

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

***„Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten
Optimierung der öffentlichen und industriellen
Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der
geltenden Umweltstandards“***

Abschlußbericht

im Auftrag des

Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)

Bearbeitung: IWB Gemeinnütziges Institut Wasser und Boden e.V.
Bonn – Sankt Augustin – Siegen

Professor Dr.-Ing. Hartmut Witte, Universität-GH Siegen
Dr.-Ing. Jörg Strunkheide, IWB Sankt Augustin
Dipl.-Ing. Mario Seibert
Dipl.-Ing. Lars Priebe

Auftraggeber: Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf

Auftragnehmer: IWB Gemeinnütziges Institut Wasser und Boden e.V.
Bonn – Sankt Augustin – Siegen
Oelgartenstraße 18
53757 Sankt Augustin
Telefon: (0 22 41) 34 10 87 / 33 31 23
Telefax (0 22 41) 33 40 42
e-mail: IWB-mail@t-online.de
Internet: <http://www.iwb-bonn.de>

Projektbegleitung: Arbeitskreis „Abwasserinitiative Südwestfalen“

Bearbeitung: Professor Dr.-Ing. Hartmut Witte
Dr.-Ing. Jörg Strunkheide
Dipl.-Ing. Mario Seibert
Dipl.-Ing. Lars Priebe

Sankt Augustin, den: 21.02.2002



Professor Dr.-Ing. Hartmut Witte
(Vorstand)



Dr.-Ing. Jörg Strunkheide
(Geschäftsführer)

VORWORT ZUR ABWICKLUNG DES VORHABENS

Der Abschlußbericht ist vom IWB Institut Wasser und Boden e.V. in Sankt Augustin unter Leitung von Professor Dr.-Ing. Hartmut Witte, Universität Siegen, erstellt worden. Die Bearbeitung erfolgte in Teilschritten, deren Entwicklung durch die Abwasserinitiative Südwestfalen maßgeblich unterstützt wurde. Insbesondere wurden die einzelnen Bearbeitungsschritte durch einen eigens gegründeten Beirat der Abwasserinitiative ständig hinterfragt und fortentwickelt. Mitglieder des Beirates waren die Herren:

Dr. Wolfgang *Willmann* (federführend), SIHK zu Hagen
Dieter *Arthecker*, Stora Enso Kabel GmbH & Co. KG, Hagen
Dipl.-Ing. Hans-Joachim *Bihs*, Stadt Hagen
Dipl.-Ing. Berthold *Böcker*, Zeschky Galvanik GmbH & Co. KG, Wetter
Werner von *Buchwald*, IHK zu Arnsberg
Dr.-Ing. Thomas *Grünebaum*, Ruhrverband, Essen
Dr. Christopher *Grünwald*, Gebr. Grünwald GmbH & Co. KG, Kirchhundem
Bürgermeister Theo *Hilchenbach*, Stadtverwaltung Drolshagen
Ass. Rudolf *König gen. Kersting*, IHK zu Siegen
Michael *Kohlhaas*, Stora Enso Kabel GmbH & Co. KG, Hagen
Dipl.-Ing. Peter *Lemmel*, Ruhrverband, Essen

Auf diesem Weg wurden insgesamt viele gemeinschaftlich akzeptierte Aussagen erarbeitet. Ohne die mit erheblichem finanziellen und zeitlichen Aufwand verbundenen Aktivitäten des Beirates wäre das hiermit vorliegende Ergebnis nicht möglich gewesen. Den Mitgliedern des Beirates sei an dieser Stelle für deren Mitwirkung ausdrücklich gedankt.

Auch den im Rahmen der Fallbeispiele mitwirkenden Kommunen und Industriebetrieben sei gedankt, die ein umfangreiches Datenmaterial zur Verfügung gestellt haben.

Das Forschungsvorhaben wurde vom Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen finanziell gefördert.

Sankt Augustin im Februar 2002

Professor Dr.-Ing. Hartmut Witte
(Universität-GH Siegen)

Dr.-Ing. Jörg Strunkheide
(IWB Sankt Augustin)

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	I
ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	V
TABELLENVERZEICHNIS.....	XI
VERZEICHNIS DER WICHTIGSTEN ABKÜRZUNGEN	XIII
1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG.....	1
2 TECHNISCHE SEKTOREN DER ABWASSERBESEITIGUNG, KOSTEN UND KOSTENVERTEILUNG.....	4
3 BETEILIGTE UNTERNEHMEN UND KOMMUNEN.....	8
4 METHODIK.....	10
4.1 Fallbeispiele.....	10
4.2 Erfassung des Ausgangszustandes.....	13
4.3 Ermittlung der Wirkbereiche (Wirkmodell).....	14
4.4 Einflußgrößen.....	16
4.4.1 Sektor I: Abwassererzeuger (Unternehmen/Bürger).....	16
4.4.2 Sektor II: Abwasserableiter (Kommune).....	17
4.4.3 Sektor III: Abwasserbehandler (Verband/ Kommune).....	17
4.5 Modellmäßige Beschreibung der Kostenfunktionen.....	20
4.6 Eindimensionale Betrachtung.....	24
4.7 Mehrdimensionale Betrachtung.....	27
5 UNTERSUCHUNG DER FALLBEISPIELE (GRUNDLAGEN, PROBLEMFELDER UND SZENARIEN).....	29
5.1 Fallbeispielgruppe A.....	31
5.1.1 Fallbeispiel A.1 Papier-Industrie 1 / Kommune 1 / Abwasserverband.....	31
5.1.1.1 Grundlagen.....	31
5.1.1.2 Problemfelder.....	35
5.1.1.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgebung) in drei Szenarien.....	36
5.1.1.4 Auswirkungen der Impulsgebung auf den Sektor III.....	37
5.1.1.5 Beitragsentwicklung im Sektor III und die Rückwirkung auf den Sektor I.....	39
5.1.1.6 Handlungsempfehlungen.....	42
5.1.2 Fallbeispiel A.2 Galvanik-Industrie 1 / Kommune 1 / Abwasserverband.....	43
5.1.2.1 Grundlagen.....	43
5.1.2.2 Problemfelder.....	46

5.1.2.3	Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgebung) in drei Szenarien	46
5.1.2.4	Auswirkungen der Impulsgebung auf die Sektoren II und III.....	50
5.1.2.4.1	Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)	50
5.1.2.4.2	Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)	51
5.1.2.5	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise	53
5.1.2.6	Gebühren- und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	54
5.1.2.7	Handlungsempfehlungen.....	56
5.1.3	Fallbeispiel A.3 Galvanik-Industrie 2 / Kommune 2 / Abwasserverband.....	58
5.1.4	Fallbeispiel A.4 Papier-Industrie 2 / Kommune 3 / Abwasserverband.....	59
5.1.4.1	Grundlagen	59
5.1.4.2	Problemfelder	62
5.1.4.3	Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgebung) in zwei Szenarien.....	62
5.1.4.4	Auswirkungen der Impulsgebung auf die Sektoren II und III.....	64
5.1.4.4.1	Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)	64
5.1.4.4.2	Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)	65
5.1.4.5	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise	66
5.1.4.6	Gebühren- und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	67
5.1.4.7	Handlungsempfehlungen.....	71
5.1.5	Fallbeispiel A.5 Fleischverarbeitungs-Industrie / Kommune 4 / Abwasserverband	73
5.1.5.1	Grundlagen	73
5.1.5.2	Problemfelder	77
5.1.5.3	Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgebung) in fünf Szenarien	78
5.1.5.4	Auswirkungen der Impulsgebung auf die Sektoren II und III.....	81
5.1.5.4.1	Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)	81
5.1.5.4.2	Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)	85
5.1.5.5	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise	88
5.1.5.6	Gebühren und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	89
5.1.5.7	Handlungsempfehlungen.....	95
5.2	Fallbeispielgruppe B	97
5.2.1	Fallbeispiel B.1 Kommune 4 / Papier-Industrie 1 / Abwasserverband.....	97
5.2.1.1	Grundlagen	97
5.2.1.2	Problemfelder	98
5.2.1.3	Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgebung) in zwei Szenarien.....	98
5.2.1.4	Auswirkungen der Impulsgebung auf die Sektoren II und III.....	100
5.2.1.5	Handlungsempfehlungen.....	101
5.2.2	Fallbeispiel B.2 Kommune 5 / Galvanik-Industrie 1 / Abwasserverband.....	102
5.2.2.1	Grundlagen	102
5.2.2.2	Problemfelder	108
5.2.2.3	Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgebung) in zwei Szenarien.....	108
5.2.2.4	Auswirkungen der Impulsgebung auf die Sektoren II und III.....	110
5.2.2.4.1	Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)	110
5.2.2.4.2	Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)	111
5.2.2.5	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise	113
5.2.2.6	Gebühren und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	114
5.2.2.7	Handlungsempfehlungen.....	117
5.2.3	Fallbeispiel B.3 Kommune 6 / Fleischverarbeitungs-Industrie	118
5.2.3.1	Grundlagen	118

5.2.3.2	Problemfelder	122
5.2.3.3	Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impuls-gabe) in fünf Szenarien	122
5.2.3.4	Auswirkungen der Impuls-gabe auf die Sektoren II und III.....	125
5.2.3.4.1	Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)	125
5.2.3.4.2	Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)	126
5.2.3.5	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise	128
5.2.3.6	Gebühren- und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	129
5.2.3.7	Handlungsempfehlungen.....	133
5.2.4	Fallbeispiel B.4 Kommune 7 / Papier-Industrie 2	134
5.2.4.1	Grundlagen	134
5.2.4.2	Problemfelder	139
5.2.4.3	Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impuls-gabe) in zwei Szenarien.....	139
5.2.4.4	Auswirkungen der Impuls-gabe auf die Sektoren II und III.....	140
5.2.4.4.1	Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)	140
5.2.4.4.2	Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)	142
5.2.4.5	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise	145
5.2.4.6	Gebühren- und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	145
5.2.4.7	Handlungsempfehlungen.....	147
5.3	Vergleichende Betrachtung der Handlungsempfehlungen aus den Fallbeispielen	148
6	MEHRDIMENSIONALE BETRACHTUNG, ABLEITUNG EINER VERURSACHERGERECHTEN KOSTENUMLAGE ALS ÖKONOMISCHES REGULATIV.....	152
6.1	Mehrdimensionale Betrachtung – Weiterentwicklung des Instrumentariums zur Beurteilung der Zusammenhänge	152
6.2	Ableitung einer verursachergerechten Kostenerfassung und einer Kostenumlage auf der Basis mehrdimensionaler Betrachtungen.....	158
6.2.1	Verknüpfte Kostenerfassung als Ausgangspunkt einer ökonomischen Optimierung	158
6.2.2	Systemverhalten bei Zunahme bzw. Abnahme der industriellen Abwassermenge X_{Qi} im Sektor I hinsichtlich der Gebührenentwicklung	158
6.2.3	Kombinierter Ansatz aus als Fixwert pauschalisierter Gebühr und variabler Gebühr	160
6.2.4	Besonderheiten der Gebührenbetrachtungsweise	175
7	ALLGEMEINE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN.....	177
7.1	Kostenorientierte Erfassung der vorhandenen Abwasserbeseitigung und Optimierung des Umlagesystems	177
7.1.1	Zielsetzung von Erfassung und Optimierung der Kostenumlage	177
7.1.2	Erfassung der vorhandenen Abwasserbeseitigungssituation	178
7.1.3	Analyse der Kosten	179
7.1.4	Verursachergerechte Kostenumlage	179
7.2	Kostenoptimierung bei Veränderung der Randbedingungen im Abwasserbeseitigungssystem.....	182
7.2.1	Zielvorgaben der Kostenoptimierung	182

7.2.2	Handlungsempfehlungen aus den Fallbeispielen – Abwassermengenänderung	183
7.2.3	Handlungsempfehlungen aus den Fallbeispielen – Änderung der Abwasserzusammensetzung.....	186
7.2.4	Handlungsempfehlungen bei Änderung der Rahmenbedingungen bzw. bei gravierenden wasserwirtschaftlichen Maßnahmen	188
LITERATURVERZEICHNIS		190
ANHANG		[CD]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Untersuchungsmodell	5
Abbildung 4-1:	Fallbeispielgruppe A	11
Abbildung 4-2:	Fallbeispielgruppe B	11
Abbildung 4-3:	Erfassung des Ausgangszustandes.....	13
Abbildung 4-4:	Ermittlung der Wirkbereiche	15
Abbildung 4-5:	Einflußgrößen	19
Abbildung 4-6:	Kostenfunktionen in Abhängigkeit der Einflußgrößen X_i (X_{Qi} , X_E , X_{Ared}) für den Sektor I	21
Abbildung 4-7:	Kostenfunktionen in Abhängigkeit der Einflußgrößen X_i (X_{Qi} , X_E , X_{Ared}) für den Sektor II	22
Abbildung 4-8:	Kostenfunktionen in Abhängigkeit der Einflußgrößen X_i (X_{Qi} , X_E , X_{Ared}) für den Sektor III	23
Abbildung 4-9:	Eindimensionale Betrachtung.....	24
Abbildung 4-10:	Darstellung der Jahreskosten als Funktion der industriellen Abwassermengen....	25
Abbildung 4-11:	Mehrdimensionale Betrachtung.....	27
Abbildung 4-12:	Ablaufschema zur mehrdimensionalen Betrachtung monetär funktional erfaßbarer Einflußgrößen	28
Abbildung 5-1:	Fließschema der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Papier-Industrie 1	32
Abbildung 5-2:	Fließschema der Kläranlage A.1	34
Abbildung 5-3:	Jahreskosten der Papier-Industrie 1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) –Szenario 1.....	36
Abbildung 5-4:	Jahreskosten der Papier-Industrie 1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) –Szenario 2.....	37
Abbildung 5-5:	Jahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) - Szenario 1	38
Abbildung 5-6:	Jahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) - Szenario 2	38
Abbildung 5-7:	Jahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) - Szenario 3	39
Abbildung 5-8:	Umlage auf die Papier-Industrie 1 – Szenario 1 und 2.....	40
Abbildung 5-9:	Rückerstattung durch den Abwasserverband – Szenario 1	40
Abbildung 5-10:	Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 1 (mit Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 1 und 2	41

Abbildung 5-11:	Gesamtjahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (mit Veranlagung und Rückerstattung) - Szenario 1.....	41
Abbildung 5-12:	Fließschema der Kläranlage A.2	45
Abbildung 5-13:	Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1.....	47
Abbildung 5-14:	Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2.....	48
Abbildung 5-15:	Jahreskosten der Kommune 1 – Szenario 1 und 2	51
Abbildung 5-16:	Jahreskosten der Kläranlage A.2 – Szenario 1	52
Abbildung 5-17:	Jahreskosten der Kläranlage A.2 – Szenario 2.....	53
Abbildung 5-18:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2.....	53
Abbildung 5-19:	Niederschlagswassergebühr – Szenario 1 und 2.....	54
Abbildung 5-20:	Schmutzwassergebühr – Szenario 1 und 2	54
Abbildung 5-21:	Gebühren und Veranlagung der Galvanik-Industrie 1 – Szenario 1.....	55
Abbildung 5-22:	Gebühren und Veranlagung der Galvanik-Industrie 1 – Szenario 2.....	55
Abbildung 5-23:	Gesamtjahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2.....	56
Abbildung 5-24:	Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2.....	56
Abbildung 5-25:	Fließschema der Kläranlage A.4 (vor Umbau)	61
Abbildung 5-26:	Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1.....	63
Abbildung 5-27:	Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2.....	64
Abbildung 5-28:	Jahreskosten der Kommune 3 – Szenario 1 und 2	65
Abbildung 5-29:	Jahreskosten der Kläranlage A.4 – Szenario 1	65
Abbildung 5-30:	Jahreskosten der Kläranlage A.4 – Szenario 2.....	66
Abbildung 5-31:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1	67
Abbildung 5-32:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 2	67
Abbildung 5-33:	Gebührenentwicklung der Kommune 3 – Szenario 1	68
Abbildung 5-34:	Umlage auf die Papier-Industrie 2 – Szenario 1.....	68
Abbildung 5-35:	Umlage auf den Bürger – Szenario 1.....	69

Abbildung 5-36:	Gebührenentwicklung der Kommune 3 – Szenario 2.....	69
Abbildung 5-37:	Umlage auf die Papier-Industrie 2 – Szenario 2.....	70
Abbildung 5-38:	Umlage auf den Bürger – Szenario 2.....	70
Abbildung 5-39:	Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 2 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1.....	71
Abbildung 5-40:	Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 2 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2.....	71
Abbildung 5-41:	Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 4 (IST-Zustand).....	74
Abbildung 5-42:	Fließschema der Kläranlage A.5.....	76
Abbildung 5-43:	Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1.....	78
Abbildung 5-44:	Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2.....	80
Abbildung 5-45:	Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 1.....	82
Abbildung 5-46:	Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 2.....	82
Abbildung 5-47:	Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 3a.....	83
Abbildung 5-48:	Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 3b.....	84
Abbildung 5-49:	Minderung des Gesamtregenbeckenvolumens der Kommune 4.....	85
Abbildung 5-50:	Jahreskosten der Kläranlage A.5 – Szenario 1.....	86
Abbildung 5-51:	Jahreskosten der Kläranlage A.5 – Szenario 2.....	87
Abbildung 5-52:	Jahreskosten der Kläranlage A.5 – Szenario 3.....	88
Abbildung 5-53:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenarien 1 und 2.....	88
Abbildung 5-54:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenarien 3a und b.....	89
Abbildung 5-55:	Gebührenentwicklung der Kommune 4 – Szenario 1 und 2.....	90
Abbildung 5-56:	Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 1.....	90
Abbildung 5-57:	Umlage auf den Bürger – Szenario 1.....	91
Abbildung 5-58:	Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 2.....	91
Abbildung 5-59:	Umlage auf den Bürger – Szenario 2.....	91
Abbildung 5-60:	Gesamtjahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (mit Gebühren und Veranlagung) - Szenario 1 und 2.....	92
Abbildung 5-61:	Gebührenentwicklung Kommune 4 – Szenario 3a.....	93

Abbildung 5-62:	Gebührenentwicklung Kommune 4 – Szenario 3b	93
Abbildung 5-63:	Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 3a	94
Abbildung 5-64:	Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 3b	94
Abbildung 5-65:	Umlage auf den Bürger - Szenario 3a	95
Abbildung 5-66:	Umlage auf den Bürger - Szenario 3b	95
Abbildung 5-67:	Jahreskosten der Papier-Industrie 1 (getrennt nach fixem und variablem Anteil) – Szenario 1 und 2.....	99
Abbildung 5-68:	Jahreskosten des Abwasserverbandes (infolge Ausbau der Kläranlage A.5) Szenarion 1 und 2.....	101
Abbildung 5-69:	Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 5 (IST-Zustand)	103
Abbildung 5-70:	Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 5 (nach Ansiedlung)	104
Abbildung 5-71:	Fließschema der Kläranlage B.2 (IST-Zustand)	106
Abbildung 5-72:	Fließschema der Kläranlage B.2 (nach Ansiedlung)	107
Abbildung 5-73:	Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1.....	109
Abbildung 5-74:	Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2.....	109
Abbildung 5-75:	Jahreskosten der Kommune 5 - Szenario 1 und 2	111
Abbildung 5-76:	Jahreskosten der Kläranlage A.3 – Szenario 1	112
Abbildung 5-77:	Jahreskosten der Kläranlage B.2 – Szenario 2.....	113
Abbildung 5-78:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2.....	114
Abbildung 5-79:	Gebührenentwicklung der Kommune 5 – Szenario 1 und 2.....	115
Abbildung 5-80:	Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2.....	115
Abbildung 5-81:	Umlage auf die Galvanik-Industrie 1 – Szenario 1	116
Abbildung 5-82:	Umlage auf die Galvanik-Industrie 1 – Szenario 2.....	116
Abbildung 5-83:	Gesamtjahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2.....	117
Abbildung 5-84:	Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 6 (IST-Zustand)	119
Abbildung 5-85:	Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 6 (nach Ansiedlung)	120
Abbildung 5-86:	Fließschema der Kläranlage B.3	121
Abbildung 5-87:	Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1.....	123

Abbildung 5-88:	Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2.....	124
Abbildung 5-89:	Minderung des Gesamtspeichervolumens der Kommune 6	125
Abbildung 5-90:	Jahreskosten der Kommune 6 – Szenario 1	126
Abbildung 5-91:	Jahreskosten der Kommune 6 – Szenario 2	127
Abbildung 5-92:	Jahreskosten der Kommune 6 – Szenario 3a und 3b.....	128
Abbildung 5-93:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2.....	129
Abbildung 5-94:	Gebührenentwicklung der Kommune 6 – Szenario 1	130
Abbildung 5-95:	Gebührenentwicklung der Kommune 6 – Szenario 2	130
Abbildung 5-96:	Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie – Szenario 1 und 2.....	131
Abbildung 5-97:	Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2.....	131
Abbildung 5-98:	Gesamtjahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2.....	132
Abbildung 5-99:	Gebührenentwicklung in der Kommune 6 – Szenario 3a und 3b.....	132
Abbildung 5-100:	Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 7 (IST-Zustand)	135
Abbildung 5-101:	Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 7 (nach Ansiedlung)	136
Abbildung 5-102:	Fließschema der Kläranlage B.4	138
Abbildung 5-103:	Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1.....	139
Abbildung 5-104:	Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2.....	140
Abbildung 5-105:	Jahreskosten der Kommune 7 – Szenario 1	141
Abbildung 5-106:	Jahreskosten der Kommune 7 – Szenario 2	142
Abbildung 5-107:	Veränderung des erfaßten Belebungsbeckenvolumens infolge einer Erhöhung des Trockenwetterzuflusses der Papier-Industrie 2	143
Abbildung 5-108:	Zusätzliche Jahreskosten der Kläranlage B.4 – Szenario 1.....	144
Abbildung 5-109:	Zusätzliche Jahreskosten der Kläranlage B.4 – Szenario 2.....	144
Abbildung 5-110:	Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2.....	145
Abbildung 5-111:	Gebührenentwicklung - Szenario 1 und 2	146
Abbildung 5-112:	Umlage auf die Papier-Industrie 2 – Szenario 1 und 2.....	146
Abbildung 5-113:	Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2.....	146

Abbildung 5-114:	Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 2 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2.....	147
Abbildung 6-1:	Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K^{II}(X_{Qi})$ infolge Reduzierung von X_{Ared}	153
Abbildung 6-2:	Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K^{II}(X_{Ared})$ infolge Erhöhung von X_{Qi}	154
Abbildung 6-3:	Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K^{III}(X_{Qi})$ infolge Erhöhung von X_E	155
Abbildung 6-4:	Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K^{III}(X_E)$ infolge Erhöhung von X_{Qi}	156
Abbildung 6-5:	Schematische Darstellung der Abhängigkeit der Gebühr bei Zunahme der Einflußgröße	159
Abbildung 6-6:	Gebührenentwicklung bei Reduktion der industriellen Abwassermenge.....	159
Abbildung 6-7:	Kostenumlage im Sektor II (Abwasserableiter) nach dem <u>gemischten Maßstab</u>	162
Abbildung 6-8:	Veränderung der Fixkostenpauschale für Industrie und Bürger im Sektor II (Abwasserableitung)	164
Abbildung 6-9:	Pauschalisierung der Abwasserablenkungsgebühr des industriellen Einleiters	165
Abbildung 6-10:	Kostenumlage im Sektor II (Abwasserableiter) nach dem <u>gesplitteten Maßstab</u>	168
Abbildung 6-11:	Kostenumlage im Sektor III (Abwasserbehandler)	174

Tabellenverzeichnis

Tabelle 3-1:	Im Rahmen des Untersuchungsmodells mitwirkende Industrieunternehmen.....	8
Tabelle 3-2:	Im Rahmen des Untersuchungsmodells mitwirkende Kommunen.....	9
Tabelle 5-1:	Ablaufkonzentrationen der ARA Papier-Industrie 1	32
Tabelle 5-2:	CSB und BSB ₅ -Daten der ARA Papier-Industrie 1	33
Tabelle 5-3:	Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.1	35
Tabelle 5-4:	Ablaufkonzentrationen und –frachten der relevanten Schwermetalle der vorbehandelten Prozeßabwässer	44
Tabelle 5-5:	Konzentrationen der anfallenden Schwermetalle	44
Tabelle 5-6:	Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.2.....	46
Tabelle 5-7:	Ablaufkonzentrationen des Festbettreaktors der Galvanik-Industrie 1.....	47
Tabelle 5-8:	Jahresregenabflußspende (Überschlagsrechnung).....	49
Tabelle 5-9:	Abschätzung der Investitionskosten und Ergänzungen	49
Tabelle 5-10:	Einsparung durch Substituierung.....	50
Tabelle 5-11:	Durchschnittliche Ablaufkonzentrationen der Papier-Industrie 2.....	59
Tabelle 5-12:	Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.4.....	62
Tabelle 5-13:	Ablaufkonzentrationen der vorbehandelten Abwässer der Fleischverarbeitungs-Industrie	73
Tabelle 5-14:	Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.5.....	77
Tabelle 5-15:	Mischkonzentrationen des Abwassers der Werke 1 und 2 der Fleischverarbeitungs-Industrie	78
Tabelle 5-16:	Mischkonzentrationen des Abwassers der Fleischverarbeitungs-Industrie bei nachgeschaltetem Tropfkörper	79
Tabelle 5-17:	Jahreskosten im Sektor I – Szenario 1 und 2.....	99
Tabelle 5-18:	Jahreskosten im Sektor III – Szenario 1 und 2.....	100
Tabelle 5-19:	Zulaufkonzentrationen der Kommune 2.....	105
Tabelle 5-20:	Zulaufkonzentrationen der Kläranlage B.3.....	122
Tabelle 5-21:	Einzuhaltende Ablaufkonzentrationen (Überwachungswerte) der Kläranlage B.3	122
Tabelle 5-22:	Angenommene Abwasserkonzentration der Papier-Industrie 2 in Szenario 2.....	140

Tabelle 5-23:	Übersicht über die Ergebnisse der Fallbeispielrechnungen A: Variationen im Bestand (Bestandsanalyse)	149
Tabelle 5-24:	Übersicht über die Ergebnisse der Fallbeispielrechnungen B: Planspiele	150

Verzeichnis der wichtigsten Abkürzungen

Abkürzung	Erläuterung
X_i	Einflußgröße i
X_{Qi}	industrielle Abwassermenge [m^3/a]
X_E	angeschlossene Einwohner [EW]
X_{Ared}	abflußwirksame Fläche [m^2]
$K^I(X_i)$	Jahreskosten im Sektor I (Abwassererzeuger) als Funktion von X_i [DM/a]
$K^{II}(X_i)$	Jahreskosten im Sektor II (Abwasserableiter) als Funktion von X_i [DM/a]
$K^{III}(X_i)$	Jahreskosten im Sektor III (Abwasserbehandler) als Funktion von X_i [DM/a]
$K_{ges.}(X_i)$	volkswirtschaftliche Gesamtkosten ($K^I(X_i) + K^{II}(X_i) + K^{III}(X_i)$) als Funktion von X_i [DM/a]
ΔK	Kostensprung [DM/a]
FK	Fixkosten [DM/a]
VK	variable Kosten [DM/a]
SW	Schmutzwasser
RW	Regenwasser
A	Ausgangszustand
S	Schwellenwert
FKP	Fixkostenpauschale bei der Kostenumlage [DM/a]
VKG	variable Kostenanteile bei der Kostenumlage [DM/a]
VG	spezifische variable Gebühr [DM/ m^3]
$FK^{II}_{ges. SW+RW,A}$	für die Schmutz- <u>und</u> Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende Fixkosten im Ausgangszustand [DM/a]
$VK^{II}_{ges. SW+RW,A}$	für die Schmutz- <u>und</u> Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende variable Kosten im Ausgangszustand [DM/a]
$FK^{II}_{ges. SW,A}$	für die Schmutzwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende Fixkosten im Ausgangszustand [DM/a]
$VK^{II}_{ges. SW,A}$	für die Schmutzwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende variable Kosten im Ausgangszustand [DM/a]
$FK^{II}_{ges. RW,A}$	für die Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende Fixkosten im Ausgangszustand [DM/a]
$VK^{II}_{ges. RW,A}$	für die Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende variable Kosten im Ausgangszustand [DM/a]
$K^{III}_{ges.,i}$	für die Behandlung der industriellen Abwässer insgesamt im Sektor III anzusetzende Kosten [DM/a]
$FK^{III}_{ges.,i}$	für die Abwasserbehandlung der Industrie anfallende Fixkosten [DM/a] im Sektor III als Funktion der emittierten Abwasserinhaltsstoffe (z.B. CSB-, N-, P-Fracht etc.)
$VK^{III}_{ges.,i}$	für die Abwasserbehandlung der Industrie anfallende variable Kosten [DM/a] im Sektor III als Funktion der emittierten Abwasserinhaltsstoffe (z.B. CSB-, N-, P-Fracht etc.)

Anmerkung: Vorhandene Kapitel-, Abbildungs- und Tabellenbezüge haben nur Gültigkeit innerhalb des Abschlußberichtes

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

In den vergangenen Jahrzehnten wurde in der Bundesrepublik Deutschland mit erheblichen Investitionen ein hoher Qualitätsstandard im Umweltschutz allgemein und im Gewässerschutz im besonderen erzielt. Der Ausbau der abwassertechnischen Anlagen führte zwangsläufig zu einem erheblichen Anstieg der Abwassergebühren und belastet in zunehmenden Maße sowohl private als auch öffentliche Haushalte. Als Folge der steigenden Kosten wird der Ruf nach Kosteneinsparpotentialen immer lauter. Die allgemein angespannte Haushaltslage im öffentlichen Bereich und der erhöhte Wettbewerbsdruck im industriellen Bereich üben verstärkt Druck in diese Richtung aus. Die derzeitigen Organisationsstrukturen bei der Abwasserbeseitigung führen häufig dazu, daß zunächst Abwassererzeuger für sich allein Lösungen suchen. Dies kann aber zu insgesamt unerwünschten Auswirkungen führen.

