Karl-Andreas Zotter
Industrielle Wasserwirtschaft

Karl-Andreas Zotter

Industrielle Wasserwirtschaft

Technisch-ökonomische und ökologische Grundlagen

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Zotter, Karl-Andreas:

Industrielle Wasserwirtschaft : technisch-ökonomische und
ökologische Grundlagen / Karl-Andreas Zotter. — Wiesbaden :
DUV, Dt. Univ.-Verl., 1996

(DUV: Wirtschaftswissenschaft)

Zugl.: Graz, Techn. Univ., Diss., 1995

ISBN 978-3-8244-0291-5

Der Deutsche Universitäts-Verlag ist ein Unternehmen
der Bertelsmann Fachinformation.

© Springer Fachmedien Wiesbaden, 1996

Ursprünglich erschienen bei Deutscher Universitäts-Verlag GmbH, Wiesbaden 1996

Lektorat: Monika Mülhausen

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Meiner Familie

Geleitwort

Die vorliegende Arbeit behandelt ein Thema, das im betriebswirtschaftlichen Schrifttum bisher wenig bekannt ist. Wasser ist zwar ein technisch unverzichtbarer Produktivfaktor, wird jedoch in betriebswirtschaftlichen Faktorsystemen kaum genannt und war wegen der allgemein geringen Wasserpreise und betrieblichen Wasserkostenanteile betriebswirtschaftlich von geringem Interesse.

Eingesetztes Wasser, das nicht als Erzeugnisstoff in erwünschte Produkte eingeht, wird Abwasser. So ist die Frage der Abwasserwirtschaft unmittelbar mit dem Problem der Wasserwirtschaft verknüpft. Wachsendes Umweltbewußtsein, deutliche Restriktionen bei der Abwasserentsorgung und wachsende Behandlungs- und Entsorgungskosten haben auch Abwasser zum ökonomisch relevanten Gegenstand werden lassen.

So konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf für Theorie und Praxis gleichermaßen zentrale betriebswirtschaftliche Sachverhalte und Fragestellungen, die gleichwohl lange Zeit von der Betriebswirtschaftslehre ausgespart worden sind und macht sie zum Objekt einer recht umfangreichen, klar gegliederten Analyse.

In dieser wird die Wassernutzung als betriebliches Problemfeld dargestellt. Ziel der betrieblichen Wasserwirtschaft und Instrumente zur Gestaltung des materiellen Systems der betrieblichen Wasserwirtschaft sind zentrale Themenbestandteile, denen eine Übersicht zum Planungssystem der betrieblichen Wasserwirtschaft folgt.

Innerhalb des prozeßintegrierten Wasserschutzes werden Instrumente des Umweltschutzes wie Produktgestaltung, Stoffwahl, Verfahrenswahl und Verfahrensgestaltung sowie Prozeßsteuerung und Instandhaltung in ihrem Einfluß auf Wasserverbrauch und Abwasserproduktion erörtert und die Konsequenzen auch exemplarisch erläutert.

Beim produktionsintegrierten Wasserschutz betont der Verfasser die Instrumente "internes Recycling" (nämlich von Abwasser) und kurzfristige Produktionsprogrammplanung. Im Kontext mit Recycling wird neben der Wieder- und Weiterverwendung des Wassers auf die Möglichkeit verwiesen, andere Abwasserinhaltsstoffe ("Übel") durch

VIII

Aufbereitung wieder zu Gütern zu machen, die dann recycelt werden können. In diesem Zusammenhang wird ausführlich auf die verschiedenen Recyclingsysteme und ihre Elemente eingegangen. Unter den Beiträgen des Recycling zur wasserwirtschaftlichen Sachzielerreichung werden die Konsequenzen in mengen- und wertmäßiger (ökonomischer) Sicht sehr grundsätzlich erörtert und anhand von wichtigen Beispielen illustriert. Dabei werden auch die Grenzen des Recycling genannt und dessen ökonomische Konsequenzen mit denen von Verfahrenssubstitutionen verglichen, wobei auch die größere Flexibilität von Recyclingsystemen betont wird.

Im Kapitel Absatz- und Produktionsprogrammgestaltung als Instrument der betrieblichen Wasserwirtschaft (S. 197ff) zeigt der Verfasser, wie wasserbezogene Aspekte in entsprechende Planungsmodelle einbezogen werden können, insbesondere welche zusätzliche Restriktionen dann in das Modell eingehen müssen.

