangezogen werden. Sofern alle Schweißkanten vorbereitet und keine Überlängen, die Anpassungstätigkeiten erfordern, vorgesehen sind.

Kesseldruckteil	min	max
Fallrohre	35 h/t	55 h/t
Ablassentspanner	80 h/t	110 h/t
Bandagen	15 h/t	35 h/t
Blow Down System, Abschlämmung	120 h/t	150 h/t
Einspritzkühler	45 h/t	65 h/t
EKO Pakete ohne Blechmantel	35 h/t	40 h/t
Interne Verbindungsleitungen	65 h/t	95 h/t
Kesselanschweissteile	80 h/t	120 h/t
Kesseltrommel mit Einbauten	6 h/t	14 h/t
Kesseltrommel ohne Einbauten	5 h/t	12 h/t
Luftvorwärmer	45 h/t	60 h/t
Mauerkästen, Türen, Schauöffnungen	80 h/t	120 h/t
Membranwände	40 h/t	45 h/t
Rußbläßer	75 h/t	90 h/t
Schottverdampfer	30 h/t	50 h/t
Schwadendampfkondensator	60 h/t	85 h/t
Screenn (Durchtritt Strahlungszug-Dackelzug)	30 h/t	50 h/t
Tragrohre 13CrMo44 / 10CrMo910	30 h/t	40 h/t
Tragrohre 15Mo3	18 h/t	25 h/t
Trommeleinbauten	100 h/t	120 h/t
Überhitzerrohrschlangen	35 h/t	45 h/t
(Einzelschlangen 15Mo3, Zuschlag für 13CrMo44 und 10CrMo910 Faktor 1,2, für X20 und P91 Zuschlagsfaktor 1,35 bis 1,4)		
Verdampfer	45 h/t	60 h/t
Wärmeverschiebebündel	55 h/t	65 h/t

Tabelle 16: Kalkulationswerte Kesseldruckteil

Die Werte stellen nur einen groben Kalkulationsansatz dar. Diese müssen Anhand der Ausschreibungsunterlagen angepasst werden. Der Korrekturfaktor wird vorwiegend durch die Ausführungsform der Einzelkomponenten beeinflusst.



### 3.1.4 Rohrleitungen – Kalkulationsrichtwerte

Die Rohrleitungskalkulation stellt wohl eine der schwierigsten Teile der Angebotserstellung dar, da meist nur die Gesamtgewichte der Rohrleitungen bekannt sind und in dieser Phase keine detaillierten Rohrleitungsverläufe vorliegen. Die meisten Werte beruhen auf Nachrechnungen von bereits abgeschlossenen Projekten. Wichtig für den Montageplaner sind Angaben über Rohrdurchmesser, Wandstärken, Werkstoff, Anzahl der Armaturen und eine erste Grobschätzung der Montagerundnähte.

In den nächsten beiden Abbildungen (Abbildung 20 und Abbildung 21) sind die Montagestunden pro t bezogen auf die Rohrinnenweite abgebildet.

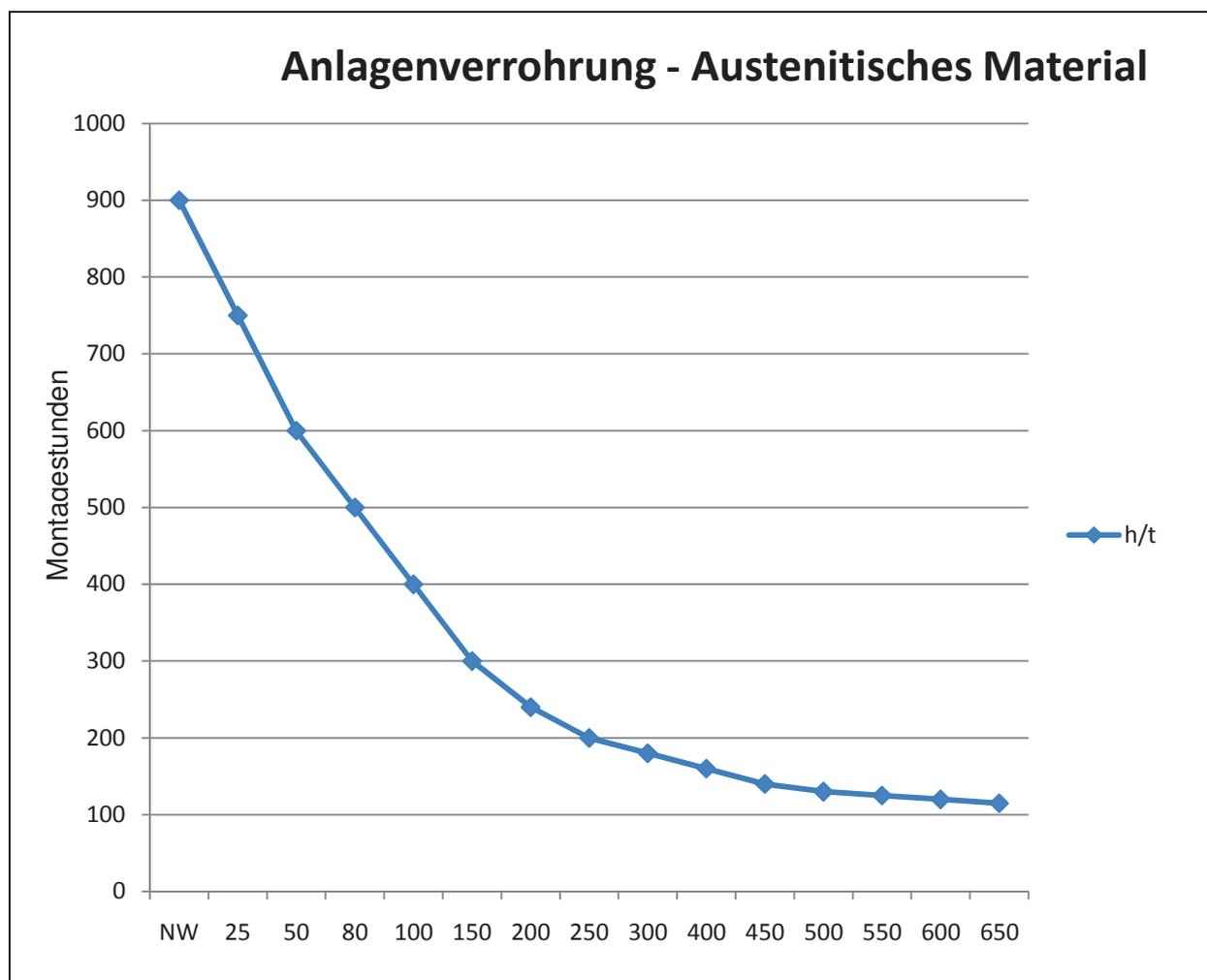


Abbildung 20: Richtwerte Anlagenverrohrung austenitisches Material

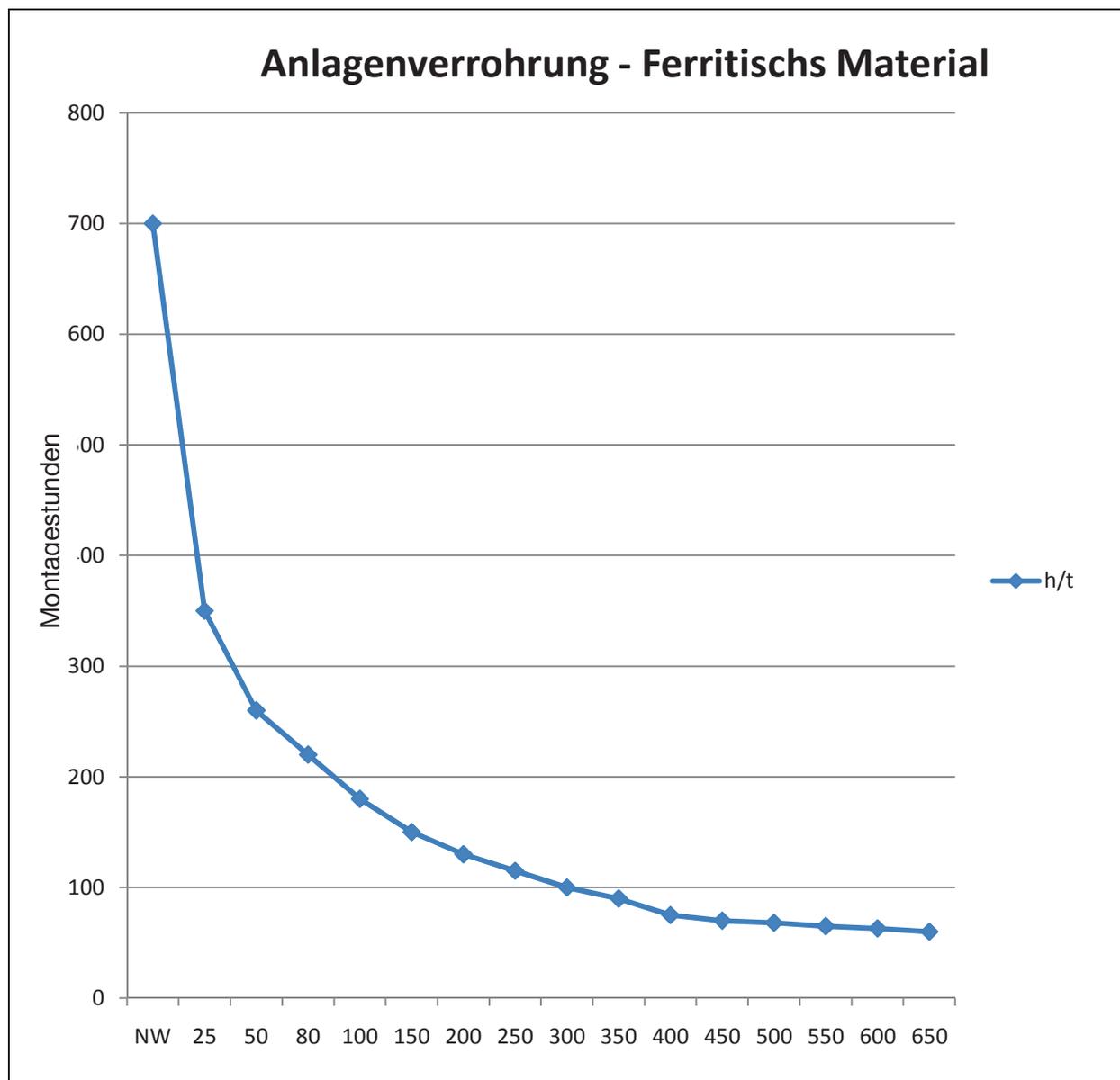


Abbildung 21: Richtwerte Anlagenverrohrung ferritisches Material

Aus den vorangegangenen Abbildungen ist abzuleiten, dass die Montagezeiten bei der Rohrleitungsmontage von der Materialgüte abhängen. Grundsätzlich gilt, je höher die Qualität des Grundwerkstoffes, desto höher die Montagezeit.

Für eine exakte Kalkulation werden die nachstehenden Tabellen (Tabelle 17 und Tabelle 18) verwendet, Voraussetzung dafür ist eine Rohrleitungsisometrie.

		25									
		33.7									
Nennweite (mm / ")	Außerdurchmesser (mm)	2.0	2.3	2.6	3.2	4.0	5.0	5.6	6.3	7.1	
Pos.	Schedule										
1.1	LFM. Rohr verlegen im Feld	0,246	0,252	0,258	0,268	0,282	0,297	0,305	0,314	0,324	
1.2	LFM. Rohr verlegen Rohrbrücke	0,209	0,214	0,219	0,228	0,239	0,252	0,259	0,267	0,275	
1.3	LMF. Rohr demontieren	0,074	0,076	0,077	0,081	0,085	0,089	0,092	0,094	0,097	
2.2	Formstück (2N) einpassen	0,306									
2.3	Formstück (3N) einpassen	0,401									
3.1	Rundnaht schweißen	0,546	0,549	0,553	0,561	0,572	0,588	0,598	0,610	0,623	
3.2	Kehlnaht schweißen	0,327	0,329	0,332	0,336	0,343	0,353	0,359	0,366	0,374	
3.3	Segmentnaht schweißen	0,709	0,714	0,719	0,729	0,744	0,764	0,777	0,793	0,810	
3.4	T-Schutznaht schweißen	0,873	0,879	0,884	0,897	0,916	0,941	0,957	0,975	0,997	
3.5	Weldolet, Nipolet schweißen										
3.6	V-Ring schweißen	0,971	0,977	0,984	0,998	1,019	1,047	1,064	1,085	1,110	
3.7	Schweißring-Dichtung	1,030									
3.8	Einlegering (nur bei Alu)										
3.9	Trennschnitt bei Änderungen	0,082	0,082	0,083	0,084	0,086	0,088	0,098	0,091	0,094	
3.10	Werkstoffmultiplikator für Pos. 3.1 bis 3.8 gemäß Erläuterung, ZCHG. 4-104189, III/Anhang 1										
4.1	Flanschverb. PN 10-40, LB 100-300	0,505									
4.2	FL-Verb. PN 64-160, LB 400-900	0,631									
4.3	FL-Verb. PN 250-320, LB 1500-2500	0,707									
4.4	Steckscheibe einsetzen	0,101									
4.5	Rohr biegen	0,212									
4.6	Gewinde schneiden	0,118									
4.7	Gewinde eindichten	0,100									
4.8	Demontage: 0.7 x Faktor der Pos. 4.1 bis 4.4 und 4.7										
5.1	Armatur einbauen	0,313									
5.2	Armat. M. Pneum. Antrieb einbauen	0,438									
5.3	Armat. M. Motop-Antrieb einbauen	0,406									
5.4	Einklemm-Armatur einbauen	0,063									
5.5	Spindelverläng. BL = 1/2/3 Met.	0,437	0,656	0,875							
5.7	Demontage: 0.7 x Faktor der Pos. 5.1 bis 5.4										
6.1	Druckprobe mit Wasser oder Gas	0,043									
6.3	Dichtheitsprobe (Servicetest)	0,030									
7.1	Versteifungssteg anfertigen	0,200									
7.2	Halterungen (Unterst.) montieren										
7.3	Federhänger u. -böcke montieren										
7.4	Schw.-Kurzst.-Überh. Ausschl.	0,101									
7.5	Messteilungsabgang durchbohren	0,118									