- Ein indirekteinleitender Industriebetrieb mit großem Wasserverbrauch investiert in eine Prozeßwasserkreislaufführung und spart dadurch Wasser- und Abwassergebühren. Die betrieblichen Investitionen führen aber nicht zu Einsparungen in vergleichbarer Höhe bei der zuständigen Abwasserkörperschaft, da diese hohe Fixkosten der vorhandenen Anlagenteile weiterhin in der Kalkulation berücksichtigen muß. Da diese Kosten auf eine geringere Wassermenge und gegebenenfalls Schadstofffracht umgelegt werden müssen, ergeben sich umgekehrt für die verbliebenen Leistungsnehmer erhöhte Gebühren. Ähnliches geschieht, wenn durch konjunkturelle Schwankungen oder sonstige Einflüsse prognostizierte Abwassermengen oder Schmutzfrachten nicht anfallen.
- Im Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen (§ 51a) wird unter bestimmten Voraussetzungen eine ortsnahe Ableitung, Versickerung oder Verrieselung von Niederschlagswasser gefordert. Der Abwasseranlagenbetreiber verpflichtet hierzu nicht unbedingt die Grundstücksbesitzer. I.d.R. werden die Verpflichtungen über die Auflagen in den Baugenehmigungen umgesetzt. Dadurch werden in der Ortsentwässerung bereits verwirklichte Kapazitäten der Kanäle und Kläranlagen nicht wie prognostiziert genutzt. Trotz einer wasserwirtschaftlich sinnvollen Maßnahme müssen bereits veranlaßte Investitions- und Betriebskosten in nahezu gleichem Umfang umgelegt werden. Beim Grundstückseigentümer entsteht möglicherweise eine geringere Kostenbelastung bei der Abwassergebühr – dagegen können sich jedoch erhöhte Kosten bei seiner eigenen Grundstücksentwässerung ergeben.
- Mit steigendem Grad der Flächenversiegelung und Regenwasserbehandlung werden zunehmend gesplittete Abwassergebühren für Schmutzwasser und Regenwasser erhoben. Hieraus ergibt sich ein Anreiz, insbesondere für Industriebetriebe mit größeren Anteilen versiegelter Flächen, das auf dem Grundstück anfallende Regenwasser nicht mehr der öffentlichen Kanalisation zuzuführen. Auch hier führen die einzelwirtschaftlichen Einsparungen nicht zwangsläufig zur Optimierung des Gesamtsystems, zumal die bereits getätigten Investitionen für die gemeinschaftliche Niederschlagswasserbehandlung weiterhin einen Kapitaldienst verursachen. Auf jeden Fall ergeben sich durch die hohen Fixkosten wiederum steigende Abwassergebühren.

- Aber auch finanziell positive Auswirkungen sind durch technisch richtige Ansätze zu erreichen. So ist es zum Beispiel sinnvoll, eine Vorbehandlung industrieller Abwässer am Anfallort bzw. im Indirekteinleiterbereich zu unterlassen, wenn diese leicht abbaubare Verbindungen enthalten, die auf der gemeinschaftlichen Kläranlage als Kohlenstoffquelle für die Denitrifikation genutzt werden können. Hierdurch könnte eine ggf. erforderliche Zugabe externer, künstlicher Kohlenstoffverbindungen bei der biologischen Abwasserreinigung, die mit erheblichem Kostenaufwand verbunden ist, vermieden werden.

Die vorstehenden Beispiele verdeutlichen die Notwendigkeit, die Interdependenz öffentlicher und industrieller Belange im Bereich der Abwasserbeseitigung sowohl bei der Planung als auch beim Betrieb von Abwasseranlagen in stärkerem Maße als bisher zu berücksichtigen, um wirtschaftliche Lösungen **unter Einhaltung der Umweltstandards** zu ermöglichen.

Ein ganzheitliches Analyse- und Planungsinstrument zur Abstimmung der denkbaren technischen Maßnahmen zur Erfüllung der Anforderungen existiert bisher nicht. Vielmehr ist jeder Erzeuger von Abwasser im Rahmen seines Verantwortungsbereiches vielfach isoliert um Problemlösungen bemüht, eine Denkweise, die auch bei sonstigen Beteiligten häufig beobachtet wird. Eine Abstimmung erfolgt zwar im Rahmen von planungsvorbereitenden Arbeiten im Sinne einer Grundlagenermittlung, eine weiterführende dynamische Optimierung des Gesamtsystems im Sinne von Variantenuntersuchungen unter Kombination von Einzelmaßnahmen unter Berücksichtigung zeitlicher Entwicklungen ist jedoch nicht vorhanden und muß gesucht werden.

Ziel des Projektes war die Erarbeitung von Vorschlägen zur Senkung der Abwasserkosten (absolut und spezifisch) bei Erhalt der Umweltstandards unter Berücksichtigung der Interdependenz öffentlicher und industrieller Belange im Bereich der Abwasserbeseitigungspflicht. Das Projekt sollte hierzu übertragbare Hilfestellungen erarbeiten, die für eine möglichst große Anzahl von Abwasserproduzenten und Abwasserbeseitigungspflichtigen verwendbar sein sollen. Insbesondere die nachfolgenden Leitfragen galt es im Zuge der Projektbearbeitung zu beantworten:

- In welchem Gesamtrahmen sind Handlungsstrategien zur Erfüllung der Abwasserbeseitigungspflicht unter Berücksichtigung der Interdependenz öffentlicher und industrieller Belange zu betrachten?
- Welche technischen Randbedingungen und Kostenstrukturen sind bei einer entsprechenden Betrachtung zu berücksichtigen?
- Welche Einflüsse und Wirkmechanismen ergeben sich aus den verschiedenen Rahmenbedingungen auf die maßgeblichen Strukturen? Welche Auswirkungen hat zum Beispiel die Absenkung der Wassermenge und/oder der Schmutzfracht im Abwassersystem?
- Welche wirtschaftlichen und technischen Auswirkungen entstehen durch isolierte Maßnahmen (Lenkungsinitiativen) der Abwassererzeuger bzw. der für Transport und Behandlung Zuständigen bei den bestehenden Abwassertransport- und -behandlungssystemen?

- Mit welchen Maßnahmen kann ein optimierter Mitteleinsatz unter Berücksichtigung öffentlicher, industrieller und privater Belange erreicht werden?
- Falls eine im Gesamtzusammenhang optimale Lösung zu ungleichmäßigen Belastungen in einzelnen Bereichen führt, wie können diese Belastungen verursachergerecht zugeordnet werden. Welche Modelle eines Ausgleichs dieser ungleichmäßigen Belastungen sind denkbar?
- Welche Erkenntnisse lassen sich davon für ein zukünftiges Handeln im praktischen und politischen Raum gewinnen?

Die im Rahmen des Projekts erarbeiteten Zusammenhänge und Lösungsvorschläge sollen weitestmöglich die praktischen Verhältnisse widerspiegeln. Daher war das Projekt auf Fallbeispielen aufgebaut. Durch modellhafte Betrachtungen wurden Handlungsalternativen durch unterschiedliche Szenarien beschrieben und bewertet.

Die Veranlassung und die Zielsetzung für das Projekt sind aus der Diskussion unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen über die Entwicklung im Bereich der Abwassertechnik und des Gewässerschutzes entstanden. Die Projektorganisation spiegelt diesen Diskussionsprozeß wider:

- Ideeller Träger des Projekts war die Abwasserinitiative Südwestfalen. In ihr haben sich Kommunen und Wirtschaft unter Federführung der Industrie- und Handelskammer in Arnsberg, Hagen und Siegen zusammengeschlossen. Die Abwasserinitiative hat hierzu einen projektbegleitenden Arbeitskreis (Beirat) eingerichtet, dessen Aufgabe es ist, den Ablauf des Projekts zu steuern, zu überwachen und an den wesentlichen Arbeitsschritten die Meilensteine für die weitere Projektbearbeitung zu setzen.
- Am Projekt war auch der Ruhrverband (Abwasserverband) beteiligt, der im projektbegleitenden Arbeitskreis mitwirkte.
- Die Projektbearbeitung selbst erfolgte durch das IWB Gemeinnütziges Institut Wasser und Boden e.V., Bonn - Sankt Augustin - Siegen, unter dem Vorsitz von Prof. Dr.-Ing. Hartmut Witte, Universität-GH Siegen. Das Projekt wurde finanziell durch das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV) gefördert. Der entsprechende Werkvertrag zwischen dem MUNLV und dem IWB wurde am 4. März 1999 abgeschlossen.

2 TECHNISCHE SEKTOREN DER ABWASSERBESEITIGUNG, KOSTEN UND KOSTENVERTEILUNG

Die derzeitigen technischen Strukturen der Abwasserbeseitigung werden durch die Anfallstellen des Abwassers sowie das System zur Abwasserableitung und zur Abwassereinigung geprägt. Abwassererzeuger sind Industrie- und Gewerbebetriebe, private Haushaltungen sowie öffentliche Einrichtungen. Bei den Abwasserarten ist zwischen Schmutz- und Regenwasser nach Herkunft, Menge, Qualität und zeitlicher Verteilung zu unterscheiden. Die Abwasserableitung übernimmt in der Regel die Kommune, wobei hier unterschiedliche Systeme und in der Folge gegebenenfalls auch unterschiedliche Verfahren zur Behandlung des Regenwasseranteils vorhanden sind. Die Behandlung des Abwassers in Kläranlagen erfolgt teils verantwortlich durch Kommunen, kommunale Einrichtungen, Verbände oder auch Industriebetriebe. Die Anforderungen an die Einleitungen von Abwasser ergeben sich aus den rechtlichen Rahmenbedingungen unter Berücksichtigung der jeweiligen örtlichen Verhältnisse. Die einzelnen Elemente des vorstehend beschriebenen Handlungsrahmens sind in der folgenden **Abbildung 2-1** dargestellt.

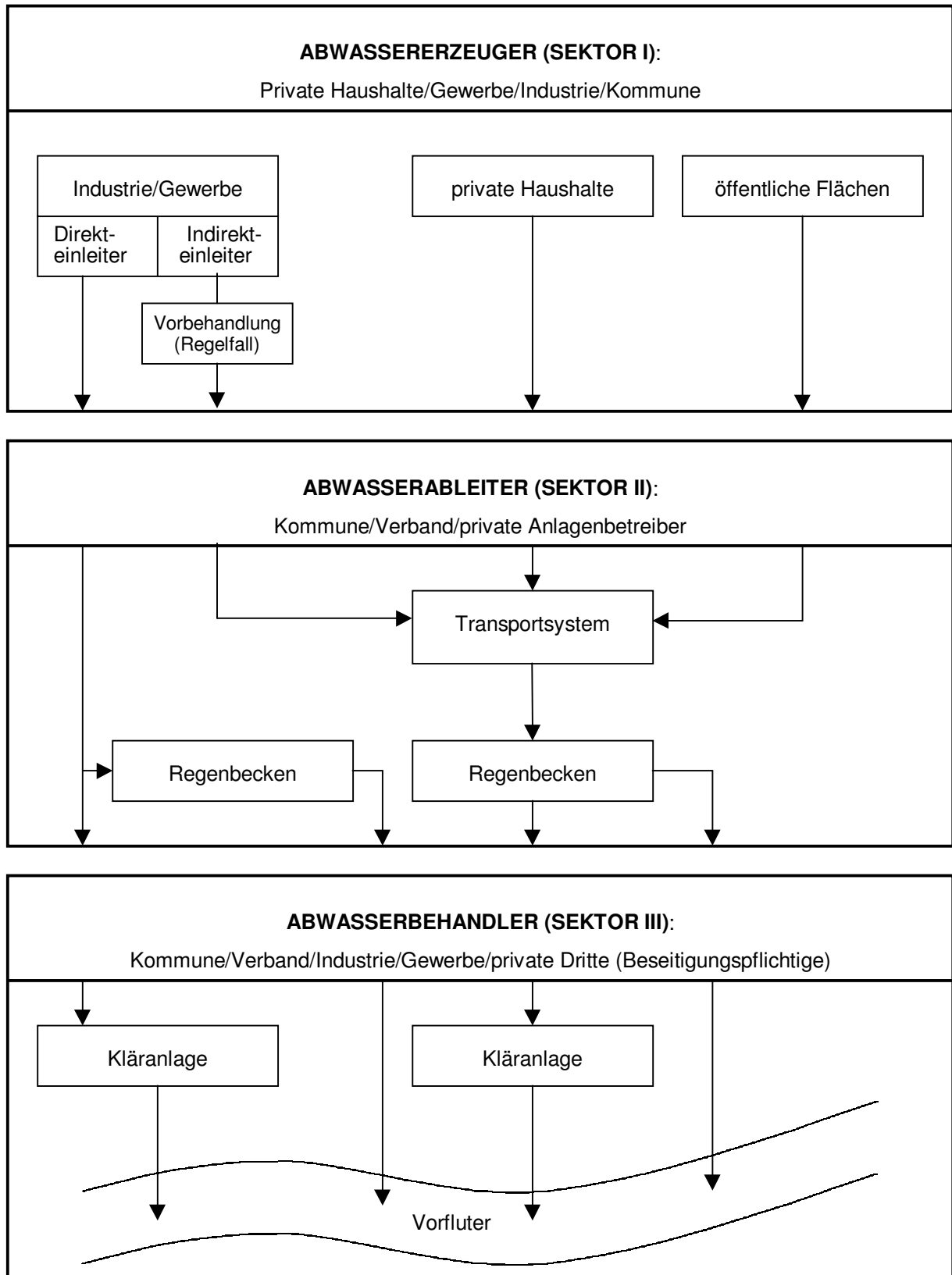


Abbildung 2-1: Untersuchungsmodell

Aus der Errichtung und dem Betrieb der vorstehend beschriebenen abwassertechnischen Anlagen ergeben sich Kosten. Hierbei ist nach Kostenarten zu unterscheiden zwischen

- **Fixkosten**, zum Beispiel durch getätigte Investitionen und
- **variablen Kosten**, zum Beispiel für den Betrieb der Anlagen.

Bei den *Fixkosten* ist zu differenzieren zwischen festgelegten Kosten (getätigten Investitionen) und beeinflussbaren Kosten, d. h. solchen, die geplant, aber noch nicht getätigt sind.

Die aus den Investitionskosten (Kapitalkosten) resultierenden Jahreskosten ergeben sich üblicherweise aus Abschreibung und Verzinsung. Besonderes Augenmerk ist hier auf die Abschreibungszeiträume und die Bezugsgröße der Abschreibung (Anschaffungs-/Herstellungskosten (AK/HK) bzw. Wiederbeschaffungszeitbeiwert) zu legen.

Bei den *variablen Kosten* ist weiter zu unterscheiden zwischen quasi-fixen variablen Kosten, die einer kurzfristigen Veränderung nicht zugänglich sind, zum Beispiel Personalkosten oder sonstige längerfristig gebundene Kostenarten, und echten variablen Kosten, wie zum Beispiel Energie- und Hilfsmittelverbrauchskosten und Reststoffentsorgungskosten.

Kosten entstehen sowohl im privaten, industriell gewerblichen wie auch im öffentlichen Bereich. Im industriellen Bereich gehen die Kosten der Abwasserentsorgung als interne und/oder externe Gemeinkosten in die Gesamtkosten der Produktion ein und belasten somit die Produktkosten. Die öffentlichen Träger der Abwasserbeseitigung legen ihre Kosten auf die Erzeuger von Abwasser um. Die gesetzlichen Grundlagen hierzu enthalten Gemeindeordnungen, Kommunalabgabengesetze, Verbandsgesetze etc., deren Erlaß in die Zuständigkeit der Länder, teilweise der Kommunen und die Selbstverwaltung der Verbände fällt. Wesentlicher Bestandteil der Kostenumlage ist die Abwassergebühr. Der Maßstab, nach dem die Gebühr zu bemessen ist, ist zunächst an den tatsächlichen Verhältnissen festzumachen (Wirklichkeitsmaßstab). In der Regel ist dies nicht mit vertretbarem Aufwand möglich, so daß ein Wahrscheinlichkeitsmaßstab gewählt werden kann, der nicht im offenkundigen Mißverhältnis zu der Inanspruchnahme stehen darf. Wesentlich ist, daß ein Zusammenhang zwischen Art und Umfang der Benutzung, also der erbrachten Leistung und der Gebühr besteht.

Im **kommunalen Bereich** wurde in der Vergangenheit zur Kostenverteilung in der Regel der Frischwasserverbrauch als Maßstab (Wahrscheinlichkeitsmaßstab) zugrunde gelegt. Dieser spiegelt im wesentlichen die Schmutzwassermengen wider. Die aus der technischen Entwicklung sich zwangsläufig ergebenden steigenden Kostenanteile der Regenwasserbehandlung an den Gesamtkosten des Abwassers führten dazu, daß der Frischwassermaßstab immer weniger die Gesamtsituation widerspiegelte. Durch die Einführung des § 51 Landeswassergesetz Nordrhein-Westfalen werden Grundstückseigentümer zukünftig gehalten, entweder nur noch Schmutzwasser in den Kanal einzuleiten oder aber separate Netze für die Ableitung des Regenwassers in Anspruch zu nehmen. Eine verursachergerechte und somit rechtssichere Erhebung der Abwassergebühren führt daher derzeit und zukünftig zwangsläufig zu einer Trennung von Schmutzwasser und Niederschlagswasser. Diese Tren-

nung bildet wieder einen Anreiz insbesondere für Emittenten größerer Wassermengen oder Frachtanteile, durch geeignete Maßnahmen Einsparungen zu bewirken. In der Folge können sich hieraus unterschiedliche Auswirkungen auf die Kostenstrukturen und im Endergebnis auf die Abwassergebühren ergeben. Auf die in **Kapitel 1** aufgeführten Beispiele wird verwiesen.

Im Bereich der **Abwasserverbände** stellt sich die Situation etwas anders dar. Diese hatten in der Vergangenheit weniger mit der Abwassersammlung, mehr jedoch mit der Abwasserreinigung zu tun. Um die Kosten der Abwasserbehandlung verursachergerecht umlegen zu können, mußte der aus der Abwasserreinigung herrührende Qualitätsanteil in den Wahrscheinlichkeitsmaßstab mit einbezogen werden. In der Zwischenzeit fanden Verschmutzungsparameter teils hierdurch, teils aus anderen Erwägungen in unterschiedlicher Weise und Umfang Eingang in die Gebührenumlagemaßstäbe von Abwasserverbänden und Städten und Gemeinden.

Die entstandenen Kosten haben entsprechend ihrem Gewicht in unterschiedlichem Umfang bei den im Abwasserbeseitigungsprozeß Beteiligten (**Abbildung 2-1**) zu Betroffenheiten geführt. Daraus ist der Wunsch entstanden, in die Entscheidungsprozesse mit einwirken zu können und hiermit Kosten zu reduzieren oder zu minimieren. Mit dem laufenden Projekt sollen aus einer Analyse des Geschehens Handlungsmöglichkeiten zur ökonomischen Verbesserung bei gleichen Umweltstandards entwickelt werden.

In die Betrachtung mit einzubeziehen sind die künftigen Vorgaben der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie [Europäisches Parlament (2000)], die eine EU-weite Bewirtschaftung der Gewässer nach Einzugsgebieten fordert. Erstmals in der EU-Gesetzgebung soll auch für die Wasserpolitik das Prinzip der Kostendeckung als wirtschaftliches Instrument berücksichtigt werden (Artikel 9 der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie). Dies beinhaltet insbesondere die Erfassung und Einbeziehung von Umwelt- und Ressourcenkosten. Durch diese Forderung soll eine höhere Effizienz der Wassernutzung bewirkt werden, so daß - unter Anwendung des Versursacherprinzips auf Verschmutzer – von der Angebotssteuerung zur Nachfragesteuerung übergegangen werden soll.

Den Mitgliedstaaten der EU ist hierbei freigestellt, wie und für welche Nutzungssektoren sie kostendeckende Wasserpreise vorschreiben. Die Wassernutzungen sind jedoch mindestens in die Sektoren Industrie, Haushalte und Landwirtschaft aufzugliedern. Die Kostendeckung ist darüber hinaus auf Wasserdienstleistungen beschränkt. Gemäß Artikel 2 (38) der EU-Wasser-Rahmenrichtlinie ist der Begriff „Wasserdienstleistung“ definiert als „alle Dienstleistungen (Entnahmen, Aufstauung, Speicherung, Abwassersammlung und –behandlung) für Haushalte, öffentliche Einrichtungen oder wirtschaftliche Tätigkeiten ...“.

Ziele und Hauptwerkzeuge, in deren Rahmen die Wassergebührenpolitik gesehen werden sollte, sind ökologisch und ganzheitlich orientierte Ziele für den Zustand der Gewässer, Strategien gegen die Wasserverschmutzung durch gefährliche Stoffe, Einzugsgebietsbewirtschaftung und öffentliche Beteiligung.

3 BETEILIGTE UNTERNEHMEN UND KOMMUNEN

Ausgewählte Unternehmen und Kommunen im südwestfälischen Raum waren gemäß **Tabelle 3-1** und **Tabelle 3-2** an dem Projekt beteiligt:

Tabelle 3-1: Im Rahmen des Untersuchungsmodells mitwirkende Industrieunternehmen

Unternehmen	Produktion/ Dienstleistung	Abwasseranfall und Art der betrieblichen Abwasserbehandlung	Jahreskosten der Abwasserbehandlung incl. Gebühren und Veranlagung
Galvanik-Industrie 1 (Indirekteinleiter)	Lohngalvanik (Dienstleister): Verzinken, Verkupfern, Vernickeln (Warendurchsatz ca. 27.000 t/a)	<ul style="list-style-type: none"> Abwasseranfall: ca. 60.000 m³/a Abwasservorbehandlung: Cyanoxidation/ Chromreduktion/ Neutralisation/ Flockung/ Cyclator/ Kiesfilter 	ca. 1,5 Mio. DM/a
Galvanik-Industrie 2 (Indirekteinleiter)	Armaturenfabrik (1.800 t/a)	<ul style="list-style-type: none"> Abwasseranfall: ca. 700 m³/a Abwasserreinigung: Chargenentgiftung der Galvano- abwässer (Ionenaustauscher/ Entgiftung/ Neutralisation/ Kam- merfilterpresse) 	ca. 0,3 Mio. DM/a
Papier-Industrie 1 (Direkteinleiter)	Herstellung von gestrichenem Druckpapier (ca. 550.000 t/a)	<ul style="list-style-type: none"> Abwasseranfall (Ablauf ARA): ca. 9,2 Mio. m³/a (hiervon ca. 2,0 Mio. m³/a kom- munales Abwasser) Abwasserreinigung: chemisch-physikalisch u. biologische Anlage gemeinsam mit kommunalem Abwasser 	ca. 5 Mio. DM/a
Papier-Industrie 2 (Indirekteinleiter)	Produktion von einseitig glatten Verpackungspapieren zur Herstellung von Servicepackungen für den Lebensmittelkontakt (ca. 30.000 t/a)	<ul style="list-style-type: none"> Abwasseranfall: ca. 170.000 m³/a Abwasserreinigung: Vorklärung (Absetzbecken), Entwässerung des anfallenden Schlammes 	ca. 1 Mio. DM/a
Fleischverarbeitungs-Industrie (Indirekteinleiter)	Schlachtung und Fleischverarbeitung (ca. 30.000 t/a)	<ul style="list-style-type: none"> Abwasseranfall: ca. 220.000 m³/a Abwasserreinigung: Fettabscheider Druckentspannungsflotation 	ca. 1,2 Mio. DM/a

Tabelle 3-2: Im Rahmen des Untersuchungsmodells mitwirkende Kommunen

Stadt/ Gemeinde	Einwoh- nerzahl	Kanalisationsnetz	Gebühren- maßstab	Betreiber der Kläranlagen/ Kanalisations- netz	Jahreskosten der Abwasser- beseitigung
Kommune 1	208.304	Gesamtlänge 626 km MW: 396 km SW: 110 km RW: 120 km	gesplittete Berechnung	Abwasser- verband/ Kommune 1	ca. 58 Mio. DM/a (incl. Veranlagung)
Kommune 2	24.126	Gesamtlänge 161 km MW: 81 km SW: 44 km RW: 36 km	gemeinsame Berechnung (Frischwasser)	Abwasser- verband/ Kommune 2	keine Angaben (incl. Veranlagung)
Kommune 3	13.280	keine Angaben	gemeinsame Berechnung (Frischwasser)	Abwasser- verband/ Kommune 3	keine Angaben
Kommune 4	18.505	Gesamtlänge 157 km MW: 81 km SW: 48 km RW: 28 km	gemeinsam nach modifi- ziertem Frisch- wassermaßstab	Abwasser- verband/ Kommune 4	ca. 5,5 Mio. DM/a (incl. Veranlagung)
Kommune 5	12.218	Gesamtlänge 110 km MW: 28 km SW: 60 km RW: 22 km	gemeinsame Berechnung (Frischwasser)	Abwasser- verband/ Kommune 5	ca. 3,3 Mio. DM/a (incl. Veranlagung)
Kommune 6	22.253	Gesamtlänge 198 km MW: 149 km SW: 23 km RW: 26 km	Frisch- wassermaßstab (sowie Grund- gebühr)	Kommune 6	ca. 7 Mio. DM/a
Kommune 7	16.249	Gesamtlänge 138 km MW: 93 km SW: 30 km RW: 15 km	gemeinsame Berechnung (Frischwasser)	Kommune 7	ca. 8 Mio. DM/a

Legende: MW = Mischwasser
SW = Schmutzwasser
RW = Regenwasser

Als Körperschaft des öffentlichen Rechts war ferner ein Abwasserverband beteiligt.

4 METHODIK

4.1 Fallbeispiele

Die im Rahmen des Projektes zu erarbeitenden Zusammenhänge und Lösungsvorschläge sollten weitestmöglich die praktischen Verhältnisse widerspiegeln. Daher war das Projekt auf Fallbeispielen aufgebaut. Durch modellhafte Betrachtungen sollten dann Handlungsalternativen durch unterschiedliche Szenarien für die oben bereits genannten Sektoren (**Abbildung 2-1**)

- Abwassererzeuger (Sektor I)
- Abwasserableiter (Sektor II)
- Abwasserbehandler (Sektor III)

beschrieben und bewertet werden.

Im Rahmen dieses Projektes wurden nachfolgende Fallbeispielgruppen untersucht:

Fallbeispielgruppe A (vgl. Kap. 5.1):

In der Fallbeispielgruppe A wurden seitens der beteiligten Unternehmen Problemfelder und Handlungsalternativen hinsichtlich wasserwirtschaftlicher bzw. relevanter produktionsinterner Maßnahmen und deren Auswirkungen auf die *vorhandenen* örtlichen Randbedingungen der korrespondierenden Kommune als Abwasserableiter und der Kommune bzw. des Abwasserverbandes als Abwasserbehandler untersucht (**Abbildung 4-1**). Es galt, insbesondere die Auswirkungen der wasserwirtschaftlichen Maßnahmen auf die maßgeblichen Strukturen herauszuarbeiten, um den Verantwortlichen Entscheidungshilfen - unter Berücksichtigung der Interdependenz öffentlicher und industrieller Belange – an die Hand zu geben. Als mögliche wasserwirtschaftliche Maßnahmen wurden sowohl die ortsnahe Regenwasserentsorgung als auch produktionsintegrierte Projekte (z.B. Optimierung bzw. Erweiterung der vorhandenen Abwasservorbehandlungsanlage) sowie sonstige Maßnahmen mit wasserwirtschaftlichen Auswirkungen in die Untersuchung mit einbezogen. Neben der Herausarbeitung der relevanten Einflußfaktoren und Wirkmechanismen war besonderes Augenmerk auf die jeweilige Gewichtung der Einflußfaktoren innerhalb des betrachteten Untersuchungsmodells (**Abbildung 2-1**) im Rahmen durchzuführender Sensibilitätsanalysen zu legen. Auch Extremwertbetrachtungen, wie zum Beispiel die vollständige Reduzierung der Emission aus einzelnen Bereichen, abwasserfreie Produktionsverfahren oder Standortverlagerung wurden bei den Untersuchungen berücksichtigt.

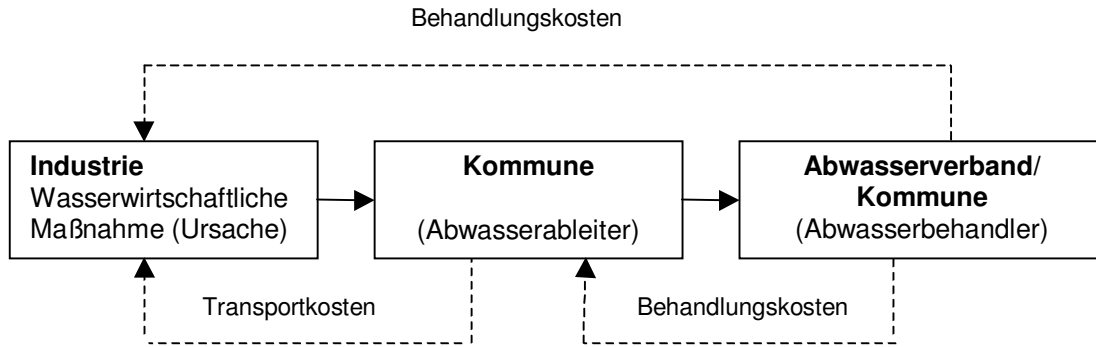


Abbildung 4-1: Fallbeispielgruppe A

Fallbeispielgruppe B (vgl. Kap. 5.2):

In der Fallbeispielgruppe B wurden die vier Unternehmen jeweils aus der bestehenden örtlichen Bindung gelöst und fiktiv, ausgehend von den mitwirkenden Kommunen (**Abbildung 4-2**), neu angesiedelt. Durch die fiktive Neuansiedlung ergeben sich zwangsläufig neue Problemfelder, für die unter Berücksichtigung öffentlicher, industrieller und privater Belange geeignete Maßnahmen bzw. Lösungsansätze zu entwickeln waren. Aus Sicht der Kommunen war zu untersuchen, ob das bestehende Kanalisationsnetz den neuen Anforderungen genügt bzw. ob im Rahmen der Mischwasserbehandlung ggf. der Neubau von zusätzlichen Regenbecken erforderlich wäre. Analoge Überlegungen wurden hinsichtlich der Kapazität/Auslastung bereits bestehender Abwasserbehandlungsanlagen (Kommune/ Abwasserverband) angestellt. Aus Sicht der Unternehmen war zu untersuchen, inwieweit wasserwirtschaftliche Maßnahmen (z.B. ortsnahe Regenwasserentsorgung oder produktionsintegrierte Maßnahmen) unter den gegebenen Randbedingungen bei Berücksichtigung der ganzheitlichen Gebührensituation gesamtwirtschaftlich sinnvoll sind oder ob ggf. Investitionen im kommunalen Bereich anzustreben wären.