Im eigenen Unternehmen nicht recycelbares bzw. nicht recyceltes Produktionsabwasser muß in der Regel aufbereitet werden, um eine Einleitung in kommunale Kläranlagen, andere produzierende Unternehmen oder in Vorfluter überhaupt zu ermöglichen.

Auch für die Wasseraufbereitungssysteme werden wasserwirtschaftliche Sachzielwirkungen und damit verbundene ökonomische Konsequenzen diskutiert.

Auch im Kontext mit der Produktionswasseraufbereitung vergleicht der Verfasser abschließend additive Systeme (End-of-pipe-Systeme) mit Prozeß- bzw. produktionsintegrierten Instrumenten und stellt ihre Vor- und Nachteile gegenüber, wobei End-of-Pipe-Systeme gerade bei langfristiger Sicht doch erheblich ins Hintertreffen geraten.

Mit dem Problem "zwischenbetriebliches Wasserrecycling" berührt der Verfasser schließlich noch die in jüngster Zeit recht bedeutsame Frage, inwieweit Rückstände, hier Abwässer, durch zwischenbetriebliche Kooperation verwertet werden können und schließt hier an den Gedanken industrieller Verwertungsnetze an.

Die vorliegende Arbeit behandelt ein höchst aktuelles, bisher in der Betriebswirtschaftslehre aber nur selten und allenfalls in Ausschnitten aufgegriffenes Problem. Trotz der ungewöhnlichen Komplexität des Themas wird es mit klarem Aufbau, straffer Gedankenführung im Vollzug recht umfassend und übersichtlich diskutiert. Durch Integration technischer, ökonomischer und ökologischer Aspekte erzielt der Verfasser wohlbegründete Aussagen über die Industriebetriebliche Wasser- und Abwasserwirt

schaft, die wohlbegründet sind und auch ein hohes Maß an Operationalität und Praktikabilität aufweisen. So sind die Ergebnisse der Arbeit gleichermaßen für die betriebswirtschaftliche Theorie und für die industrielle Praxis von grundlegendem Interesse.

Heinz Strebel

Vorwort

Unternehmungen stehen seit Mitte der 70er Jahren immer restriktiver werdenden Nutzungsmöglichkeiten von Umweltressourcen gegenüber. In besonderem Maße gilt das für die industrielle Nutzung des Lebensmittels Wasser.

Bei der Lösung wasserbezogener Problemstellungen der Industrie läßt sich ein Trend weg von nachgeschalteten End-of-Pipe-Systemen hin zu integrierten Lösungen registrieren. Einerseits erkennen Unternehmungen die technischen Grenzen additiver Systeme, andererseits lassen sich Spannungen zwischen ökologischen und ökonomischen Zielsetzungen zumeist nur durch integrierte Lösungen beheben.

Unternehmensweite, medienübergreifende Konzepte sind die Voraussetzung für diesen Wechsel in den Problemlösungsansätzen. Offensives, auf langfristig kontinuierliche Verbesserungen ausgerichtetes Verhalten gegenüber umweltbezogenen Problemstellungen ist die Basis dafür.

Mein Dank gilt allen, die mich während der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben. Insbesondere möchte ich meinen akademischen Lehrern Herrn Prof. Dr. Heinz Strebel (Karl-Franzens-Universität Graz) - auf seine Anregung geht die Erstellung dieser Arbeit zurück - und Herrn Prof. Dr. Walter Veit (Technische Universität Graz) danken. Besonders dankbar bin ich meiner Verlobten Mag. Tamara Leitinger und meiner Kollegin Frau Mag. Ulrike Gelbmann für die kritische Durchsicht des Manuskripts. Mein herzlicher Dank gilt weiters auch meinen Eltern, die mir meinen beruflichen Werdegang ermöglichten.