Tabelle 17: Kalkulationswerte DN25



Nennweite (mm / ")		150 = 6"									
Außendurchmesser (mm)		168.3									
Pos.	Wanddicke (mm)	2.0	4.0	4.5	7.1	10.0	12.5	14.3	16.0	21.9	
Schedule					40 Std.			120		XXS	
1.1	LFM. Rohr verlegen im Feld	0,406	0,581	0,623	0,828	1,041	1,213	1,332	1,439	1,787	
1.2	LFM. Rohr verlegen Rohrbrücke	0,345	0,494	0,529	0,704	0,885	1,031	1,132	1,224	1,519	
1.3	LMF. Rohr demontieren	0,122	0,174	0,187	0,248	0,312	0,364	0,399	0,432	0,536	
2.2	Formstück (2N) einpassen	1,350									
2.3	Formstück (3N) einpassen	1,755									
3.1	Rundnaht schweißen	1,770	1,922	1,968	2,253	2,644	3,030	3,332	3,633	4,773	
3.2	Kehlnaht schweißen	1,062	1,153	1,181	1,352	1,586	1,818	1,999	2,180	2,864	
3.3	Segmentnaht schweißen	2,301	2,498	2,558	2,929	3,437	3,939	4,331	4,722	6,205	
3.4	T-Schutznaht schweißen	2,832	3,075	3,149	3,605	4,230	4,848	5,331	5,812	7,637	
3.5	Weißblech, Nipolet schweißen	3,306	4,130	4,363	5,715	7,438	9,050	10,259	11,426	15,542	
3.6	V-Fling schweißen	3,151	3,421	3,503	4,011	4,706	5,393	5,930	6,466	8,496	
3.7	Schweißring-Dichtung	3,459									
3.8	Einlegierung (nur bei Alt)	0,695									
3.9	Trennschnitt bei Änderungen	0,266	0,288	0,295	0,338	0,397	0,455	0,500	0,545	0,716	
3.10	10.4189, III Anhang 1										
4.1	Flanschverb. PN 10-40, LB 100-300	1,180									
4.2	FL-Verb. PN 64-160, LB 400-900	1,475									
4.3	FL-Verb. PN 250-320, LB 1500-2500	1,652									
4.4	Steckscheibe einsetzen	0,236									
4.5	Rohr biegen										
4.6	Gewinde schneiden	0,883									
4.7	Gewinde eindichten	0,751									
4.8	Demontage: 0,7 x Faktor der Pos. 4, 1 bis 4, 4 und 4, 7										
5.1	Armatur einbauen	1,875									
5.2	Arm at. M. Pneum. Antrieb einbauen	2,625									
5.3	Arm at. M. Motor-Antrieb einbauen	2,438									
5.4	Einklemm-Armatur einbauen	0,375									
5.5	Spindelverläng. BL = 1/2/3 Miet.	1,074									
5.7	Demontage: 0,7 x Faktor der Pos. 5, 1 bis 5, 4										
6.1	Druckprobe mit Wasser oder Gas	0,190									
6.3	Dichtheitsprobe (Service test)	0,091									
7.1	Versleißungssteg anfertigen										
7.2	Halterungen (Unterst.) montieren	Ausmessfaktor = KG x 0,032 x 0,3									
7.3	Federhänger u. -böcke montieren	wie AMP, 7.2									
7.4	Schw.-Kurz-Überf.- Ausschl.	0,236									
7.5	Messleistungsabgang durchbohren										

Tabelle 18: Kalkulationswerte DN150

Wenn keine Rohrleitungsisometrien den Angebotsunterlagen beigelegt wurden, besteht die Möglichkeit die Mengenangaben der Rohrleitungen zurückzurechnen. Dafür ist Erforderlich, dass in der Spezifikation Angaben über die Rohrleitungseinzelgewichte, Nenndurchmesser



und Wandstärke bekannt gegeben wurden. Die Unterstüztungskonstruktionen für Rohrleitungen, darunter versteht man die primären und sekundären Halterungen können mit 10% des Rohrgewichtes angenommen werden. In Abbildung 22 sind die Rohrleitungsgewichte nach Durchmesser und Wandstärke in kg/m angegeben.

OD AD mm	Wall Wand mm	Remarks Bemerkungen	kilos/m kg/m	SBS 81 P234GH TC1	SBS 81 P234GH TC1	TTS05N / V P215ML / P259QL TC1	SBS 8111 P234GH TC2	15M3 16M3	13CM44 13CM4-5	10CM8 10 10CM8 - 10	X200r MW121 X200r MW11-1	X100r MW10 9-1	15NC 41 01b 5 15NC 41 01b 5-64	15CMW510
168,3	11,0		42,70	●			●	●	●	●				
	12,5		48,00	●	●		●	●	●	●				
	14,2		54,00				●	●	●	●				
	14,3		54,20											
	16,0		60,10	●			●	●	●	●		●		
	17,5		65,10	●			●	●	●	●				
	18,3		67,50										●	
	20,0		73,10	●			●	●	●	●				●
	22,2		80,00	●			●	●	●	●				
	25,0		88,30	●			●	●	●	●				
	28,0		96,90	●					●	●				
	30,0		102,00	●					●	●				
	32,0		108,00	●					●	●				
	36,0		117,00						●	●				
	40,0		127,00								●			
	45,0		137,00						●					

Abbildung 22: Rohrleitungsgewichte DN150, Quelle Buhlmann

Mit diesen Werten ist es möglich, die geplanten zu verlegenden Rohrmeter zu berechnen. Vom Rohrleitungsgewicht müssen in etwa 10% für Unterstüztungskonstruktionen abgezogen werden.

Zur Veranschaulichung wir ein Berechnungsbeispiel angeführt. Inhalt ist eine Frischdampfleitung DN150 mit der Rohrdimension 168,3x16 mm und einem Montagegewicht von 2,5 to.

- 10% für Rohrunterstüztungskonstruktion = 250 kg
- Montagegewicht – Rohrleitungsunterstüztung = 2250 kg
- $2250 \text{ kg} / 60,1 \text{ kg} = 37,5 \text{ m}$
- Handelsware wird mit 6-7 m Herstelllänge geliefert
- $37,5 \text{ m} / 6 \text{ m} = 6,3 \text{ Stangen Rohrmaterial}$
- Bei 6 Stangen Rohr sind n+1 Rundnähte = 7 Rundnähte zu schweißen

Diese Angaben werden für weiterführende Berechnung herangezogen.



### 3.1.5 Diverse Kesselkomponenten – Kalkulationsrichtwerte

Kalkulationsrichtwerte für diverse Kesselkomponenten, außer Stahlbau, Rohrleitungen und Kesseldruckteil werden in Tabelle 19 angeführt.

Diverse Kesselkomponenten	min	max
Brennerstation	35 h/t	55 h/t
Chemikaliendosierstation	35 h/t	120 h/t
Frischluftgebläse	45 h/t	70 h/t
Gebläsemotor	8 h/t	15 h/t
Kamin	60 h/t	120 h/t
Kondensatpumpen	20 h/t	60 h/t
Kühl und Zündluftstationen	40 h/t	60 h/t
Mediengebläse	10 h/t	25 h/t
Rauchgasleitungen bis 1200mm bis 1800mm DM Belchbau	45 h/t	60 h/t
Rauchgasleitungen bis 1200mm DM Belchbau	15 h/t	45 h/t
Rauchgasleitungen bis 1200mm DM Belchbau	60 h/t	85 h/t
Speisewasserpumpen	15 h/t	35 h/t
Speisewassertank	15 h/t	40 h/t
Startbrenner	30 h/t	50 h/t

Tabelle 19: Kalkulationswerte Kesselkomponenten

Bei allen Rauchgasrohrleitungen und Kanälen (der sogenannte Blechbau) stellt der Anlieferungszustand einen nicht zu unterschätzenden Zeitfaktor da. In der Spezifikation wird der Lieferzustand angegeben.

- Rechteckige Züge bis zu einem Querschnitt von 1,2 m x 1,2 m werden vollständig vor zusammgebaut und mit einer Länge von bis zu max. 12 m geliefert. Größere Querschnitte werden als einzelne flache Tafeln mit angeschweißten Versteifungen und angearbeiteten Schweißkanten bis zu einer Länge von bis zu max. 12 m geliefert.
- Runde Züge bis zu einem Durchmesser von 1,2 m werden vollständig vor zusammgebaut und mit einer Länge von bis zu max. 12 m geliefert. Bei Durchmessern von mehr als 1,2 m werden die Züge als Halbschalen oder Drittschalen mit angearbeiteten Schweißkanten geliefert.
- Die Flansche für den Anschluss an Klappen und Kompensatoren werden lose mit vorgebohrten Schraubenlöchern geliefert.

Auch wenn es um die Maschinenmontage oder die Montage der Feuerungseinrichtungen geht, ist es erforderlich, dass man jedes Aggregat einzeln bewertet. Als Faustformel kann man folgendes ansetzen: pro Ausrüstungsteil (je nach Größe) 3 - 4 Monteure mit einer



Arbeitsleistung von 10h pro Arbeitstag. Im Kalkulationsblatt MO1 Abbildung 23 ist eine typische Kesseldruckteilkalkulation abgebildet.

MO 1	Datum:	Ermittlung der Montagestunden							Projektnummer: 000-000	
BG	Konstruktionsart	Montagemenge	Stücto	Stunden Insgesamt EU-Basis	Eigenpersonal Angestellte	Eigenpersonal Arbeiter	Fremdfirmen Spezialisten	Korr. Faktor	Fremdfirmen Leihpersonal	Montagestunden
111	Economizer	138 t	50	6.500		2.760		1,1	4.554	7.314
	Evaporator	408 t	60	24.480		9.792		1,1	16.157	25.949
	Superheater	261 t	50	13.050		5.220		1,1	8.613	13.833
	Drum	96 t	15	1.440		576		1,1	950	1.526
	Attemperator	9 t	20	180		72		1,1	119	191
	Pipework (Interne Verrohrung)	24 t	180	4.320		1.728		1,1	2.851	4.579
	Steam Air Heater	18 t	30	540		216		1,1	356	572
	Heavy Fittings	27 t	80	2.160		864		1,1	1.426	2.290
	Platforms, Stairs	531 t	60	31.860		12.744		1,1	21.028	33.772
	Air-, Flugas - ducts	294 t	60	17.640		7.056		1,1	11.642	18.698
	Stack	95 t	60	5.700		2.280		1,1	3.762	6.042
	FD Fan + coupling + silencer	114 t	80	9.120	400	3.648		1,1	6.019	10.067
	Valves and Fittings	54 t	100	5.400		2.160		1,1	3.564	5.724
	Ölbrenner	300 t	90	27.000		10.800	16.200	1,1		27.000
	Sootblowers	15 t	90	1.350		540		1,1	891	1.431
	Blow down system	3 t	150	450		180		1,1	297	477
	Dosiereinrichtung	6 t	300	1.800		720		1,1	1.188	1.908
<b>Summe Montagestunden</b>										<b>161.373</b>

MO 1	Datum:	Ermittlung der Montagestunden <b>Summenblatt</b>							Projektnummer: 000-000	
BG	Konstruktionsart	Montagemenge	Stücto	Stunden Insgesamt EU-Basis	Eigenpersonal Angestellte	Eigenpersonal Arbeiter	Fremdfirmen Spezialisten	Korr. Faktor	Fremdfirmen Leihpersonal	Montagestunden
				0		0		1,1	0	0
	Stahlbau	1910 t	30,62	58.475		23.390		1,1	38.594	61.984
111	Kessel	2393 t	64,10	153.884	400	61.356	16.200	1,1	83.417	161.372
	Fuel System	68 t	75,00	5.100		2.040		1,1	3.366	5.406
	Feed Heating System	278 t	62,12	14.489		6.706		1,1	0.663	16.350
	CW-System	195 t	124,00	24.180		9.672		1,1	15.959	25.631
	Treatment	39 t	120,00	4.680		1.872		1,1	3.089	4.961
	Piping	1387 t	139,85	193.972		77.589		1,1	128.021	205.610
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
				0		0		1,1	0	0
<b>Summe Montagestunden</b>										<b>490.322</b>

Abbildung 23: Kalkulationsblatt MO1

Gemäß den Angaben der Bauteilspezifikation erfolgt die Baugruppenzuteilung im Kalkulationsblatt MO1. Nach erfolgter Zuteilung werden die Komponenten stundenmäßig bewertet. Die Kalkulationswerte beruhen immer auf der Arbeitsleistung der firmeneigenen Fachmonteure. Wird die Anlage mit Fremdpersonal von Leihfirmen montiert, deren fachlicher Ausbildungsgrad nicht jenem der eigenen Fachmonteure entspricht, wird dieser Umstand mit einem Korrekturfaktor bei der Stundenbewertung berücksichtigt. Durch die Montageplaner erfolgt die Aufteilung der Stunden zwischen Eigenpersonal, Fremdpersonal von Leihfirmen und Spezialisten.

Nach erfolgter Bewertung aller Baugruppen werden diese im MO1 Summenblatt aufsummiert und die Endsumme repräsentiert die Gesamtmontagestunden des produktiven Baustellenpersonals.



## 3.2 Teilschritt 2: Schwergeräte und Hebeeinrichtungen

Mithilfe der Montagegewichte und der technischen Beschreibungen werden die schwersten Komponenten der Dampfkesselanlage ermittelt und zur Auswahl der Schwergeräte herangezogen. Für die Montagetätigkeit werden sowohl Gittermast, Raupen und Teleskopkräne herangezogen. Das Baustellenlayout gibt Auskunft über mögliche Kranstandorte.

### 3.2.1 Gittermastkran

Gittermastkräne oder auch Oberdrehkran genannt, können stationär oder auf Schienen aufgebaut sein. Diese Kranart besteht vor allem durch die schnelle Hubgeschwindigkeit. Ein Auswahlparameter (Abbildung 24 und Abbildung 25) ist die höchste Störkante des Kesselhauses und die längste Komponente, die von dieser Höhe aus eingehoben wird und der Abstreichbereich des Kranes. Das Ergebnis dieser Aufsummierung ist die Hackenhöhe und die maximale Ausladung. Gittermastkräne werden vor allem für die Stahlbaumontage bevorzugt. Ein Einheben schwerer Teile wie Kesseltrommel oder Speisewasserbehälter ist eher unüblich, da die Kosten für einen Gittermastkran der diese Lasten heben kann wohl überlegt sein sollten!