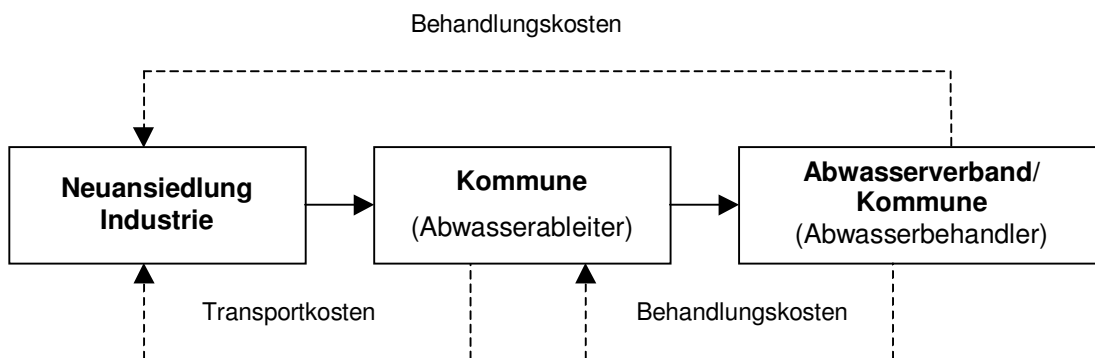


Abbildung 4-2: Fallbeispielgruppe B

Die Bearbeitung der Fallbeispiele erfolgte gemäß Projektantrag in den Arbeitsschritten:

- Grundlagenermittlung
- Ausarbeitung von Problemfeldern und Handlungsalternativen
- Durchführung von Szenarien
- Ableitung von Handlungsempfehlungen.

Die Durchführung der vorgenannten Projektschritte orientierte sich an der Methodik, die in den nachfolgenden **Kapiteln 4.2 bis 4.7** näher erläutert wird.

4.2 Erfassung des Ausgangszustandes

Die Erfassung des Ausgangszustandes in den ausgewählten Fallbeispielen hinsichtlich wasserwirtschaftlicher Systemgrenzen, technischer Strukturen sowie Kostenstrukturen (**Abbildung 4-3**) erfolgte zum einen mittels Fragebögen, die an die beteiligten Kommunen, den Abwasserverband und die Unternehmen (**Kap. 3**) verschickt wurden, zum anderen wurden weitere Daten sowie Bestandspläne, fachtechnische Berechnungen etc. in persönlichen Gesprächen im Rahmen von Ortsterminen aufgenommen bzw. überreicht. Die allgemeinen Grundlagendaten sind im **Anhang [CD]** tabellarisch zusammengestellt.

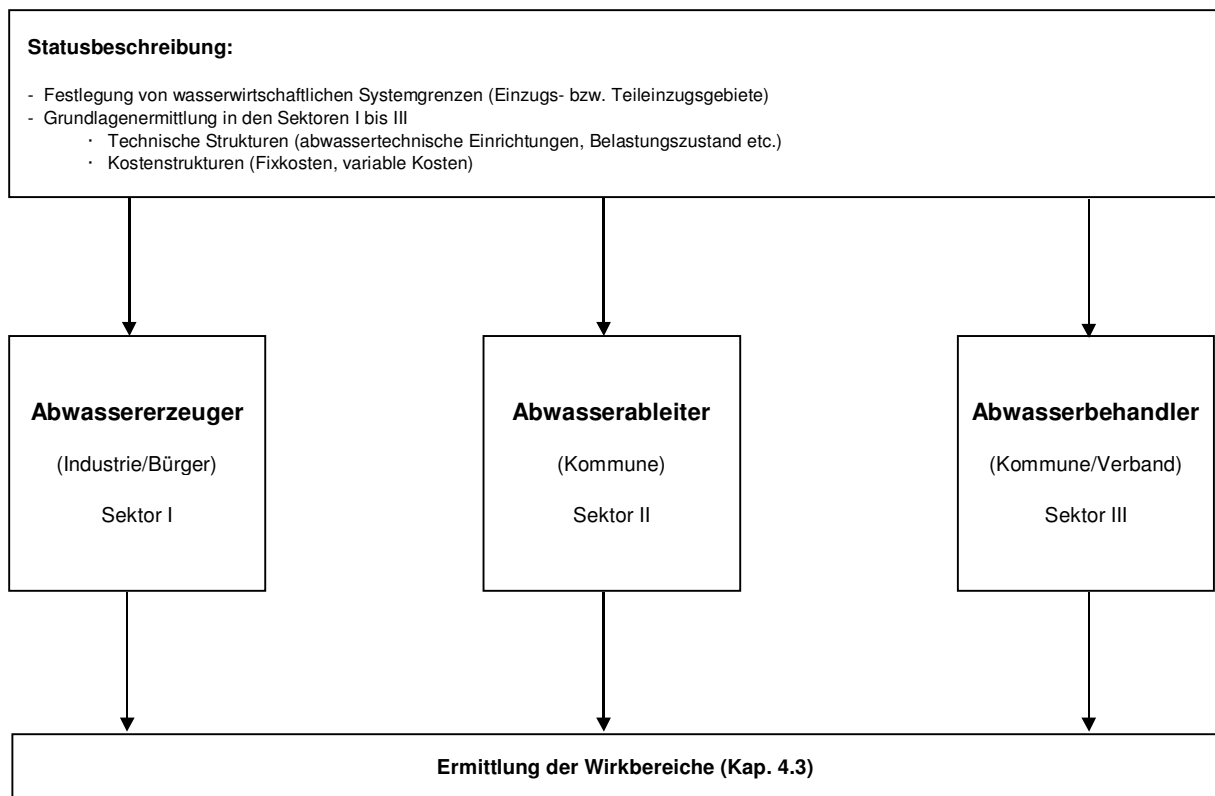


Abbildung 4-3: Erfassung des Ausgangszustandes

4.3 Ermittlung der Wirkbereiche (Wirkmodell)

Nach der Erfassung des Ausgangszustandes (**Kap. 4.2**) erfolgte die Ermittlung der Wirkbereiche, d.h. hier war grundsätzlich herauszuarbeiten, inwieweit sich sektorale wasserwirtschaftliche Veränderungen in einem Sektor auf die übrigen Sektoren auswirken (**Abbildung 4-4**).

Als mögliche Auswirkungen einer wasserwirtschaftlichen Veränderung auf Seiten des Abwassererzeugers als Sektor I (Unternehmen/Bürger) auf die beteiligten Sektoren können z.B.:

- die Erhöhung des erforderlichen Regenbeckenvolumens im Sektor II,
- die Modifizierung des Kanalsystems bei Überschreitung der hydraulischen Kapazität im Sektor II,
- die Erweiterung der angeschlossenen Kläranlage im Sektor III,
- die Erhöhung der Betriebskosten der Kläranlage (Belüftungsenergie, Reststoffentsorgung etc.),
- Neubau oder Außerbetriebnahme von Vorbehandlungsanlagen

angeführt werden.

In gleicher Weise ergeben sich gemäß **Abbildung 4-4** Auswirkungen wasserwirtschaftlicher Veränderungen, die in den Sektoren II und III durchgeführt werden, auf die Sektoren I, II und III.

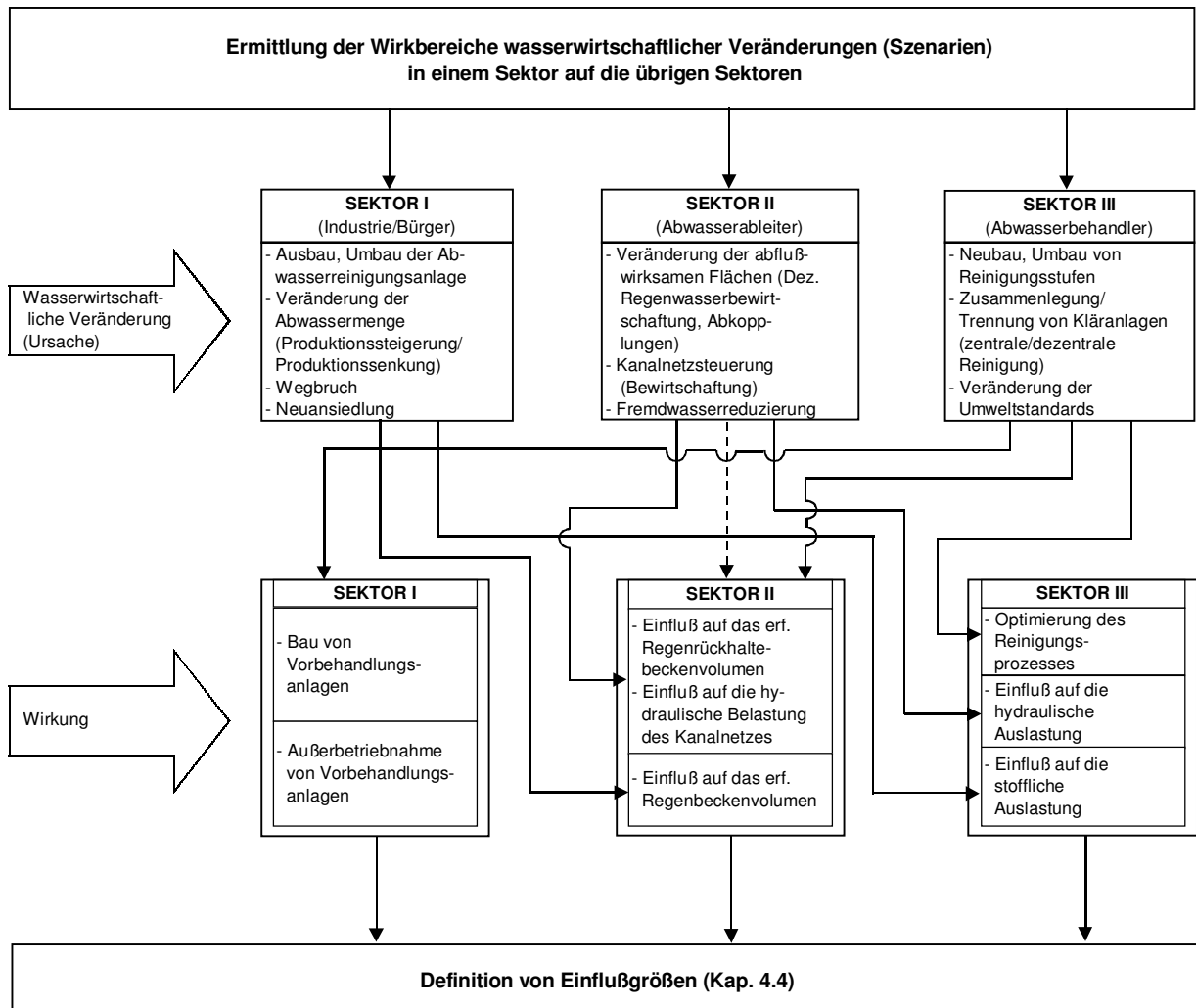


Abbildung 4-4: Ermittlung der Wirkbereiche

4.4 Einflußgrößen

Aufgrund gesetzlicher, technischer und wirtschaftlicher Vorgaben existiert für die Strukturen der Abwasserbeseitigung - Abwassererzeuger, Abwasserableiter und Abwasserbehandler - eine Vielzahl von Schwellen/Zwängen bzw. politische Störgrößen, deren Überschreitung in der Regel mit einem Anstieg der Abwasserkosten verbunden ist. Nachfolgend sind für die einzelnen Bereiche maßgebliche Schwellen/Zwänge aufgeführt.

4.4.1 Sektor I: Abwassererzeuger (Unternehmen/Bürger)

Schwellen/Zwänge infolge rechtlicher Vorgaben:

- WHG, LWG
z.B.:
Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer gelten auch für den Ort des Anfalls, Stand der Technik,
Bestellung eines Betriebsbeauftragten für Gewässerschutz gemäß § 21 WHG ab 750 m³/d, Versickerungsthematik etc.
- Abwasserverordnung mit Anhängen/AbwasserVO
- Indirekteinleiterverordnung
- ATV-A 115 „Einleiten von nicht häuslichem Abwasser in eine öffentliche Abwasseranlage“
- SÜwVKan
greift ab 3 ha befestigte Fläche (zusätzliche Kosten infolge Überwachung der Einrichtungen etc.)
- Abwasserabgabengesetz
Befreiung von der Abwasserabgabe bei einer befestigten Fläche kleiner 3 ha; § 10 AbwAG
- Orts- und Gebührensatzungen
- Veranlagungsrichtlinien der Verbände

Schwellen/Zwänge infolge technischer bzw. wirtschaftlicher Vorgaben:

- Anteil Abwasserkosten an Produktkosten nur begrenzt wirtschaftlich vertretbar
- (ggf. Wettbewerbsnachteil am Markt)
- begrenzte Kapazität der Abwasservorbehandlungsanlage

- (ggf. Erweiterung notwendig bei Steigerung der Produktion)
- Technischer Zustand der Abwasservorbehandlungsanlage (Abschreibung)

4.4.2 Sektor II: Abwasserableiter (Kommune)

Schwellen/Zwänge infolge rechtlicher Vorgaben:

- EG-Recht
- WHG, LWG
- SÜwVKan
- Niederschlagswasserbehandlung (Entlastungsrate bei RÜB, RÜ etc.)
- Abwasserabgabengesetz, Kommunalabgabengesetz
- Orts- und Gebührensatzungen
- Veranlagungsrichtlinien der Verbände

Schwellen/Zwänge infolge technischer bzw. wirtschaftlicher Vorgaben:

- Organisationsform (Regie-, Eigenbetrieb etc.)
- begrenzte Kapazität des Kanalnetzes mit Sonderbauwerken (RÜB, RRB etc.)
(ggf. Erweiterung erforderlich bei Anschluß weiterer Wohn- bzw. Gewerbegebiete)
- Technischer Zustand des Entwässerungsnetzes (Abschreibung)

4.4.3 Sektor III: Abwasserbehandler (Verband/ Kommune)

Schwellen/Zwänge infolge rechtlicher Vorgaben:

- EG-Recht (Wasserrahmenrichtlinie etc.)
- WHG, LWG
- Abwasserverordnung mit Anhängen
z.B.:
 - ab 5.000 E+EGW: Stickstoffelimination
 - ab 10.000 E+EGW: Phosphorelimination
 - ab 50.000 E+EGW: Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)

- Abwasserabgabengesetz, Kommunalabgabengesetz
- Veranlagungsrichtlinien der Verbände

Schwellen/Zwänge infolge technischer bzw. wirtschaftlicher Vorgaben:

- Auslastung der Abwasserbehandlungsanlage (ggf. Erweiterung erforderlich bei Anschluß weiterer Wohn- bzw. Gewerbegebiete)
- Technischer Zustand der Abwasserbehandlungsanlage (Abschreibung)

Vielfach kann auch die Politik als **Störgröße** auf das System der Abwasserbeseitigung einwirken, in Abhängigkeit von den jeweiligen politischen Strömungen, wie dies häufig in Wahlkampfperioden beobachtet werden kann.

Die obengenannten gesetzlichen, technischen und wirtschaftlichen Vorgaben bzw. Randbedingungen und die daraus resultierenden Umweltstandards prägen in ihrer Gesamtheit die technischen Strukturen und die Kostenstrukturen der Abwasserbeseitigung.

Die Schwierigkeit bestand nun darin, aus der Vielzahl von Einflußgrößen diejenigen herauszukristallisieren, auf deren Basis ein Optimierungsansatz entwickelt werden kann, mit der in **Kapitel 1** formulierten Zielsetzung, Vorschläge zur Senkung der Abwasserkosten (absolut und spezifisch) bei Erhalt der Umweltstandards unter Berücksichtigung der Interdependenz öffentlicher und industrieller Belange im Bereich der Abwasserbeseitigungspflicht zu erarbeiten.

Daher wurden die Einflußgrößen X_i in monetär bewertbare Einflußgrößen und nicht funktional monetär bewertbare Einflußgrößen unterschieden.

Die monetär bewertbaren Einflußgrößen sind durch Kostenfunktionen (**Kap. 4.5**) eindeutig abbildbar (monetär bewertbare Einflußgrößengruppe) – hierzu zählen (**Abbildung 4-5**):

- die industrielle Abwassermenge X_{Qi}
- die angeschlossenen Einwohner X_E
- die abflußwirksame Fläche X_{Ared}

Wünschenswert wäre auch die Einbeziehung des Fremdwasseranfalls X_{Qf} . Dieses stammt aus z.B. diffusem Andrang von Grundwasser bei undichten Kanälen, Fehlschlüssen im Grundstücksbereich, Bacheinleitungen. Die Messung des Fremdwasseranfalls gestaltet sich jedoch in der Praxis äußerst schwierig, so daß zum gegenwärtigen Zeitpunkt Kostenfunktionen hierzu nicht mit einer ausreichenden Näherung abgebildet werden können. Zu ergänzen bleibt aber auch, daß zur Zeit alle Verantwortlichen im Abwassergeschehen nach Wegen suchen, den Fremdwasseranfall zu reduzieren, so daß dieser Teil des Abwasserstroms in Zukunft an Bedeutung verliert.

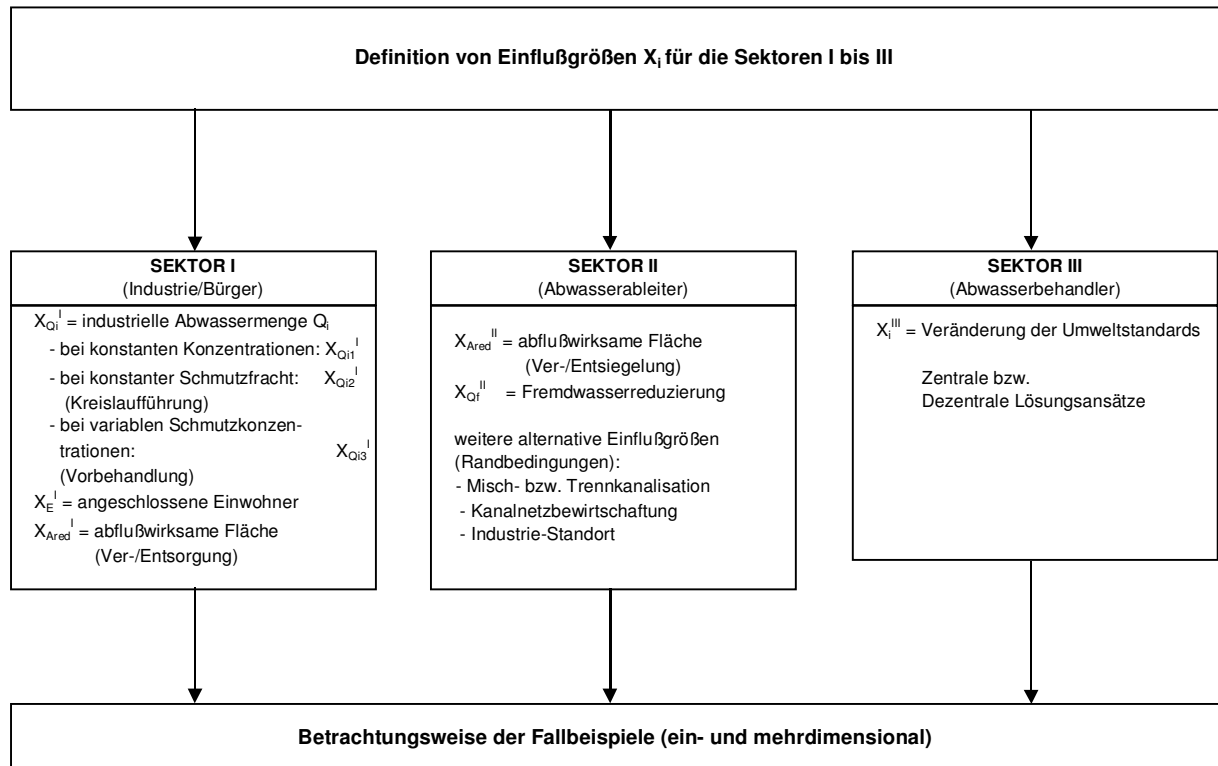


Abbildung 4-5: Einflußgrößen

Die nicht funktional monetär bewertbaren Einflußgrößen (alternative Einflußgrößen), die keine eindeutige Kostenfunktionen liefern, sind jedoch in das Optimierungsmodell als Randbedingungen zu integrieren - hierzu zählen beispielsweise:

- die Möglichkeit einer Kanalnetzbewirtschaftung (Steuerungs- und Regelungskonzepte):
z.B. Zuschalten schwachbelasteter Netzbereiche im Regenwetterfall zur Zwischenspeicherung des Regenwassers mit anschließender Weiterleitung zur Kläranlage); im ländlichen Raum ist jedoch eine optimale Kanalnetzbewirtschaftung schwer möglich (Gründe hierfür: Flächengemeinden, Gefälle, Talsammler, Hydraulik).
- die Standortwahl der Industrie (einige Kläranlagen sind für Industrieabwässer nicht geeignet)
- die Art des Kanalnetzes (Trenn-/Mischsystem, ggf. modifizierte Systeme).

Diese Größen können im Einzelfall monetär große Bedeutung haben und müssen von Fall zu Fall in die Betrachtungen mit aufgenommen werden. Dies bedeutet, daß nach den monetär funktional bewertbaren Einflußgrößen mögliche Handlungsempfehlungen ergänzend durch Überlagerung der alternativen Einflußgrößen untersucht werden müssen. Das war nicht Gegenstand des vorliegenden Forschungs- und Entwicklungsvorhabens.

4.5 Modellmäßige Beschreibung der Kostenfunktionen

Nach Festlegung der monetär bewertbaren Einflußgrößen erfolgte die Einbeziehung dieser Einflußgrößen in Kostenfunktionen. Hier wurde folgender theoretischer (idealisierter) Ansatz für die Kostenfunktion zugrunde gelegt:

$$K(X_i) = a_n \cdot X_i^n + a_{n-1} \cdot X_i^{n-1} + \dots + a_2 \cdot X_i^2 + a_1 \cdot X_i^1 + a_0 \cdot X_i^0$$

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde die Kostenfunktion je Einflußgröße näherungsweise als Funktion erster Ordnung für die Sektoren I bis III allgemein beschrieben in der folgenden Form:

$$K(X_i) = a \cdot X_i + b$$

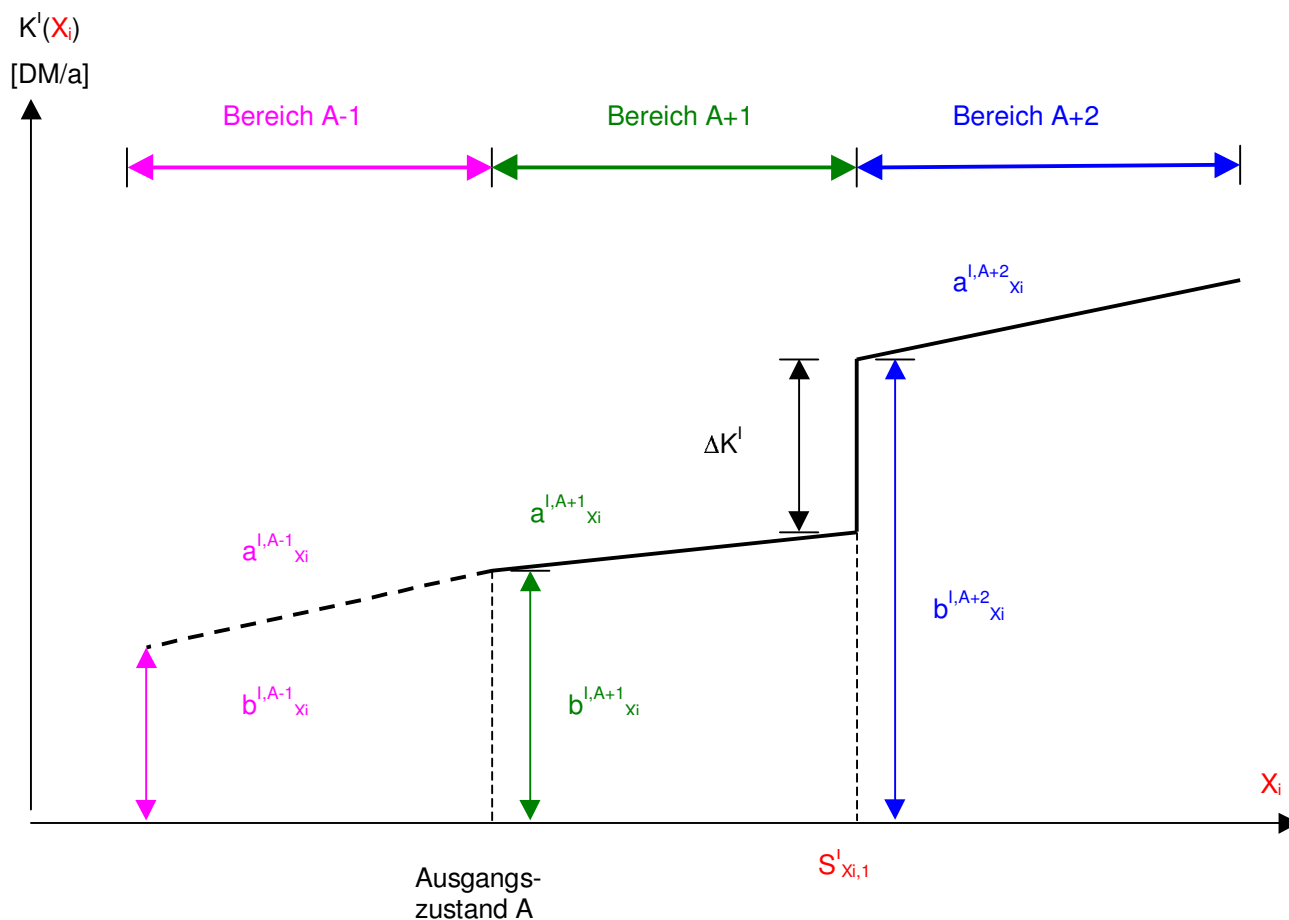
Demzufolge erhält man für die drei monetär bewertbaren Einflußgrößen und die drei betrachteten Sektoren insgesamt 9 Kostenfunktionen (**Abbildung 4-6 bis Abbildung 4-8**):

- $K^I(X_{Qi})$, $K^{II}(X_{Qi})$ und $K^{III}(X_{Qi})$
- $K^I(X_E)$, $K^{II}(X_E)$ und $K^{III}(X_E)$
- $K^I(X_{Ared})$, $K^{II}(X_{Ared})$ und $K^{III}(X_{Ared})$

Die Kostenfunktionen wurden jeweils bereichsweise berechnet, um Kostensprünge (ΔK) bei Erreichen von Schwellenwerten (S_{X_i}) abbilden zu können. Kostensprünge können beispielsweise infolge notwendiger Investitionsmaßnahmen sowie ggf. durch Änderung des Wiederbeschaffungszeitwertes als Zeitvariable auftreten. Die hieraus resultierenden Jahreskosten (AfA und Zins) wurden zur Vereinfachung für alle Sektoren näherungsweise nach der linearen Abschreibungsmethode ermittelt.