Karl-Andreas Zotter

Inhaltsverzeichnis

1.	Einführung.....	1
1.1.	Problemstellung	1
1.2.	Zielsetzung.....	3
1.3.	Vorgangsweise	4
2.	Die Wassernutzung als betriebliches Problemfeld.....	6
2.1.	Ökologische Aspekte des produktiven Wassereinsatzes in der Industrie.....	8
2.1.1.	Die Ökosphäre als Lieferant des Werkstoffes Wasser	9
2.1.2.	Limnische Systeme als Aufnahmemedien der Abwasserentsorgung.....	17
2.1.3.	Die natürliche Umwelt als Aufnahmemedium für Klärschlämme.....	25
2.2.	Gesellschaftliche Aspekte der industriellen Umweltnutzung	28
2.3.	Rechtlich-politische Aspekte der industriellen Wassernutzung	30
2.3.1.	Ziele der staatlichen Wasserwirtschaft.....	30
2.3.2.	Die Instrumente der staatlichen Wasserwirtschaft	31
2.3.2.1.	Die Bewilligungspflicht als staatliches Planungs- und Steuerungs- instrument.....	33
2.3.2.2.	Entnahmerestriktionen	34
2.3.2.3.	Entwässerungsrestriktionen	36
2.3.2.4.	Sorgfaltspflicht und Haftung des Wasserbenutzungsberechtigten.....	40
2.3.2.5.	Die Abwasserabgabe als marktwirtschaftliches Lenkungsinstru- ment des Staates	42
2.4.	Ökonomische Aspekte des produktiven Wassereinsatzes in der Industrie.....	45
2.5.	Technologische Aspekte der industriellen Wassernutzung.....	48
2.6.	Das materielle System der betrieblichen Wassernutzung.....	50

3.	Ziele der betrieblichen Wasserwirtschaft.....	60
3.1.	Wasserwirtschaftliche Aspekte der Unternehmenspolitik	60
3.1.1.	Die Unternehmungspolitik als Ergebnis der unternehmerischen Willensbildung.....	60
3.1.2.	Die Berücksichtigung wasserbezogener Aspekte in der Unternehmungspolitik.....	62
3.2.	Die Berücksichtigung wasserbezogener Problemstellungen im Unternehmungszielsystem	65
3.2.1.	Das Unternehmungszielsystem	65
3.2.2.	Die Berücksichtigung wasserbezogener Aspekte im Unternehmungszielsystem	68
3.2.2.1.	Der inhaltliche Charakter wasserbezogener Ziele.....	68
3.2.2.1.1.	Ziele bei defensiver Unternehmungspolitik	71
3.2.2.1.2.	Ziele bei offensiver Unternehmungspolitik.....	74
3.2.2.2.	Leistungswirtschaftliche Ziele	80
3.2.2.2.1.	Produktionsziele.....	80
3.2.2.2.1.1.	Mengeneffizienz der betrieblichen Wassernutzung	82
3.2.2.2.1.2.	Qualitative Effizienz	87
3.2.2.2.2.	Beschaffungs- und Entsorgungsziele.....	95
3.2.2.3.	Finanzwirtschaftliche Ziele.....	97
3.2.2.4.	Soziale Ziele.....	98
4.	Instrumente zur Gestaltung des materiellen Systems der betrieblichen Wassernutzung.....	99
4.1.	Die Integrationsebenen wasserwirtschaftlicher Instrumente im materiellen System der betrieblichen Wassernutzung	99
4.2.	Prozeßintegrierter Wasserschutz.....	103
4.2.1.	Ursachen der industriellen Wassernutzung.....	103
4.2.2.	Instrumente des prozeßintegrierten Wasserschutzes	108
4.2.2.1.	Die Produktgestaltung als prozeßintegriertes Wasserschutzinstrument	109
4.2.2.2.	Faktorsubstitution als Instrumente des betrieblichen Wasserschutzes	113