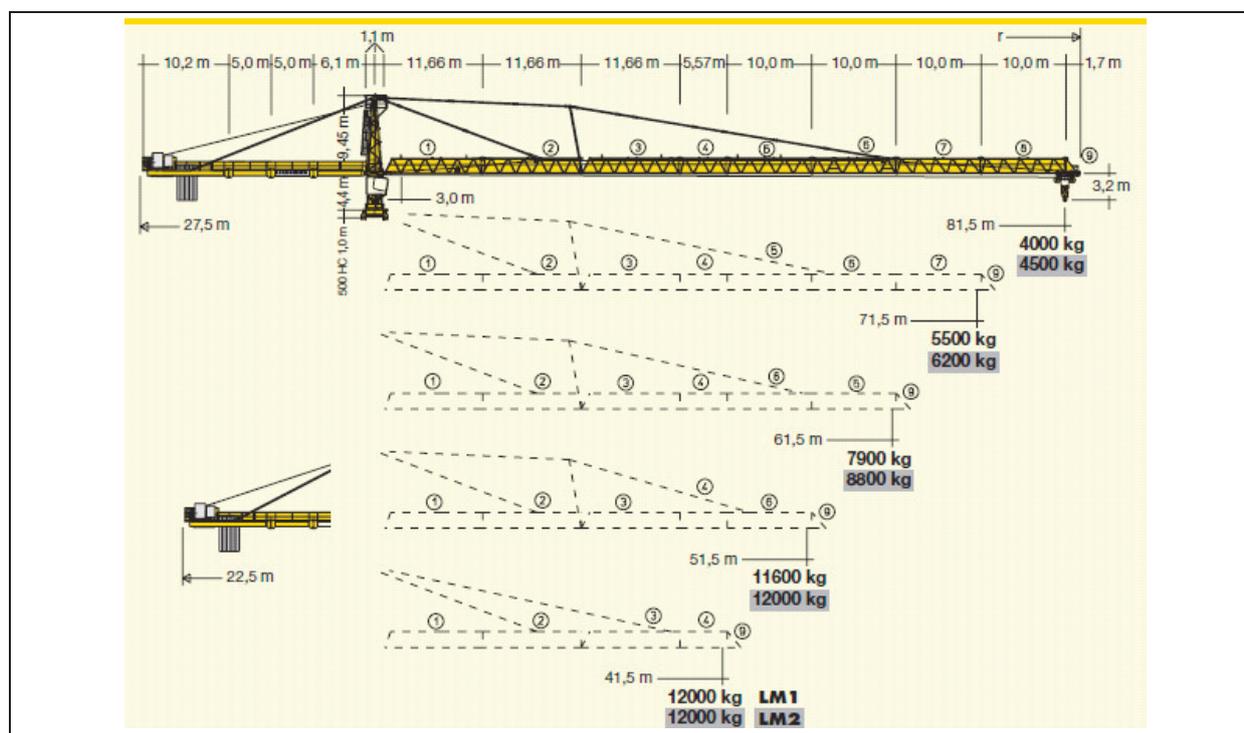


Abbildung 24: Ausladung und Tragfähigkeit des Turmdrehkrans<sup>10</sup>

<sup>10</sup> Quelle Liebherr EC550, graphisch Aufbereitet



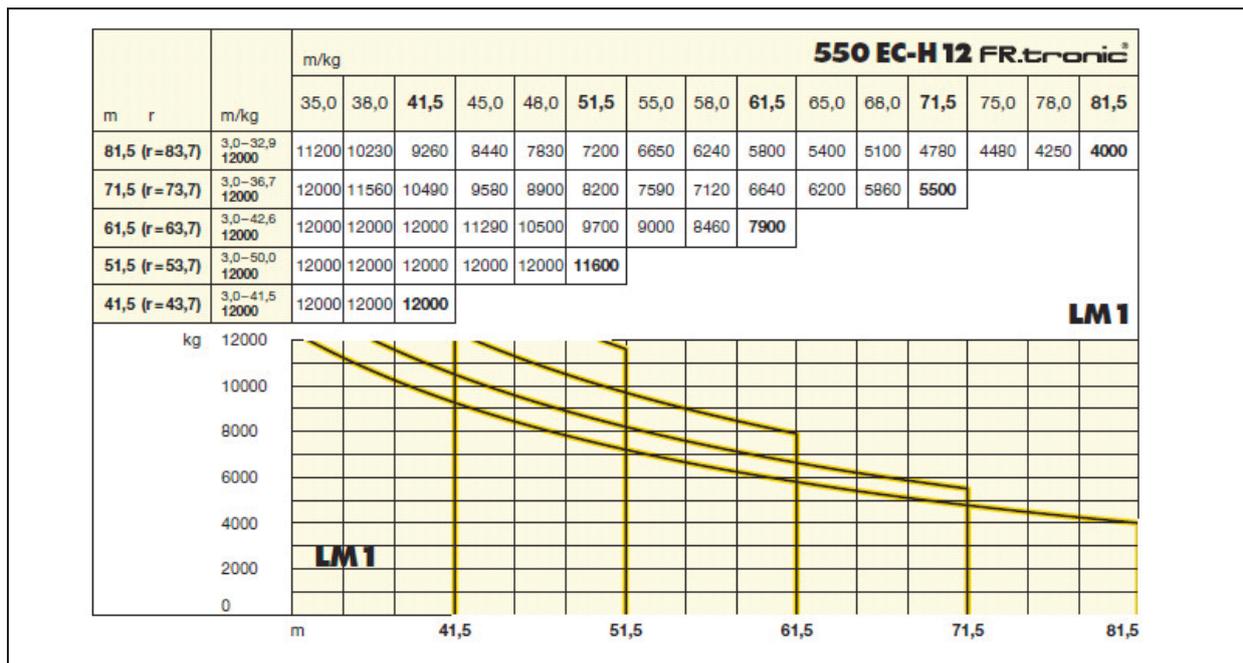


Abbildung 25: Ausladung und Tragfähigkeit des Turmdrehkrans<sup>11</sup>, in Zahlenwerten

### 3.2.2 Raupenkran

Der Vorteil eines Raupenkranes liegt darin, dass dieser nicht nur große Tonnagen heben kann, Maximallastbereiche 200 bis 600to und darüber, sondern dass der Raupenkran auch mit gehobener Last fahren kann. Vor allem in den Beneluxstaaten und der USA sind diese Kräne sehr beliebt. Voraussetzung für den Einsatz eines solchen Modells ist die Tragfähigkeit der Baustellenverkehrswege.

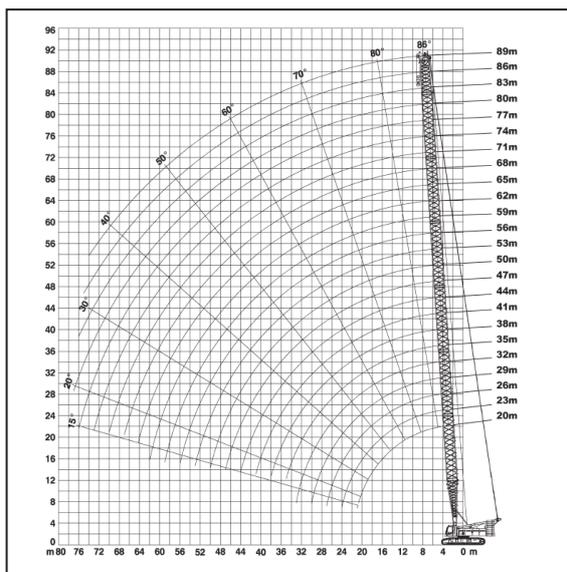


Abbildung 26: Raupenkran Ausleger – Parameter

<sup>11</sup> Quelle Liebherr EC550, graphisch Aufbereitet



3		Raupenkrane - Crawler Cranes										LR 1200 - 200 t		
														
20-89m		5,8m		81t		360°		75%						
4%	20	26	32	38	44	50	56	62	68	74	80	86	89	4%
6,2						90,6								6,2
7				129,1	106,8	89,2	79,4	63,5						7
8			125,3	117,1	99,9	83,2	75,7	62,9	51,7	44,6				8
9	119,2	116,7	110,3	103,8	88	77,8	71,6	59,8	50	44,2	37	30	26,4	9
10	107,3	104,1	97,8	91,6	84,4	72,6	68,1	57,2	47,9	42,6	36	29,8	26,4	10
12	86,8	84,7	80,5	76,7	73,1	65	63,4	53,2	43,7	40,1	33,3	27,8	24,8	12
14	69,9	69,7	67,7	65	62,2	54,5	57,1	50,3	40,4	37,6	31,2	26,1	22,8	14
16	58,2	58,2	58,2	56,2	53,9	51,1	49,7	45,5	37,9	35	29,4	24,4	21,3	16
18	49,6	49,6	49,6	49,3	46,3	45,6	43,8	42,1	33,3	33,5	28	23,4	20,1	18
20	42,9	43,1	43	42,8	42,2	40,6	39	37,5	31,7	31,7	26,4	22,6	19,1	20
26		30	30,1	29,9	29,6	29,3	28,8	27,7	26,6	25,5	22,3	19,9	16,5	26
32			22,4	22,3	22,1	21,7	21,4	21,1	20,4	19,5	18,7	17,4	14,9	32
38				17,2	17,1	16,7	16,4	16,1	15,7	15,3	14,5	13,7	13,4	38
44					13,4	13,2	12,9	12,5	12,2	11,8	11,3	10,7	10,4	44
50						10,5	10,3	9,9	9,6	9,2	8,8	8,3	8	50
55							8,5	8,1	7,8	7,4	7,1	6,6	6,4	55
60								6,7	6,3	6	5,6	5,2	5	60
65									5,1	4,7	4,4	4	3,8	65
70										3,7	3,3	2,9	2,8	70
75											2,4	2		75

mit 36t Zentralballast

Abbildung 27: Lasttabelle Raupenkrane LR1200 -200t<sup>12</sup>

Anhand der Grafiken (Abbildung 26 und Abbildung 27) kann der Planer Hackenhöhe und maximale Last ablesen.

### 3.2.3 Teleskopkran

Wie bereits beim Gittermastkran und beim Raupenkrane gezeigt, gibt es auch für die Teleskopkrane die entsprechenden Datenblätter. Der Vorteil der mobilen Teleskopkrane liegt darin, dass die Rüstkosten und Mietpreise im Gegensatz zu den anderen Modellen geringer sind. Einen weiteren Vorteil bietet die große Palette an Modellen. Diese beginnen bereits bei 25to und reichen derzeit bis zu 1200to maximaler Traglast. Jedoch, je höher die Traglast vor allem ab 300to, steigen die Mietkosten exponentiell an. Sollte daher eine Krankapazität über 300to gefordert sein, ist eine Gegenüberstellung mit dem Raupenkrane anzuraten.

<sup>12</sup> Quelle Kranbuch Felbermeyer



### 3.2.4 Hublitzensysteme

Der Litzenheber ist ein hydraulisches Gerät, mit dem schwere Lasten über jegliche Distanzen angehoben oder abgesenkt werden können. Durch die Kombination von mehreren Geräten ist es möglich, sehr schwere Lasten zu heben. Einen weiteren Vorteil stellt der geringe Platzbedarf der Hebezyylinder dar. Im Kraftwerksbau ist auch der Begriff Gleitbau damit verbunden.

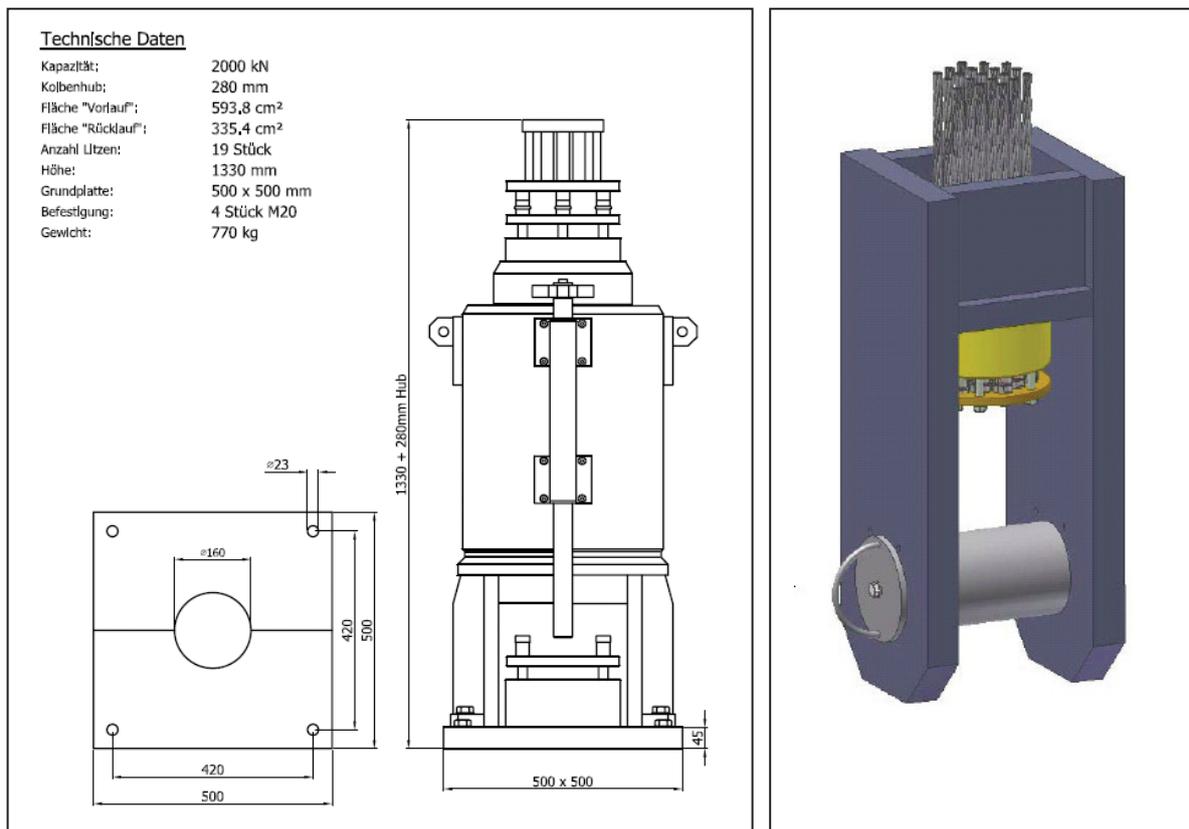


Abbildung 28: Datenblatt Litzenheber H-200, Quelle Hebetec

Abbildung 29: Anfasstück, Quelle Hebetec

Abbildung 30: Aufgebautes Hubsystem, Quelle Hebetec

Im Kalkulationsblatt MO2 (Abbildung 31) ist die Zusammenfassung der Ergebnisse aus der Schwer und Hubgerätekalkulation abgebildet.