Die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten ergeben sich dann durch Überlagerung der Sektoren I bis III für die jeweils betrachtete Einflußgröße X_i zu:

$$K_{ges}(X_i) = K^I(X_i) + K^{II}(X_i) + K^{III}(X_i)$$



Kostenfunktionen (abschnittsweise)

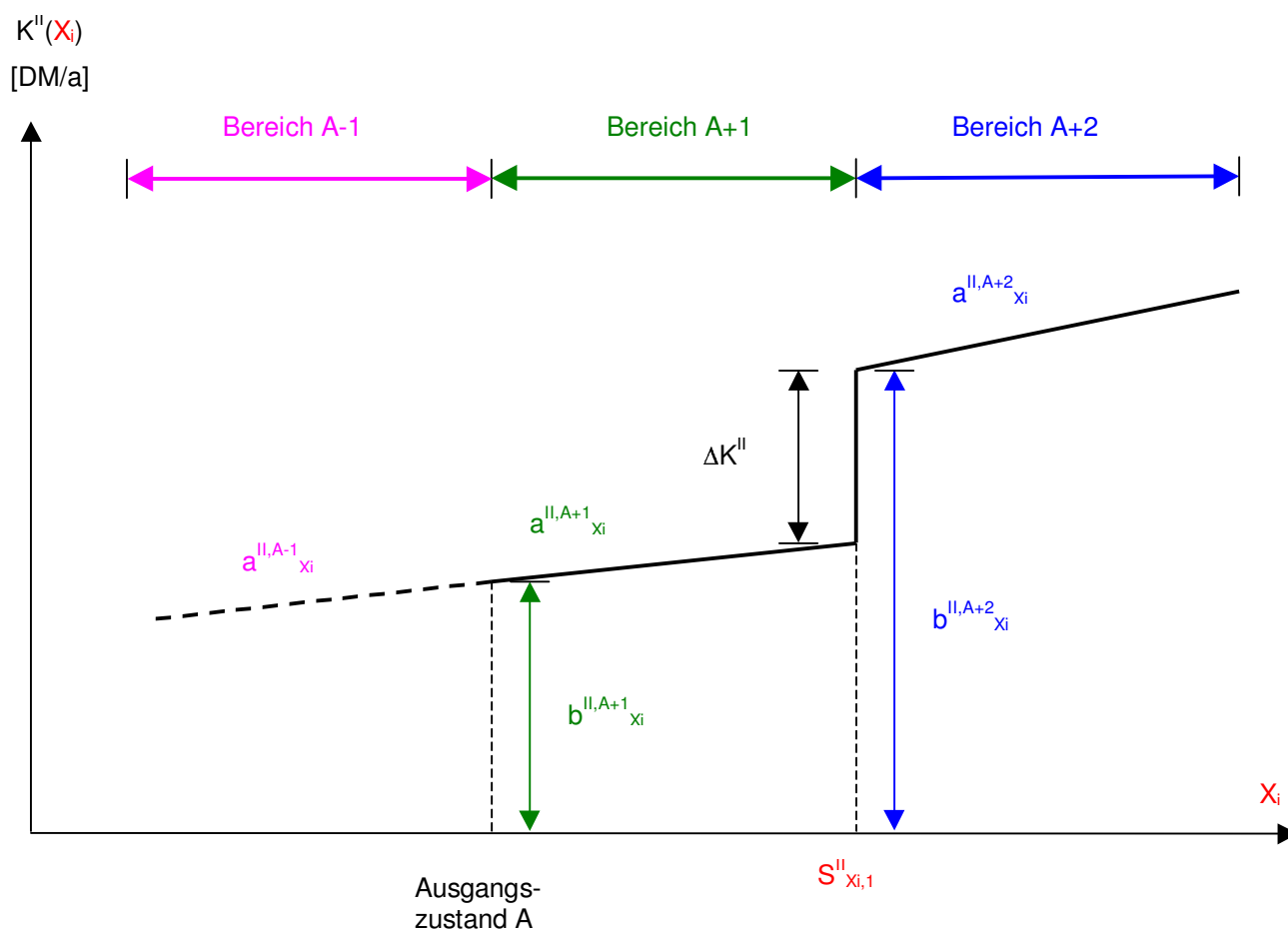
Bereich A-1: $K^l(X_i) = a^{I,A-1}_{X_i} \cdot X_i + b^{I,A-1}_{X_i}$

Bereich A+1: $K^l(X_i) = a^{I,A+1}_{X_i} \cdot X_i + b^{I,A+1}_{X_i}$

Bereich A+2: $K^l(X_i) = a^{I,A+2}_{X_i} \cdot X_i + b^{I,A+2}_{X_i}$

usw.

Abbildung 4-6: Kostenfunktionen in Abhängigkeit der Einflußgrößen X_i (X_{Qi} , X_E , X_{Ared}) für den Sektor I



Kostenfunktionen (abschnittsweise)

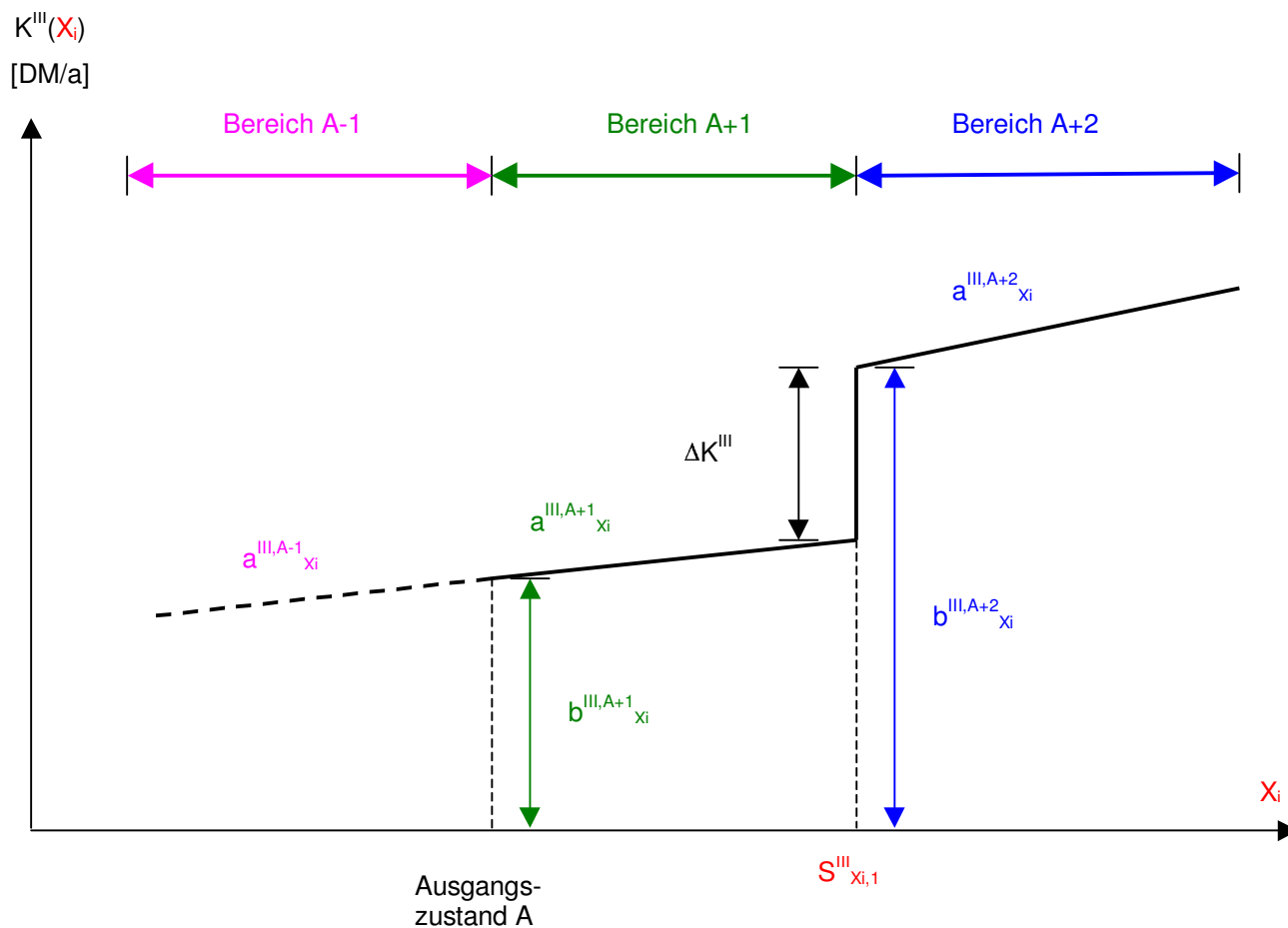
Bereich A-1: $K^{II}(X_i) = a^{II,A-1}_{X_i} \cdot X_i + b^{II,A-1}_{X_i}$

Bereich A+1: $K^{II}(X_i) = a^{II,A+1}_{X_i} \cdot X_i + b^{II,A+1}_{X_i}$

Bereich A+2: $K^{II}(X_i) = a^{II,A+2}_{X_i} \cdot X_i + b^{II,A+2}_{X_i}$

usw.

Abbildung 4-7: Kostenfunktionen in Abhängigkeit der Einflußgrößen X_i (X_{Qi} , X_E , X_{Ared}) für den Sektor II



Kostenfunktionen (abschnittsweise)

Bereich A-1: $K^{\text{III}}(X_i) = a^{\text{III,A-1}}_{X_i} \cdot X_i + b^{\text{III,A-1}}_{X_i}$

Bereich A+1: $K^{\text{III}}(X_i) = a^{\text{III,A+1}}_{X_i} \cdot X_i + b^{\text{III,A+1}}_{X_i}$

Bereich A+2: $K^{\text{III}}(X_i) = a^{\text{III,A+2}}_{X_i} \cdot X_i + b^{\text{III,A+2}}_{X_i}$

usw.

Abbildung 4-8: Kostenfunktionen in Abhängigkeit der Einflußgrößen X_i (X_{Qi} , X_E , X_{Ared}) für den Sektor III

4.6 Eindimensionale Betrachtung

Bei den ausgewählten Fallbeispielen wurden zunächst die monetär bewertbaren Einflußgrößen (wie z.B. Variation der industriellen Abwassermenge, Modifikation der Abwasserbehandlungsanlage etc.) einzeln variiert (die übrigen Einflußgrößen werden konstant gehalten) und hinsichtlich der strukturellen und monetären Auswirkungen (Jahreskosten) auf die übrigen Sektoren untersucht und bewertet (**Abbildung 4-9**). Gleiches erfolgte durch Variation der Einflußgröße X_E der Einwohner (Bürger) als Abwassererzeuger (Sektor I) mit Konstanz der anderen Größen.

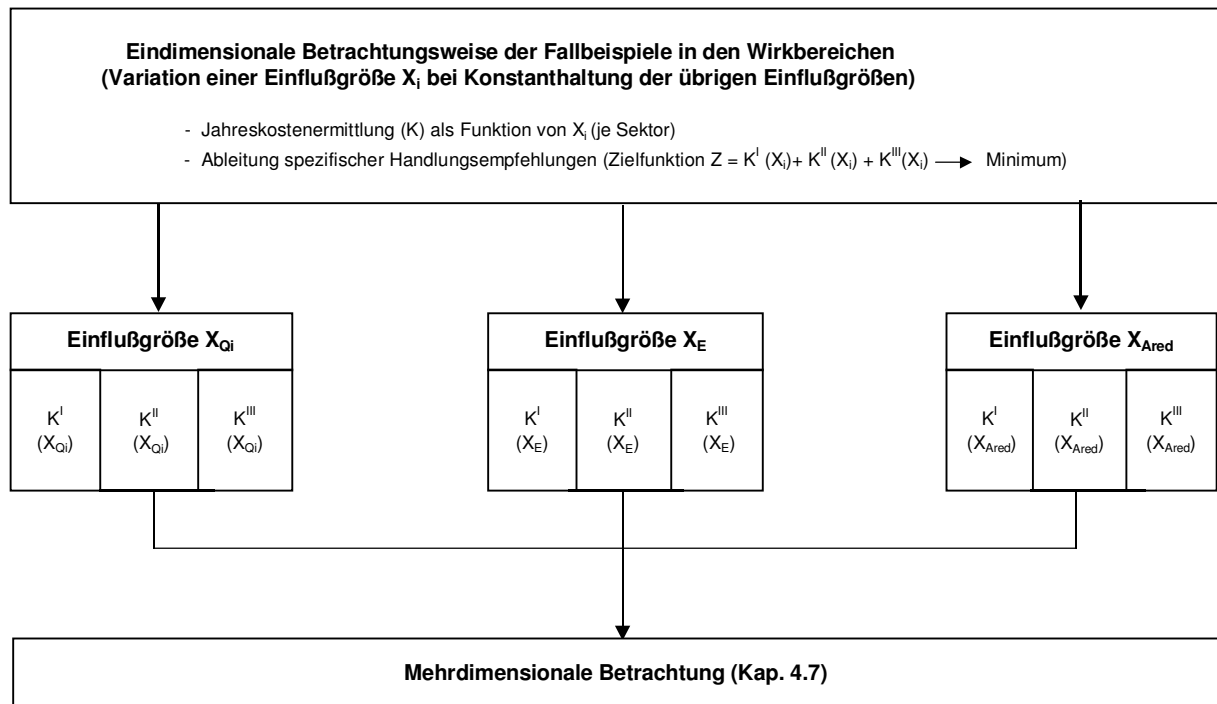


Abbildung 4-9: Eindimensionale Betrachtung

Die Ergebnisse der eindimensionalen Betrachtung, d.h. Variation einer Einflußgröße, sind in **Kapitel 5** erläutert.

In den dort dokumentierten Fallbeispielen sind die Auswirkungen grundsätzlich als Jahreskosten in Abhängigkeit der betrachteten Einflußgröße berechnet und dargestellt.

Für die Einflußgröße X_{Qi} wurden folgende Szenarien in den Fallbeispielen untersucht:

- Szenario 1 Variation der industriellen Abwassermenge bei konstanten Konzentrationen
- Szenario 2 Variation der Schmutzkonzentrationen durch weitergehende Vorbehandlungsmaßnahmen bei der Industrie
- Szenario 3 ggf. Variation der industriellen Abwassermenge bei konstanter Schmutzfracht (Kreislaufführung)

In **Abbildung 4-10** ist die grundsätzliche Methodik für das Szenario 3, d.h. Variation der industriellen Abwassermenge bei konstanter Schmutzfracht (Kreislaufführung), exemplarisch dargestellt.

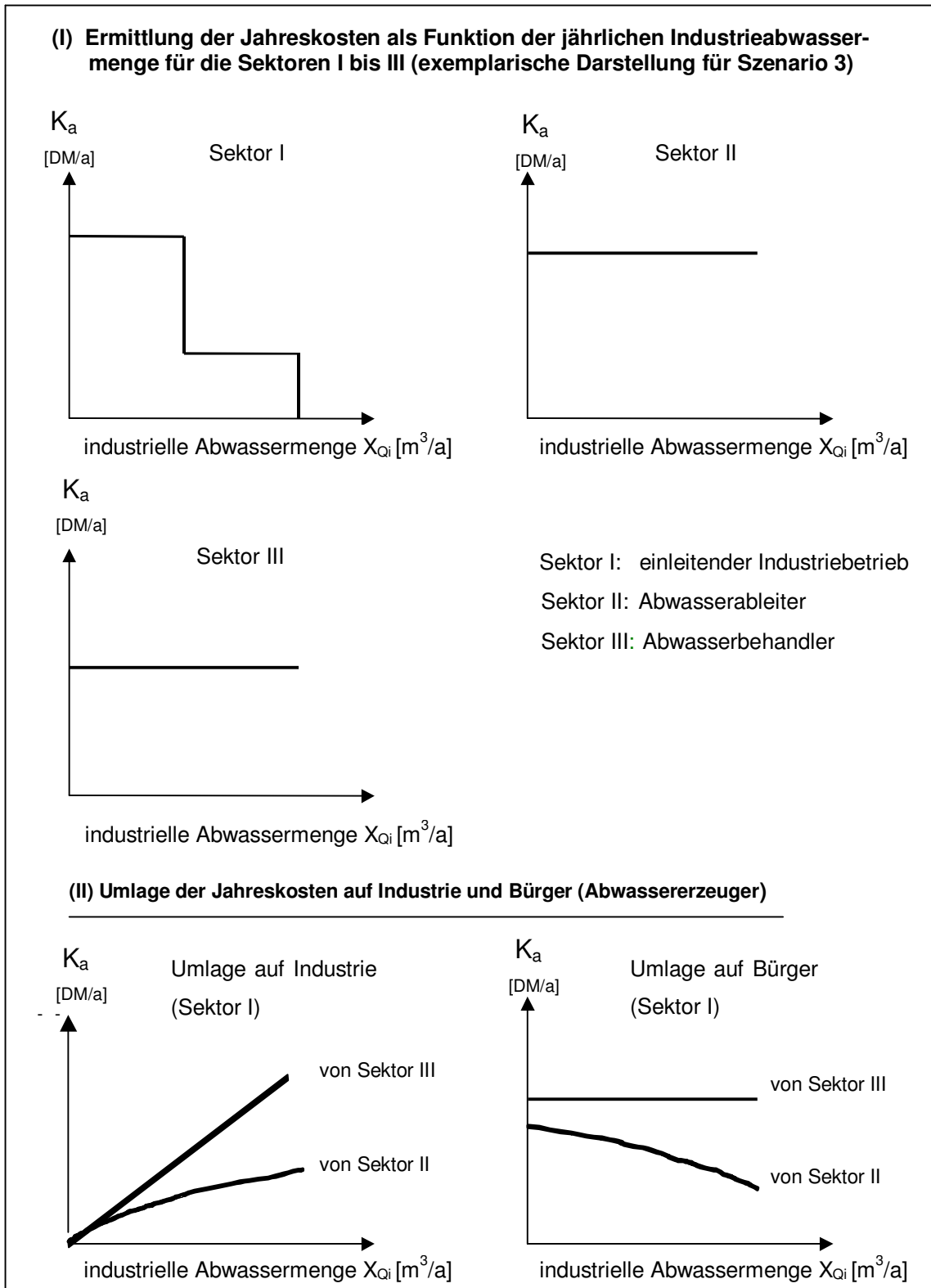


Abbildung 4-10: Darstellung der Jahreskosten als Funktion der industriellen Abwassermengen

In einem *ersten Schritt* wurden die durch die industrielle Maßnahme verursachten Jahreskosten für die Sektoren I, II und III ermittelt.

Unter Einbeziehung der Umlagekosten der Sektoren II (Gebühr für Abwassertransport) und III (Gebühr für Abwasserbehandlung) - erfolgte im *zweiten Schritt* die Ermittlung der gesamten Jahreskosten für das betrachtete Industrieunternehmen in Abhängigkeit von der industriellen Abwassermenge.

Im *dritten Schritt* wurde der Einfluß der industriellen Maßnahme auf die Abwassergebührenentwicklung - ebenfalls als Funktion der industriellen Abwassermenge - ermittelt.

Die Addition der Jahreskosten aus den Sektoren I, II und III führt dann zu den volkswirtschaftlichen Gesamtjahreskosten (volkswirtschaftlicher Ansatz).

Für das in **Abbildung 4-10** exemplarisch zur Verdeutlichung der Methodik dargestellte Szenario 3 ergeben sich für den Sektor II und III nur geringfügige Erhöhungen der Jahreskosten im Vergleich zu den im Ausgangszustand vorhandenen Jahreskosten, da in diesem konkreten Fall die Schmutzfracht bei variablen Abwassermengen konstant bleibt. Die Steigungen in den grafischen Darstellungen der Jahreskosten in den Sektoren II und III sind daher in ihrer Ausprägung nicht erkennbar. Anders gestaltet sich die Situation bei der Durchführung der Szenarien 1 und 2.

Die zuvor beschriebene Methodik führt bei den Maßnahmen des Sektors I im wesentlichen zu einer Beurteilung des strukturellen und monetären Einflusses einer wasserwirtschaftlichen Maßnahme seitens der Industrie auf die beteiligten Sektoren II (Abwasserableiter) und III (Abwasserbehandler) bis hin zur Gebührenermittlung.

Es wurden ferner bei der Durchführung der Fallbeispiele (**Kap. 5**) die Einflußgrößen X_E und X_{Ared} im Rahmen folgender Szenarien variiert:

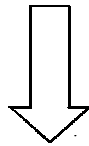
- Regenwasserbewirtschaftung (Entsiegelungsmaßnahmen) im vorhandenen Einzugsgebiet
- Neuansiedlung von Einwohnern (Erschließung von Neubaugebieten) mit Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen
- Neuansiedlung von Einwohnern ohne Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen

4.7 Mehrdimensionale Betrachtung

In **Kapitel 4.6** wurde der methodische Ansatz beschrieben, inwieweit sich eine Veränderung in einem Sektor auf die übrigen Sektoren, die in ihrem Ausgangszustand konstant gehalten wurden, auswirkt. Entsprechende Kostenfunktionen wurden hierzu aufgestellt (**Kap. 4.5**). Es ist jedoch auch denkbar, daß unterschiedliche Einflußgrößen sich in den Sektoren I bis III gleichzeitig mit gleichem oder entgegengesetztem Vorzeichen (= Auswirkungen) ändern (**siehe Abbildung 4-11 und Abbildung 4-12 (Ablaufschema zur mehrdimensionalen Betrachtung)**). Im Rahmen der mehrdimensionalen Betrachtung sind auch die hieraus resultierenden Auswirkungen unter Einbindung der Kostenfunktionen der eindimensionalen Betrachtung beschrieben worden (**Kap. 6**).

**Mehrdimensionale Betrachtungsweise der Fallbeispiele gemäß Ablaufschema (in Abb. 4-12)
(Gleichzeitige Variation der Einflußgrößen X_i
durch Verknüpfung der eindimensionalen Ergebnisse)**

- Zielfunktion: Minimierung der volkswirtschaftlichen Gesamtkosten
($Z = K^I(X_{Qi}, X_E, X_{Ared}) + K^{II}(X_{Qi}, X_E, X_{Ared}) + K^{III}(X_{Qi}, X_E, X_{Ared})$)
- Darstellung der Interdependenzen
- Ableitung mehrdimensional verknüpfter Handlungsempfehlungen



Erarbeitung von Vorschlägen zur Umsetzung der ganzheitlichen Handlungsempfehlungen:

- organisatorische Voraussetzungen
- wirtschaftliche bzw. politische Ansätze/Randbedingungen
- Einbeziehung monetär funktional nicht erfassbarer alternativer Einflußgrößen

Abbildung 4-11: Mehrdimensionale Betrachtung

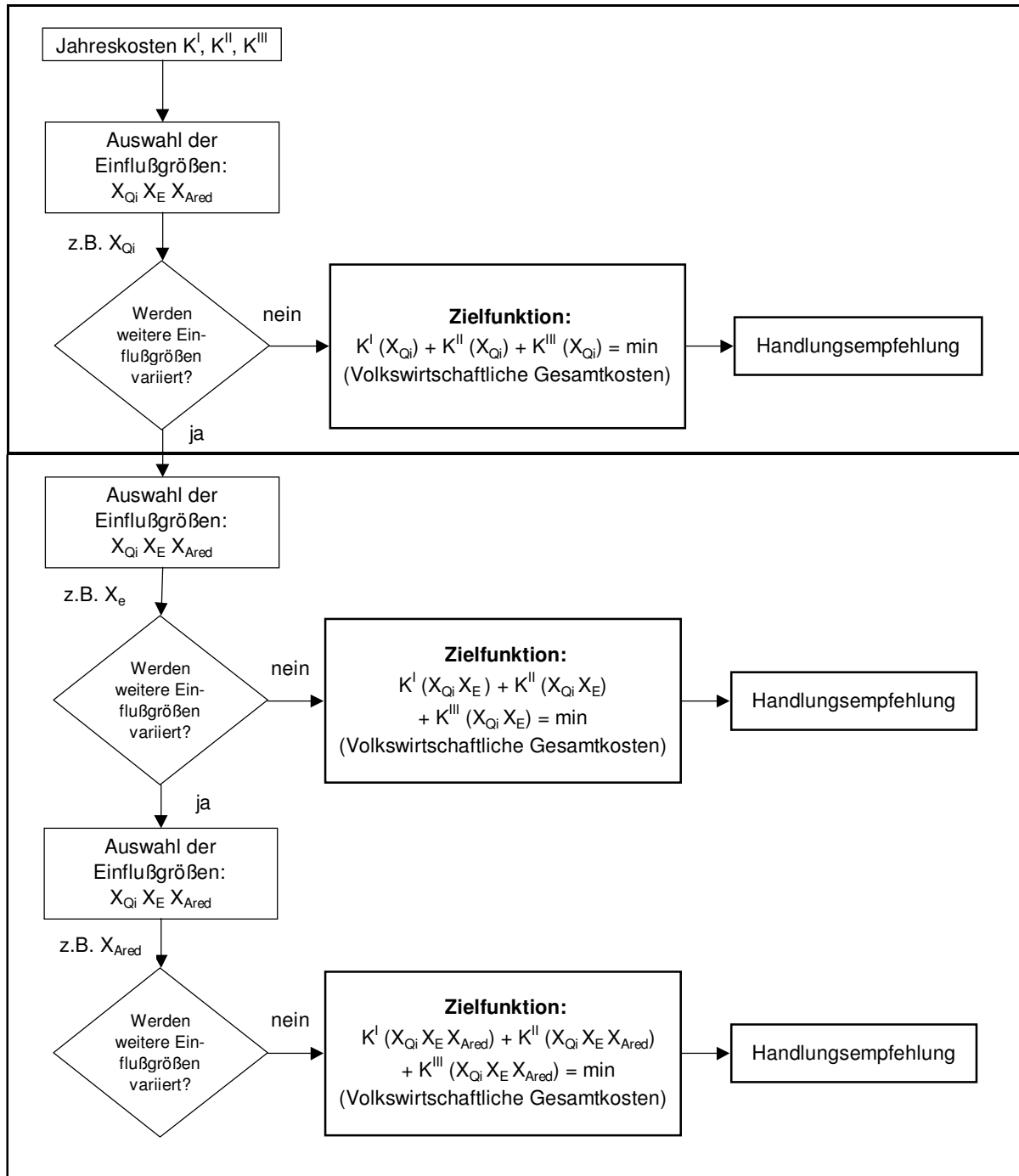


Abbildung 4-12: Ablaufschema zur mehrdimensionalen Betrachtung monetär funktional erfassbarer Einflußgrößen

5 UNTERSUCHUNG DER FALLBEISPIELE (GRUNDLAGEN, PROBLEMFELDER UND SZENARIEN)

In den untersuchten Fallbeispielen wurde die Impulsgabe ausschließlich auf den Sektor I beschränkt. Die genannten Einflußgrößen wurden sequentiell variiert und in ihrer direkten Auswirkung auf die Sektoren II und III untersucht. Eine Interferenz zweier oder mehr Einflußgrößen wird in **Kapitel 6** diskutiert.

In Fallbeispielen der A-Gruppe erfolgte obige Einflußnahme auf das Wirksystem durch produktionsimmanente Entscheidungen und den damit einhergehenden Fracht- bzw. Mengenänderungen der eingeleiteten Abwässer oder den Wegbruch eines ansässigen Industriebetriebes.

In Fallbeispielen der B-Gruppe zeigte sich diese Einwirkung zunächst durch eine fiktive Ansiedlung eines Industriebetriebes in einem anderen System. In einem zweiten Schritt wurden dann analog zu den Fallbeispielen der A-Gruppe die Auswirkungen durch Mehrung und Minderung des eingeleiteten Abwassers respektive der eingeleiteten Fracht untersucht.

Als Vergleichsbasis dienten die Jahreskostenänderungen infolge Um- bzw. Neubaumaßnahmen in den jeweiligen Sektoren.

In Bezug auf eine Kommune waren signifikante Veränderungen in folgenden Kostenarten zu erwarten:

- *fixe Kosten*
 - Erhöhung der Kapitalkosten über Abschreibung und Verzinsung notwendiger Investitionen
- *quasi-fixe Kosten*
 - Personalkosten
 - Instandhaltungskosten
 - Einwohnerbezogene Abgabe an den Abwasserverband
 - sonstige Kosten
- *variable Kosten*
 - Aufwendung für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe
 - Aufwendung für bezogene Leistungen

Bezogen auf den Sektor III (Abwasserbehandler) wurden die signifikanten Kostenarten folgendermaßen festgelegt:

- *fixe Kosten*
 - Abschreibung und Verzinsung (im folgenden mit AfA und Zins abgekürzt)

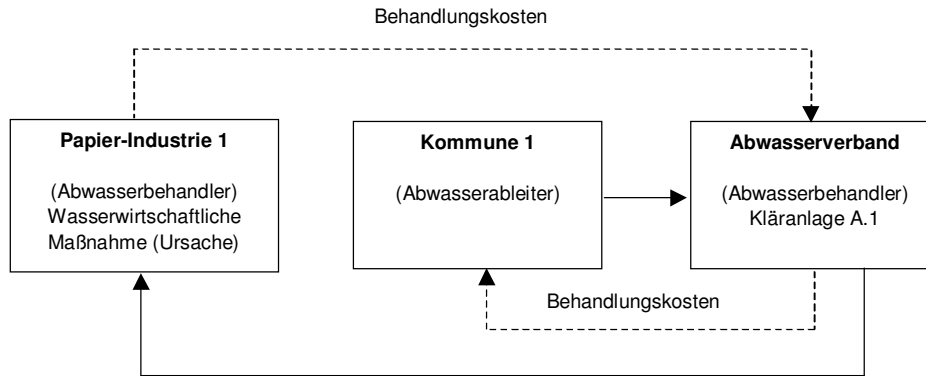
- *quasi-fixe Kosten*
 - Personalkosten
 - Instandhaltungskosten
 - Abwasserabgabe
 - sonstige Kosten

- *variable Kosten*
 - Entsorgungskosten
 - Energiekosten
 - Betriebsmittelkosten.

Die sektoriell anfallenden Jahreskosten führten, getrennt nach Szenarien, in der Summe zu einer volkswirtschaftlichen Kostenfunktion. Ein Vergleich dieser Kostenfunktion liefert, unter Einbeziehung der Gebühren- und Beitragssätze, ein Bewertungskriterium hinsichtlich eines volkswirtschaftlichen Gesamtoptimums. Im Rahmen der Fallbeispielbeschreibung wurde lediglich die bereichsweite Definition der Zahllastfunktionen sowie eine grafische Darstellung angeführt. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Kostenkurven erfolgt grundsätzlich im **Anhang [CD]**.

5.1 Fallbeispielgruppe A

5.1.1 Fallbeispiel A.1 Papier-Industrie 1 / Kommune 1 / Abwasserverband



5.1.1.1 Grundlagen

Sektor I

Abwassererzeuger: Papier-Industrie 1

Die Papier-Industrie 1 ist im Teileinzugsgebiet 2 der Kommune 1 gelegen und produziert gestrichene Druckpapiere mit einer Jahreskapazität von 550.000 t/a. Als Direkteinleiter unterhält die Papier-Industrie 1 eine betriebseigene Abwasserreinigungsanlage (ARA), in der die anfallenden Produktionsabwässer von jährlich ca. 7.200.000 m³ gereinigt werden. Zusätzlich wird kommunales Abwasser aus den Teileinzugsgebieten 1 und 2 der Kommune 1 von der Kläranlage A.1 des Abwasserverbandes über eine Druckwasserleitung der Abwasserreinigungsanlage zugeführt und ebenfalls gereinigt.

