

Frank P. Helmus

Anlagenplanung

Von der Anfrage bis zur Abnahme

This Page Intentionally Left Blank

F. P. Helmus
Anlagenplanung

Weitere empfehlenswerte Bücher

Sattler, K., Kasper, W.

Verfahrenstechnische Anlagen Planung, Bau und Betrieb

2 Bände

2000

ISBN 3-527-28459-1

Ebert, B.

Technische Projekte Abläufe und Vorgehensweisen

2002

ISBN 3-527-30208-5

Vogel, H.

Verfahrensentwicklung Von der Ideenfindung zur chemischen Produktionsanlage

2002

ISBN 3-527-28721-3

Frank P. Helmus

Anlagenplanung

Von der Anfrage bis zur Abnahme

Autor dieses Buches

Prof. Dr.-Ing. Frank P. Helmus

Fachhochschule Osnabrück
Fachbereich Werkstoffe und Verfahren
Postfach 1940
49009 Osnabrück
Germany

Das vorliegende Werk wurde sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autor und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

© 2003 WILEY-VCH Verlag
GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, daß diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

All rights reserved (including those of translation into other languages). No part of this book may be reproduced in any form – by photoprinting, microfilm, or any other means – nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers. Registered names, trademarks, etc. used in this book, even when not specifically marked as such, are not to be considered unprotected by law.

Satz Typomedia GmbH, Ostfildern

Druck Strauss Offsetdruck GmbH,
Mörtenbach

Bindung Großbuchbinderei J. Schäffer
GmbH & Co KG, Grünstadt

Umschlag Pressefoto BASF AG, Ludwigshafen

Printed in the Federal Republic of Germany.
Gedruckt auf säurefreiem Papier.

ISBN 3-527-30439-8

Dieses Buch ist meinen drei Töchtern Svenja, Tabea und Merle gewidmet.

This Page Intentionally Left Blank

Inhalt

	Vorwort	XI
	Danksagung	XIII
1	Einführung	1
1.1	Allgemeines zur Anlagenplanung	1
1.2	Projekt	3
1.3	Anforderungen an Projektingenieure	7
1.4	Übersicht der Aktivitäten	9
	Literatur	14
2	Projektierung	15
2.1	Betreiber	15
2.1.1	Produktentwicklung	16
2.1.2	Anlagentyp	17
2.1.2.1	Standort/Gebäudetyp	17
2.1.2.2	Kapazität/Verfügbarkeit/Lebensdauer	18
2.1.2.3	Automatisierungsgrad	19
2.1.2.4	Gesetzliche Auflagen	19
2.1.3	Kosten	21
2.1.3.1	Investition	21
2.1.3.2	Betriebskosten	23
2.1.4	Anfrage/Ausschreibung	27
2.1.5	Projektverfolgung	31
2.2	Anlagenbauer	32
2.2.1	Risikoanalyse	32
2.2.2	Basic Engineering	34
2.2.2.1	Verfahrensentwicklung	34
2.2.2.2	Bilanzierung	36
2.2.2.3	Grund- und Verfahrensfließbild	39
2.2.2.4	Werkstoffkonzept	44
2.2.2.5	Hauptapparate	46
2.2.2.6	Layout	49
2.2.3	Angebot	51

- 2.2.3.1 Angebotspreis 53
- 2.2.3.2 Optimierung 54
- 2.2.3.3 Vergabeverhandlungen 57
- Literatur 58

3 Vertrag 61

- 3.1 Allgemeiner Teil 62
 - 3.1.1 Begriffsbestimmungen 62
 - 3.1.2 Auftragsgrundlage 62
 - 3.1.3 Festlegungen 63
 - 3.1.4 Personaleinsatz 64
 - 3.1.5 Unterlieferanten 64
 - 3.1.6 Projektunterlagen 65
- 3.2 Technischer Teil 66
 - 3.2.1 Liefer- und Leistungsumfang des Auftragnehmers 66
 - 3.2.2 Liefer- und Leistungsumfang des Auftraggebers 68
- 3.3 Kaufmännischer Teil 70
 - 3.3.1 Termine/Pönalen 70
 - 3.3.2 Gewährleistungen/Vertragsstrafen 72
 - 3.3.3 Mängel/Abnahme 73
 - 3.3.4 Preise/Zahlungsbedingungen/Bürgschaften 75
 - 3.3.5 Änderungen/Claims 77
 - 3.3.6 Kündigung/Sistierung 80
 - 3.3.7 Versicherungen 81
 - 3.3.8 Geheimhaltung 82
 - 3.3.9 Salvatorische Klausel 83
 - 3.3.10 Inkrafttreten 83
 - 3.3.11 Unterschriftenregelungen 84
 - Literatur 86