MO 2 <b>SUMME</b>		Datum:	Ermittlung Schwer und Hubgeräte							Projektnummer: 000-000	
Typ	Gerätebezeichnung	Tages/ Wochen/Monats pauschale	Basic	Zusatzkosten					Spezialisten	Gesamtkosten	
				An/Abfahrt	Rüstkosten	Transport	Treibstoff	Korr. Faktor			
MO-Kran	300to Teleskopkran (WP)	€ 7.500,00	14	€ 3.900,00	€ 1.200,00					€ 110.100,00	
MO-Kran	150to Teleskopkran (WP)	€ 6.700,00	13	€ 1.200,00						€ 88.300,00	
MO-Kran	100to Teleskopkran (TP)	€ 1.120,00	10	€ 4.000,00						€ 15.200,00	
Stanler	5to Geländestapler (MP)	€ 1.490,00	10	€ 200,00			€ 5.000,00			€ 15.100,00	
Steiger	27m Steiger (TP)	€ 125,00	39	€ 200,00						€ 5.075,00	
HUB	Hublizensystem 400to (MP)	€ 1.250,00	25			€ 1.800,00			€ 5.000,00	€ 31.250,00	
Summe Kosten Schwer und Hebevorrichtungen										€ 265.025,00	

Abbildung 31: Kalkulationsblatt MO2

Anhand der Montagegewichte werden die schwersten Bauteile zur Krankapazitätsermittlung herangezogen. Mit den in der Baugruppenkalkulation ermittelten Montagestunden und den Eckterminen des Montageterminplans kann nun die Einsatzdauer des jeweiligen Schwer- oder Hubgerätes ermittelt werden. Durch die Montageplaner erfolgt die Aufteilung der erforderlichen Einsatzzeiten der Geräte.

Als Grundlage werden Tages- (TP), Wochen- (WP) oder Monatspauschalen (MP) herangezogen. Sollten größere Geräte für die Hübe erforderlich sein, so können auch Kosten für die Fundamentierung und Verstärkung der Bewegungsflächen hinzukommen oder Kranfahrbahnen bei Gittermastkränen.

Auch die Kosten für Hebespezialisten, Treibstoff, An- und Abtransport und eventuelle Rüsttätigkeiten werden im Detail kalkuliert. Wagnisse wie Stehzeiten bei Schwerhüben infolge von schlechtem Wetter werden mittels Korrekturfaktor berücksichtigt. Für die Risikominimierung empfiehlt sich, einzelne Hubtätigkeiten wie den Trommelhub pauschal an einen Krananbieter zu vergeben.



### 3.3 Teilschritt 3: Personaleinsatzplanung

Nach erfolgter Kalkulation mittels MO1 Summe wird der Personaleinsatz geplant. Dieser gliedert sich in produktives Personal und Baustellenführungspersonal. In der Angebotsphase werden die Personalkosten für das produktive Personal über die Montagedauer gemittelt.

Unter produktivem Personal versteht man:

- I) Fachmonteure
- II) Rohrleger
- III) Montagehelfer
- IV) Schweißer
- V) Hochdruckkesselschweißer
- VI) Spezialisten

Unter Baustellenführungspersonal versteht man:

- I) Baustellenleiter
- II) Montageleiter
- III) Obermonteure
- IV) QS-Leiter
- V) Sicherheitsfachkraft
- VI) Baukaufmann
- VII) Schweißaufsicht
- VIII) Lagerleiter / Baustellenlogistiker
- IX) Sekretariatsdienst

Anhand der aufsummierten, errechneten Stunden pro Bauteil ergibt sich die Gesamtmontagestundenanzahl. Kombiniert mit dem Montageterminplan ermöglicht es die Erstellung einer Personaleinsatzkurve. Die Einsatzplanung des produktiven Personals unterliegt im Vergleich zum unproduktiven Personal vermehrt Schwankungen.



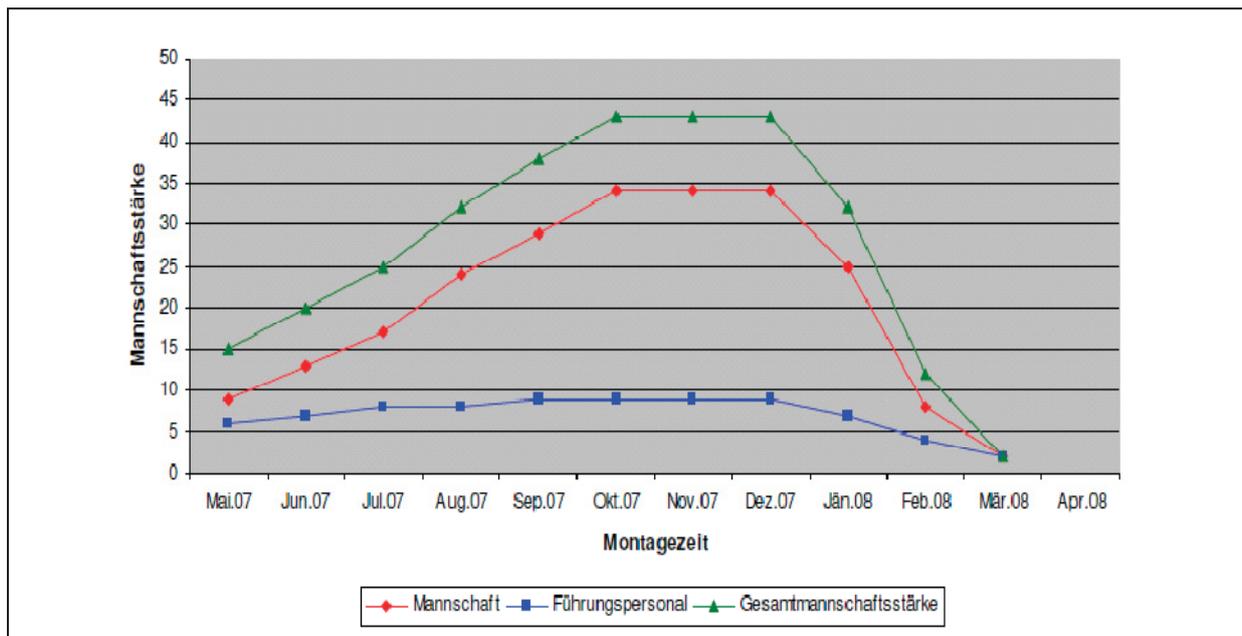


Abbildung 32: Personalkurve

In Abbildung 32 wurde der Verlauf des Personaleinsatzes über die Baustellendauer und in Abbildung 33 der Personaleinsatz mit dem Fertigstellungsgrad der Montage dargestellt.

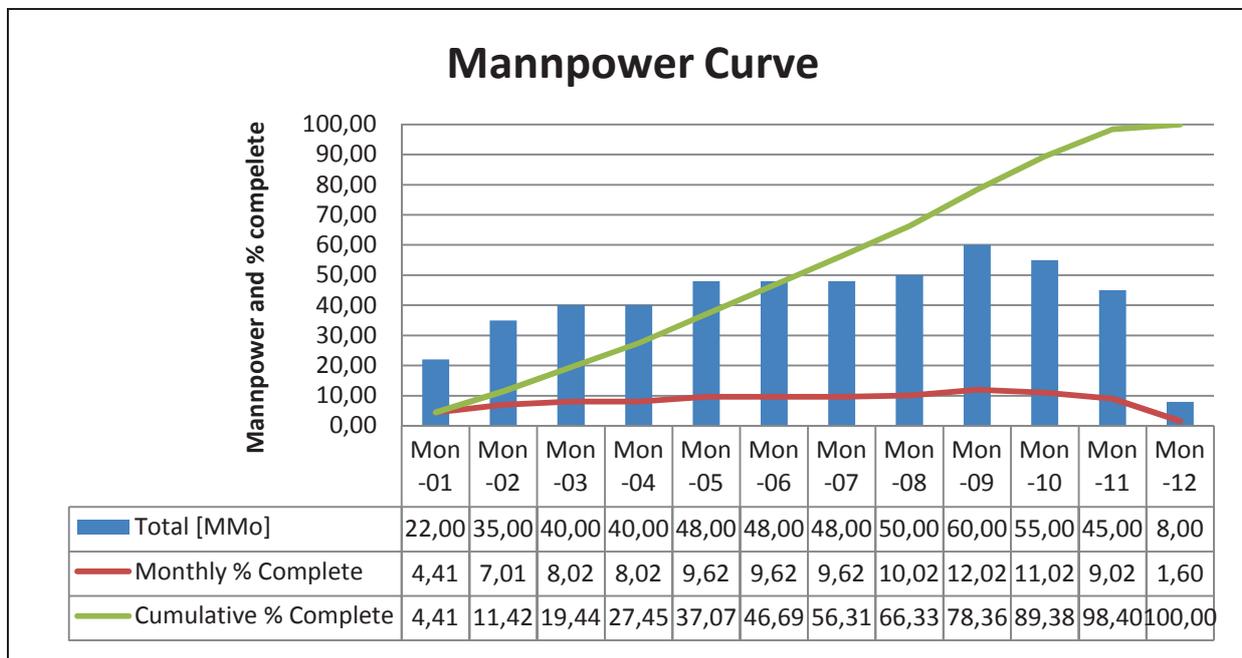


Abbildung 33: Personalkurve und Fertigstellungsgrad





### 3.4.1 Montagenebenkosten

Eine Auflistung der möglichen Montagenebenkosten ist in Tabelle 20 angeführt. Referenzwerte von Montagenachkalkulationen fließen ebenso wie projektspezifische Angebotspreise von Lieferanten ein.

a) Montageräume	c) Transport und Warenbehandlung
Bürraum	Spedition
Off. Lagerplatz	Zollgebühren
Kalt. Innenlager	Transport
War. Innenlager	
Kleinteilelager	
WZ-Container	<b>d) Anschließende Arbeiten</b>
Umkleideraum	Ausbesserungsanstrich
Waschraum	Endkonservierung
Toilette	Entsorgung ISO Blech
Reinigung Container	Entsorgung Abfall
Container Anschluss	Isolierung
b) Montagemittel	e) Dienste und Bedarfsmittel
Lagerplatzkran	Heizung im Gebäude
Arbeitsbühnen	Beleuchtung
Transportwagen	Ventilation
Werkzeug	Techn. Gase
Spezialwerkzeug	Verbrauchsmaterial
Baustromverteile	Reinigungsmittel
Anschluss Baustromversorgung.	SN Prüfung
Gerüstung (*)	Abdeckmaterial

Tabelle 20: Aufstellung Montagenebenkosten

Nach erfolgter Einzelbewertung der Nebenkosten werden diese im Kalkulationsblatt MO4 zusammengefasst (Abbildung 35).

MO4	Datum:	Nebenkosten Montage								Projektnummer: 000-000		
Typ	Gerätebezeichnung	Tages/ Woche/Monats pauschale	Basis	Kostenaufteilung							Bemerkung	Gesamtkosten
				Aus Mo Lager	Mite	Kauf	Diverses	Korr. Faktor				
CO-Mite	Bürocontainer	€ 250,00	14		€ 3.500,00						€ 3.500,00	
CO-Mite	Mannschaftscontainer 10 Stk	€ 1.650,00	14		€ 23.100,00						€ 23.100,00	
CO-Mite	Sanitärcontainer	€ 900,00	14		€ 12.600,00						€ 12.600,00	
CO-Mite	Lagercontainer 2	€ 120,00	14		€ 1.680,00						€ 1.680,00	
CO-Mite	Reinigung	€ 1.500,00	14		€ 21.000,00						€ 21.000,00	
CO-Mite	War. Innenlager	€ 32.000,00	1			€ 32.000,00					€ 32.000,00	
											€ -	
LP-Kran	50 to Lagerplatzkran	€ 3.500,00	56,00		€ 196.000,00						€ 196.000,00	
											€ -	
MO-Werkzug	Werkzeugkosten	480332 h	4	Ja							€ 1.921.328,00	
MO-VB	Verbrauchsstoffe	480332 h	3,5	Ja							€ 1.681.162,00	
											€ -	
TP-Trans	Transport	€ 56.400,00	2								€ 112.800,00	
											€ -	
											€ -	
											€ -	
											€ -	
											€ -	
Summe Montagenebenkosten NK											€ 4.005.170,00	

Abbildung 35: Kalkulationsblatt MO4



### 3.5 Teilschritt 5: Unterlieferanten

Nicht alle erforderlichen Leistungen können von einer Montagefirma für die Errichtung eines Kraftwerks abgedeckt werden, diese Leistungen werden zugekauft. Vor allem für die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung, Passivieren und Beizen, Wärmebehandlung und statische Nachrechnungen, sofern diese Leistungen nicht vom eigenen Unternehmen abgedeckt werden.

Nach erfolgter Einzelbewertung der Unterlieferantenkosten werden diese im Kalkulationsblatt MO5 zusammengefasst (Abbildung 36).

MO5		Datum:		Unterlieferanten				Projektnummer: 000-000		
Typ	Unterlieferantenleistungen	Tages/		Kostenaufteilung						Gesamtkosten
		Wochen/Monats	Basis							
000-001	ZIP RT Kosten	€ 9.000,00	14							€ 126.000,00
000-001	ZIP UT Kosten	€ 1.650,00	14							€ 23.100,00
000-001	ZIP MT Kosten	€ 900,00	14							€ 12.600,00
000-002	Wärmebehandlung	€ 8.500,00	14							€ 119.000,00
000-003	Beizen und Passivieren	€ 32.000,00	1							€ 32.000,00
000-004	Anstrich	€ 12.000,00	1							€ 12.000,00
000-005	Müllentsorgung	€ 800,00	14,00							€ 11.200,00
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
										€ -
<b>Summe Unterlieferantenkosten</b>									€ 335.900,00	

Abbildung 36: Kalkulationsblatt MO5

Die im Kalkulationsblatt MO5 angeführten Unterlieferantenleistungen werden von der Einkaufsabteilung angefragt. Die Gesamtkosten je Unterlieferant entsprechen dem Angebotswert des Lieferanten, ohne dass dieser einer Preisverhandlung unterzogen wurde.





## 4 Montageplanung im Auftragsfall

Die Montageplanung im Auftragsfall umfasst die beiden Bereiche Montagevorbereitung und Montagedurchführung (Abbildung 38).