Papierabwässer bestehen fast ausschließlich aus Verbindungen der Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff und zeichnen sich somit durch eine sehr einseitige Nährstoffzusammensetzung aus. Da Stickstoff und Phosphor nur geringfügig vorhanden sind, kann das zu behandelnde Papierabwasser entweder hemmend oder gar toxisch auf die Mikroorganismen der Biologie wirken. Durch die Zuzugabe kommunalen Abwassers ergibt sich somit eine ideale Symbiose, da dort die Nährstoffe Stickstoff und Phosphor in ausreichendem Maße vorhanden sind. Eine spezielle Zugabe von N und P für die Papierabwässer und eine Zugabe von Fällmitteln für die P-Elimination des kommunalen Abwassers ist daher nicht notwendig.

Ein vereinfachtes Fließschema der Abwasserreinigungsanlage der Papier-Industrie 1 ist in **Abbildung 5-1** und die Zu- und Ablaufkonzentrationen sind in **Tabelle 5-1** und **Tabelle 5-2** dargestellt. Die allgemeinen Grundlagendaten der Papier-Industrie 1 sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

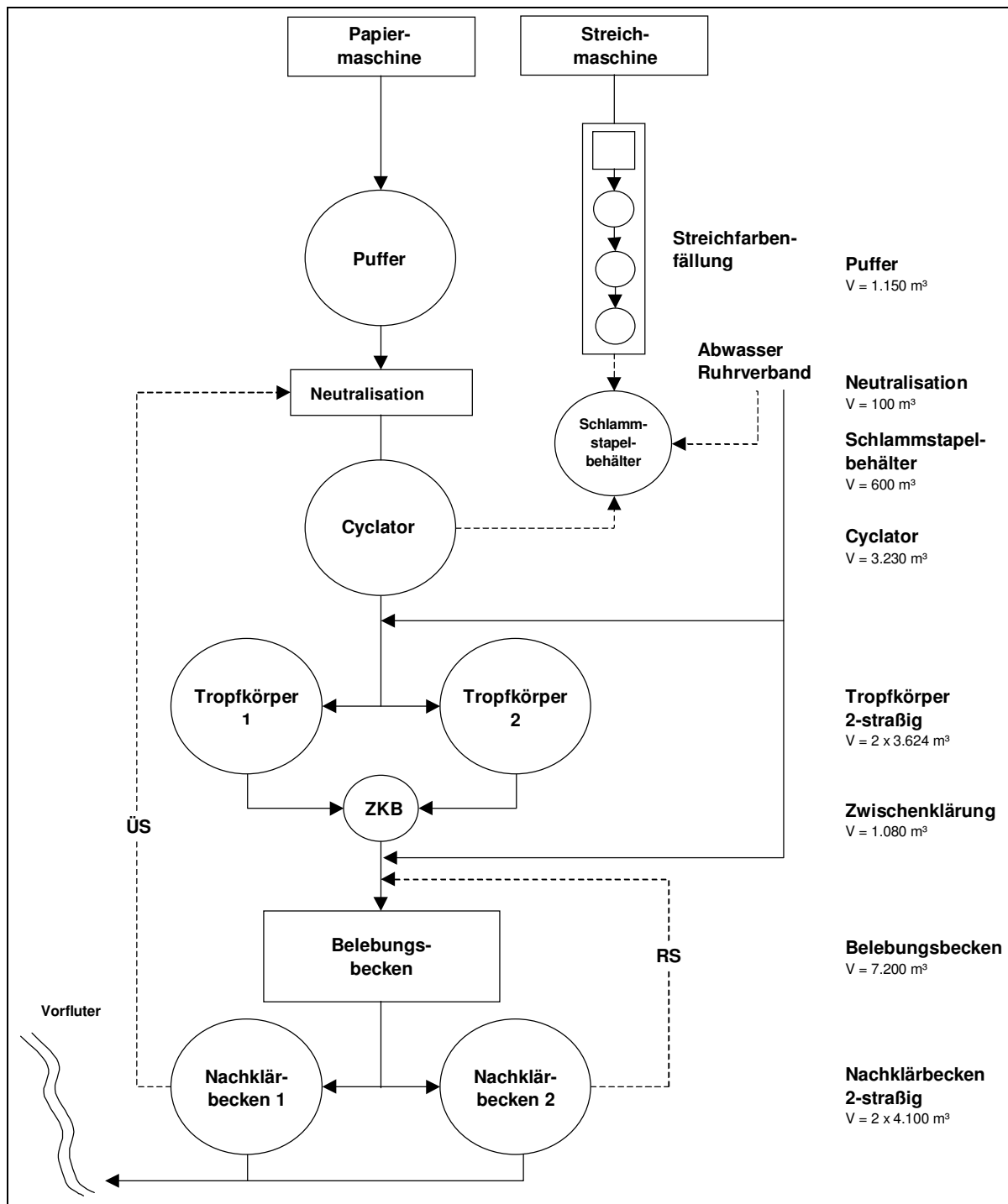


Abbildung 5-1: Fließschema der Abwasserreinigungsanlage (ARA) Papier-Industrie 1

Tabelle 5-1: Ablaufkonzentrationen der ARA Papier-Industrie 1

Parameter	CSB	BSB ₅	NH ₄ -N	N _{ges}	SO ₄	P _{ges}
Konzentration [mg/l]	129	4,2	0,3	4,0	319	0,3

Tabelle 5-2: CSB und BSB₅-Daten der ARA Papier-Industrie 1

Bezeichnung	Einheit	CSB	BSB ₅
Streichfarbenfüllung Zulauf	[mg/l]	2.969	k.A.
	[kg/d]	4.875	k.A.
Ablauf	[mg/l]	675	k.A.
	[kg/d]	1.134	k.A.
Cyclator: Zulauf Produktion	[mg/l]	1.886	k.A.
	[kg/d]	39.037	k.A.
Ablauf	[mg/l]	1.207	234
	[kg/d]	26.763	5.178
Zulauf Abwasserverband	[mg/l]	293	103
	[kg/d]	1.853	651
Anteil Abwasserverband	[%]	6,5	11,1
Fracht zur Biologie	[kg/d]	28.616	5.829
Tropfkörper Zulauf	[kg/d]	27.821	5.730
ZKB-Ablauf	[kg/d]	14.952	2.082
Ablauf Vorfluter	[mg/l]	129	4,2
	[kg/d]	3.757	122

Sektor II

Eine Darstellung des Sektors II entfällt an dieser Stelle, da keine Wirkung infolge einer Veränderung im Sektor I auf den Sektor II erfolgt.

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage A.1 (Abwasserverband)

Auf der Kläranlage A.1 ist nur eine mechanische Vorreinigung mittels Rechen, Sandfang und Vorklärbecken möglich. Die kommunale Abwassermenge beträgt jährlich ca. 2.500.000 m³. Die anfallenden Abwässer werden in einem zweistufigen Prozeß chemisch-physikalisch und biologisch gereinigt, wobei besonders die gemeinsame Behandlung verfahrenstechnisch ökologisch sehr sinnvoll ist (**Abbildung 5-2**).

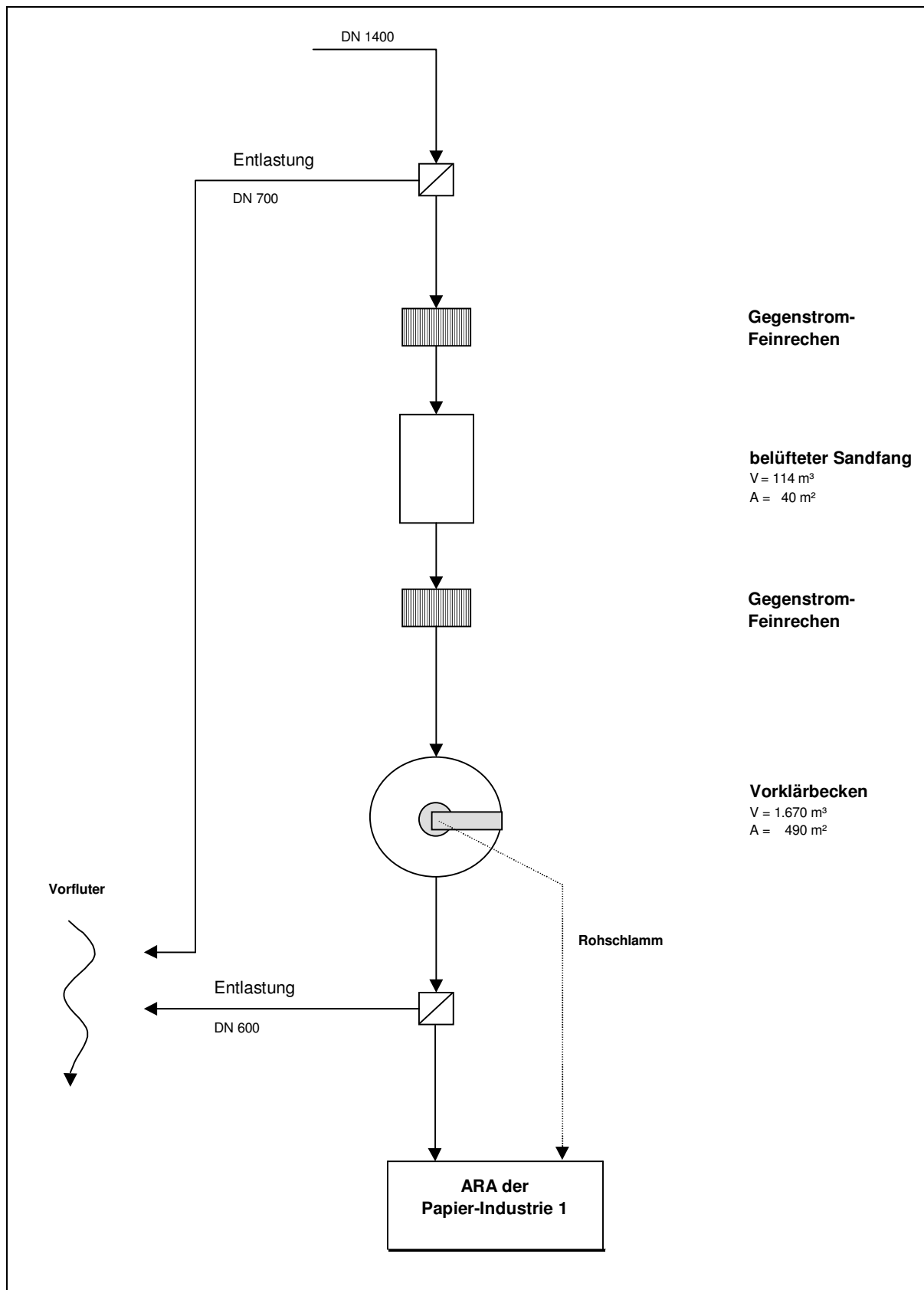


Abbildung 5-2: Fließschema der Kläranlage A.1

Die Zulaufbeschaffenheit ist nachfolgend in **Tabelle 5-3** dargestellt; die allgemeinen Grundlagendaten sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

Tabelle 5-3: Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.1

Konzentrationen	Q	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}
	[l/s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Minimum	52	28	102	50	3,3	4,2	0,1	0,1	11,4	1,1
Mittelwert	118	230	462	230	12,1	23,1	0,4	0,7	36,3	4,9
85 % Perzentil	164	332	635	297	16,7	30,7	0,9	1,4	47,5	7,2
Maximum	343	376	707	740	18,0	32,0	1,6	3,7	50,2	7,7
Frachten	Q_{rw}	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}
	m ³ /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Minimum		830	3.023	912	79	124	0	0	225	31
Mittelwert	4.260	1.682	3.550	1.688	95	175	4	15	289	37
85 % Perzentil		1.970	3.950	1.951	99	216	9	22	335	41
Maximum		2.009	4.404	3.964	119	246	18	110	346	45
EW-Belastungen	Ausbau	BSB₅	CSB	TS_{ges}						P_{ges}
spez.(g/(E · d))	Größe	60	120	70						1,9
aus mittl. Fracht	44.500	28.036	29.581	24.111						19.587
aus Perz. Fracht		32.831	32.918	27.874						21.351

5.1.1.2 Problemfelder

In diesem Fallbeispiel werden notwendige Maßnahmen erläutert, die durch eine Beendigung der Symbiose zwischen der Papier-Industrie 1 und dem Abwasserverband notwendig wären. Bei einem Wegbruch der Papier-Industrie 1 wird der Abwasserverband die Abwasserreinigungsanlage übernehmen – für diesen Fall existiert bereits ein Vertrag zwischen der Papier-Industrie 1 und dem Abwasserverband - und eigenständig das kommunale Abwasser reinigen. Da die Reinigungsanlage deutlich unterlastet und somit ein stabiler Reinigungsprozeß nicht gewährleistet wäre, müßten Umbaumaßnahmen für einen Rückbau der Abwasserreinigungsanlage vorgenommen werden.

Andererseits wären bei einem Wegbruch des kommunalen Abwassers Maßnahmen seitens der Papier-Industrie 1 notwendig, da dem zu reinigenden Abwasser Stickstoff und Phosphor zudosiert werden müßten. Probleme könnten sich weiterhin bei der Nachklärung und bei der Schlammrückführung aufgrund eines erhöhten Schlammvolumenindex ergeben. Schlammindizes zwischen 200 und 250 ml/g sind bei Abwasserreinigungsanlagen der Papierindustrie häufig anzutreffen. Ebenfalls müßte aufgrund einer eigenständigen Reinigung des kommunalen Abwassers durch den Abwasserverband die Kläranlage A.1 umfangreich ausgebaut werden, da dort nur eine mechanische Vorreinigung vorhanden ist.

5.1.1.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in drei Szenarien

Szenario 1

Im Szenario 1 wird eine Produktionssteigerung der Papier-Industrie 1 (und Einwohner) in einem Zeitraum von 30 Jahren simuliert und es werden die Auswirkungen auf die jährlich anfallenden Kosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 untersucht. Dabei wird weiterhin das Abwasser der Kläranlage A.1 in der werkseigenen Kläranlage des Industriebetriebes mitbehandelt.

Im Untersuchungszeitraum sind, als Folge der prognostizierten Abwassermengensteigerung seitens des Industriebetriebes von 7.200.000 m³/a im Jahre 1998 auf 14.527.000 m³/a im Jahre 2028, Um- bzw. Ausbaumaßnahmen auf der werkseigenen Kläranlage notwendig. Dadurch ergeben sich in den Jahren 2001 und 2028 Sprünge im Verlauf der fixen und quasi-fixen Kostenkurven. Die variablen Kosten steigen in diesem Zeitraum von anfänglichen 2.762.800 DM/a auf 5.447.557 DM/a an. In der Überlagerung der genannten Kostengruppen stellt sich der Kurvenverlauf auf folgende Weise dar:

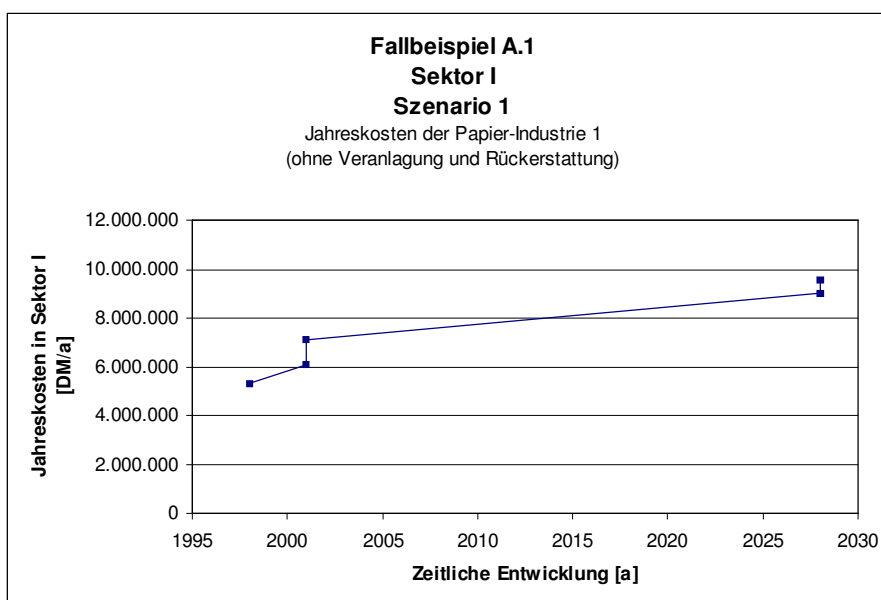


Abbildung 5-3: Jahreskosten der Papier-Industrie 1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 werden Auswirkungen einer Trennung der Symbiose im gleichen Zeitrahmen wie in Szenario 1 untersucht. Dabei erfolgt eine isolierte Abwasserbehandlung in den korrespondierenden Kläranlagen. Die prognostizierten Abwassermengensteigerungen der jeweiligen Abwasserproduzenten (Papier-Industrie 1; Einwohner) wird aus dem Szenario 1 übernommen. Damit ergibt sich für die Papier-Industrie 1 in den Kostengruppen der fixen und quasi-fixen Kosten derselbe Verlauf. Die variablen Kosten steigen hier von 2.872.501 DM/a im Jahr 1998 auf 5.651.097 DM/a im Jahre 2028 an. Die nachfolgende **Abbildung 5-4** zeigt den Verlauf der Jahreskosten (ohne Veranlagung und Rücker-

stattung) im untersuchten Zeitraum. Ein detaillierte Aufschlüsselung der Kosten erfolgt im **Anhang [CD]**.

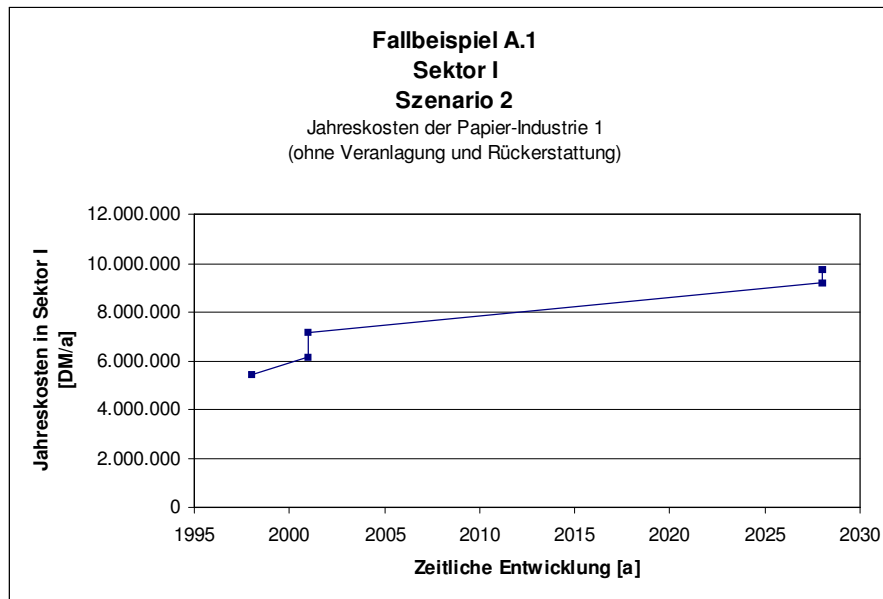


Abbildung 5-4: Jahreskosten der Papier-Industrie 1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 2

Szenario 3

Im Szenario 3 wird die Auswirkung eines Wegbruchs der Papier-Industrie 1 aus dem Gebiet untersucht. Die werkseigene Kläranlage wird vom Abwasserverband übernommen und weiterbetrieben. Die Konditionen einer solchen Übernahme sind dem Verfasser nicht bekannt.

5.1.1.4 Auswirkungen der Impulsgebung auf den Sektor III

Szenario 1

Für das Szenario 1 wurde ermittelt, daß das Vorklärbeckenvolumen der Kläranlage A.1 für den prognostizierten Bevölkerungszuwachs ausreichend dimensioniert ist. Der Anstieg der in **Abbildung 5-5** dargestellten Kostenkurve ist einzig abhängig von der Änderung der variablen Kosten, die von anfänglichen 19.187 DM/a auf 35.299 DM/a im Jahre 2028 ansteigen.

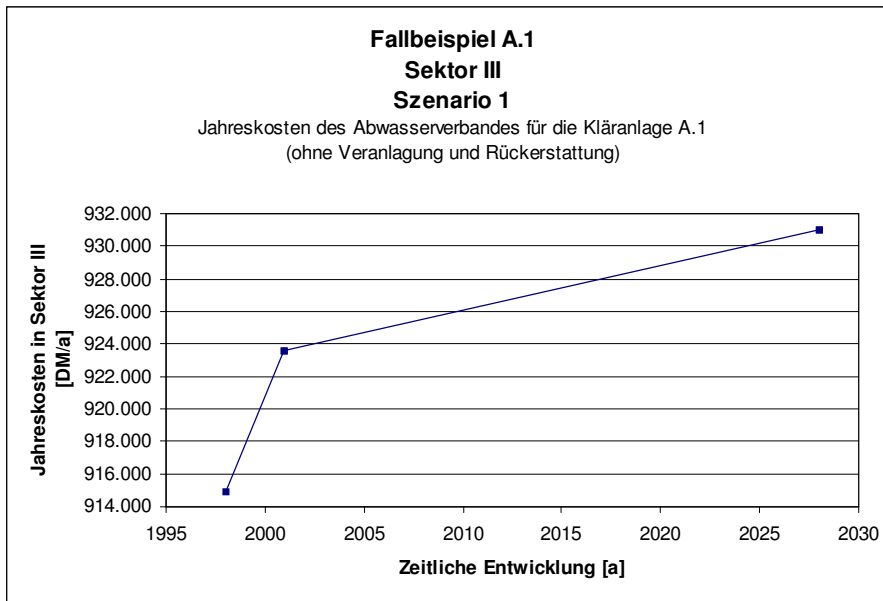


Abbildung 5-5: Jahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 1

Szenario 2

Durch die Trennung der Symbiose in Szenario 2 sind umfangreiche Ausbaumaßnahmen auf der Kläranlage A.1 notwendig. Der Umbau erfolgt in drei Stufen in den Jahren 1998, 2001 und im Jahre 2028. Eine detaillierte Aufstellung der geschätzten Kosten an den einzelnen Stützstellen findet sich im **Anhang [CD]**. Die variablen Kosten steigen an der Stützstelle zunächst auf 526.937 DM/a an. Im weiteren Verlauf wird der Zuwachs in dieser Kostengruppe auf 447.719 DM/a geschätzt.

Insgesamt stellt sich der Kostenverlauf für dieses Szenario im Sektor III folgendermaßen dar:

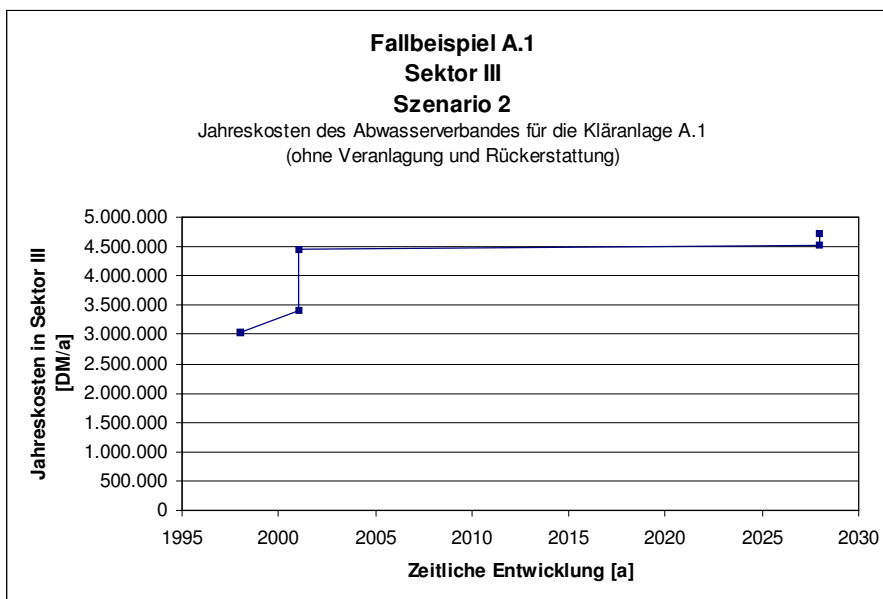


Abbildung 5-6: Jahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 2

Szenario 3

Da die Konditionen für eine Übernahme der Kläranlage auf dem Gelände des Industriebetriebes nicht bekannt sind, wird die Darstellung der Kosten im Sektor III für dieses Szenario auf den Zahllastverlauf für die Kläranlage A.1 beschränkt. Dieser fällt bei gleichzeitigem Betrieb der ARA Papier-Industrie 1 und damit einer Wiederaufnahme der Symbiose durch den Abwasserverband jedoch geringer aus als bei einer reinen Trennung. Die Kosten der Umbaumaßnahme sind im **Anhang [CD]**, der Verlauf ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

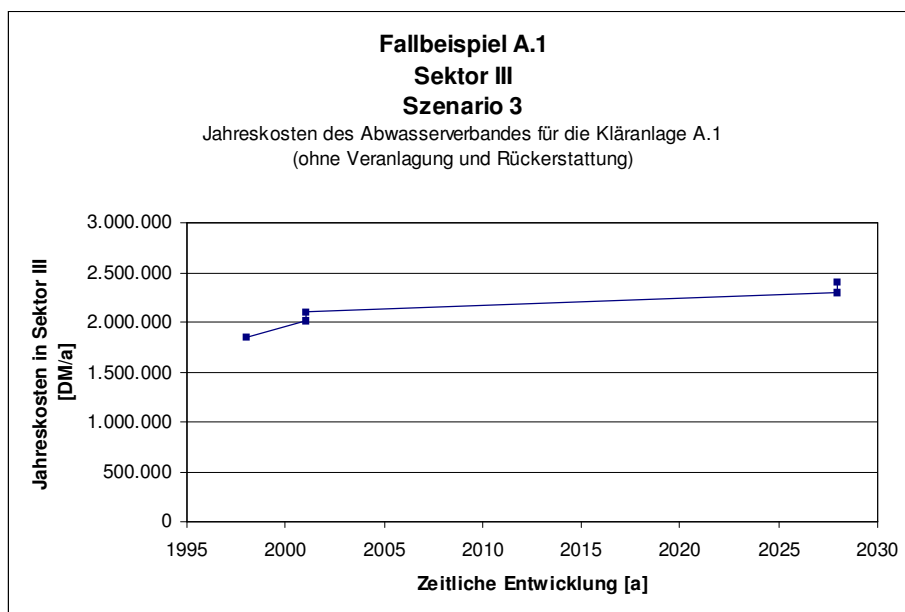


Abbildung 5-7: Jahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (ohne Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 3

5.1.1.5 Beitragsentwicklung im Sektor III und die Rückwirkung auf den Sektor I

Szenarien 1 bis 3

Die Papier-Industrie 1 wird aufgrund ihrer Mitgliedschaft entsprechend der Satzung des Abwasserverbandes veranlagt. Der Verlauf dieser zusätzlichen Kosten für den Industriebetrieb ist für die Szenarien 1 und 2 identisch und wird in **Abbildung 5-8** dargestellt.

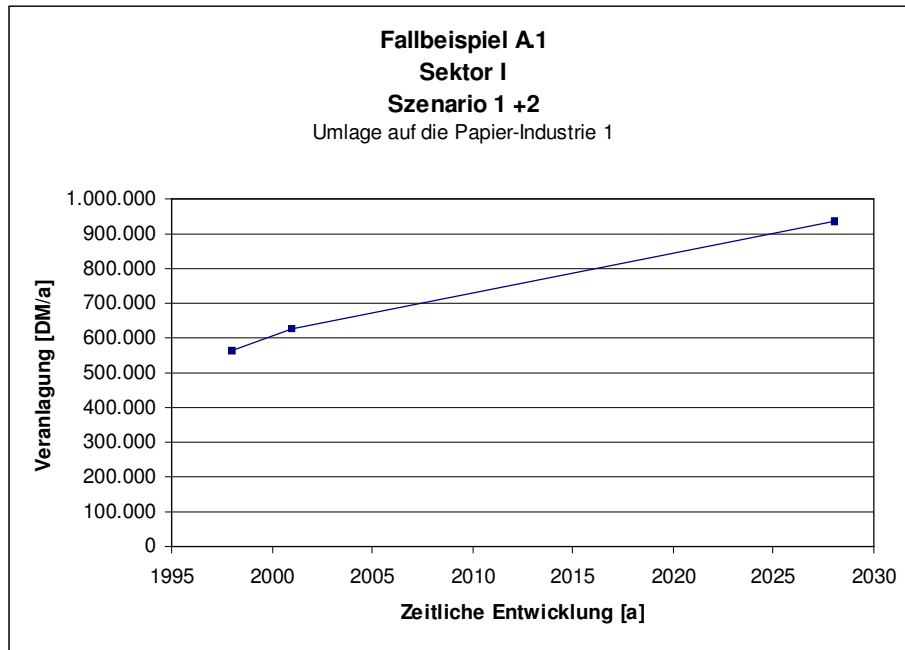


Abbildung 5-8: Umlage auf die Papier-Industrie 1 – Szenario 1 und 2

Die Mitbehandlung der Abwässer der Kläranlage A.1 in der werkseigenen Kläranlage im Szenario 1 wird dahingehend honoriert, daß die Papier-Industrie 1 eine Rückerstattung vom Verband erhält, welche in **Abbildung 5-9** für den Untersuchungszeitraum dargestellt ist.