4 Abwicklung 87

- 4.1 Projektorganisation 87
 - 4.1.1 Projektstrukturen 88
 - 4.1.2 Systematiken 97
 - 4.1.2.1 Projekthandbuch 97
 - 4.1.2.2 Schriftverkehrssystem 99
 - 4.1.2.3 Änderungsdienst 100
 - 4.1.3 Kostenverfolgung 102
 - 4.1.4 Terminplanung/Terminverfolgung 103
- 4.2 Genehmigungsplanung 104
 - 4.2.1 Genehmigungsverfahren 104
 - 4.2.2 Antragsunterlagen 109
- 4.3 Komponentenbeschaffung 118
 - 4.3.1 Behälter 125
 - 4.3.2 Pumpen 127

4.4	Rohrleitungs- und Instrumentenfließbilder	137
4.5	E/MSR-Technik	151
4.5.1	Elektrotechnik	152
4.5.2	Messtechnik	153
4.5.3	Leittechnik	158
4.6	Aufstellungs- und Gebäudeplanung	164
4.6.1	Aufstellungsplanung	164
4.6.2	Gebäudeplanung	166
4.7	Rohrleitungsplanung	173
4.8	Dokumentation	184
4.9	Montage	186
4.9.1	Erd- und Bauarbeiten	187
4.9.2	Komponentenmontage	188
4.9.3	Rohrleitungsmontage	191
4.9.4	Montage E/MSR-Technik	193
4.9.5	Isolierungen	194
4.9.6	Beschilderung	195
4.10	Inbetriebsetzung	199
4.10.1	Schulungen	199
4.10.2	Reinigung	200
4.10.3	Druckproben	201
4.10.4	Funktionstests	202
4.10.5	Systemtests	203
4.10.6	Kalte Inbetriebsetzung	203
4.10.7	Warme Inbetriebsetzung	204
4.11	Garantielauf/Abnahme	205
	Literatur	206
	Index	209

This Page Intentionally Left Blank

Vorwort

Für die Planung, Errichtung und Inbetriebsetzung verfahrenstechnischer Anlagen wird eine Fülle von Kenntnissen benötigt. Abgesehen von dieser Wissensmenge müssen die Projektingenieure über einen gewissen Umfang an charakterlichen Eigenschaften, den so genannten Soft Skills, verfügen um mit den am Projekt beteiligten Ingenieuren interdisziplinär kommunizieren zu können. Des Weiteren stehen die Projektingenieure aufgrund des starken internationalen Wettbewerbs unter einem enormen Kosten- und Termindruck. Schließlich gehört eine Menge an Erfahrung zum Anlagenbaugeschäft. Durch den Trend einiger Unternehmen zur Frühpensionierung gehen enorme Erfahrungswerte verloren. Erschwerend kommt hinzu, dass den „alten Hasen“ manchmal keine Gelegenheit gegeben wird, ihr Wissen an die Jungingenieure zu transferieren. Dadurch werden die gleichen Fehler früherer Generationen wiederholt.

Dieser Berg an Anforderungen soll jedoch nicht abschreckend wirken. Im Gegenteil: Die Faszination, die von der Vielfalt des verfahrenstechnischen Anlagenbaus ausgeht, soll vermittelt werden. Man versuche sich vorzustellen, wie es sich anfühlt, wenn man zwei oder drei Jahre lang im Team hart an einem Projekt gearbeitet hat, und dann steht da plötzlich eine neue verfahrenstechnische Produktionsanlage, die unter Berücksichtigung der neuesten verfahrens-, umwelt- und sicherheitstechnischen Erkenntnisse geplant und errichtet wurde. Das ist etwas, was man seinen Kindern zeigt und sagt: „Daran habe ich mitgearbeitet!“

Natürlich werden bei der Abwicklung eines Projektes Fehler gemacht. Die Kunst besteht darin, keine großen und damit wirklich teuren Fehler zu machen. Daher werden zahlreiche Fehlermöglichkeiten, die sich im Projektverlauf ergeben können, anhand von Beispielen beschrieben.