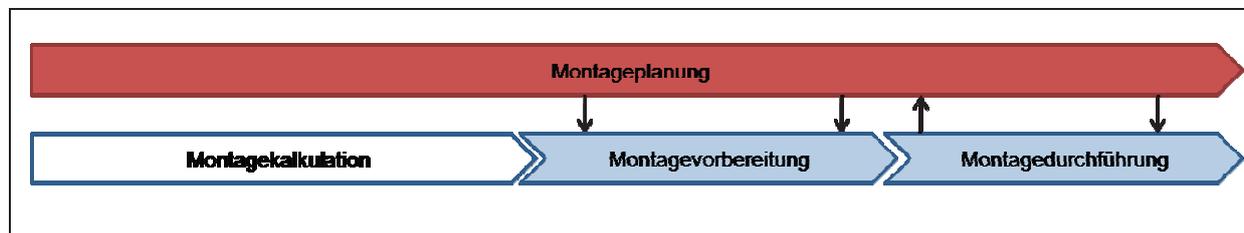


Abbildung 38: Montageplanung im Auftragsfall

Die Montageplanung in der Montagevorbereitung beginnt ab dem Zeitpunkt der erfolgten Vertragsunterzeichnung. Die Montageplanung bei der Montagedurchführung beginnt mit dem Tag der Baustelleneröffnung und endet mit der Baustellenschließung.

### 4.1 Baustellenorganisation

Zu Beginn der Planungstätigkeiten wird ein Stab, der sich mit der Umsetzung des Auftrages beschäftigt, definiert und ein Baustellenorganigramm erstellt. In diesem sind die wichtigsten Funktionen enthalten, die für eine erfolgreiche Abwicklung notwendig sind. Der Bereich der Montageplanung ist im Stammhaus dem Projektleiter und auf der Baustelle dem Bauleiter unterstellt. In Abbildung 39 ist ein Baustellenorganigramm abgebildet.

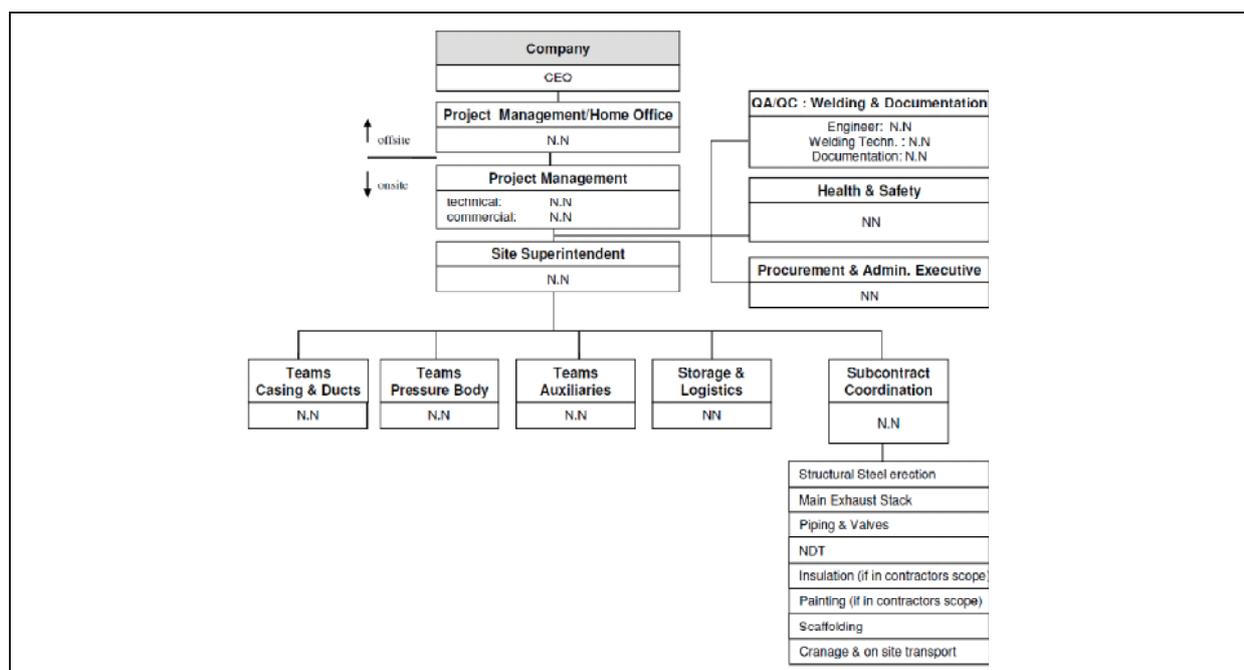


Abbildung 39: Beispiel eines Baustellenorganigramms



## 4.2 Montageplanung in der Montagevorbereitung

Der Grundstein für einen positiven Projektablauf wird in der Montagevorbereitung gelegt. Aufgabe der Montageplanung ist es, alle für den reibungslosen Ablauf der Montage notwendigen Tätigkeiten exakt zu planen. Die Planung der Baustelleneinrichtung, der Montagesequenzen, der Krandisposition, der Montagebehelfe und die Erstellung des Montagetailterminplanes sind die Planungsschritte die von den Montageplanern (Abbildung 40) durchgeführt werden.

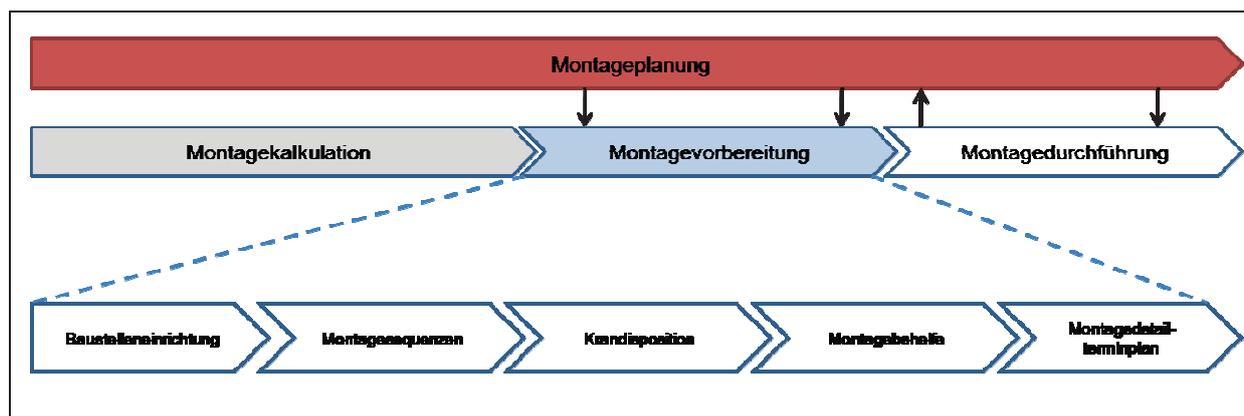


Abbildung 40: Planungsschritte zur Montagevorbereitung

Die Montageplanung im Auftragsfall soll zu einem möglichst frühen Zeitpunkt der Projektabwicklung eine Übersicht über den Umfang der Montagearbeiten ermöglichen. Anhand der technischen Unterlagen werden deshalb unter montagetechnischen Gesichtspunkten zunächst optimale Montageabläufe festgelegt. Der dafür notwendige Terminrahmen ist bereits im übergeordneten Projektterminplan des Auftraggebers mit Start- und Endtermin vorgegeben<sup>14</sup>.

Zu diesem Zeitpunkt müssen die Abhängigkeiten der Kesselmontage von

- der baulichen Zugangsvoraussetzung
- der Benützungsmöglichkeiten der Transportwege
- der Montagefreiheit an den Anschlusspunkten der Ausrüstungen sowie
- der Fertigstellungstermin der Fundamente für den Stahlbau

klar definiert und terminlich festgeschrieben sein.

<sup>14</sup> Wossog (2001), S. 640.



## 4.2.1 Planung der Baustelleneinrichtung

Aus der Montageplanung ergibt sich Art und Umfang der Baustelleneinrichtung, die erste Grobplanung wurde bereits in der Montagekalkulation (Teilschritt 4) durchgeführt. Zur Baustelleneinrichtung gehören:

- Unterkünfte für das Personal
- Büros der Baustellenleitung
- Sanitäreinrichtungen, auch Toiletten vor Ort
- Werkzeugmagazine
- Materialmagazine
- Materiallagerflächen
- Vorfertigungshallen und –freiflächen
- Zwischenlagerflächen für vorgefertigte Spools
- Sandstrahl- und Anstrichhallen
- Flächen für das Abstellen der Baustellenfahrzeuge und des Baustellengerätes
- Befestigte Zufahrtsstraßen und Flächen
- Ver- und Entsorgung aller Einrichtungen mit Strom, Heizung, Trink- und Abwasser

Für den Bau, Betrieb und die Unterhaltung dieser mobilen, zeitweiligen Einrichtungen für Montagezwecke gelten die gleichen Vorschriften wie für stationäre Betriebe.

Der für die Bauleitung erforderliche Bürokomplex umfasst:

- das Bauleitungsbüro
- das technische Büro mit Zeichnungsregistratur und Arbeitsvorbereitung
- die Qualitätsüberwachung mit der Auswertung und Registratur der Prüfarbeiten einschließlich Bauteilabnahmen, Druckprobenvorbereitung und Dokumentation
- die kaufmännischen Büros für Materialwirtschaft und Terminkontrolle
- die Sicherheitsfachkraft mit Unterweisungsraum.

Weiterhin soll die Aufstellung der Mannschaftsunterkünfte so geplant werden, dass möglichst kurze Strecken für die Wege von und zum Arbeitsplatz entstehen. Es hat sich gezeigt, dass bei großen Distanzen zwischen Baufeld und Unterkunft die Errichtung von zusätzlichen Pausenräumen und Sanitäreinrichtungen als sinnvoll erwiesen hat. Unterkünfte, Büros und Sanitäreinrichtungen werden ähnlich wie Vorfertigungshallen in Modulbauweise aus Containern in der erforderlichen Art und Anzahl aufgebaut und eingerichtet.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Wossog (2001), S. 647ff.



Beim Aufstellungsplan der Baustelleneinrichtung ist darauf zu achten, dass ein möglichst günstiger Material- und Informationsfluss erreicht wird. Erfolgt die Vorfertigung auf der Baustelle, so sind die Bauteile über mehrere Bearbeitungsplätze bis zum Einbauort zu bewegen. Demzufolge sind der Platzbedarf und die Anordnung der Bearbeitungsplätze sorgfältig zu ermitteln und durch den Montageplaner festzulegen. Bei der Kesselmontage sind folgende Lagerplätze und Einrichtungen erforderlich:

- Lagerplatz für die Stahlbaukomponenten
- Lagerplatz für die Kesseldruckteile
- Lagerplatz für die diversen Ausrüstungsgegenstände
- Lagerplatz für Rohrleitungen, Ventile und Armaturen
- Werkzeugmagazin
- Schweißmateriallager beheizt
- Vorfertigungshalle
- Zwischenlagerplätze

Hierfür werden in der Regel Halbrundhallen, wie sie von verschiedenen Herstellern in Modulbauweise mit variablen Breiten- und Längenmaßen angeboten werden verwendet. In der Abbildung 41 ist eine typische Rundbogenhalle abgebildet.



Abbildung 41: Rundbogenhalle

Rundbogenhallen bieten sich vor allem für die Einrichtung eines Magazins oder einer Vorfertigungsstätte im Besonderen an. Auch die relativ günstige Anschaffung dieser Hallen ist von Vorteil.

Für die Lagerung von Rohrleitungsteilen sind in Tabelle 21 Kennziffern angeführt.

Materialart		Lagerart	Stapelhöhe	Flächenbelastung in kPa
Gerades Rohr	bis DN150	ebenerdig, Regal, Kämme	bis 10 Lagen	50 bis 300
	über DN 150 bis DN 300	ebenerdig, Stapel	bis 6 Lagen	80 bis 400
	über DN 300 bis DN 600	ebenerdig, Stapel	4 bis 3 Lagen	90 bis 170
	über DN 600 bis DN 2000	ebenerdig, Stapel	bis 2 Lagen	35 bis 60
	über DN 2000	ebenerdig	1 Lage	25 bis 40
Rohrbögen	bis DN 600	wie Rohr		wie Rohr
	über DN 600	ebenerdig	1 Lage	
Formstücke		ebenerdig, Regal	je nach Nennweite und Form	60
Flansche		ebenerdig, Regal		65
Armaturen		ebenerdig	nicht stapeln	100 bei DN<200
Bleche		stehend mit Kämmen		150

Tabelle 21: Kennziffern Rohrlagerung<sup>16</sup>

Nach erfolgter Evaluierung des erforderlichen Platzbedarfes für Personal, Gerät und Lager wird ein Infrastrukturplan für die elektrischen Anschlüsse erstellt.

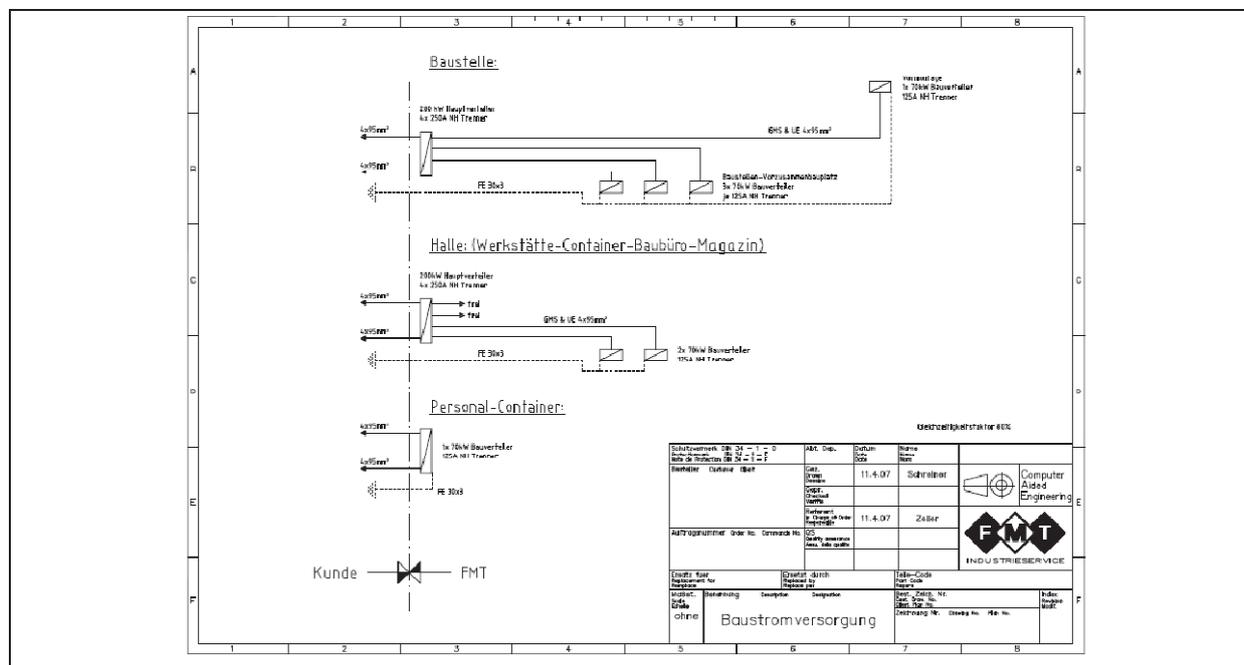


Abbildung 42: Planung der Baustromversorgung

<sup>16</sup> Wossog (2001), S. 649.