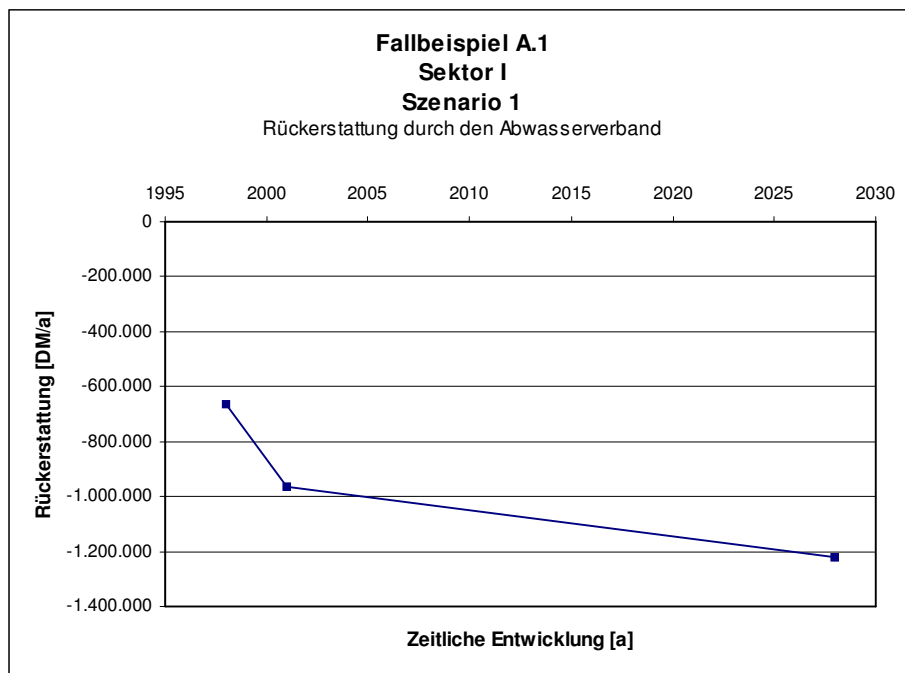


Abbildung 5-9: Rückerstattung durch den Abwasserverband – Szenario 1

Im Szenario 2 entfällt die Rückerstattung durch die Trennung der beiden Abwasserreinigungsanlagen. Insgesamt ergeben sich in den beiden Szenarien die nachfolgend abgebildeten Kostenverläufe für die Papier-Industrie 1 .

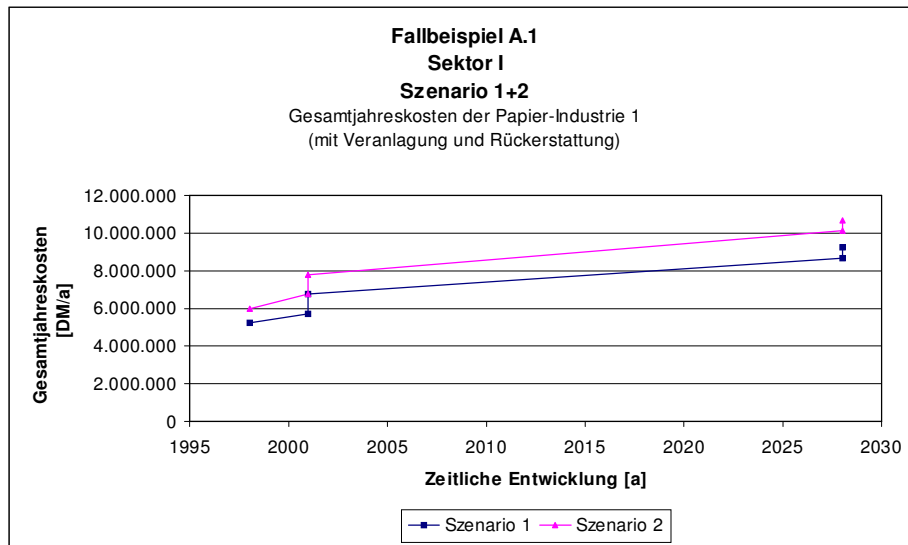


Abbildung 5-10: Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 1 (mit Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 1 und 2

Die Rückerstattung des Abwasserverbandes an die Papier-Industrie 1 ist im Szenario 1 als Zahllast zu den Jahreskosten im Sektor III anzurechnen. Damit ergibt sich für den Sektor III im Szenario 1 folgender Gesamtjahreskostenverlauf:

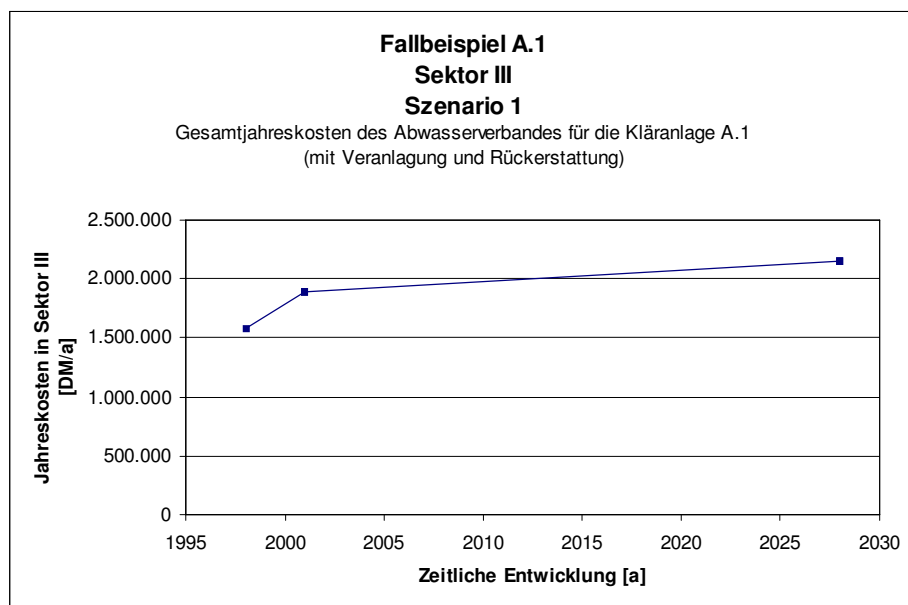


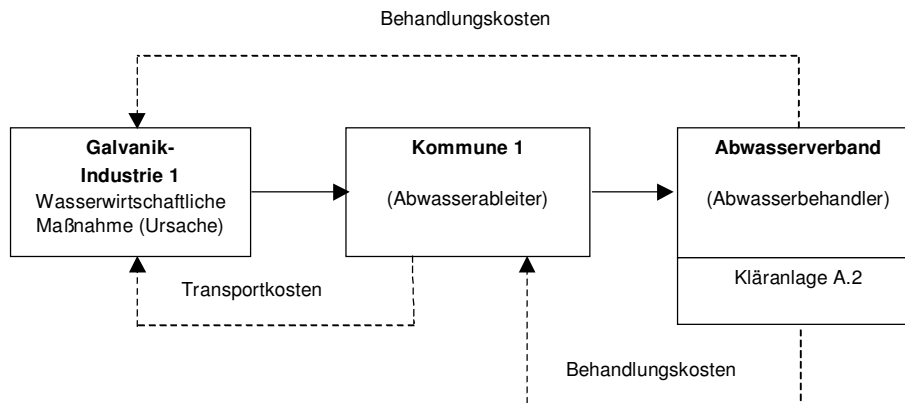
Abbildung 5-11: Gesamtjahreskosten des Abwasserverbandes für die Kläranlage A.1 (mit Veranlagung und Rückerstattung) – Szenario 1

Im Szenario 3 entfällt eine Darstellung der Umlagekosten. Die Gesamtjahreskosten für die Kläranlage A.1 entspricht der oben dargestellten **Abbildung 5-11**.

5.1.1.6 Handlungsempfehlungen

Wie aus der Darstellung der Gesamtjahreskosten (incl. Veranlagung und Rückerstattung) hervorgeht (**Abbildung 5-10**), weist Szenario 1 (Aufrechterhaltung der Symbiose) über den gesamten Betrachtungszeitraum stets geringere Werte im Vergleich zu Szenario 2 (Trennung der Symbiose) auf und ist daher grundsätzlich zu favorisieren. Dieses Ergebnis war schon im Vorfeld zu erwarten, da sich die Abwassercharakteristika von Papierabwässern und kommunalen Abwässern in idealer Weise ergänzen. Die Nutzung von Symbiosen ist somit ein wichtiger Bestandteil bei der Formulierung ganzheitlicher Handlungsempfehlungen (vgl. **Kap. 7**).

5.1.2 Fallbeispiel A.2
Galvanik-Industrie 1 / Kommune 1 / Abwasserverband



In dem Fallbeispiel A.2 werden Auswirkungen infolge betrieblicher Maßnahmen der Galvanik-Industrie 1 auf das Kanalnetz der Kommune 8 und Kommune 1 sowie die Kläranlage A.2 untersucht. Da die Kommune 8 nicht zur Kooperation bereit war, wird angenommen, daß die Galvanik-Industrie 1 direkt in das Abwassernetz der Kommune 1 einleitet. Die Zahllastenermittlung für den Sektor II erfolgt also ausschließlich auf der Grundlage der Kostenstruktur der Kommune 1.

5.1.2.1 Grundlagen

Sektor I

Abwassererzeuger: Galvanik-Industrie 1

Die Galvanik-Industrie 1 liegt im Teileinzugsgebiet 1 der Kommune 8 und bietet Dienstleistungen rund um die Metalloberfläche an. In zehn verschiedenen Produktionseinheiten werden im Dreischichtbetrieb jährlich ca. 26.000 t Kleinteile galvanisch beschichtet. Es werden Oberflächen mit Zink und Zinklegierungen mit allen Chromatierungen und Oberflächen mit Kupfer-Nickellegierungen jeweils in der Trommel und im Gestell hergestellt.

Die jährliche Produktionsabwassermenge von ca. 57.620 m³/a (s. Veranlagungsbescheid vom 07.06.2000) wird vor Einleitung in die Schmutzwasserkanalisation der Kommune 8 in der betriebseigenen Abwasserbehandlungsanlage vorbehandelt.

Die allgemeinen Grundlegendaten der Galvanik-Industrie 1 sind im **Anhang [CD]** und die Ablaufbeschaffenheit der vorbehandelten Prozeßabwässer in **Tabelle 5-4** dargestellt.

Tabelle 5-4: Ablaufkonzentrationen und –frachten der relevanten Schwermetalle der vorbehandelten Prozeßabwässer

Parameter	CSB	TS	NH ₄ -N	N _{org}	NO ₃ -N	NO ₂ -N	P _{ges}
Konzentrationen [mg/l]	248	22	13	60	14	6	2
Frachten [kg/d]	47,3	4,2	2,42	11,5	2,7	1,1	0,35

Die Konzentrationen der anfallenden Schwermetalle genügen den Anforderungen des Anhangs 40 zur AbwVO [Abwasserverordnung (AbwVO) (1999)] und sind exemplarisch für die Größen Cu, Ni, Zn, Cr, Pb, Cd und Hg in nachfolgender **Tabelle 5-5** aufgeführt.

Tabelle 5-5: Konzentrationen der anfallenden Schwermetalle

Parameter	Cu	Ni	Zn	Cr	Pb	Cd	Hg
Konzentration (Mittelwert) [mg/l]	0,35	0,13	0,75	0,10	0,10	0,04	0,02

Sektor II

Abwasserableiter: Kommune 1

Aufgrund fehlender Strukturdaten wird vereinfachend davon ausgegangen, daß das zunächst getrennt abgeleitete und gereinigte Schmutzwasser der Galvanik-Industrie 1 vor der Einspeisung in einen Mischwasserkanal zusammengeführt und anschließend direkt dem Netz der Kommune 1 übergeben wird. Damit ergibt sich, daß die Kosten der Abwasserableitung allein auf die Aufwendungen der Kommune 1 bezogen werden. Die allgemeinen Grundlagendaten des Sektors II sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage A.2 (Abwasserverband)

Die Kläranlage A.2 des Abwasserverbandes mit einer Ausbaugröße von 440.000 Einwohnern behandelt die Abwässer der Kommune 8 und Kommune 1, wobei der Anteil der Galvanik-Industrie 1 ca. 0,3 % bezogen auf die mittlere CSB-Fracht beträgt. Bis zum Jahre 2005 wird die Kläranlage A.2 mit einer voraussichtlichen Investitionssumme von 100 Mio. DM umgebaut. Die Ausbaugröße verringert sich nach dem Umbau auf 400.000 E + EGW.

Ein Fließschema der Kläranlage A.2 ist in **Abbildung 5-12** dargestellt. Die Zulaufbeschaffenheit sowie die Jahreskosten im Sektor III sind der **Tabelle 5-6** bzw. dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

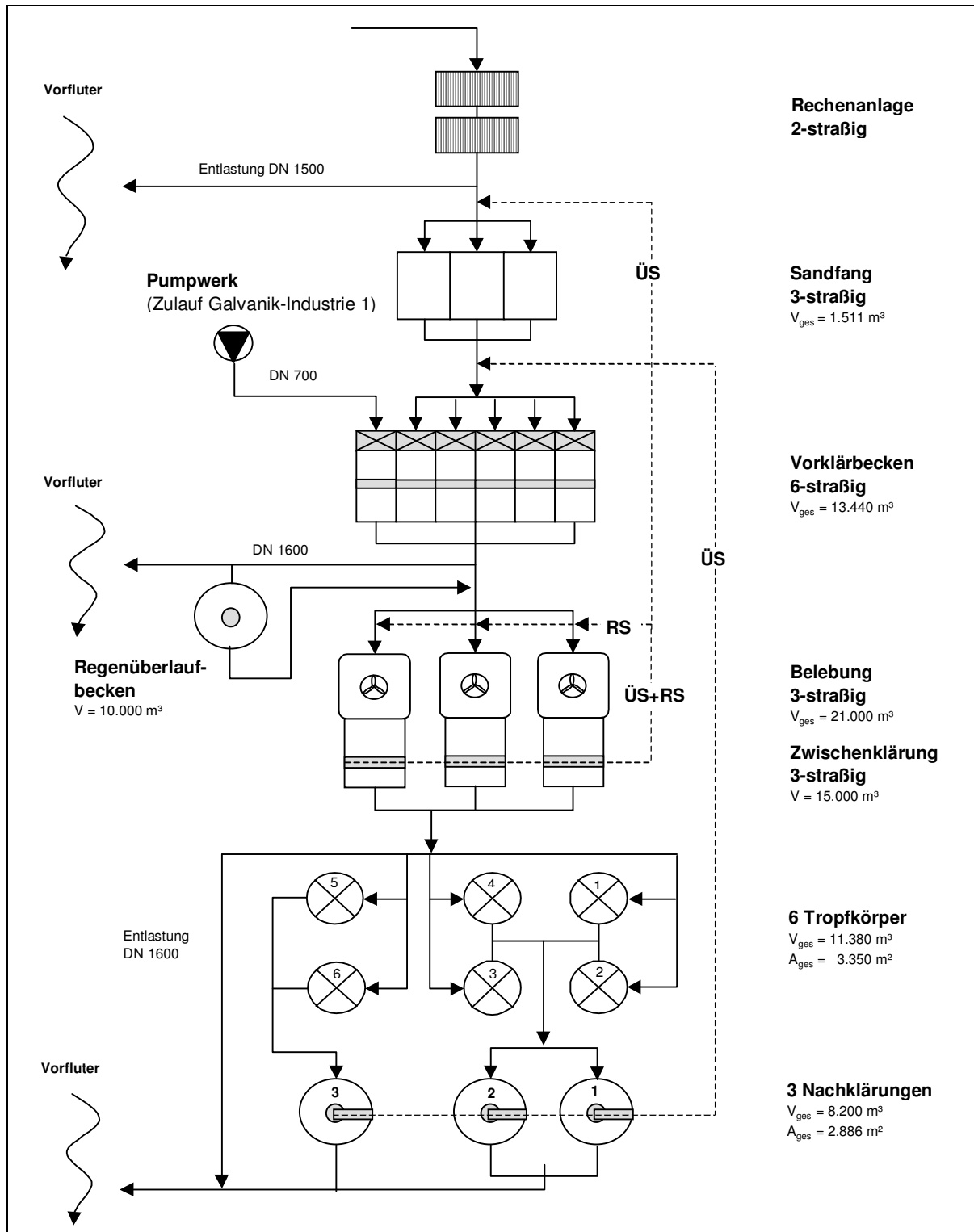


Abbildung 5-12: Fließschema der Kläranlage A.2

Tabelle 5-6: Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.2

Konzentrationen	Q	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}
	[l/s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Minimum	536	49	116	77	5,0	8,4	0,1	0,1	17,0	1,9
Mittelwert	1.097	109	270	192	9,4	16,2	0,9	3,5	30,0	4,3
85 % Perzentil	1.637	152	388	257	13,0	24,1	1,5	6,5	39,6	5,8
Maximum	1.802	210	459	310	14,0	28,0	2,4	7,1	45,1	7,6
Frachten	Q_{TW}	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}
	m ³ /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d
Minimum		5.825	13.250	8.873	576	1.017	2	5	1.906	251
Mittelwert	54.500	8.655	22.362	16.892	790	1.300	80	368	2.538	345
85 % Perzentil		9.789	28.320	20.726	939	1.404	123	717	3.150	384
Maximum		10.670	29.344	38.194	1.223	1.544	126	1.018	3.259	454
EW-Belastungen	Ausbau	BSB₅	CSB	TS_{ges}						P_{ges}
spez. (g/(E·d))	Größe	60	120	70						1,9
aus mittl. Fracht	440.000	144.251	186.348	241.309						181.411
aus Perz. Fracht		163.155	236.002	296.093						202.219
Ablaufwerte	Überwachungswerte/Erklärte Werte									
Konzentrationen			CSB						N_{anorg}	P_{ges}
			[mg/l]						[mg/l]	[mg/l]
Überwachungswerte			60						35	1

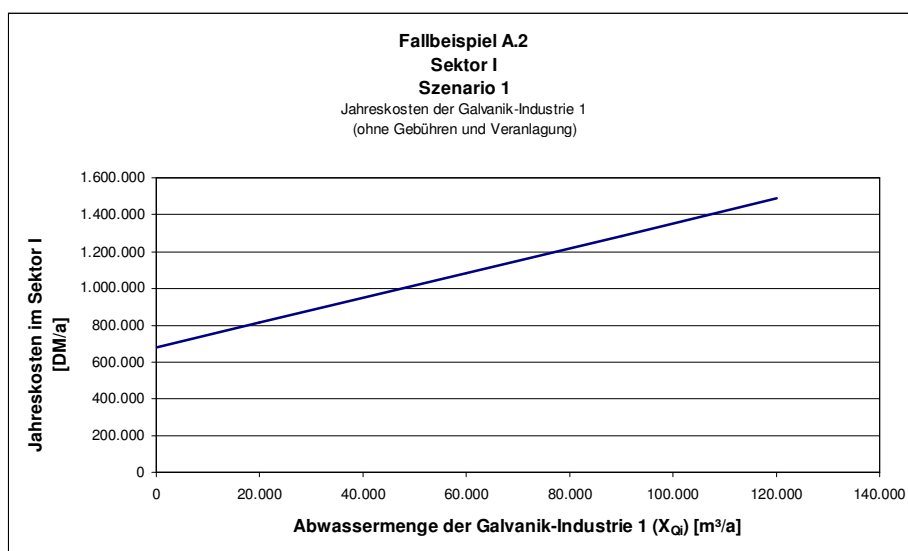
5.1.2.2 Problemfelder

In dem Fallbeispiel sollen Auswirkungen infolge produktionsintegrierter Projekte auf das Kanalnetz und die relevante Kläranlage untersucht werden. Ein Wirknachweis wird sowohl durch eine Standortverlagerung und somit der Wegfall der Abwässer der Galvanik-Industrie 1, als auch durch eine Produktionssteigerung erbracht. Weiterhin soll an diesem Fallbeispiel ein System zur dezentralen Niederschlagswasserbewirtschaftung entwickelt werden. Aus der Sicht der Industriebetriebe können mit einer Nutzung von Niederschlagswässern neben dem übergreifenden wasserwirtschaftlichen und ökonomischen Nutzen auch Vorteile wie zum Beispiel geringerer Rohstoffverbrauch (Frischwasser) und eine damit verbundene Ressourcenschonung verbunden sein.

5.1.2.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgebe) in drei Szenarien

Szenario 1

Im Szenario 1 wird die Abwasserabgabe der Galvanik-Industrie 1 ins Netz der Kommune 1, in den Grenzen von 0-120.000 m³/a, und die Folgen für die Sektoren II und III untersucht. Dabei werden die Konzentrationen beibehalten. Die Zahllast infolge Abwassermengenvariation stellt sich folgendermaßen dar:



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-120.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 6,717 \cdot X_{Qi} + 681.000$ [DM/a]

Abbildung 5-13: Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1

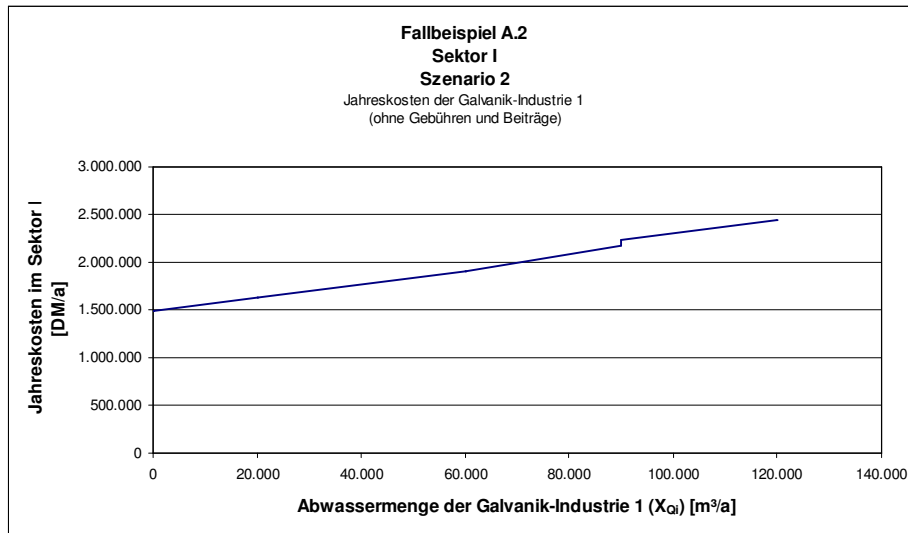
Szenario 2

In diesem Szenario wird analog zum oben genannten Szenario die Abwassermenge zwischen 0-120.000 m³/a variiert. Jedoch wird das Produktionsabwasser vor der Einspeisung ins Netz über einen Festbettreaktor geleitet. Mit einem angenommenen Wirkungsgrad von 66% bezogen auf die CSB-Fracht ergeben sich im Ablauf der Galvanik-Industrie 1 folgende Konzentrationen.

Tabelle 5-7: Ablaufkonzentrationen des Festbettreaktors der Galvanik-Industrie 1

Parameter	CSB	TS	NH ₄ -N	N _{org}	NO ₃ -N	NO ₂ -N	P _{ges}
Konzentrationen [mg/l]	110	11	2	8	35	14	2

Der Ausbau des Festbettreaktors erfolgt in zwei Stufen. Ausgehend vom IST-Zustand wird er zunächst für eine Wassermenge von 90.000 m³/a ausgelegt. An der Stützstelle 90.000 m³/a wird in einem zweiten Schritt ein weiterer Festbettreaktor derselben Größe installiert. An jedem der Investitionspunkte steigt der fixe Kostenanteil infolge Abschreibung und Verzinsung sowie Instandhaltung um 63.656 DM/a. Die variablen Kosten bewegen sich in den Grenzen von 0-826.000 DM/a. Nach einer Überlagerung der fixen und der variablen Kostenkurven läßt sich die Kurve wie folgt bereichsweise definieren. Eine grafische Darstellung findet sich in **Abbildung 5-14**.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-20.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 6,883 \cdot X_{Qi} + 1.489.312$ [DM/a]
(20.000-60.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 6,884 \cdot X_{Qi} + 1.489.287$ [DM/a]
(60.000-90.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 9,005 \cdot X_{Qi} + 1.362.000$ [DM/a]
(90.000-120.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 6,883 \cdot X_{Qi} + 1.616.624$ [DM/a]

Abbildung 5-14: Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

Szenario 3

Die Galvanik-Industrie 1 bezieht ihr Prozeßwasser ausschließlich aus dem Versorgungsnetz. Es wäre jedoch möglich, einen Teil des konditionierten Trinkwassers durch salzarmes Regenwasser zu ersetzen. Für die Galvanik-Industrie 1 wurden Untersuchungen bezüglich einer Regenwassernutzung angestellt. Damit würde ein Teil des Frischwasserbezugs (angesetzt mit 2,40 DM/m³) entfallen.

Die Untersuchung erfolgte in drei Varianten, die wie folgt festgelegt wurden:

- Variante 1: Nutzung der gesamten Fläche
- Variante 2: Nutzung der Dachflächen (incl. Dachfläche Kläranlage und Cyklator)
- Variante 3: Nutzung des Gebäudedaches

Die untersuchte abflußwirksame Fläche gliedert sich wie folgt:

Beschreibung	Fläche in m²
Dachfläche Gebäude	ca. 6.377
Dachfläche Kläranlage	ca. 360
Dachfläche Cyklator	ca. 95
Verkehrsfläche	2.750
Gesamtfläche	ca. 9.582

Die Spitzenabflußbeiwerte sind für die Verkehrsfläche mit $\Psi_1=0,87$ und für die Dachfläche (Flachdach, Dachpappe) mit $\Psi_2 = 0,90$ festgelegt worden. Damit ergeben sich überschlägig für die Varianten 1-3 die in nachfolgender Tabelle aufgeführten Jahresregenabflußspenden.

Tabelle 5-8: Jahresregenabflußspende (Überschlagsrechnung)

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
Niederschlag	[(m³/m²)/a]	0,9	0,9	0,9
Gesamtdach A	[m²]	6.832	6.832	
Gebäudedach A	[m²]			6.377
Ψ_1		0,9	0,9	0,9
Verkehrsfläche A_V	[m²]	2.750	0	0
Ψ_2		0,87		
Jahres- Regenabflußspende q_{ra}	[m³/a]	7.687,13	5.533,92	5.165,37

$$\text{Jahresregenabflußspende } q_{ra} = N * A * \Psi_1 + N * A_V * \Psi_2$$

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind wie folgt festzuhalten:

Für die Variante 1 ist zur Abscheidung der dünnflüssiger Öle ein Öl-Skimmer erforderlich. Für die Zwischenspeicherung des Regenwassers kann der vorhandene Cyklator genutzt werden, so daß hier keine weiteren Kosten entstehen. Insgesamt ergeben sich Investitionsbeträge (ohne Elektroleitungen) für die Varianten 1-3 in folgender Höhe:

Tabelle 5-9: Abschätzung der Investitionskosten und Ergänzungen

	Variante 1	Variante 2 Kosten [DM]	Variante 3 Kosten [DM]
Absperrschieber	3.847	7.694	3.847
Ultraschall-Füllstandsmessung und Auswertungseinheit	1.230	1.230	1.230
ca. 10 Meter Rohr z.B. DN 250	500	500	500
Öl-Skimmer	6.000	-	-
Materialkosten (ohne Elektroleitungen)	11.577	9.424	5.577
Jahreskosten (AfA, Zins)	1.463	1.191	705
Betriebs- und Entsorgungskosten (pauschal)	2.000	1.700	1.700
SUMME:	3.463	2.891	2.405

Die Einsparungen durch Substituierung werden wie folgt eingeschätzt:

Tabelle 5-10: Einsparung durch Substituierung

		Variante 1	Variante 2	Variante 3
Jahres- Regenabflußspende q_{ra}	[m ³ /a]	7.687,13	5.533,92	5.165,37
Einsparung Frischwasser (bei 2,40 DM pro m ³)	[DM/a]	18.449	13.281	12.396
Gesamtersparnis [DM/a]:		14.986	10.390	9.991

Damit zeigt sich, daß zumindest auf der Versorgungsseite im Sektor I Einsparungen erzielt werden können. Von einer Lösung, wie sie in Variante 1 beschrieben und untersucht wurde, ist jedoch aufgrund der hohen Anforderungen an das Prozesswasser bezogen auf die Ölbestandteile abzuraten. Insgesamt bietet sich hier jedoch ein Einsparpotential. Da die Abwasserseite jedoch von dieser Entscheidung nicht profitiert, wird diese Variante hier nicht weiter betrachtet.