Mit diesem Buch sollen Einsteiger einen Überblick über den Ablauf der Aktivitäten im verfahrenstechnischen Anlagenbau erhalten. Es wird dabei keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich aller technischen Details erhoben. Vielmehr sollen die Zusammenhänge verständlich gemacht werden. Dazu gehört auch für einen Verfahreningenieur ein gewisses kaufmännisches Basiswissen, das im Kapitel 3 *Vertrag* in einer für den Ingenieur verständlichen Sprache vermittelt werden soll.

Es wird generell auf eine möglichst lesbare und nicht so „technisch-trockene“ Sprache Wert gelegt. Viele Begriffe entstammen daher dem in der Branche üblichen „Sprachjargon“.

Prof. Dr.-Ing. Frank P. Helmus
Fachhochschule Osnabrück
University of Applied Sciences
Fachbereich: Werkstoffe und Verfahren
Postfach: 1940
49009 Osnabrück
Besucheradresse: Albrechtstr. 30

Danksagung

Hiermit möchte ich allen an diesem Buchprojekt Beteiligten ganz herzlich danken. Mein besonderer Dank gilt:

- meiner Lebensgefährtin Anette Rega für ihre Nachsicht bei den langen Abenden im Büro bzw. am Laptop zu Hause;
- Herrn Gerhard Lohe und Herrn Petro Sporer für zahlreiche Anregungen und das Korrekturlesen;
- Frau und Herrn Ulrike und Norbert Sommer für das Korrekturlesen;
- Frau Stefanie Lange für die Unterstützung im Kapitel 3 *Vertrag*;
- Herrn Jörg Buchholz für seine Mitarbeit;
- Herrn Jürgen Nahstoll für seine Unterstützung beim Thema Instandhaltung;
- allen Kollegen des Fachbereichs Werkstoffe und Verfahren für diverse Anregungen und Literaturhinweise;
- Herrn Martin Reike, meinem Kollegen vom Fachbereich Maschinenbau, für die Unterstützung im Kapitel 4.5 *E/MSR-Technik*;
- meinem Kollegen Wolfgang Seyfert vom Fachbereich Wirtschaft für viele Informationen im Bereich des Projektmanagements;
- Frau Karin Sora und Herrn Rainer Münz für die Betreuung und Unterstützung seitens des Verlags;
- allen Firmen, die Original-Abbildungen, Tabellen etc. zur Verfügung gestellt haben;
- den Studenten, die im Rahmen einer Studienarbeit an diesem Buch mitgewirkt haben.

This Page Intentionally Left Blank

1

Einführung

1.1

Allgemeines zur Anlagenplanung

In verfahrenstechnischen Anlagen werden Ausgangsstoffe (Edukte) in vertriebsfähige Produkte umgewandelt. Die Ausgangsstoffe und Produkte können im gasförmigen, flüssigen oder festen Aggregatzustand bzw. als Mischungen der unterschiedlichen Aggregatzustände (Suspensionen, Stäube etc.) vorliegen. Bei den Produkten kann es sich um Zwischen- oder Endprodukte handeln, die in sich anschließenden Prozessen weiterverarbeitet werden. Daraus ergibt sich eine ungeheure Fülle an möglichen Aufgabenstellungen bzw. Anlagentypen, die diese Aufgabenstellungen erfüllen. Im Folgenden sind zumindest einige typische Erzeugnisse verfahrenstechnischer Anlagen und deren Branchen aufgeführt:

- Chemie: Farben, Kunststoffe, Fasern, Düngemittel etc.
- Pharmazie: Medikamente.
- Kosmetik: Cremes, Lotionen, Pflegemittel, etc.
- Raffinerien: Brennstoffe, Basisprodukte für die Chemie, Schmierstoffe etc.
- Baustoffe: Zement, Sand, Kies etc.
- Nahrungsmittelbranche: Fette, Öle, Getreide, Zucker etc.
- Kohle: Förderung und Aufbereitung von Kohle.