## 4.2.2 Planung der Montagesequenzen

Nach Erhalt der Ausführungszeichnungen für die Montage beginnen die Montageplaner mit der Montagesequenzplanung. Bei dieser Planung werden alle Planungsschritte dokumentiert und Form eines Bilderbuches an die Montageausführenden übergeben. Auch in diesem Bereich hat die EDV ihren Einzug gehalten und es ist heute möglich, anhand von 3D Modellen eine Montagesequenzplanung durchzuführen. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass vom Anlagenbauer alle Zeichnungen in digitaler Form an die ausführende Montagefirma übergeben werden. Da dies meist nicht der Fall ist, ist die Darstellung in Form eines Bilderbuches nach wie vor üblich. Detailzeichnungen aus dem 3D Modell müssen daher beim Kesselhersteller angefordert werden.

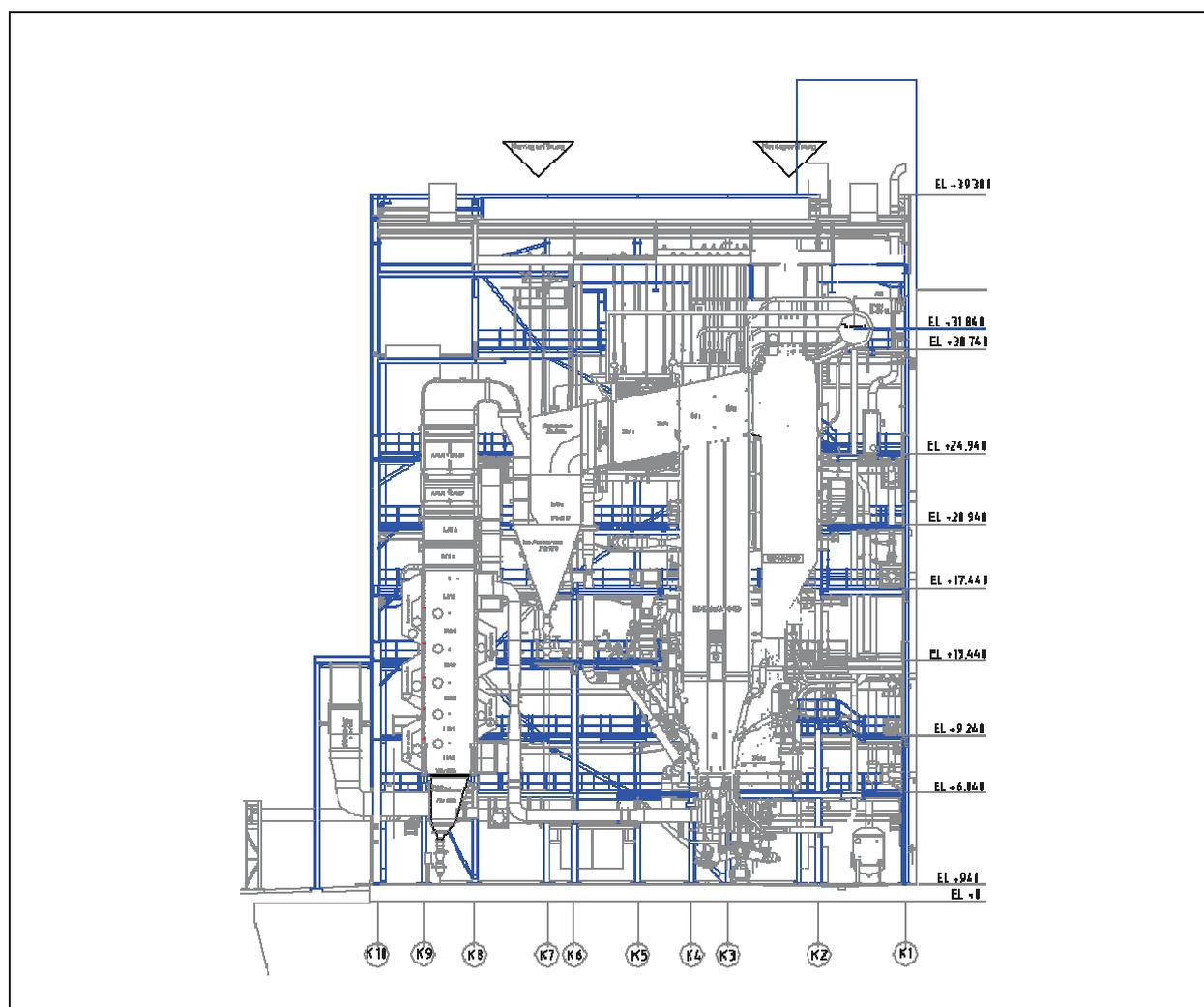


Abbildung 43: Montagesequenz 1

In der Abbildung 43 sind die zu montierenden Stahlbaukomponenten in der Farbe Blau eingefärbt dargestellt.



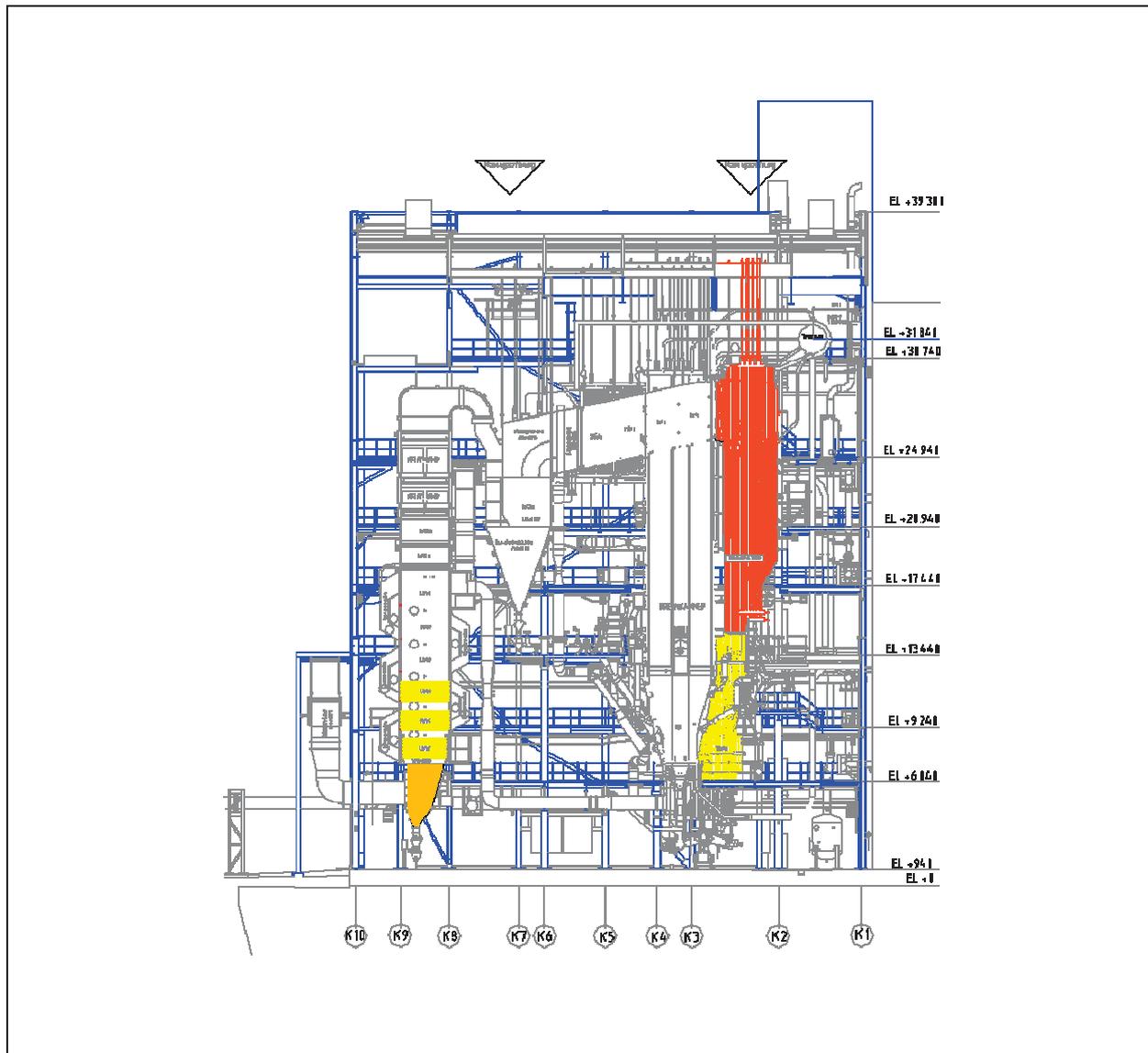


Abbildung 44: Montagesequenz 2

In der Montagesequenz 2 (Abbildung 44) ist Sequenz (blau) abgeschlossen. In dieser Abbildung sind die zu montierenden Sequenzen in den Farben gelb, orange und rot dargestellt. Diese Art der Darstellung verschafft einen Überblick über die Montageabfolge. Der Montageplaner beschreibt jede Phase bis ins Detail, so dass eine reibungslose Montage durchgeführt werden kann.

### 4.3 Planung der Krandisposition

Bei dieser Planungstätigkeit kann der Montageplaner auf Inhalte des Teilschritts 2 der Montagekalkulation zurückgreifen. In diesem Teilschritt wurden die erforderlichen Krankapazitäten bereits ermittelt. Diese Informationen werden nun genauer überprüft und sogenannte Kraneinsatzlisten verknüpft mit dem Detailmontageplan erstellt. Für den jeweiligen Kraneinsatz, vor allem bei Schwerhüben, werden Krandispositionspläne erstellt. Abbildung 45 zeigt einen Krandispositionsplan.

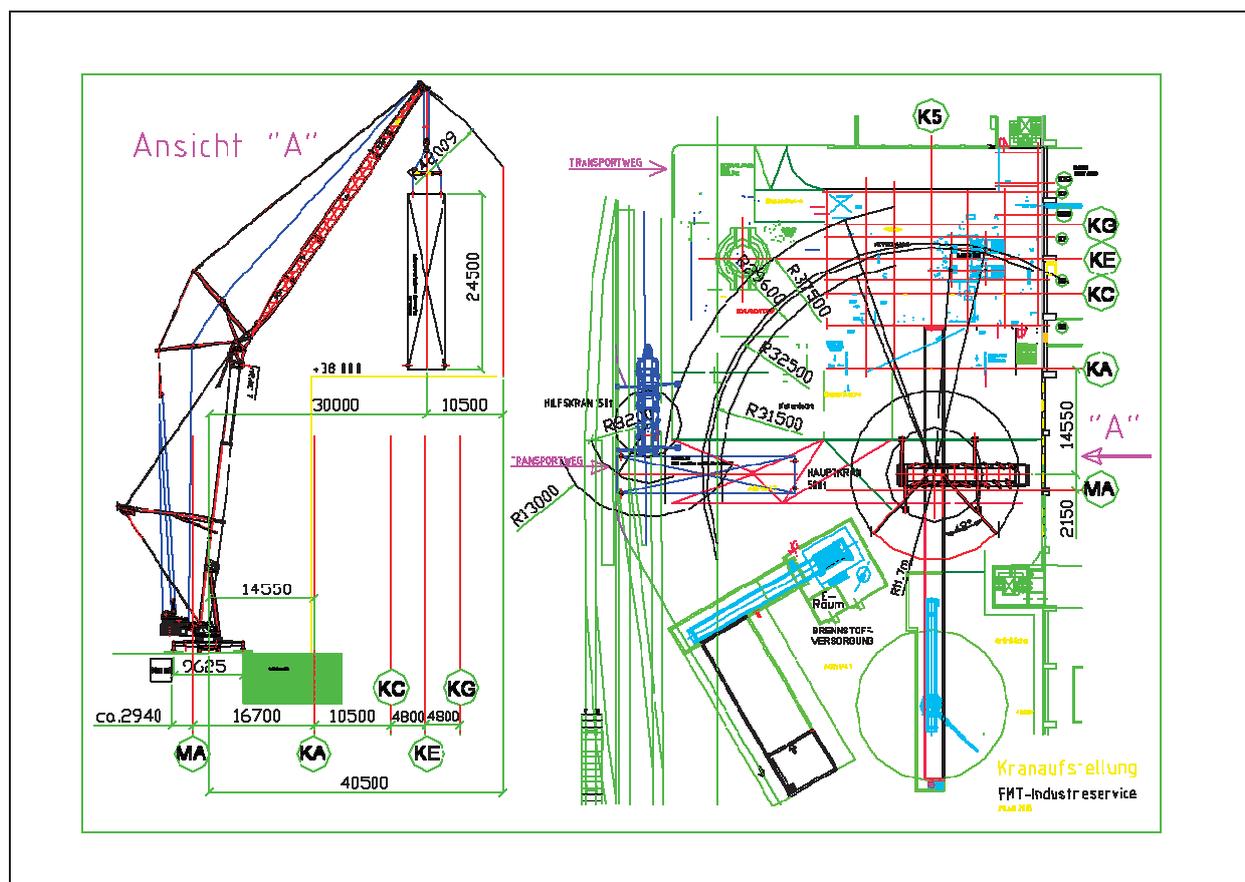


Abbildung 45: Krandisposition

Aus diesem Aufstellungsplan ist der Abstreichbereich, die maximale Hakenhöhe und Kranstellplatz ersichtlich.

## 4.4 Planung der Montagebehelfe

Für die sach- und fachgerechte Ausführung der Montage müssen Montagebehelfe von der Montageplanungsabteilung konstruiert, berechnet und überprüft werden. Bei der Montage zB. eines frei stehenden Kessels müssen die Kesselwände gegen Wind gesichert und auf Position gehalten werden.

