

Anlagen- und Energiewirtschaft

Kosten- und Investitionsschätzung sowie Technikbewertung von Industrieanlagen

von
Prof. Dr. Jutta Geldermann

1. Auflage

Verlag Franz Vahlen München 2014

Verlag Franz Vahlen im Internet:
www.vahlen.de
ISBN 978 3 8006 4788 0

Zu [Leseprobe](#) und [Sachverzeichnis](#)

schnell und portofrei erhältlich bei beck-shop.de DIE FACHBUCHHANDLUNG

Geldermann
Anlagen- und Energiewirtschaft

beck-shop.de

Anlagen- und Energiewirtschaft

Kosten- und Investitionsschätzung sowie
Technikbewertung von Industrieanlagen

von

Prof. Dr. Jutta Geldermann

Verlag Franz Vahlen München

Prof. Dr. **Jutta Geldermann** ist Inhaberin der Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Produktion und Logistik an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Georg-August-Universität Göttingen. Darüber hinaus ist sie Leiterin des Forschungsbereichs „Energiewirtschaft“ des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen, Sprecherin des DFG-Graduiertenkollegs „Ressourceneffizienz in Unternehmensnetzwerken“ und Mitherausgeberin des EURO Journals on Decision Processes.

ISBN 978 3 8006 4788 0

© 2014 Verlag Franz Vahlen GmbH, Wilhelmstr. 9, 80801 München
Satz: EDV-Beratung Frank Herweg, Hirschberg
Druck und Bindung: Druckhaus Nomos
In den Lissen 12, 76547 Sinzheim
Umschlaggestaltung: Ralph Zimmermann – Bureau Parapluie
Bildnachweis: © Petair, © industrieblick, © Blackosaka (alle fotolia.com)
Gedruckt auf säurefreiem, alterungsbeständigem Papier
(hergestellt aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff)

Einleitung

Die steigende Nachfrage nach Energie und Rohstoffen sowie nach ressourceneffizienten und nachhaltigen Produkten begründet das betriebswirtschaftliche Interesse an der Anlagen- und Energiewirtschaft. Mit den Weiterentwicklungen der Produktionstechnologien zu komplexen und intelligenten Systemen, wie beispielsweise die Entwicklungen in der chemischen Industrie und in der Energiewirtschaft besonders eindrucksvoll zeigen, verändern sich auch die Strukturen der industriellen Produktion. Ziele von Forschung und Entwicklung sind auch in Zukunft eine weiter verbesserte Nutzung der Potenziale der Technologien und eine Schonung der natürlichen Ressourcen durch innovative Verfahren.

Für die Vorbereitung von Investitionsentscheidungen in der Anlagen- und Energiewirtschaft ist die Kenntnis der grundlegenden Zusammenhänge zwischen einsetzbaren Werkstoffen in Produktionsanlagen, technischer Abläufe in der Produktions-, Verfahrens- und Energietechnik sowie deren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit von Produktionsprozessen wichtig. Doch neben einer fundierten Kosten- und Investitionsschätzung ist bei betriebswirtschaftlichen Entscheidungen in der Produktionswirtschaft eine weitergehende Technikbewertung notwendig, um beispielsweise Auswirkungen von produktions- und prozessintegrierten Umweltschutzmaßnahmen oder unsicheren Zukunftsentwicklungen abschätzen und ins Kalkül ziehen zu können.