Dieses Buch befasst sich mit den Aktivitäten, die bei der Planung, Errichtung und Inbetriebsetzung verfahrenstechnischer Anlagen anfallen. Die Betonung liegt dabei auf **verfahrenstechnische** Anlagen, da hierbei teilweise gänzlich andere Planungsinstrumente (z. B. CAD-Systeme) und -schritte (z. B. Rohrleitungsplanung) eingesetzt werden bzw. anfallen als beispielsweise beim Bau fertigungstechnischer Anlagen. Die Aktivitäten werden, soweit möglich, chronologisch beschrieben, beginnend mit der Idee für ein verfahrenstechnisches Produkt bis hin zur Abnahme der erfolgreich in Betrieb gesetzten Anlage. Um dabei den Buchumfang in vertretbaren Grenzen zu halten, soll und kann nicht auf jedes Detail eingegangen werden. Vielmehr wird auf weiterführende Literatur hingewiesen. Besonderer Wert wird auf den Praxisbezug gelegt. Da die Vorgehensweisen bzw. das Projektmanagement je nach Unternehmen häufig unterschiedlich sind, kann auch hier nicht auf jede Vorgehensvariante eingegangen werden. Der Schwerpunkt liegt vielmehr auf der Vermittlung der prinzipiellen Zusammenhänge.

Mit dem vorliegenden Buch sollen in erster Linie Studenten der Verfahrenstechnik und des Chemieingenieurwesens sowie Berufseinsteiger der o. g. Disziplinen, die sich im Berufsfeld des verfahrenstechnischen Anlagenbaus betätigen, angesprochen werden.

Der verfahrenstechnische Anlagenbau steht heute im Zeichen der Globalisierung. Den Ingenieuren wird neben entsprechender fachlicher Kompetenz ein immer höheres Maß an so genannten Soft Skills also sozialer Kompetenz abverlangt. Hiermit sind im Bereich des Anlagenbaus vor allem Teamfähigkeit, Kommunikationsfähigkeit und Sprachkenntnisse gemeint. Vor dem Hintergrund des stark interdisziplinären Charakters verfahrenstechnischer Projekte kommt der Kommunikationsfähigkeit zwischen den am Projekt beteiligten Disziplinen (Verfahrenstechniker, Chemiker, Bauingenieure, Architekten, Elektrotechniker, Leittechniker, Kaufleute und Juristen) eine besondere Bedeutung zu. Daher soll auch auf die unterschiedlichen „Sprachen“ und Ziele der einzelnen Disziplinen eingegangen bzw. gegenseitiges Verständnis entwickelt werden.

Um dem durch den internationalen Wettbewerb im Anlagenbau hervorgerufenen enormen Preisdruck Rechnung zu tragen, sollen neben den technischen Aspekten vor allem auch die kaufmännischen Belange aus Sicht des Projektgenieurs behandelt werden. Deutsche Ingenieure sind im Ausland häufig als „technikverliebt“ bekannt. D. h. sie realisieren hervorragende und vor allem qualitativ hochwertige Technik – die dabei verursachten Kosten werden jedoch nicht in ausreichendem Maße berücksichtigt. Zusätzlich soll vermieden werden, dass junge Projektierungsingenieure, die frühzeitig mit entsprechender Handlungsvollmacht ausgestattet werden, aus Unwissenheit Kaufverträge unterzeichnen, in denen sie übervorteilt werden. Leider kommt es immer wieder vor, dass sogar unseriöse Forderungen wie Haftung für entgangenen Gewinn oder horrenden Prozentsätze bei den Pönalen aus Unkenntnis akzeptiert werden. Daher soll die Wahrnehmung kaufmännischer Belange geschärft werden. Hierzu gehört u. a. eine für Ingenieure verständliche und stark vereinfachte Einführung in das Claims-Management und die Grundlagen der Vertragsgestaltung.

Aufgrund der stetig strenger werdenden Umweltauflagen kommt der Umweltschutztechnik eine immer größere Bedeutung zu. Verfahren zur Reinigung der Abgase, Abwässer und festen Abfälle müssen so in die verfahrenstechnischen Produktionsanlagen integriert werden, dass die anfallenden Reststoffe – sofern sie sich nicht ganz vermeiden oder in Wertstoffe umwandeln lassen – zumindest minimiert und so unschädlich wie möglich gemacht werden. Diese Bestrebungen fasst man unter dem Begriff „Produktionsintegrierter Umweltschutz“ zusammen [1]. In einigen Bereichen führen die umweltrelevanten Maßnahmen dazu, dass die umwelttechnischen Bestandteile einer verfahrenstechnischen Anlage die eigentlichen Produktionsanlagen sowohl hinsichtlich ihres Volumens als auch hinsichtlich der erforderlichen Investitionen übersteigen. Hier sind beispielsweise die Aufwendungen für die Rauchgasreinigung einer Müllverbrennungsanlage zu nennen. Zusätzlich sind die Aufwendungen für das so genannte „Behördenengineering“ zu berücksichtigen, dessen Hauptziel es ist, die behördlichen Genehmigungen zum Bau und Betrieb der geplanten Anlage zu erhalten.