4.2.2.2.1.	Stoffwahl und -substitution als Instrumente des betrieblichen Wasserschutzes	114
4.2.2.2.2.	Verfahrenswahl und -substitution als Instrumente des betrieblichen Wasserschutzes	121
4.2.2.2.2.1.	Gestaltung der Erzeugungsverfahren.....	121
4.2.2.2.2.2.	Gestaltung von Lagerungs- und Transportprozessen.....	123
4.2.2.2.2.3.	Technische und ökonomische Dimensionen der Prozeßwahl bzw. Prozeßsubstitution	125
4.2.2.3.	Prozeßsteuerung als Instrument der betrieblichen Wasserwirtschaft.....	133
4.2.2.4.	Instandhaltungsmaßnahmen und Verfahrensverbesserungen als Instrumente des betrieblichen Wasserschutzes	137
4.3.	Instrumente des produktionsintegrierten Wasserschutzes	140
4.3.1.	Internes Recycling als Instrument der betrieblichen Wasserwirtschaft.....	140
4.3.1.1.	Recyclingsysteme der betrieblichen Wasserwirtschaft	143
4.3.1.1.1.	Die Elemente betrieblicher Wasser-Recyclingsysteme.....	144
4.3.1.1.2.	Kreislauf- und Durchlaufsysteme.....	146
4.3.1.2.	Beiträge des Recycling zur wasserwirtschaftlichen Sachzielerreichung.....	149
4.3.1.2.1.	Wassermengenwirtschaftliche Wirkungen des Recycling.....	149
4.3.1.2.2.	Wassergütwirtschaftliche Wirkungen des Recycling.....	152
4.3.1.2.3.	Ökonomische Aspekte des internen Wasserrecycling.....	153
4.3.1.3.	Recycling versus Verfahrenssubstitution.....	160
4.3.2.	Die Absatz- und Produktionsprogrammgestaltung als Instrument der betrieblichen Wasserwirtschaft	161
4.4.	Produktionsabwasseraufbereitung als Instrument der betrieblichen Wasserwirtschaft.....	165
4.4.1.	Das Aufbereitungssystem der betrieblichen Wasserwirtschaft	166
4.4.1.1.	Wasseraufbereitungstechnologien.....	166
4.4.1.2.	Klärschlammaufbereitungstechnologien	173
4.4.2.	Wasserwirtschaftliche Sachzielwirkungen von Wasseraufbereitungssystemen.....	175
4.4.3.	Ökonomische Aspekte der Produktionsabwasseraufbereitung.....	177
4.4.4.	Additive Systeme im Vergleich zu prozeß- bzw. produktionsintegrierten Instrumenten.....	182

4.5.	Zwischenbetriebliches Wasserrecycling.....	185
4.6.	Die Auswahl von Instrumentenbündeln zur wasserwirtschaftlichen Zielerreichung.....	188
4.6.1.	Die Informationsbasis für die Suche und Auswahl wasserbezogener Instrumentenbündel.....	188
4.6.2.	Planungsgrundsätze für die Integration wasserwirtschaftlicher Instrumente in bestehende Produktionsstrukturen.....	189
5.	Das Planungssystem der betrieblichen Wasserwirtschaft.....	194
5.1.	Der Absatz als Element des wasserwirtschaftlichen Planungssystems	196
5.2.	Die Produktion als Element des wasserwirtschaftlichen Planungssystems	198
5.3.	Der Versorgungsbereich.....	200
5.3.1.	Das materialwirtschaftliche Aktionspotential	201
5.3.1.1.	Die Planung des Nutzungsbedarfs an natürlicher Umwelt	203
5.3.1.1.1.	Der Nutzwasserbedarf.....	203
5.3.1.1.2.	Der Bedarf an Entsorgungskapazitäten	205
5.3.1.2.	Die Deckung des Umweltnutzungsbedarfs.....	206
5.3.1.2.1.	Die Deckung des Nutzwasserbedarfs	207
5.3.1.2.1.1.	Bedarfsdeckung aus Prozeßabwässern der eigenen oder fremden Unternehmungen	207
5.3.1.2.1.2.	Bedarfsdeckung durch Eigenförderung oder Fremdbezug von Wasserversorgungsunternehmen	209
5.3.1.2.2.	Die Deckung des Entsorgungsbedarfs	209
5.3.1.3.	Alternativenwahl bei der Ver- und Entsorgung in der betrieblichen Wasserwirtschaft.....	210
5.3.1.3.1.	Alternativenwahl der Nutzwasserbedarfsdeckung.....	211
5.3.1.3.2.	Entsorgungsalternativen.....	215
5.3.2.	Das anlagenwirtschaftliche Aktionspotential.....	216
6.	Zusammenfassung und Ausblick	220
	Literaturverzeichnis	222