Produktionsanlagen umfassen fertigungs-, verfahrens-, energie-, materialfluss- und informationstechnische Anlagen. Ihre Besonderheiten werden in der Regel in fachspezifischen Lehrbüchern des Anlagen- und Maschinenbaus, der Verfahrenstechnik, der Energietechnik, der Logistik oder der Wirtschaftsinformatik ausführlich beschrieben. Angesichts der aktuellen Herausforderungen der Ressourceneffizienz und des Umweltschutzes ist jedoch auch eine Betrachtung der Produktentstehung innerhalb von komplexen Wertschöpfungsketten und von verfahrenstechnischen Prozessschritten in Unternehmen der Fertigungsindustrie notwendig. Insbesondere die Zusammenhänge zwischen verwendeten Werkstoffen, Energieeinsatz und Qualitätsanforderungen an die hergestellten Produkte sind wichtige Grundlagen für sachgerechte betriebswirtschaftliche Entscheidungen. So sind bei der Entwicklung neuer chemischer Verfahren und Produkte zahlreiche Aspekte simultan zu beachten, wie die Auswahl geeigneter Rohstoffe und darauf abgestimmter Synthesewege und Energieversorgung sowie die Verwendung von Kuppel- und Nebenprodukten. Während die Produktionsbetriebe im Chemie-Verbund seit jeher durch Energie- und Abfallströme, Logistik und Infrastruktur miteinander eng vernetzt sind, wurde dieses Prinzip erst später durch die Realisierung von Ansätzen des Supply Chain Managements (SCM) auf die Fertigungsindustrie übertragen.

Diese Zusammenhänge zwischen Produktionsanlagen, verfügbaren Rohstoffen und Energiebereitstellung soll dieses Buch vermitteln. Für die behandelten Themen gibt es sowohl umfassende als auch spezialisierte Fach- und Lehbücher, doch eine Zusammenschau der betriebswirtschaftlich relevanten Aspekte, die für eine Planung der Produktion und Logistik wichtig sind, fehlt bislang. Diese Lücke soll dieses Buch schließen. Es soll technisch interessierten Studierenden der Wirtschaftswissenschaften einen Überblick über die zentralen Aspekte für die Kosten- und Investitionsschätzung von Industrieanlagen und für die Technikbewertung geben.

Das Buch ist in vier Themenblöcke gegliedert:

- Kapitel 1 bis 3 bieten eine knappe Übersicht über die wichtigsten technischen Grundlagen der Anlagenwirtschaft.
- Kapitel 4 und 5 stellen Methoden zur Investitions- und Kostenschätzung vor.
- Kapitel 6 und 7 gehen auf die Besonderheiten der Energieversorgung ein.
- Kapitel 8 und 9 umfassen Methoden und Ansätze zur Technikbewertung.

In Kapitel 1 werden zunächst die Phasen im Anlagenlebenszyklus von der Planung über die Beschaffung und Inbetriebnahme bis zur Stilllegung von industriellen Produktionsanlagen kurz vorgestellt. Um die Planung und den Betrieb von Industrieanlagen gut verstehen zu können, sind einige Kenntnisse aus den Ingenieurwissenschaften notwendig. Diese werden in den beiden folgenden Kapiteln knapp zusammengefasst: Die Kosten einer industriellen Anlage, von Produktionsprozessen und damit auch der hergestellten Produkte hängen in beträchtlichem Maße von den verwendeten Werkstoffen ab. Daher werden in Kapitel 2 die wichtigsten metallischen Werkstoffe, Kunststoffe und nachwachsenden Rohstoffe mit ihren wesentlichen Stoffeigenschaften sowie innovative Neuentwicklungen und ihre wirtschaftliche Bedeutung vorgestellt. Schließlich werden Hinweise zur Materialauswahl gegeben.

In Kapitel 3 wird auf die Verfahrensentwicklung in der chemischen Industrie näher eingegangen, um techno-ökonomische Zusammenhänge zu verdeutlichen, denn bei der optimalen Auswahl chemischer Prozesse ist das Zusammenspiel von Rohstoffen, Energieströmen und Umweltaspekten von besonderer Bedeutung. Dazu wird zunächst der Aufbau von chemischen Produktionsanlagen beschrieben.

Bei der Anlagenauslegung werden die für die betriebswirtschaftliche Planung wichtigen Grundsätze vorgestellt, wie die Reihenfolge der Einplanung der Anlagenbestandteile gemäß ihrer Beeinflussbarkeit. Die aufgeführten Beispiele sollen zudem einen Eindruck über die Vielfalt der in der industriellen Praxis anzutreffenden Produktionsprozesse sowie über die betriebswirtschaftlich beeinflussbaren Kosten vermitteln.