1.2 Projekt

Ziel der Anlagenplanung ist es, verfahrenstechnische Anlagen im Rahmen von Projekten zu realisieren [2]. Dabei sind in aller Regel zwei Parteien zu unterscheiden: erstens der Anlagenbetreiber, der eine verfahrenstechnische Anlage beschaffen und betreiben möchte, und zweitens der Anlagenbauer, der je nach vereinbartem Liefer- und Leistungsumfang die Planung, Lieferung, Montage und Inbetriebsetzung übernimmt. Ausnahme sind einige Großunternehmen, die über eigene Abteilungen für die Anlagenplanung verfügen, sodass hier beide Parteien in einem Unternehmen vertreten sind.

Die beiden oben genannten Parteien verfolgen ganz unterschiedliche Ziele: Der Anlagenbetreiber möchte durch die Erzeugung und den Vertrieb einer bestimmten Menge an Produkt in einer definierten Qualität möglichst viel Gewinn erwirtschaften. Dazu muss u. a. die dazugehörige verfahrenstechnische Produktionsanlage zu einem möglichst niedrigen Preis beschafft und auch möglichst schnell errichtet und in Betrieb genommen werden. Diesen Bestrebungen sind sowohl hinsichtlich der Beschaffungskosten als auch hinsichtlich der Termingestaltung Grenzen gesetzt. Darauf wird in Kapitel 2.1.3 Kosten bzw. Kapitel 4.1.4 Terminplanung/Terminverfolgung noch eingegangen werden.

Das Ziel des Anlagenbauers besteht darin, die tatsächlichen Aufwendungen für die Planung und Errichtung der Anlage so gering wie möglich zu halten. Auch diesem Bestreben sind Grenzen gesetzt. Bei der Beschaffung der Ausrüstung kann man beispielsweise nicht beliebig sparen, denn diese muss dem vertraglich garantierten Qualitätsniveau entsprechen. Aus der Differenz des erzielten Verkaufspreises und den tatsächlichen Aufwendungen ergibt sich der Gewinn oder auch Verlust für das Anlagenbauunternehmen. Wie die tatsächlichen Aufwendungen gering zu halten sind, wird im Wesentlichen im Kapitel 4 Abwicklung behandelt.

Es ist offensichtlich, dass sich aus diesen unterschiedlichen Zielsetzungen ein gewisser Interessenkonflikt zwischen den betroffenen Parteien ergibt. Am deutlichsten wird dies bei der Betrachtung des zu vereinbarenden Verkaufspreises für die geplante verfahrenstechnische Anlage. Um Streitigkeiten, die sich aus dieser Konfliktsituation leicht ergeben können, weitgehend zu vermeiden, wird ein in den meisten Fällen umfangreiches Vertragswerk erstellt, das für beide Seiten verbindlich ist. Da im Kaufvertrag auch viele technische Aspekte behandelt werden, wird hierauf, in einer für den Ingenieur verständlichen Weise, im Kapitel 3 Vertrag eingegangen.

Wie bereits erwähnt, ergeben sich aus den vielfältigen verfahrenstechnischen Aufgabenstellungen eine ebenso große Anzahl unterschiedlicher Anlagentypen. Neben der Art der verfahrenstechnischen Anlage bestehen große Unterschiede hinsichtlich der Größe bzw. der Anlagenkapazität. Damit ist üblicherweise die erzeugte Jahresmenge an Produkt gemeint. Je nach Anlagengröße werden unterschiedliche Planungsaktivitäten und vor allem Projektstrukturen erforderlich. Um eine gewisse Übersichtlichkeit zu schaffen, soll zwischen den im Folgenden aufgeführten Anlagenarten unterschieden werden.