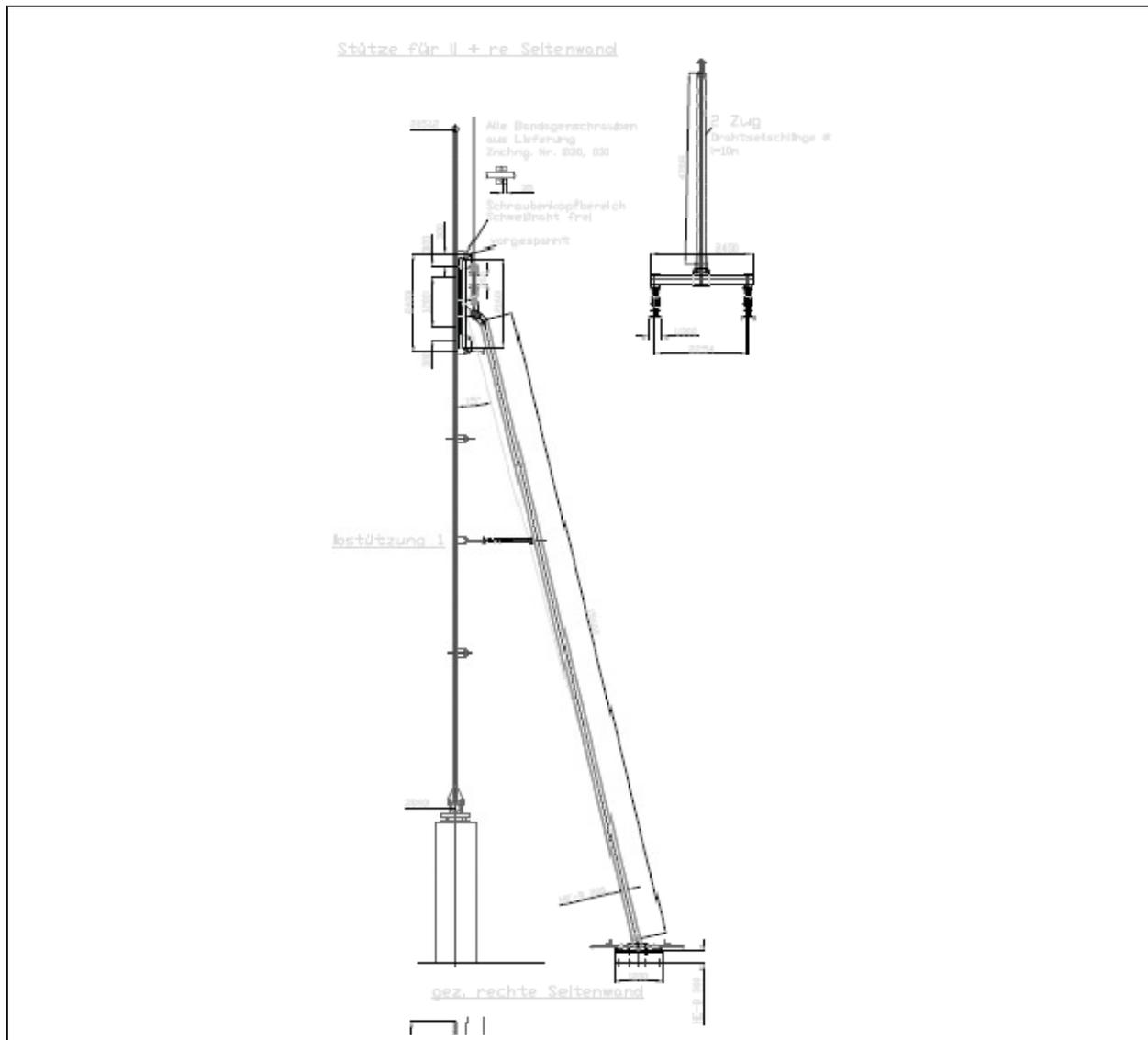


Abbildung 46: Montagebehelf

In Abbildung 46 ist die Stützkonstruktion für Montage eines freistehenden Dampfkessels abgebildet. Bei einem frei stehenden Kessel gestaltet sich die Montage schwieriger, da gegenüber einem hängenden Kessel kein Stahlbau vorhanden ist. Beim freistehenden Kessel wird der Stahlbau erst nach erfolgter Druckteilmontage durchgeführt. In Abbildung 47 ist der Einsatz des Montagebehelfs abgebildet.



Abbildung 47: Montagebehelf im Einsatz

Die Aufnahme in Abbildung 47 zeigt einen frei stehenden Kessel, bei dem die linke und rechte Seitenwand sowie die Trennwand bereits montiert wurden. Die Abstützungen wurden links und rechts jeweils dreimal ausgeführt. Die Stahlbaumontage beginnt nach Fertigstellung der Druckteilmontage.

## 4.5 Montagedetailterminplanung

Zur Montagedetailterminplanung verfeinert die Planungsabteilung den Montagegrobterminplan von der Anfrage. Die einzelnen Montageschritte werden mit Personaleinsatz, Kran, Geräteinsatz und Anlieferungsterminen verknüpft. Als Zeitrahmen für die exakte Ausarbeitung des Terminplanes ist mit 20 min bis 30 min pro Aktivität zu rechnen. In Abbildung 48 ist ein Montagedetailterminplan abgebildet.

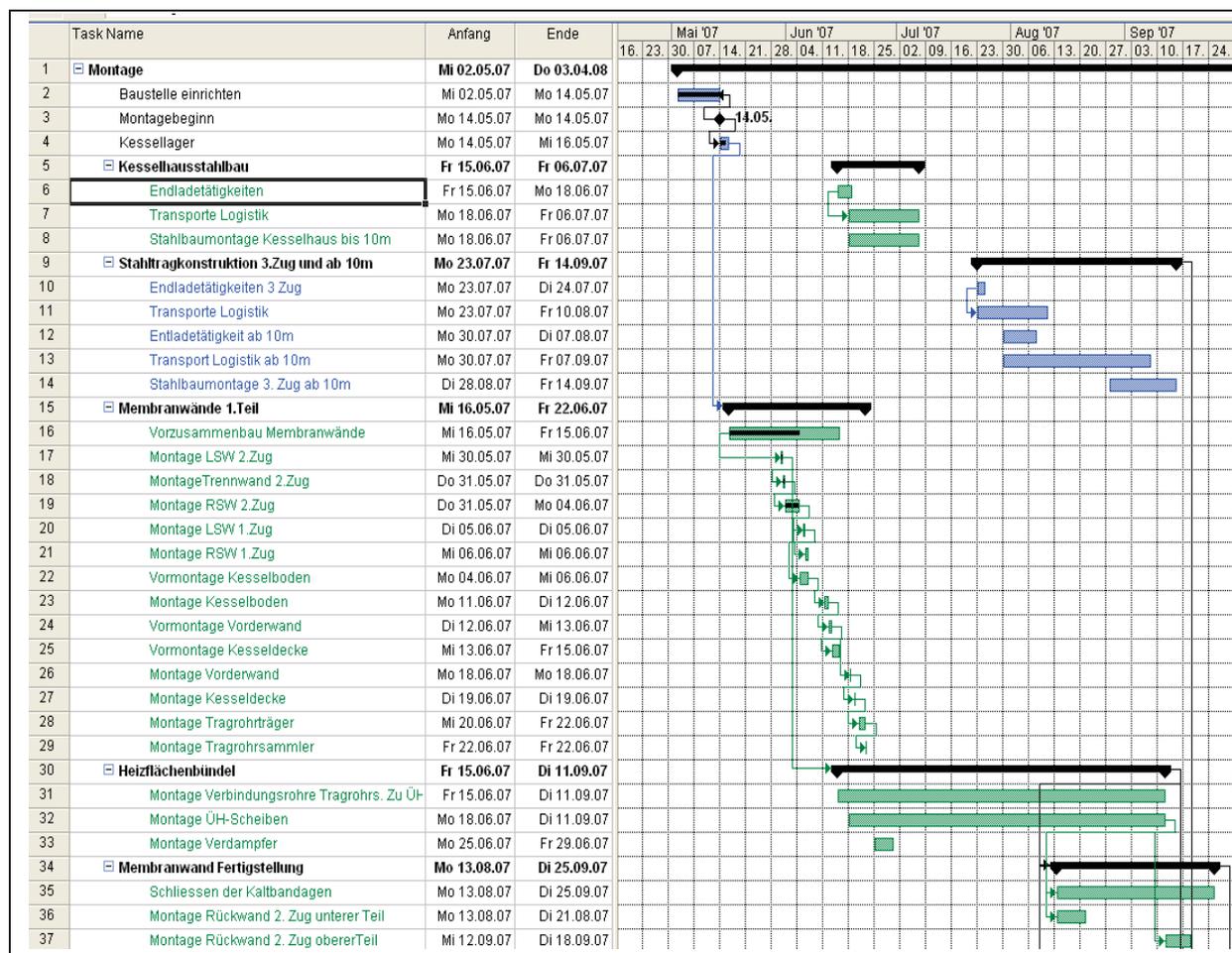


Abbildung 48: Detailmontageterminplan

Dieser von den Montageplanern erstellte Terminplan wird zur Terminkontrolle herangezogen. Den einzelnen Aktivitäten werden mit den erforderlichen Personalressourcen hinterlegt und dienen der Personaldisposition als Grundlage für die rechtzeitige Endsendung des Montagepersonals. Ein Abgleich zwischen der Baustelle und dem Stammhaus sollte wöchentlich durchgeführt werden.



Die meisten Schwierigkeiten, die während der Montage auftreten und fast schon zum normalen Bauablauf gehören, haben Ursache in Änderungen oder Lieferverzögerungen. Sie können in vielen Fällen bei rechtzeitiger Planung und sorgfältiger Terminüberwachung vermieden werden. Oftmals können Versäumnisse zu Beginn der Projektabwicklung auch unter erheblichem zusätzlichem Kostenaufwand während der Montage nicht mehr aufgeholt werden, sodass sie zwangsläufig zu verzögerter Fertigstellung des ganzen Projektes führen.<sup>17</sup> Daher ist der Detailmontageterminplanung großes Augenmerk zu schenken.

## 4.6 Montageplanung in der Montagedurchführung

Nachdem die Vorbereitungsarbeiten für die Montage abgeschlossen wurden, begleiten die Montageplaner die mechanische Errichtung bis zur Fertigstellung des Auftragsumfanges. In dieser Phase werden Probleme, die bei der Montage auftreten, gelöst. Die häufigsten Tätigkeiten umfassen die Berechnung von Abstützung oder Montageträger, die während der Durchführung benötigt werden. Bei der Rohrleitungsmontage treten bekannter Weise die größten Unstimmigkeiten zwischen Engineering und Ausführung auf. Als Beispiel sei die Einbauposition von Absperrarmaturen (Abbildung 49) angeführt. Mithilfe von 3D Modellen lassen sich diese Probleme sehr schnell lösen.

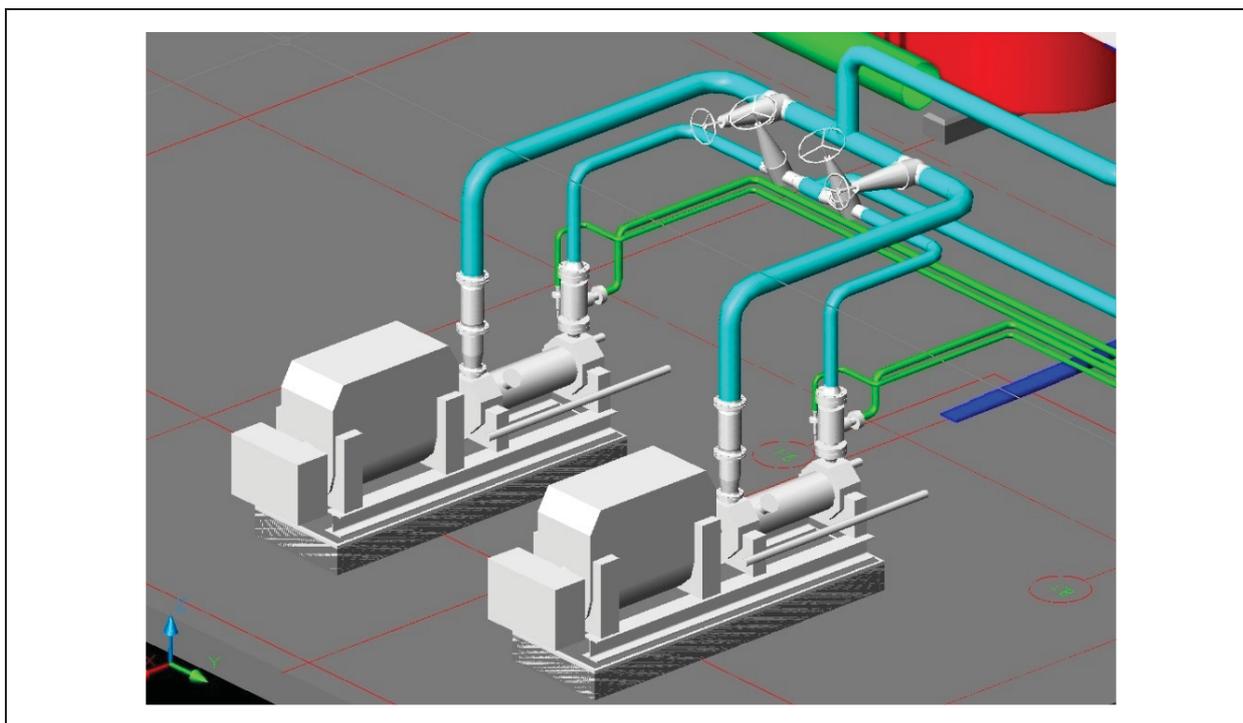


Abbildung 49: Absperrarmaturen Kesselspeisepumpe

<sup>17</sup> Günter Wossog, Handbuch Rohrleitungsbau Band1 2001 S 649

## 5 Ergebnisse / Diskussion

Aufgabenstellung entspricht einer Dokumentation der Montageplanung und der Montagekalkulation im Unternehmen FMT Industrieservice GmbH, das als Leitfaden für künftige Projekte zur Errichtung von Kraftwerken verwendet werden kann.

Die wesentlichen Grundzüge in diesem Themenbereich sind zusammengeführt und, sofern möglich, vereinheitlicht dargelegt. Ziel war die Erstellung einer allumfassenden Wegleitung und einen Dokumentationsstandard zu implementieren.

Bei dem gesichteten Datenmaterial der Montagekalkulationsansätze wurden Zahlenwerte aus verschiedenen Bereichen ermittelt. Der Ansatz zur Baugruppenkalkulation ist der richtige Weg zur Wissensbewahrung<sup>18</sup>, bloß wird die ausführliche Erfahrungssicherung für jeden Kesseltyp separat und sorgfältig angelegt.