Nach diesen Hintergrundinformationen widmet sich Kapitel 4 der Investitionsschätzung im Anlagenbau. Besondere Bedeutung hat dabei die Umrechnung von Kostendaten, die aus bereits realisierten Investitionsprojekten, teilweise in anderen Ländern, vorliegen. Aufgrund des technologischen Wandels und der

nur beschränkter Übertragbarkeit von Erkenntnissen aus dem Pilotanlagenbetrieb auf die industrielle Großanlage werden häufig Schätzmethoden verwendet. In Kapitel 5 werden Methoden zur Schätzung der Betriebskosten von industriellen Anlagen vorgestellt. Vor allem für innovative Verfahren stellen die Material- und Energieflüsse eine wesentliche Informationsquelle für die Kostenschätzung der Rohstoffe und des Energiebedarfs dar.

Die bedarfsgerechte Bereitstellung von Energie ist Grundlage für moderne Industrie-, Informations- und Dienstleistungsgesellschaften. Die Energiewirtschaft weist jedoch im Vergleich zu anderen Bereichen der industriellen Produktion einige Besonderheiten auf, die im Kapitel 6 thematisiert werden. Viele Investitionen in Energieanlagen haben lange Investitionsvorlauf- und -nutzungszeiten. Die Produkte „Strom“ und „Wärme“ sind nur mit erheblichem Aufwand speicherbar. Energieeffizienz und Klimaschutz sind wichtige Anforderungen. Daraus ergeben sich zahlreiche techno-ökonomische Fragestellungen entlang der gesamten energetischen Wertschöpfungskette von der Primärenergiegewinnung, der Energieumwandlung, dem Energietransport bis zur Energieverteilung und Energienutzung, die wiederum Auswirkungen auf die Anlagenwirtschaft haben. In Kapitel 7 werden die wesentlichen Technologien zur Energiebereitstellung vorgestellt. Dabei wird sowohl auf längst etablierte sowie auf innovative Ansätze für konventionelle Technologien als auch erneuerbarer Energien eingegangen. Nach einer kurzen Charakterisierung der jeweiligen Techniken folgen die für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ihres Einsatzes notwendigen Angaben.

Nachdem die Grundzüge der Anlagen- und Energiewirtschaft erläutert wurden, werden in Kapitel 8 Kennzahlen zur Bewertung von Produktionsverfahren vorgestellt. Neben den bekanntesten betriebswirtschaftlichen Kennzahlen wird besonders auf Kennzahlen zur techno-ökonomischen Bewertung eingegangen, die eine Optimierung von Produktionsanlagen in der Anlagen- und Energiewirtschaft erlauben. Neben der Betrachtung des Normalbetriebs ist auch die Berücksichtigung von potenziellen Schadstoffemissionen und der Gefahr von Unfällen wichtig. Daher werden in Kapitel 9 Methoden zum industriellen Risikomanagement und zur Bewertung der Umweltauswirkungen von Techniken und industrieller Produktion vorgestellt.

Damit wird ein umfassender Überblick über die betriebswirtschaftlichen Fragen in der Anlagen- und Energiewirtschaft gegeben. Eine Herausforderung ist die Angabe von wirtschaftlichen Daten, die sich unter anderem aufgrund des technischen Fortschritts verändern. Das Buch soll den Einstieg in die Spezialliteratur, die sich je nach industrieller Branche stark unterscheidet, und in aktuelle Studien zum Thema erleichtern. Dazu werden am Ende jeden Kapitels Hinweise auf weiterführende Literatur gegeben, während die Quellenangaben im Text vorrangig dem Nachweis der verwendeten Literatur bei der Ausarbeitung der Kapitel dienen (und daher teilweise älteren Datums sind).