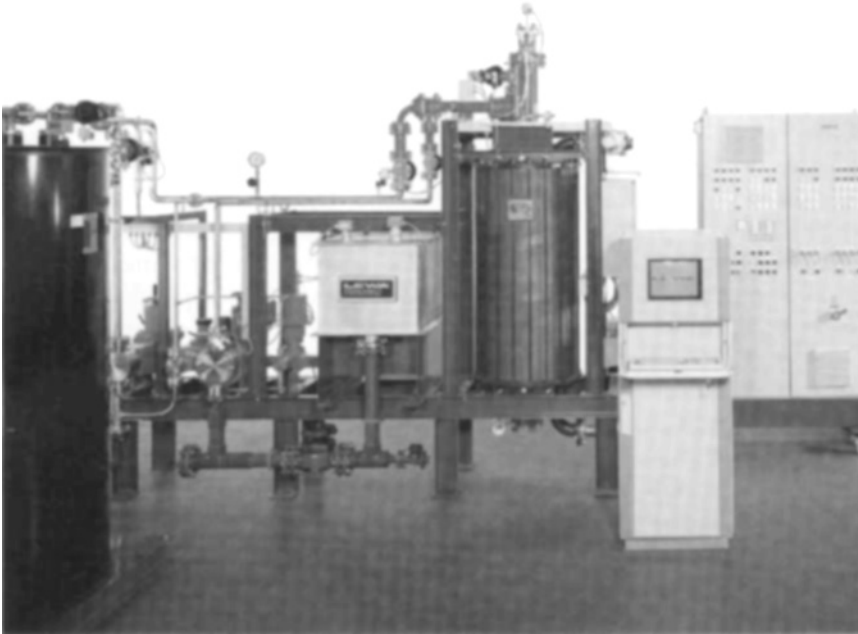


Abb. 1.1 LEWA Dosier- und Mischanlage zur kontinuierlichen Herstellung von Schwefelsäure in unterschiedlichen Konzentrationen, z. B. für die Herstellung von Batterien

- **Kleine Anlagen:** Hiermit sind Anlagen gemeint, deren Auftragsvolumen bis ca. 500.000 € umfasst. Die komplette Planung und Errichtung bzw. Montage dieser kleineren Anlagen erfolgt aus einer Hand. Sie sind häufig noch transportabel und können somit auch auf Lager gehalten werden. Die Projektdauer ist eher kurz, also bis maximal ein Jahr. Der für ein solches Projekt hauptverantwortliche Ingenieur, der so genannte Projektleiter, kann mehrere solcher Projekte gleichzeitig abwickeln, wobei er häufig nicht nur für die Organisation verantwortlich zeichnet, sondern auch die technische Bearbeitung übernimmt. Als Anbieter solcher kleinen Anlagen existiert eine Vielzahl von kleinen bis hin zu großen Unternehmen. Beispiele für kleine Anlagen sind komplexere Aggregate wie redundante Vakuumpumpengruppen samt der zugehörigen Peripherie, Siloanlagen, Sprühtrockner mit Zubehör oder, wie in Abbildung 1.1 dargestellt, komplette Dosier- und Mischanlagen (Fa. LEWA).
- **Mittlere Anlagen:** Darunter sind solche verfahrenstechnischen Anlagen zu verstehen, deren Auftragsvolumen ein- bis zweistellige Millionenbeträge annimmt. Für die Projektdauer muss man ein bis drei Jahre veranschlagen. Die Abwicklung wird von einem Projektteam unter der Führung eines Projektleiters vorgenommen. Die Tätigkeiten des Projektleiters konzentrieren sich auf organisatorische Belange. Je nach vereinbartem Liefer- und Leistungsumfang umfasst die Abwicklung sämtliche Schritte der Anlagenplanung. Solche Anlagen werden von



Abb. 1.2 Strobilurin-Anlage der BASF Schwarzheide GmbH mit einem Auftragswert von 14,9 Mio. €

mittelgroßen bis großen Unternehmen in einer gewissen Bandbreite an Anlagentypen angeboten. Einzelne Gewerke wie z.B. Rohrleitungen oder E/MSR-Technik können dabei an Unterlieferanten vergeben werden. In mittleren Anlagen sind häufig mehrere kleine Anlagen als Bestandteile integriert. Unter mittleren Anlagen sind somit z.B. einzelne Chemieanlagen, Lebensmittelproduktionen, Abwasseranlagen, pharmazeutische Anlagen etc. zu verstehen. Abbildung 1.2 zeigt beispielhaft die Strobilurin-Anlage der BASF Schwarzheide GmbH mit einem Auftragswert von 14,9 Mio. €. In Abbildung 1.3 ist die Aufnahme eines Blockheizkraftwerks der G.A.S. Energietechnologie GmbH mit einem Auftragswert von ca. 3 Mio. € zu sehen.