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1:	Aspekte der betrieblichen Wasserwirtschaft	7
Abbildung 2.2:	Anwendungen von Wasser bei der Herstellung von Kern- obstsäften.....	11
Abbildung 2.3:	Die Deckung des Frischwasserbedarfs der Industrie.....	13
Abbildung 2.4:	Anteile behandelt und unbehandelt abgeleiteter Abwässer der deutschen Industrie	19
Abbildung 2.5:	Physiologische Wirkungen von Stoffen in Abhängigkeit von ihrer Konzentration im Wasser	22
Abbildung 2.6:	Kostenwirkung der Abwasserabgabe	45
Abbildung 2.7:	Investitionen in Umweltschutzmaßnahmen der österreichischen Industrie.....	47
Abbildung 2.8:	Das materielle System der betrieblichen Wassernutzung.....	51
Abbildung 2.9:	Die Unterscheidung der Abwasserteilströme.....	55
Abbildung 3.1:	Der unternehmungspolitische Willensbildungsprozeß.....	61
Abbildung 3.2:	Die Stellung der Zielformulierung im Problemlösungsprozeß	66
Abbildung 3.3:	Typologien wasserbezogener Zielsetzungen	69
Abbildung 3.4:	Wasserrechtliche Bereiche mit ökonomischer Anreizwirkung	78
Abbildung 3.5:	Ausprägungen wasserwirtschaftlicher Effizienzbegriffe.....	81
Abbildung 3.6:	Der Servicegrad des Wasserbezugs	95
Abbildung 4.1:	Wasserwirtschaftliche Instrumente und ihre Integrationsebenen im materiellen System der betrieblichen Wassernutzung	102
Abbildung 4.2:	Die stoffliche Belastung von Abwässern der papiererzeugenden Industrie in Abhängigkeit vom erstellten Produkt.....	110
Abbildung 4.3:	Die Verluste von Farbstoffen in Kontinuierfärbereien in Abhängigkeit von der bearbeiteten Partielänge	112
Abbildung 4.4:	Verminderungen von Farbstofffrachten in Abwässern der Textilveredelungsindustrie durch Auswahl von Farbstoffen mit besonders hoher Fixierausbeute.	119
Abbildung 4.5:	Der Kostenvergleich bei Ersatz von Altanlagen durch wasserschonendere Alternativanlagen.....	127
Abbildung 4.6:	Bestandteile direkter und indirekter, innerbetrieblicher Recyclingsysteme	144
Abbildung 4.7:	Vorgehen bei der erneuten Nutzung von Farbestoffen in der Textilindustrie	145
Abbildung 4.8:	Kreislauf- und Kaskadensysteme des internen Wasserrecycling	147

XVIII

Abbildung 4.9:	Mengenwirtschaftliche Wirkungen bei Änderung der Kaskadenzahl in Spülsystemen	156
Abbildung 4.10:	Die Erweiterung einer "reinen" Kaskadenlösung auf ein Kreislaufsystem	157
Abbildung 4.11:	Das System der Abwasserbeseitigung.....	167
Abbildung 4.12:	Aufbereitungskosten in Abhängigkeit vom gefordertem Reinigungsgrad.....	178
Abbildung 4.13:	Die ökonomische Wirkung einer Stoffanreicherung im aufzubereitendem Wasser.....	178
Abbildung 4.15:	Anforderungen an Schnittstellendaten bei Integration wasserwirtschaftlicher Lösungssysteme in bestehende Produktionssysteme	190
Abbildung 5.1:	Wasserpreise öffentlicher Versorger in Österreich	213
Abbildung 5.2:	Der Entscheidungsprozeß bei der Anlagenbeschaffung	218

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1:	Der Frischwasserbezug der österreichischen Industrie (Daten des Jahres 1989).....	12
Tabelle 2.2:	Der Abwasseranfall in der Bundesrepublik Deutschland (Mengen in Mio. m ³)	18
Tabelle 2.3:	Abwassermengen und Schmutzfrachten von verschiedenen Weichverfahren in Mälzereien.....	20
Tabelle 2.4:	Verordnungen und Verordnungsentwürfe zur Begrenzung der Abwasseremissionen verschiedener Branchen	38
Tabelle 2.5:	Meilensteine" der bundesdeutschen Wasserrechtsgeschichte	39
Tabelle 2.6:	Bewertung der Schadstoffe/Schadstoffgruppen sowie Schwellenwerte nach dem AbwAG	44
Tabelle 3.1:	Beispiele für organische Belastungen industrieller Abwässer	93
Tabelle 4.1:	Gemengearten und die zu ihrer Aufspaltung anzuwendenden physikalischen Trennverfahren	168
Tabelle 5.1:	Ver- und Entsorgungsalternativen der betrieblichen Wasserwirtschaft.....	207