beck-shop.de

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	V
1. Anlagenlebenszyklus	1
1.1 Industrielle Anlagenwirtschaft	1
1.2 Übersicht über den Lebenszyklus von Produktionsanlagen	6
1.2.1 Anlagenplanung	9
1.2.2 Anlagenbeschaffung und -bereitstellung	15
1.2.3 Anlagenbetrieb, -optimierung und -instandhaltung	17
1.2.4 Anlagenausmusterung	21
1.3 Technischer Fortschritt	22
1.4 Planungsebenen	24
1.4.1 Entscheidungsmodelle	26
1.4.2 Techno-ökonomische Optimierung	29
Zusammenfassung des Kapitels	30
2. Werkstoffe	33
2.1 Metallische Werkstoffe	34
2.1.1 Eisenwerkstoffe	36
2.1.2 Nichteisenmetalle	39
2.1.3 Weitere Metalle	47
2.2 Kunststoffe	49
2.3 Keramische Werkstoffe	53
2.4 Nachwachsende Rohstoffe	55
2.5 Faserverbundwerkstoffe	60
2.6 Weitere Werkstoffentwicklungen	62
2.7 Materialauswahl	63
3. Verfahrensentwicklung	69
3.1 Einführung	69
3.2 Produktionsstruktur der chemischen Industrie	71
3.2.1 Chemiewirtschaft	73
3.2.2 Erfolgsfaktoren in der chemischen Industrie	74
3.3 Struktur chemischer Produktionsanlagen	76
3.4 Grundzüge der technischen Chemie	78
3.4.1 Thermodynamik	79
3.4.2 Stoffdaten	81
3.4.3 Kinetik	82
3.4.4 Hydrodynamik	83

3.5	Ausgewählte Operationen in der chemischen Verfahrenstechnik	83
3.5.1	Mechanische Verfahren in Chemieanlagen	83
3.5.2	Katalyse	85
3.5.3	Chemische Reaktoren	86
3.5.4	Produktaufarbeitung durch Trennprozesse	91
3.5.5	Wärmeübertrager	92
3.6	Vorgehen bei der Planung von verfahrenstechnischen Anlagen	93
3.6.1	Fließbilder zur Darstellung von Produktionsprozessen	94
3.6.2	Computerunterstützung bei der Anlagenoptimierung	97
3.6.3	Prozessintegration	99
3.6.4	Ökologisch effiziente Prozesse	100
3.7	Ausgewählte Verfahren	103
3.7.1	Ammoniak-Synthese	103
3.7.2	Konversion des Erdöls in der Raffinerie	107
4.	Investitionsschätzung im Anlagenbau	115
4.1	Genauigkeit und Zweck von Investitionsschätzungen	115
4.2	Anlage- und Betriebskapital	116
4.3	Umrechnung von Kostendaten	118
4.3.1	Preisindizes	118
4.3.2	Länderfaktoren	120
4.4	Schnelle Investitionsschätzmethoden	120
4.4.1	Größendegression	121
4.4.2	Näherungsmethoden	122
4.4.3	Zuschlagsfaktormethoden	124
4.5	Kapazität einer Produktionsanlage	126
4.6	Genauere Berechnung des Kapitalbedarfs von Apparaten und Maschinen	129
5.	Schätzung der Betriebskosten	133
5.1	Grundlegende Informationen zur Kostenschätzung	133
5.2	Material- und Energieflussbilanzierung	134
5.2.1	Bilanzierungsprinzipien	135
5.2.2	Besonderheiten von Chargenprozessen	137
5.3	Kosten für Rohstoffe	138
5.4	Energiekosten	139
5.5	Weitere relevante Kostenarten	145
5.6	Schätzung der jährlichen Kosten einer Anlage	150
6.	Grundlagen der Energiewirtschaft	153
6.1	Der Energiebegriff – naturwissenschaftliche Grundlagen	153
6.1.1	Physikalische Grundlagen	154
6.1.2	Chemische Grundlagen	155
6.1.3	Biologie	156