- **Große Anlagen:** Die Auftragsvolumina solcher Großanlagen reichen bis in Milliardenhöhe. Die Projektdauer beträgt in jedem Fall mehr als zwei Jahre. Die Abwicklung erfolgt durch große Projektteams, die von mehreren Projektleitern angeführt werden. Ein Oberprojektleiter übernimmt die Gesamtleitung, wobei ihm ausschließlich organisatorische Angelegenheiten obliegen. Häufig werden bei solchen Projekten ein oder mehrere Mitarbeiter ausschließlich für die Terminplanung eingesetzt. Dabei kommen spezielle Planungswerkzeuge, wie z.B. die Netzplantechnik, zum Einsatz [3–5]. Anbieter des verfahrenstechnischen Parts solcher Großanlagen sind einige wenige Konzerne aus dem Bereich des verfahrenstechnischen Anlagenbaus. Die Abwicklung erfolgt häufig zusammen mit einem oder mehreren gleichberechtigten Konsortialpartnern, beispielsweise



Abb. 1.3 Blockheizkraftwerk in Dortmund/Derne mit vier Modulen der G.A.S. Energietechnologie GmbH (Auftragswert: ca. 3 Mio. €)

für den Baupart. Großanlagen sind in aller Regel aus mehreren mittleren und einer Vielzahl von kleinen Anlagen zusammengesetzt. Als Beispiele für Großanlagen sind Kraftwerke (siehe Abbildung 1.4), Raffinerien, komplette Chemiekomplexe (siehe Abbildung 1.5), Stahlwerke etc. zu nennen.

Da es sich bei diesem Buch eher um ein Einstiegswerk handelt, wird die Anlagenplanung für mittlere Anlagen behandelt. Damit sind die für kleine Anlagen



Abb. 1.4 Aufnahme des Müllheizkraftwerkes mit Rauchgasreinigung und Abwasseraufbereitung der RWE Power AG in Essen-Karnap. Die Anlage hat eine Kapazität von ca. 750.000 t/a. Die Gesamtinvestition betrug ca. 1 Milliarde DM.



Abb. 1.5 Aufnahme des von der Fa. UHDE GmbH, Dortmund errichteten Chemiekomplexes in Katar. Der Chemiekomplex besteht aus drei Hauptanlagen zur Produktion von 260.000 t/a Chlor, 290.000 t/a Natronlauge, 175.000 t/a Ethylendichlorid und 230.000 t/a Vinylchlorid. Der Auftragswert betrug ca. 450 Mio. US- $\text{\$}$.

erforderlichen Schritte automatisch eingeschlossen. Große Anlagen unterscheiden sich gegenüber den mittleren im Wesentlichen durch den höheren Grad an Komplexität. Daher kommt dem Projektmanagement [6–8] eine noch bedeutendere Rolle zu. Eine sehr umfassende Darstellung der Aktivitäten innerhalb der verfahrenstechnischen Anlagenplanung findet sich im Werk von K. Sattler [9].

1.3

Anforderungen an Projekt Ingenieure

Es ist nicht davon auszugehen, dass ein Berufsanfänger sofort auf die Projektleitung eines Großprojektes angesetzt wird. Vielmehr wird ein solcher Einsteiger zunächst als Projekt Ingenieur eingesetzt werden. Bei positiver Karriereentwicklung kann dann der Aufstieg zum Projektleiter gelingen, wobei ihm zunächst eher kleinere oder mittlere Projekte übertragen werden. Bei ausreichender Erfahrung und entsprechender Weiterbildung in Sachen Projektmanagement – häufig im Rahmen firmeninterner Schulungen – kann es zur Übernahme der Projektleitung für ein Großprojekt kommen.

An heutige Projekt Ingenieure werden die unterschiedlichsten Anforderungen gestellt [10–12]. Neben den fachlichen Qualifikationen werden gerade im Anlagenbau immer stärker so genannte Soft Skills, die persönliche Eignung, abverlangt. In