5.1.2.4 Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.1.2.4.1 Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)

Szenario 1 und 2

Aufgrund unzureichender Strukturdaten und der Annahme, daß das Abwasser der Galvanik-Industrie 1 direkt dem Netz der Kommune 1 übergeben wird, sind im Sektor II keine Änderungen vorhanden. Aus diesem Grund lassen sich die Kurven für das Szenario 1 und 2 jeweils auf folgende Weise bereichsweise beschreiben :

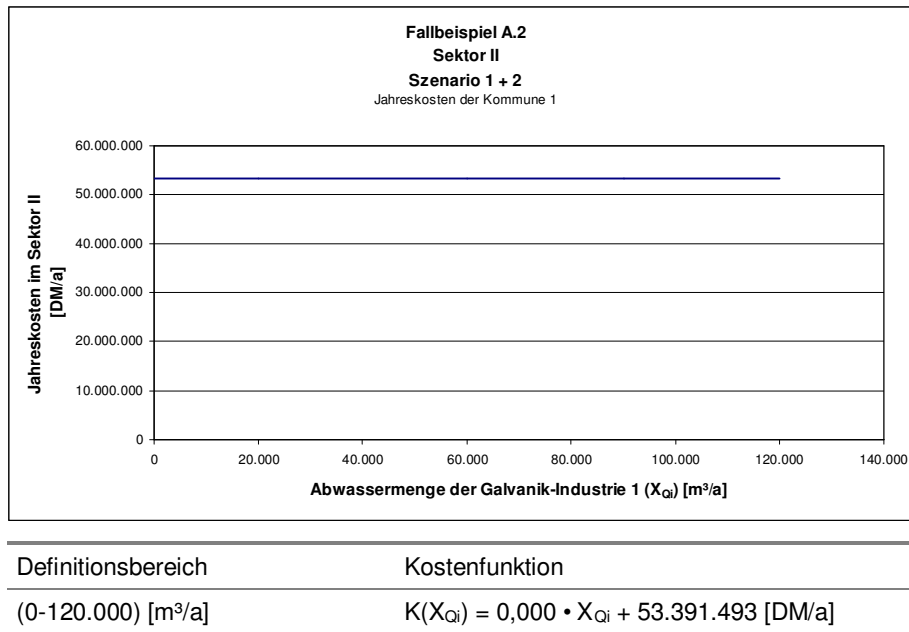


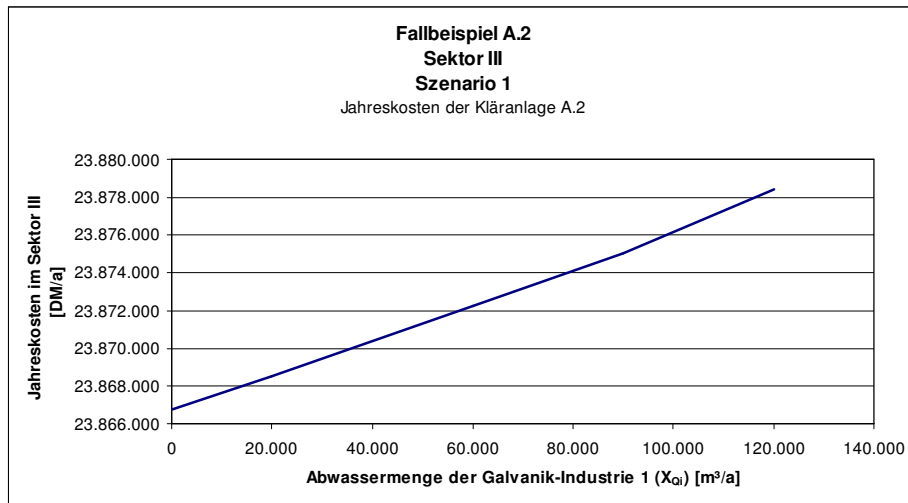
Abbildung 5-15: Jahreskosten der Kommune 1 – Szenario 1 und 2

5.1.2.4.2 Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

Da die betrachtete Kläranlage z.Z. die Umweltstandards nicht erfüllt (z.B. liegt der Überwachungswert für die Stickstoffkonzentration bei 35 mg/l im Ablauf der Kläranlage (siehe auch Fallbeispiel A.5)) wurden im Vorfeld der Bemessung die Behandlungsvolumina der Kläranlage A.2 an die Anforderungen des Anhangs 1 der AbwVO [Abwasserverordnung (AbwVO) (1999)] angepaßt. Die Summe der Investitionskosten wurde auf 100.000.000 DM abgeschätzt. Bei einem Abschreibungszeitraum von 25 Jahren und einem Zinssatz von 4,5% ergeben sich die Jahreskosten incl. Instandhaltung und sonstiger Kosten zu 18.239.833 DM/a. Dieser fiktive IST-Zustand bildet die Grundlage zur Ermittlung der Differenzkosten im Sektor III.

Szenario 1

Nach der Anpassung auf die Umweltstandards ergibt sich über die gesamte Variation der Abwassermenge seitens der Galvanik-Industrie 1 kein Fixkostensprung. Die variablen Kosten bewegen sich in den Grenzen von 3.573.411-3.585.086 DM/a. Nachfolgend ist der Verlauf der Kostenkurve grafisch aufbereitet. Im Anschluß findet sich eine bereichsweise Definition dieser Kurve.

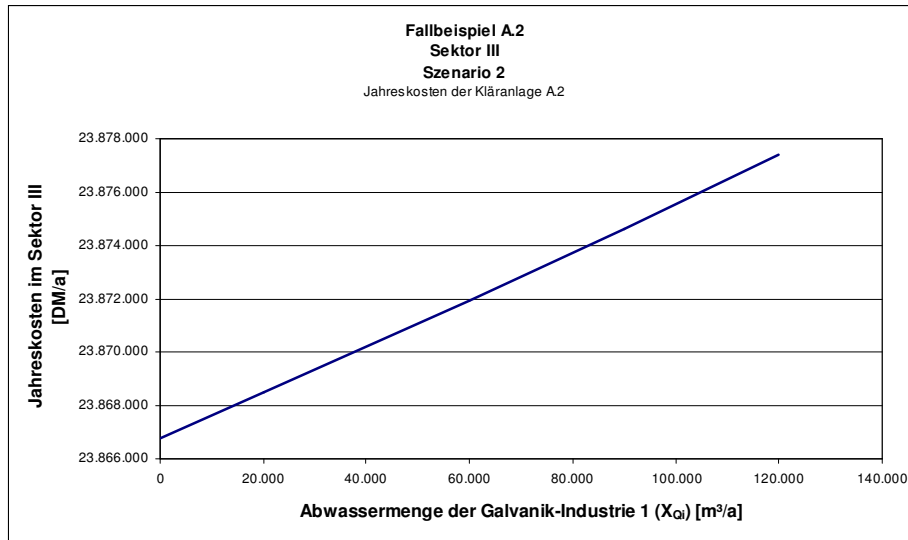


Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-20.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,089 \cdot X_{Qi} + 23.866.772$ [DM/a]
(20.000-60.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,092 \cdot X_{Qi} + 23.866.695$ [DM/a]
(60.000-90.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,093 \cdot X_{Qi} + 23.866.654$ [DM/a]
(90.000-120.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,114 \cdot X_{Qi} + 23.864.767$ [DM/a]

Abbildung 5-16: Jahreskosten der Kläranlage A.2 – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 ist entsprechend dem Szenario 1 kein Ausbau der Behandlungsvolumina auf der Kläranlage A.2 erforderlich. Die variablen Kosten differieren zwischen 3.573.405-3.584.033 DM/a und fallen damit relativ geringer aus, als in vorgenanntem Szenario. Nachfolgend ist die Kurve grafisch dargestellt. Die Steigung läßt sich aus der anschließenden abschnittweisen Formulierung ableiten.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-20.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,085 \cdot X_{Qi} + 23.866.766$ [DM/a]
(20.000-60.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,087 \cdot X_{Qi} + 23.866.732$ [DM/a]
(60.000-90.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,089 \cdot X_{Qi} + 23.866.615$ [DM/a]
(90.000-120.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,092 \cdot X_{Qi} + 23.866.318$ [DM/a]

Abbildung 5-17: Jahreskosten der Kläranlage A.2 – Szenario 2

5.1.2.5 Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise

Die additive Verknüpfung der sektoriell anfallenden Jahreskosten entspricht den jährlichen Zahllasten aus volkswirtschaftlicher Sichtweise. Dabei wurden die fixen anrechenbaren Jahreskosten der Sektoren I, II und III in den Grenzen 0-120.000 m³/a und die mit der Wassermenge veränderlichen - also in diesem Bereich variablen Kosten - superponiert. Die Kostenkurven für die Szenarien 1 und 2 sind in folgender Abbildung dargestellt.

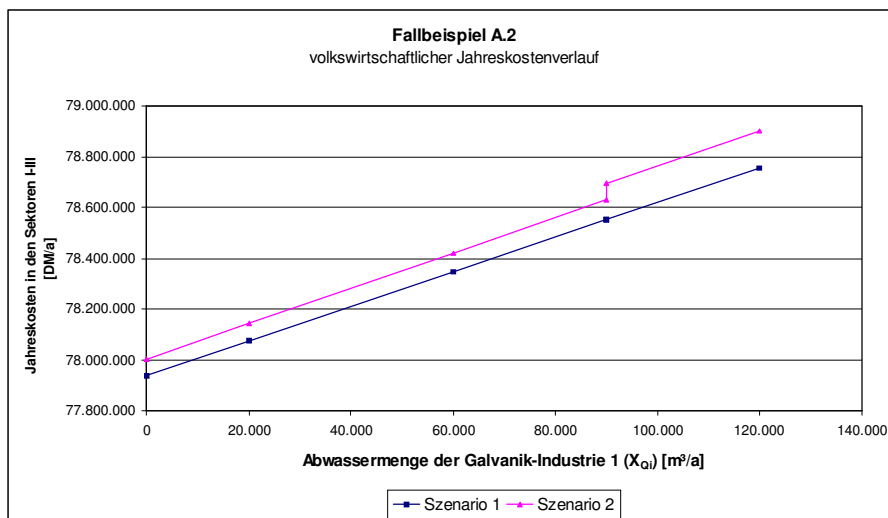


Abbildung 5-18: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2

5.1.2.6 Gebühren- und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I

Die Gebühren der Kommune 1 werden getrennt nach Niederschlags- und Schmutzwassergebühr auf die angeschlossenen Einwohner bzw. Betriebe umgelegt.

In den Szenarien 1 und 2 bleibt die Niederschlagswassergebühr unverändert (**Abbildung 5-19**), während die Schmutzwassergebühr mit steigender Wassermenge sinkt, respektive mit sinkender Abwassermenge steigt (**Abbildung 5-20**).

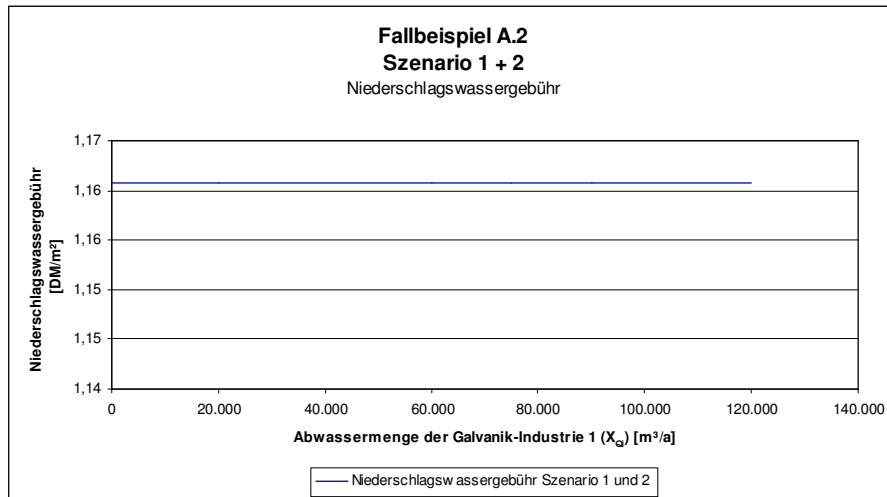


Abbildung 5-19: Niederschlagswassergebühr – Szenario 1 und 2

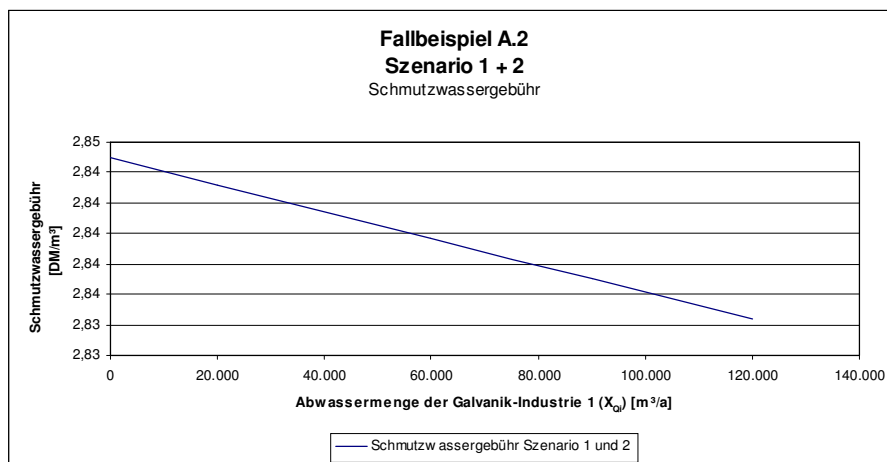


Abbildung 5-20: Schmutzwassergebühr – Szenario 1 und 2

Die Abwasserabgabe sowie der Klärkostenbeitrag als Abgabe an den Abwasserverband werden konstant mit 9,36 DM/BE bzw. 103,43 DM/BE angesetzt. Damit ergeben sich für die Galvanik-Industrie 1 an den Stützstellen die nachfolgend dargestellten Umlagekosten.

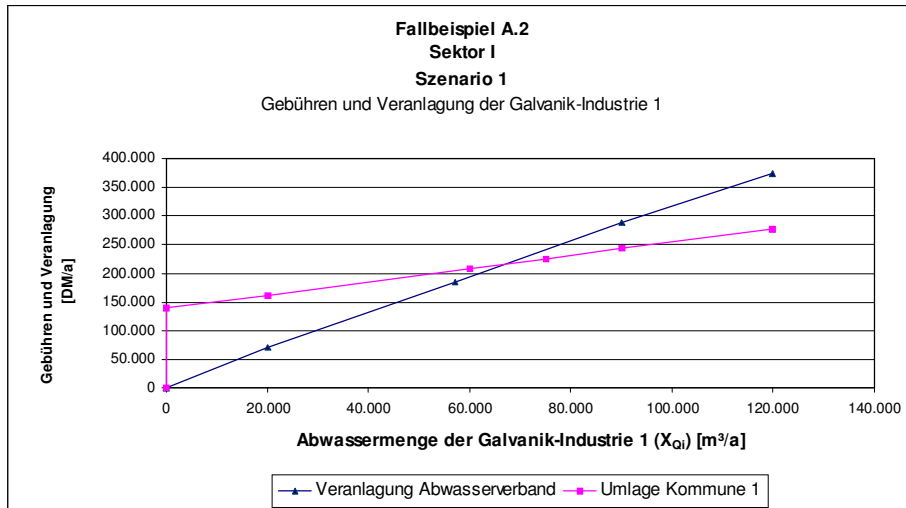


Abbildung 5-21: Gebühren und Veranlagung der Galvanik-Industrie 1 – Szenario 1

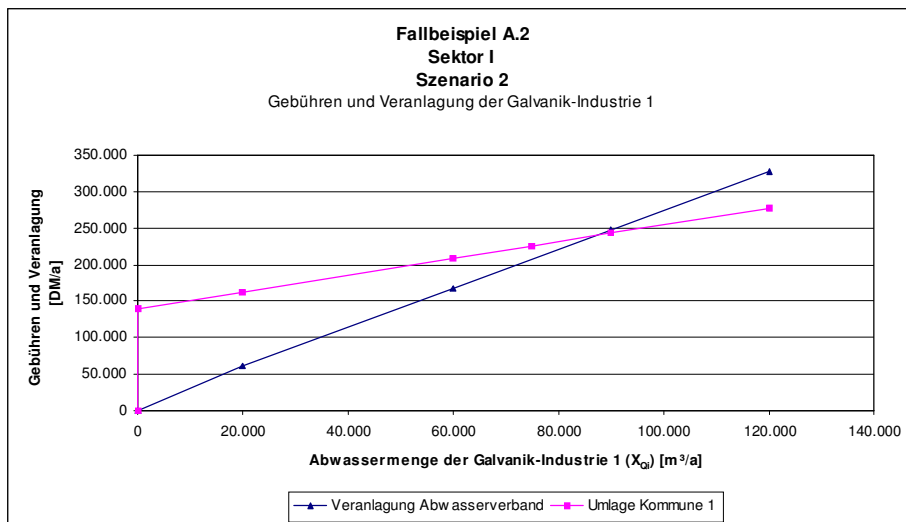


Abbildung 5-22: Gebühren und Veranlagung der Galvanik-Industrie 1 – Szenario 2

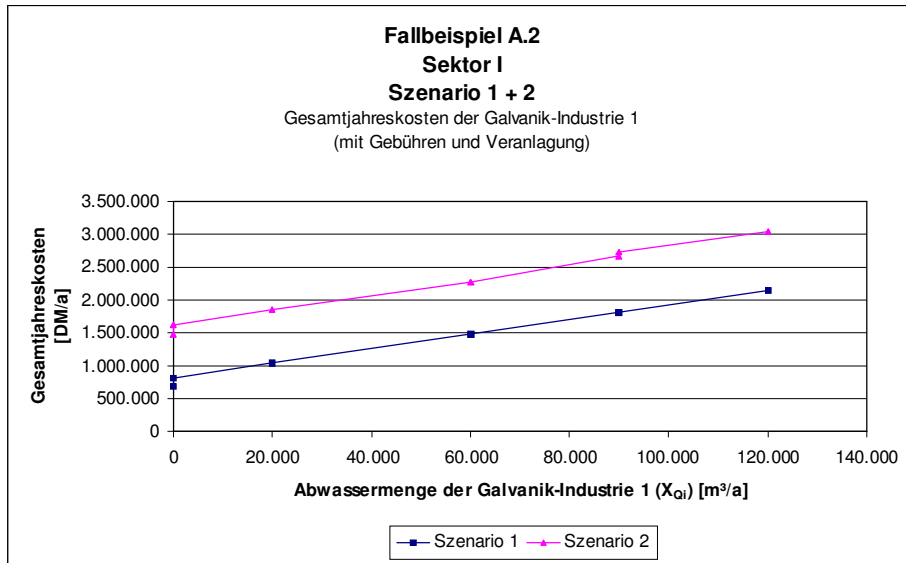


Abbildung 5-23: Gesamtjahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2

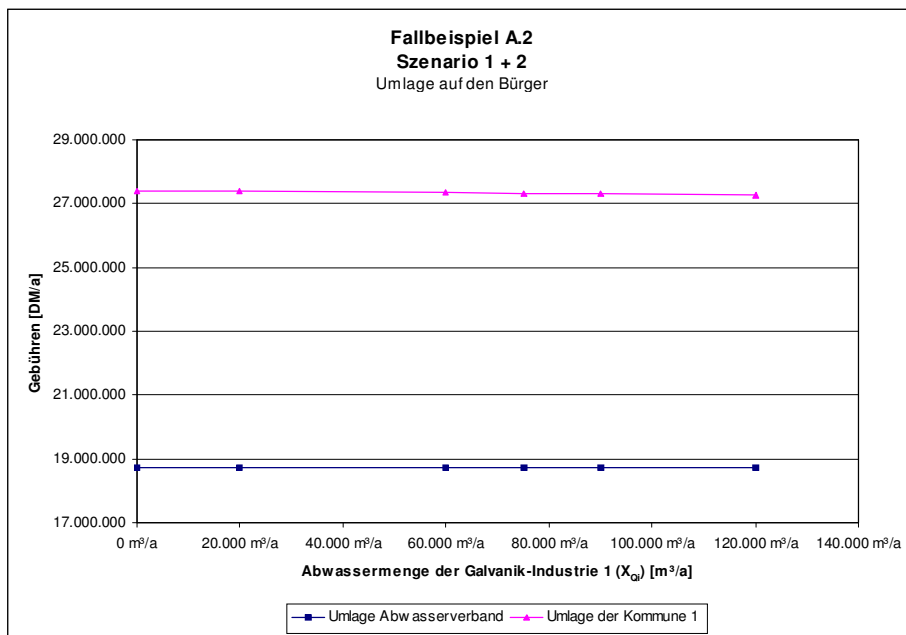


Abbildung 5-24: Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2

5.1.2.7 Handlungsempfehlungen

Die Gesamtjahreskostendarstellung incl. Gebühren und Veranlagung (**Abbildung 5-23**) zeigt, daß Szenario 2 (Festbettreaktor als zusätzliche Vorbehandlungsstufe) durchweg höhere Kosten im Vergleich zu Szenario 1 aufweist. Aus Sektor I heraus würde aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten somit eine Entscheidung gegen den Bau einer nachgeschalteten Vorbehandlungsanlage in Form eines Festbettreaktors fallen. **Abbildung 5-18** illustriert, daß diese Entscheidung auch unter gesamtwirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist, da hier die Gesamtkosten des Szenarios 2 ebenfalls deutlich über denen des Szenarios 1 liegen.

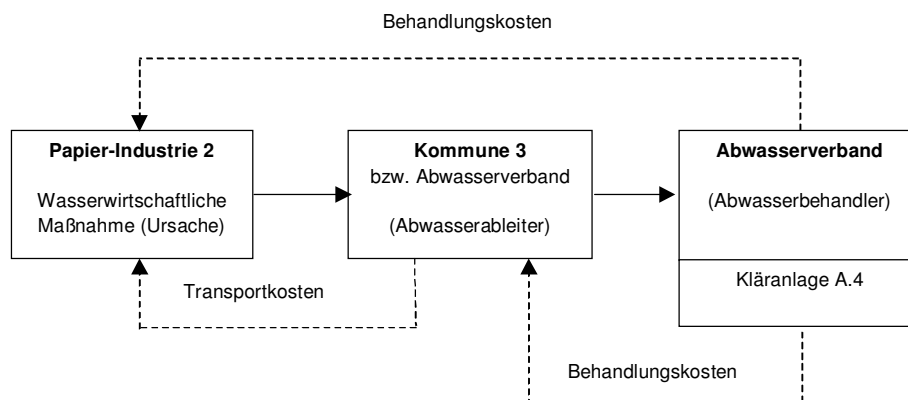
Der in **Abbildung 5-20** dargestellte Gebührenverlauf der Kommune 1 weist bei Zunahme der industriellen Abwassermenge der Galvanik-Industrie 1 einen degressiven Charakter auf. Dies bedeutet, daß die Zunahme der industriellen Abwassermenge zu einer Senkung der Gebühr führt, die von den Bürgern zu entrichten ist, obwohl diese nicht als Versursacher anzusehen sind. Dieser charakteristische degressive Verlauf der Gebührenkurve wurde auch grundsätzlich bei den nachfolgenden Fallbeispielen vorgefunden. Ein entsprechender Lösungsansatz für diese Thematik ist in **Kapitel 7** „Ganzheitliche Handlungsempfehlungen“ gegeben.

Die in Szenario 3 untersuchte teilweise Substituierung des Prozeßwassers aus dem Wasserversorgungsnetz ist für die Varianten 2 und 3 als wirtschaftlich zu beurteilen und sollte daher umgesetzt werden.

5.1.3 Fallbeispiel A.3
Galvanik-Industrie 2 / Kommune 2 / Abwasserverband

In dem Fallbeispiel A.3 sollten Wirkmechanismen, die infolge einer variierenden Abwassermenge der Galvanik-Industrie 2 in dem bestehenden Abwassertransport- und Behandlungssystem entstehen können, untersucht werden. Als Vertreter der Galvanikindustrie würde die Galvanik-Industrie 2 schwermetallhaltiges Abwasser ins Netz, respektive in die Kläranlage der korrespondierenden Abwasserbehandler einleiten. Aufgrund der jährlichen Abwassermenge von 600 m³/a ist jedoch erst ab einem Vielfachen der Abwassermenge eine sichtliche Wirkung auf das System zu erwarten. Auch wurde die Schwermetallproblematik durch die Galvanik-Industrie 1 bereits abgedeckt. Aus diesen Gründen und der sich im Projektverlauf ergebenden Möglichkeit, einen Betrieb der Fleischverarbeitungs-Industrie mit einer hohen organischen Belastung in die Untersuchung aufnehmen zu können, wurde dieses Fallbeispiel nicht weiter verfolgt.

5.1.4 Fallbeispiel A.4
 Papier-Industrie 2 / Kommune 3 / Abwasserverband



In dem Fallbeispiel A.4 werden die Auswirkungen von möglichen wasserwirtschaftlichen und produktionsimmanenten Maßnahmen der Papier-Industrie 2 (Papierfabrik) auf den korrespondierenden Abwasserableiter (Kommune 3) und Abwasserbehandler (Kläranlage A.4, Abwasserverband) untersucht.

5.1.4.1 Grundlagen

Sektor I

Abwassererzeuger: Papier-Industrie 2

Die Papier-Industrie 2 ist in der Kommune 3 gelegen und erzeugt jährlich ca. 31.000 t hochwertige Lebensmittel-Verpackungspapiere. Das im Fabrikationsprozeß entstehende Abwasser (ca. 160.000 m³/a) wird mit Hilfe eines mechanisch-chemischen Sedimentationsverfahrens in der werkseigenen Vorbehandlungsanlage vorgereinigt, über das kommunale Entwässerungsnetz der Kommune 3 abgeleitet und anschließend der Kläranlage A.4 übergeben. Das Abwasser der Papier-Industrie 2 zeichnet sich für Papierabwässer typischen einseitigen Belastungsparameter aus.

Die allgemeinen Grundlagendaten der Papier-Industrie 2 sind dem **Anhang [CD]** und die relevanten Abwasserkonzentrationen der **Tabelle 5-11** zu entnehmen.

Tabelle 5-11: Durchschnittliche Ablaufkonzentrationen der Papier-Industrie 2

Parameter	CSB	BSB ₅	N _{red.}	NO _x -N	P _{ges}	TS
Ablaufkonzentration [mg/l]	2.978	1.837	21,05	0,75	1,96	482

Sektor II

Abwasserableiter: Kommune 3

Das Abwasser der Papier-Industrie 2 wird im Einzugsgebiet der Kommune 3 über einen ca. 3 km langen Talsammler (DN 300 und DN 400) abgeleitet. An der Gemeindegrenze zwischen der Kommune 3 und der Kommune 9 erfolgt die Übergabe des Abwassers an den Abwasserverband in einen dort beginnenden abwasserverbandseigenen Sammler. Mit Hilfe dieses Sammlers wird das Abwasser der Kläranlage A.4 zugeführt.

Die allgemeinen Grundlagendaten und die jährlichen Kosten der Abwasserbeseitigung sind im **Anhang [CD]** dargestellt.

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage A.4 (Abwasserverband)

Die Kläranlage A.4 des Abwasserverbandes wird zur Zeit umfassend erweitert, wobei ein Großteil der Anlagenerweiterung bereits im Jahr 1999 im Betrieb genommen worden ist. Die Ausbaugröße der Kläranlage beträgt nach der Erweiterung 38.150 Einwohnerwerte, und die derzeitige Auslastung liegt bei ca. 81 % bezogen auf den 85 %-Perzentilwert der BSB₅-Belastung. Der BSB₅-Anteil des Abwassers der Papier-Industrie 2 beträgt 29 %, bezogen auf die BSB₅-Gesamtbelastung der Kläranlage.

Ein vereinfachtes Verfahrensschema veranschaulicht **Abbildung 5-25**. Die Zulaufbeschaffenheit sowie die Jahreskosten der Kläranlage A.4 sind in **Tabelle 5-12** bzw. im **Anhang [CD]** dargestellt.