6.1.4	Energieeinheiten in der wirtschaftlichen Praxis	156
6.1.5	Energiequellen	157
6.2	Energieumwandlung	160
6.2.1	Technische Energiewandlung	161
6.2.2	Energieeinsatz bei der Energiegewinnung	162
6.2.3	Nutzenergie	164
6.3	Energietransport und -speicherung	165
6.3.1	Anforderungen an die Energiebereitstellung	167
6.3.2	Übertragung von Elektrizität	168
6.3.3	Speicherung von Strom	171
6.3.4	Bereitstellung von Nutzwärme	174
6.3.5	Transport von Wärme	175
6.3.6	Speicherung von Wärme	176
6.4	Besonderheiten der Energiewirtschaft	177
6.4.1	Wirtschaftlichkeitsrechnungen in der Energiewirtschaft . .	179
6.4.2	Einsatz von Kraftwerken in den verschiedenen Lastbereichen	183
6.5	Gesetzliche Grundlagen	186
6.5.1	Entwicklung des Energiewirtschaftsgesetzes EnWG	187
6.5.2	Erneuerbare-Energien-Gesetz	188
6.5.3	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz	188
6.5.4	Emissionshandel: Kyoto-Protokoll	189
6.6	Statistische Datenquellen	190
6.7	Energiesystemanalyse	194
6.7.1	Bottom-up-Modellierung	195
6.7.2	Nachfragemodellierung	198
6.7.3	Energiesystemmodelle zur Entscheidungsunterstützung .	199
7.	Techniken zur Stromerzeugung	205
7.1	Überblick über die Stromerzeugungskapazitäten	206
7.2	Thermische Kraftwerke	206
7.2.1	Fossile Brennstoffe	209
7.2.2	Standortplanung	211
7.2.3	Kohlekraftwerke	216
7.2.4	Gaskraftwerke	217
7.2.5	Grundlagen der Kraft-Wärme-Kopplung	219
7.2.6	Kernkraftwerke	220
7.3	Erneuerbare Energien	224
7.3.1	Wasserkraft	226
7.3.2	Windkraftanlagen	229
7.3.3	Biomasse zur Stromerzeugung	231
7.3.4	Nutzung der Sonneneinstrahlung	235
7.3.5	Geothermische Stromerzeugung	242
7.3.6	Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien	243

7.4	Aktuelle Trends in der Stromerzeugung	246
7.4.1	Dezentralisierung	246
7.4.2	Prozessintegration	247
7.4.3	Brennstoffzellen	247
7.4.4	Supraleitende magnetische Energiespeicher	248
7.4.5	Elektromobilität	248
7.4.6	Wasserstoff	249
7.4.7	Kernfusion	249
8.	Kennzahlen zur Bewertung von Produktionsverfahren	255
8.1	Betriebswirtschaftliche Kennzahlen	256
8.1.1	Kuppelprodukte	261
8.1.2	Abgrenzungsprobleme bei der Zuordnung von Emissionsminderungskosten	262
8.2	Technische Kennzahlen	264
8.3	Produktionskennzahlen	267
8.4	Ökologische Kennzahlen	270
8.5	Kennzahlensysteme	278
8.6	Unsicherheiten in der Kennzahlenermittlung	282
9.	Technikbewertung und Risikomanagement	285
9.1	Ansätze zur Technikbewertung	285
9.1.1	Technikfolgenabschätzung	285
9.1.2	Technologiefrüherkennung	288
9.1.3	Technikbewertung	289
9.1.4	Fazit für die Anlagen- und Energiewirtschaft	290
9.2	Das Prinzip der Nachhaltigkeit	290
9.2.1	Monetarisierung von Umweltschäden	291
9.2.2	Stoffstrommanagement und Cleaner Production	292
9.2.3	Primäre und sekundäre Emissionsminderungsmaßnahmen	293
9.2.4	Soziale Aspekte	295
9.2.5	Fazit für die Anlagen- und Energiewirtschaft	297
9.3	Betriebliches Risikomanagement	298
9.3.1	Risiken	299
9.3.2	Ziele und Aufgaben des Risikomanagements	306
9.4	Naturkatastrophen, Infrastrukturausfälle und Supply Chain Unterbrechungen	312
9.4.1	Infrastrukturausfälle	315
9.4.2	Notfallmanagement	317
9.4.3	Relevanz für die industrielle Produktion	320
9.5	Öffentliche Akzeptanz und Risikokommunikation	322
9.6	Zur Rolle der Technik für eine nachhaltige Entwicklung	325
	Literaturverzeichnis	329
	Stichwortverzeichnis	341