Eine essentielle Funktion haben die Ausführungsformen der Komponenten. Dieser Umstand erfordert, dass die technische Spezifikation für die einzelnen Komponenten in der Baugruppendatenbank hinterlegt wird.

Mit einer groben Aufbereitung der Erkenntnisse korreliert die Fehleranfälligkeit bei der Auswahl der Kalkulationsrichtwerte. So kann ein Überhitzer mit dem gleichen Aufbau in der Materialqualität St35.8II bereits mit 25 h/t aber in P91 mit 40h/t montiert werden. Dieses Beispiel zeigt, dass der Dokumentationsaufwand für eine eindeutige Vergleichbarkeit nicht zu unterschätzen ist.

Die Gewinnung der Montagerichtwert erfolgt über eine Nachrechnung der Montageprojekte Die Strukturierung ist gleich wie die der Montagekalkulation.

Die häufigste Fehlerquelle stellt die Angabe des Genauigkeitsgrad der Baustellen-Aufzeichnungen dar. Darauf wird scharf verwiesen, sodass sich der Baustellenleiter dieser Problematik stets bewusst ist.

Die Nachrechnung von zu weit zurückliegenden Projekten führt unweigerlich zu einer Verfälschung der Montagerichtwerte, da die Montagetechnologie einem starken Wandel unterzogen ist.

Eine besondere Herausforderung stellen die nicht erhaltenen Montageaufträge dar. Es wurde zwar eine Montagekalkulation durchgeführt und der Vergabepreis an den jeweiligen Marktbegleiter ist bekannt, dieser lässt aber keine Rückschlüsse auf Kalkulationswerte zu. Der einzig daraus gewonnene Faktor ist das Verhältnis von Montagevergabepreis zu Montagegesamtgewicht.

---

<sup>18</sup> Vgl. Probst/Raub/Romhardt (2006), S. 30 und 193.



Mit dieser Arbeit soll der firmeninterne als auch –externe Wissenstransfer<sup>19</sup> unterstützt werden. Durch eine systematisch aufgebaute Dokumentation können ähnliche Montageprojekte in viel kürzerer Zeit kalkuliert und freie Ressourcen anderweitig im Unternehmen eingesetzt werden. Durch die Standardisierung der Baugruppenkalkulationen wird bislang nicht-involvierten Mitarbeitern der Einstieg in das Wesen der Montagekalkulation erleichtert. Durch die Aktualisierung der Datenbank sollen Risiken bei Prognosen minimiert und das Ziel zur Nachhaltigkeit in der Projektorganisation erreicht werden.

---

<sup>19</sup> Vgl. North (1998), S. 236ff.



## 6 Verzeichnisse

### 6.1 Literatur

- [1] DIN 2559-2: Schweißnahtvorbereitung - Teil 2: Anpassen der Innendurchmesser für Rundnähte an nahtlosen Rohren, Deutsches Institut für Normung E.V.,2007
- [2] DIN 4119: Oberirdische zylindrische Flachboden -Tankbauwerke aus metallischen Werkstoffen, Deutsches Institut für Normung E.V.,1979
- [3] DIN 8551-4:Schweißnahtvorbereitung; Fugenformen an Stahl, Unter-Pulver-Schweißen, Deutsches Institut für Normung E.V.,1976
- [4] DIN 8563: Sicherung der Güte von Schweißarbeiten, Deutsches Institut für Normung E.V.,1978
- [5] DIN 8564-1: Schweißen im Rohrleitungsbau; Rohrleitungen aus Stahl, Herstellung, Schweißnahtprüfung, Deutsches Institut für Normung E.V.,1972
- [6] DIN 8570: Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktion, Deutsches Institut für Normung E.V.,1987
- [7] DIN 8575-1: Schweißzusätze zum Lichtbogenschweißen warmfester Stähle; Einteilung, Bezeichnung, Technische Lieferbedingungen, Deutsches Institut für Normung E.V.,1987
- [8] DIN 18800-1/A1: Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion, Deutsches Institut für Normung E.V.,2008
- [9] DIN 18800 V -7: Stahlbauten; Herstellen, Eignungsnachweise zum Schweißen, Deutsches Institut für Normung E.V.,2008
- [10] EN 12952: Wasserrohrkessel und Anlagenkomponenten, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 2002.
- [11] EN 287-1 A1: Prüfung von Schweißern; Schmelzschweißen; Stähle, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 2006.
- [12] EN 288-1 A1: Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Allgemeine Regeln für das Schmelzschweißen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1997.
- [13] EN 288-1 A1:Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Allgemeine Regeln für das Schmelzschweißen , Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1997



- [14] EN 288-2 A1: Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Schweißanweisung für das Lichtbogenschweißen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1997
- [15] EN 288-3:Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe; Schweißverfahrensprüfungen für das Lichtbogenschweißen von Stählen, Europäisches Komitee für Normung (CEN),1997
- [16] EN 444:Zerstörungsfreie Prüfung; Grundlagen für die Durchstrahlungsprüfung von metallischen Werkstoffen mit Röntgen- und Gammastrahlen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1994
- [17] EN 462-1:Zerstörungsfreie Prüfung; Bildgüte von Durchstrahlungsaufnahmen; Bildgütekörper (Drahtsteg), Ermittlung der Bildgütezahl, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1994
- [18] EN 473:Qualifizierung und Zertifizierung von Personal der zerstörungsfreien Prüfung; Allgemeine Grundlagen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 2008
- [19] EN 571-1:Zerstörungsfreie Prüfung; Eindringprüfung; Allgemeine Grundlagen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1997
- [20] EN 583-1: Zerstörungsfreie Prüfung; Ultraschallprüfung; Allgemeine Grundsätze, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1998
- [21] EN 583-3: Zerstörungsfreie Prüfung; Ultraschallprüfung; Durchschallungstechnik, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1997
- [22] EN 719: Schweißaufsicht; Aufgaben und Verantwortung, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1994
- [23] EN 729: Schweißtechnische Qualitätsanforderungen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1994
- [24] EN 970: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten; Sichtprüfung, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1997
- [25] EN 1011: Welding recommendations for arc welding of ferritic steels, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 2009
- [26] EN 1291 -AC: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen; Magnetpulverprüfung von Schweißverbindungen; Zulässigkeitsgrenzen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 2002



- [27] EN 1435: Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißverbindungen; Durchstrahlungsprüfung von Schmelzschweißverbindungen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 2004
- [28] EN 12072: Schweißzusätze – Drahtelektroden, Drähte und Stäbe zum Lichtbogenschweißen von nichtrostenden und hitzebeständigen Stählen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1999
- [29] EN 12536: Schweißzusätze – Stäbe zum Gasschweißen von unlegierten und warmfesten Stählen – Einteilung, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 2000
- [30] EN 25817: Lichtbogenschweißverbindung an Stahl, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1992
- [31] EN ISO 12944 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1998
- [32] EN ISO 13920 Allgemeintoleranzen für Schweißkonstruktionen, Europäisches Komitee für Normung (CEN), 1996
- [33] FMT Industrieholding GmbH, Referenzen, Online im WWW unter URL: [www.fmt.biz](http://www.fmt.biz) Stand August 2009.
- [34] Kepplinger W.: Anlagentechnik 1, Ausgabe 2004
- [35] Kotler, P.; Bliemel, F.: Marketing-Management – Analyse, Planung, Umsetzung und Steuerung, 9. Auflage, Stuttgart 1999.
- [36] North, K.: Wissensorientierte Unternehmensführung – Wertschöpfung durch Wissen, Wiesbaden 1998.
- [37] Porter, M. E.: Wettbewerbsvorteile (Competitive Advantage) Spitzenleistungen erreichen und behaupten, 3. Auflage, Frankfurt/Main 1992.
- [38] Porter, M. E.: Wettbewerbsstrategie (Competitive Strategy) Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten, 10. Auflage, Frankfurt/Main, 1999.
- [39] Probst, G.; Raub, St.; Kai, R.: Wissen managen – Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen können, 5. Auflage, Wiesbaden 2006.
- [40] Schwarz, E.; Dummer, R.; Krajger, I.: Von der Geschäftsidee zum Markterfolg – marktorientierte Produktentwicklung für innovative Gründer und Jungunternehmer, Wien 2007.
- [41] VdTÜV 1135 Richtlinien für die Eignungsprüfung von Schweißzusätzen; Schweißtechnik 1153, Verband der TÜV e.V, 2009.



- [42] Verband der TÜV e.V. (Hrsg.): Technische Regeln für Dampfkessel, Berlin 2007.
- [43] VGB Power-Tech e.V (Hrsg.): VGB Richtlinie R101H Bestellung von Hochleistungskesselanlagen, Essen 2005.
- [44] VGB Power-Tech e.V (Hrsg.): VGB Richtlinie R507H Herstellung sowie Bau- und Montageüberwachung von Dampfkesselanlagen, Zweite Auflage, Essen 2003.
- [45] Wossog, G.: Handbuch Rohrleitungsbau, Band1. 2. Auflage, Essen 2001.



## 6.2 Abkürzungsverzeichnis

LP	Lumpsum Pauschalbetrag
TRD	Technische Regeln für Dampfkessel
UP	Unit Price Einheitspreis
VdTÜV	Verband der technischen Überwachungsvereine
VGB	Verband der Großkraftwerks-Betreiber

## 6.3 Tabellen

Tabelle 1:	Chronik FMT Industrieholding GmbH .....	5
Tabelle 2:	Baugruppenzuordnung.....	30
Tabelle 3:	Kalkulationswerte Stahlhochbau .....	31
Tabelle 4:	Kalkulationswerte Großräume .....	31
Tabelle 5:	Kalkulationswerte Bahnhallen und Bahnüberdachungen.....	31
Tabelle 6:	Industriehallen.....	31
Tabelle 7:	Kalkulationswerte Fördertechnik und Umschlaggeräte.....	32
Tabelle 8:	Kalkulationswerte Rohrbrücken.....	32
Tabelle 9:	Kalkulationswerte Wasserbau .....	32
Tabelle 10:	Kalkulationswerte Behälterbau .....	32
Tabelle 11:	Kalkulationswerte Kraftwerksbau .....	32
Tabelle 12:	Kalkulationswerte Gitterroste .....	33
Tabelle 13:	Kalkulationswerte Geländer .....	33
Tabelle 14:	Kalkulationswerte Steigleitern .....	33
Tabelle 15:	Kalkulationswerte Bleche für Bühnen.....	33
Tabelle 16:	Kalkulationswerte Kesseldruckteil .....	34
Tabelle 17:	Kalkulationswerte DN25.....	37
Tabelle 18:	Kalkulationswerte DN150.....	38
Tabelle 19:	Kalkulationswerte Kesselkomponenten.....	40
Tabelle 20:	Aufstellung Montagenebenkosten .....	50
Tabelle 21	Kennziffern Rohrlagerung .....	57



## 6.4 Abbildungen

Abbildung 1:	Organisation der FMT Industrieholding GmbH .....	3
Abbildung 2:	Betriebsleistung der FMT Industrieholding GmbH .....	4
Abbildung 3:	Betriebsleistung nach Bereichen im Geschäftsjahr 2008/2009 .....	4
Abbildung 4:	Firmengeschichte FMT Industrieservice GmbH.....	5
Abbildung 5:	Geschäftsfelder des Unternehmens .....	6
Abbildung 6:	Referenz Oilkilocto .....	6
Abbildung 7:	Geschäftsfelder und Leistungen am Standort Graz .....	7
Abbildung 8:	Geschäftsfelder und Leistungen am Standort Wien.....	7
Abbildung 9:	Ablauf der Kalkulationsdokumentation .....	9
Abbildung 10:	Struktur der Arbeit .....	10
Abbildung 11:	Prozessschritte zur technischen Abwicklung von Montagen.....	12
Abbildung 12:	Gliederung der Montageanfrage.....	13
Abbildung 13:	Summenblatt Teil 1 .....	17
Abbildung 14:	Summenblatt Teil 2 .....	18
Abbildung 15:	Detailinformation aus einer Spezifikation I.....	19
Abbildung 16:	Detailinformation aus einer Spezifikation II.....	19
Abbildung 17:	Auszug eines Montageterminplans .....	20
Abbildung 18:	Typen der Montageplanung .....	24
Abbildung 19:	Montagekalkulationsschritte .....	26
Abbildung 20:	Richtwerte Anlagenverrohrung austenitisches Material .....	35
Abbildung 21:	Richtwerte Anlagenverrohrung ferritisches Material .....	36
Abbildung 22:	Rohrleitungsgewichte DN150, Quelle Buhlmann.....	39
Abbildung 23:	Kalkulationsblatt MO1 .....	41
Abbildung 24:	Ausladung und Tragfähigkeit des Turmdrehkrans .....	42
Abbildung 25:	Ausladung und Tragfähigkeit des Turmdrehkrans, in Zahlenwerten .....	43
Abbildung 26:	Raupenkrans Ausleger – Parameter .....	43
Abbildung 27:	Lasttabelle Raupenkrans LR1200 -200t.....	44
Abbildung 28:	Datenblatt Litzenheber H-200, Quelle Hebetec .....	45
Abbildung 29:	Anfassisstück, Quelle Hebetec .....	45



---

Abbildung 30:	Aufgebautes Hubsystem, Quelle Hebetec.....	45
Abbildung 31:	Kalkulationsblatt MO2 .....	46
Abbildung 32:	Personalkurve .....	48
Abbildung 33:	Personalkurve und Fertigstellungsgrad .....	48
Abbildung 34:	Kalkulationsblatt MO3 .....	49
Abbildung 35:	Kalkulationsblatt MO4 .....	50
Abbildung 36:	Kalkulationsblatt MO5 .....	51
Abbildung 37:	Kalkulationsblatt MO6 .....	52
Abbildung 38:	Montageplanung im Auftragsfall.....	53
Abbildung 39:	Beispiel eines Baustellenorganigramms.....	53
Abbildung 40:	Planungsschritte zur Montagevorbereitung .....	54
Abbildung 41:	Rundbogenhalle .....	56
Abbildung 42:	Planung der Baustromversorgung.....	57
Abbildung 43:	Montagesequenz 1.....	58
Abbildung 44:	Montagesequenz 2.....	59
Abbildung 45:	Krandisposition .....	60
Abbildung 46:	Montagebehelf .....	61
Abbildung 47:	Montagebehelf im Einsatz .....	62
Abbildung 48:	Detailmontageterminplan .....	63
Abbildung 49:	Absperrarmaturen Kesselspeisepumpe.....	64