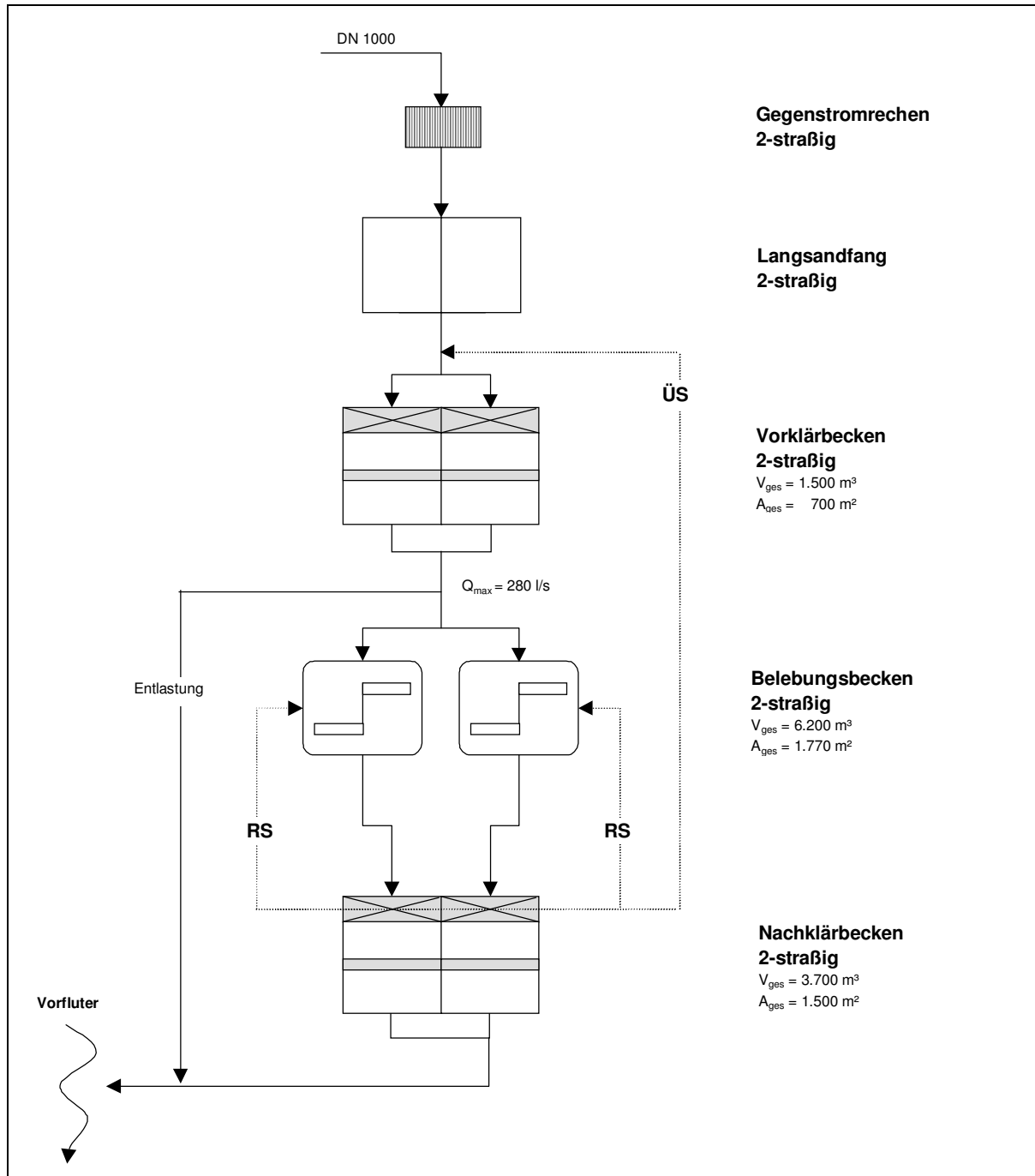


Abbildung 5-25: Fließschema der Kläranlage A.4 (vor Umbau)

Tabelle 5-12: Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.4

Konzentrationen	Q	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}	
	[l/s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
Minimum	124	14	39	26	2,0	0,7	0,1	0,1	6,3	0,5	
Mittelwert	280	64	150	87	6,0	6,0	0,1	1,6	13,7	1,9	
85 % Perzentil	382	92	225	156	9,6	10,8	0,2	2,4	20,7	3,2	
Maximum	390	177	337	170	16,0	11,0	0,2	3,5	23,5	3,4	
Frachten	Q_{TW}	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}	
	m ³ /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	
Minimum		434	1.210	723	62	22	1	1	195	14	
Mittelwert	16.000	1.219	2.949	1.768	128	118	4	46	296	36	
85 % Perzentil		1.864	4.138	2.710	129	155	7	78	336	52	
Maximum		2.202	4.810	3.829	383	172	8	109	561	65	
EW-Belastungen	Ausbau	BSB₅	CSB	TS_{ges}						P_{ges}	
spez.(g/(E · d))	Größe	60	120	70						1,9	
aus mittl. Fracht	38.150	20.324	24.576	25.255						19.164	
aus Perz. Fracht		31.063	34.486	38.709						27.619	
Ablaufwerte	Überwachungswerte/Erklärte Werte										
Konzentrationen			CSB							N_{anorg}	P_{ges}
			[mg/l]							[mg/l]	[mg/l]
Überwachungswerte			60							18	0,5

5.1.4.2 Problemfelder

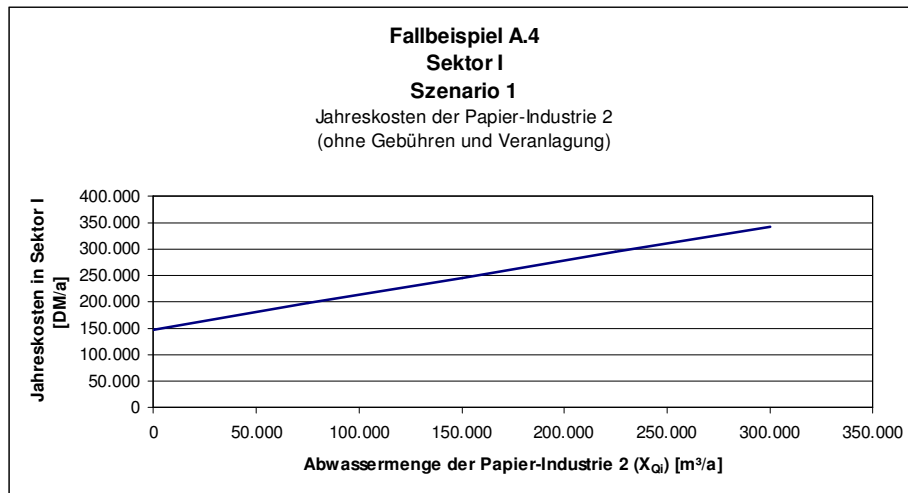
In diesem Fallbeispiel sollen die Auswirkungen einer variierenden Abwassermenge der Papier-Industrie 2 auf die Abwasserableitungs- und Abwasserbehandlungssysteme aufgezeigt werden. Eine Veränderung der Abwassermenge kann beispielsweise durch einen Wegbruch der Papier-Industrie 2 hervorgerufen werden, aber auch durch eine Produktionssteigerung ist eine Erhöhung der Abwassermenge möglich. Weiterhin soll untersucht werden, inwieweit sich eine Intensivierung der Kreislauf-führung auf die Kostenstrukturen der einzelnen Systemelemente auswirkt.

5.1.4.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impuls-gabe) in zwei Szenarien

Szenario 1

Im Szenario 1 wird die Abwassermenge der Papier-Industrie 2 bei konstanten Konzentrationen in den Grenzen von 0-300.000 m³/a variiert. Dabei bedeutet eine Wassermenge von 300.000 m³/a eine Verdopplung der Produktion, während eine Wassermenge von 0 m³/a den Wegbruch der aus dem Wirk-system darstellt.

Innerhalb der Limiten ist im Sektor I keine Mehrung der Behandlungsvolumina erforderlich. Die von der Wassermenge abhängigen Kosten variieren zwischen 0 und 187.500 DM/a. Damit ergibt sich nachfolgend dargestellte Jahreskostenverteilung.

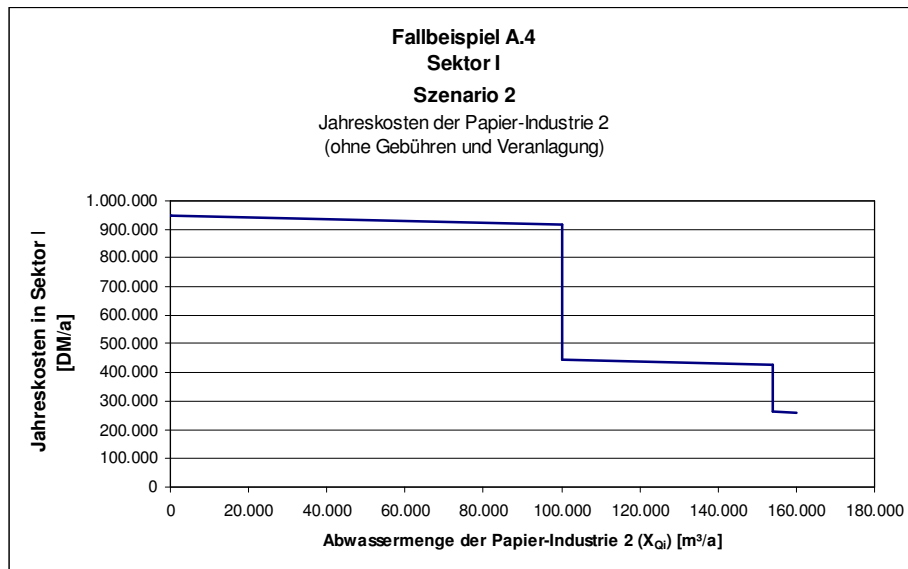


Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-154.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,650 \cdot X_{Qi} + 148.000$ [DM/a]
(154.000-300.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,650 \cdot X_{Qi} + 148.000$ [DM/a]

Abbildung 5-26: Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 soll durch eine Kreislaufführung die ins Netz eingeleitete Abwassermenge gesenkt und gleichzeitig die Schmutzfracht konstant gehalten werden. Dies erfordert eine Erweiterung der vorhandenen Aufbereitungstechnik der Papier-Industrie 2. Die Investitionszeitpunkte wurden auf die Stützstellen 154.000 m³/a und 100.000 m³/a festgesetzt. Die Abwassermenge wurde dabei bis auf Null reduziert. Diese Betrachtung hat nur theoretischen Charakter, da bei einer Reduktion um 154.000 m³/a die Konzentration gegen Unendlich laufen würde. Die variablen Kosten in diesem Bereich steigen von anfänglichen 115.000 DM/a auf 160.000 DM/a an der Stelle 0 m³/a. Nachfolgend ist die Jahreskostenkurve für das Szenario 2 dargestellt und wird im Anschluß segmentär definiert.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-100.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = - 0,300 \cdot X_{Qi} + 945.000$ [DM/a]
(100.000-154.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = - 0,278 \cdot X_{Qi} + 470.778$ [DM/a]
(154.000-160.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = - 0,300 \cdot X_{Qi} + 309.200$ [DM/a]

Abbildung 5-27: Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

5.1.4.4 Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.1.4.4.1 Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)

Szenario 1 und 2

Von der Kommune 3 wurden für den Sektor II keine Berechnungsdaten zur Verfügung gestellt. Es wird aber davon ausgegangen, daß das Kanalnetz aufgrund der geringen kontinuierlichen Schmutzwassermenge hydraulisch nicht überlastet ist und daß das Speichervolumen vor der Kläranlage A.4 ebenfalls den Anforderungen genügt.

Damit werden die anrechenbaren Jahreskosten in den betrachteten Szenarien konstant mit 1.810.651 DM/a angesetzt. Die **Abbildung 5-28** zeigt den Kostenverlauf für die Szenarien 1 und 2.

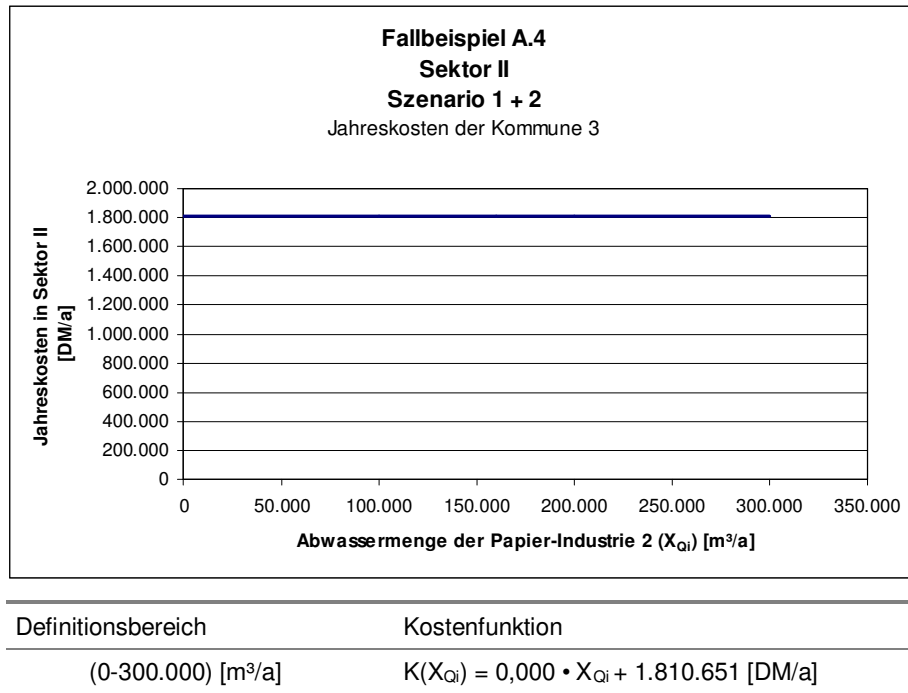


Abbildung 5-28: Jahreskosten der Kommune 3 – Szenario 1 und 2

5.1.4.4.2 Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

Szenario 1

Im Szenario 1 reicht das Behandlungsvolumen der Kläranlage für die maximal untersuchte Abwassermenge von 300.000 m³/a aus. Die variablen Kosten steigen über den Bereich von anfänglichen 1.474.079 DM/a auf 1.836.599 DM/a. Damit stellen sich die Jahreskosten wie folgt dar:

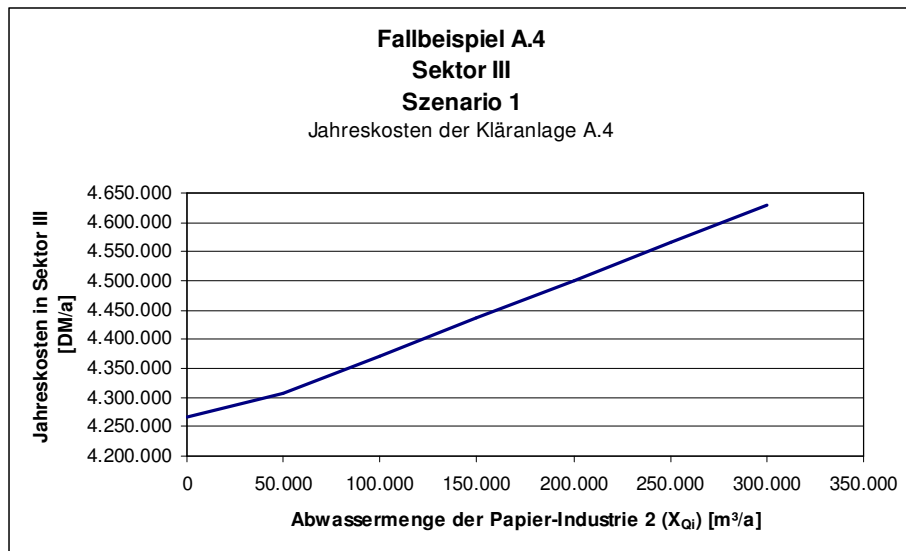


Abbildung 5-29: Jahreskosten der Kläranlage A.4 – Szenario 1

Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0- 50.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,774 \cdot X_{Qi} + 4.267.178$ [DM/a]
(50.000-100.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,295 \cdot X_{Qi} + 4.241.105$ [DM/a]
(100.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,304 \cdot X_{Qi} + 4.240.231$ [DM/a]
(150.000-200.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,287 \cdot X_{Qi} + 4.242.859$ [DM/a]
(200.000-250.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,295 \cdot X_{Qi} + 4.241.107$ [DM/a]
(250.000-300.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,295 \cdot X_{Qi} + 4.241.102$ [DM/a]

Szenario 2

Im Szenario 2 besteht aufgrund der konstant gehaltenen Frachten keine Auswirkung auf den Sektor III. Die jährlichen Kosten fallen entsprechend dem IST-Zustand in einer Höhe von 4.435.373 DM/a an und stellen sich somit wie folgt dar:

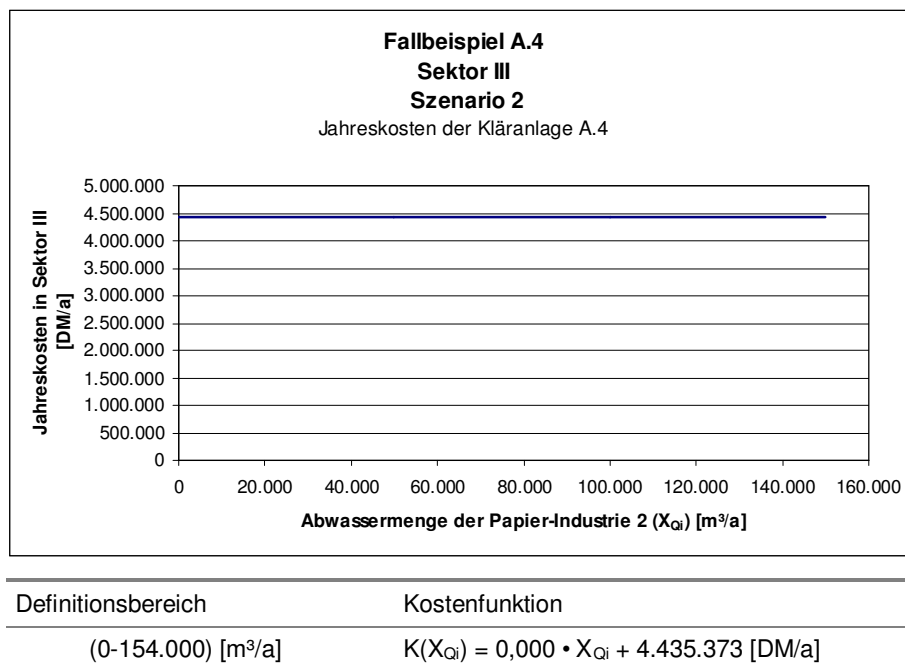


Abbildung 5-30: Jahreskosten der Kläranlage A.4 – Szenario 2

5.1.4.5 Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise

Um die Jahreskosten aus volkswirtschaftlicher Sichtweise beurteilen zu können, wurden die oben angeführten sektoriell anfallenden Jahreskosten aufaddiert. Getrennt nach Szenarien ist so eine ganzheitliche Kostenbetrachtung möglich. Die sich ergebenden additiven Verknüpfungen sind nachfolgend abgebildet.

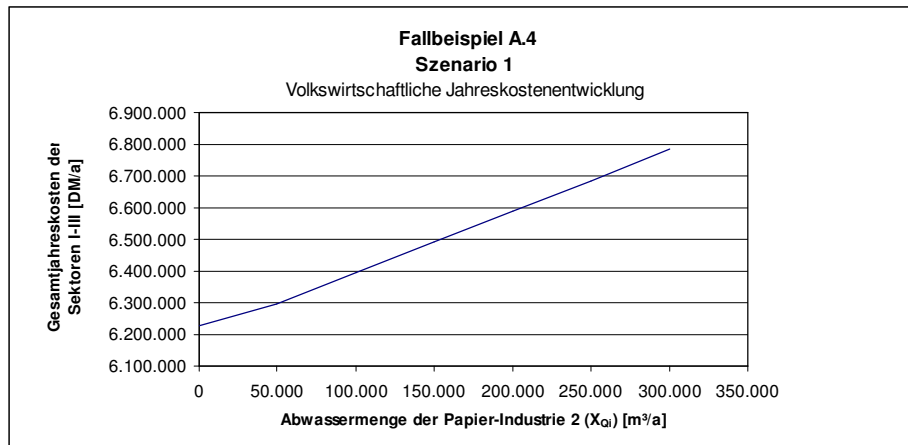


Abbildung 5-31: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1

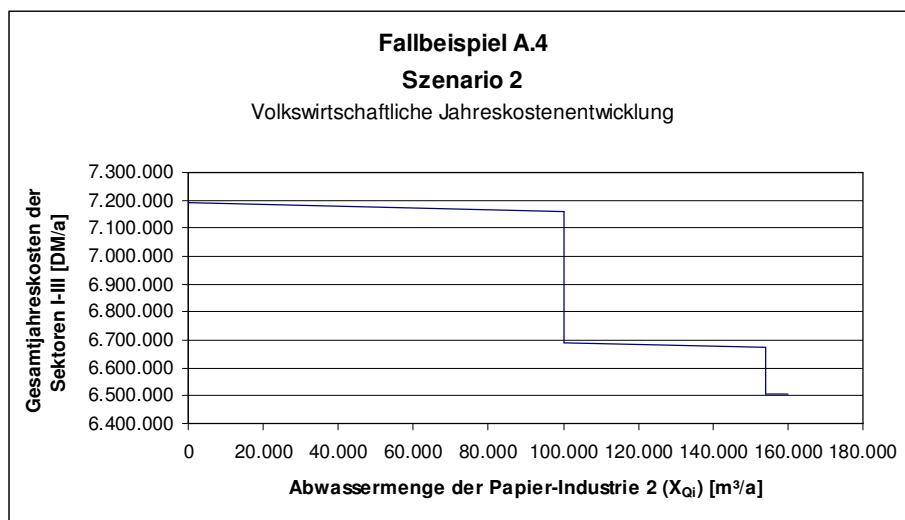


Abbildung 5-32: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 2

Die Jahreskostenkurven der einzelnen Szenarien lassen sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Zielsetzung nicht miteinander vergleichen.

5.1.4.6 Gebühren- und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I

Die für das Fallbeispiel relevanten Gebührensätze sind im 15. Nachtrag zur Ortssatzung vom 14. Mai 1981 festgeschrieben. Dabei werden alle angeschlossenen Bürger sowie Industriebetriebe, sofern sie nicht über eine eigene Vorklärung verfügen, mit Gebühren in Höhe von 2,91 DM/m³ (incl. Abwasserabgabe von 0,03 DM/m³) beaufschlagt. Zur Deckung des Klärkostenbeitrags an den Abwasserverband haben die angeschlossenen Bürger zusätzlich eine Gebühr in Höhe von 2,66 DM/m³ zu entrichten. Industriebetriebe, welche über eine eigene Vorklärung verfügen, deren Ablaufwerte deutlich unter denen der Haushalte liegen müssen, erhalten eine Ermäßigung um 33 ¹/₃ %.

Die Veranlagung der Industriebetriebe durch den Abwasserverband wird konstant mit 103,43 DM/BE für den Klärkostenbeitrag bzw. mit 9,36 DM/BE für die Abwasserabgabe angesetzt.

Szenario 1

Durch eine Erhöhung der industriellen Abwassermenge auf 300.000 m³/a würde die Gebühr von 2,91 DM/m³ auf 2,50 DM/m³ sinken. Im Falle eines Wegbruchs würde der Gebührenanteil auf 3,51 DM/m³ ansteigen. Die Veranlagung der Papier-Industrie 2 durch den Abwasserverband steigt innerhalb der Limiten von 0 DM/a auf 674.646 DM/a an. Die Veranlagung der Kommune anhand ihrer Einwohner verbleibt über das gesamte Variationsspektrum bei 2,66 DM/m³. Die Ergebnisse sind in den nachfolgende Abbildungen (**Abbildung 5-33 bis Abbildung 5-35**) grafisch aufbereitet.

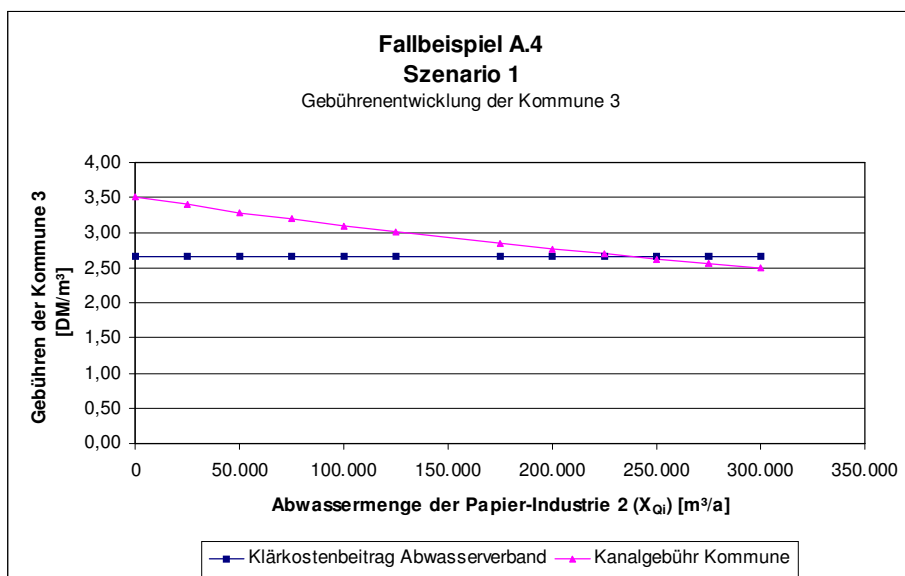


Abbildung 5-33: Gebührentwicklung der Kommune 3 – Szenario 1

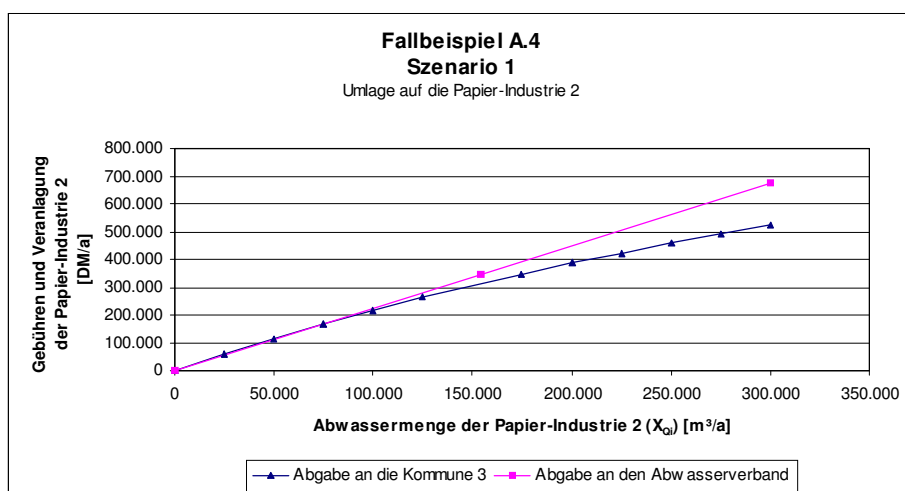


Abbildung 5-34: Umlage auf die Papier-Industrie 2 – Szenario 1

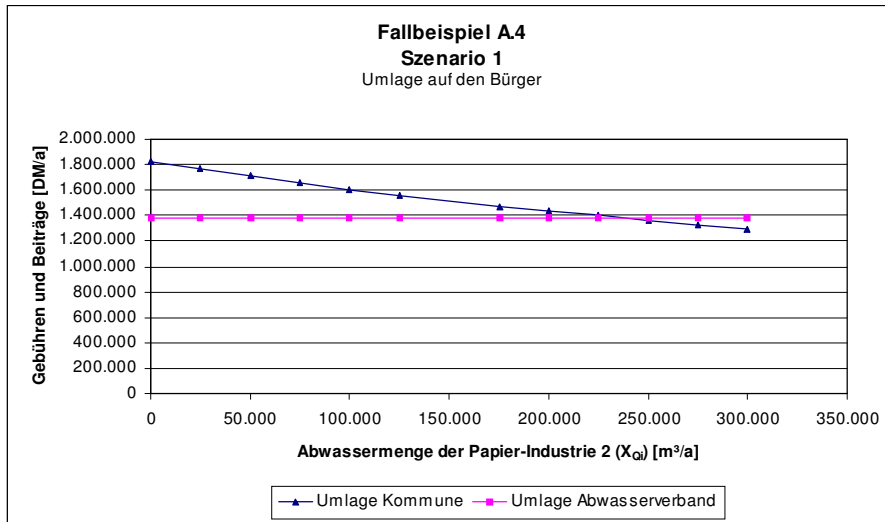


Abbildung 5-35: Umlage auf den Bürger – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 gestaltet sich die Abwasserabgabe für die Papier-Industrie 2 sowie die der angeschlossenen Bürger im Bereich zwischen 0 m³/a und 154.000 m³/a analog zum Szenario 1. Lediglich die Veranlagung der Papier-Industrie 2 durch den Abwasserverband fällt höher aus, da die eingeleiteten Frachten konstant gehalten wurden und somit ausschließlich die sich aus der Wassermenge ergebenden Bewertungseinheiten variieren. Die nachfolgenden Abbildungen (**Abbildung 5-36** bis **Abbildung 5-38**) stellen die veränderten Gebühren- bzw. Beitragssätze im Szenario 2 dar.

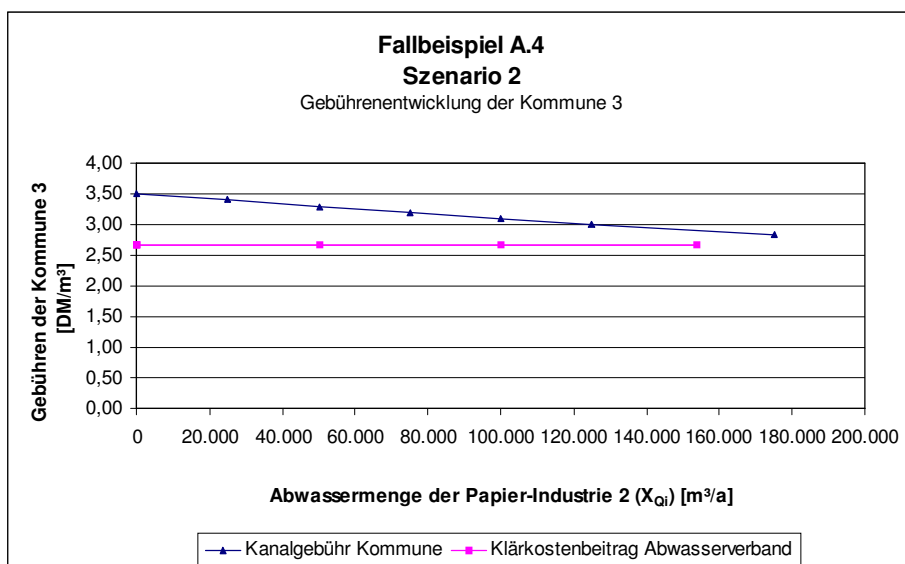


Abbildung 5-36: Gebührentwicklung der Kommune 3 – Szenario 2

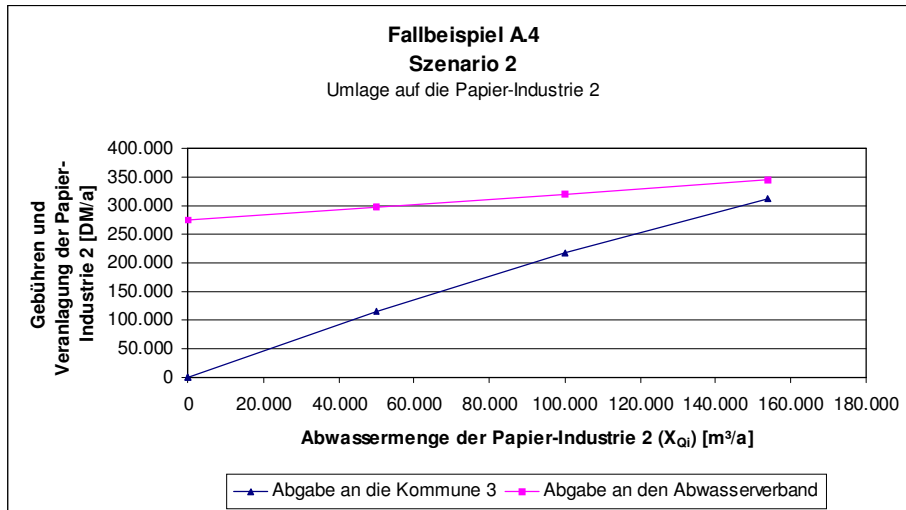


Abbildung 5-37: Umlage auf die Papier-Industrie 2 – Szenario 2

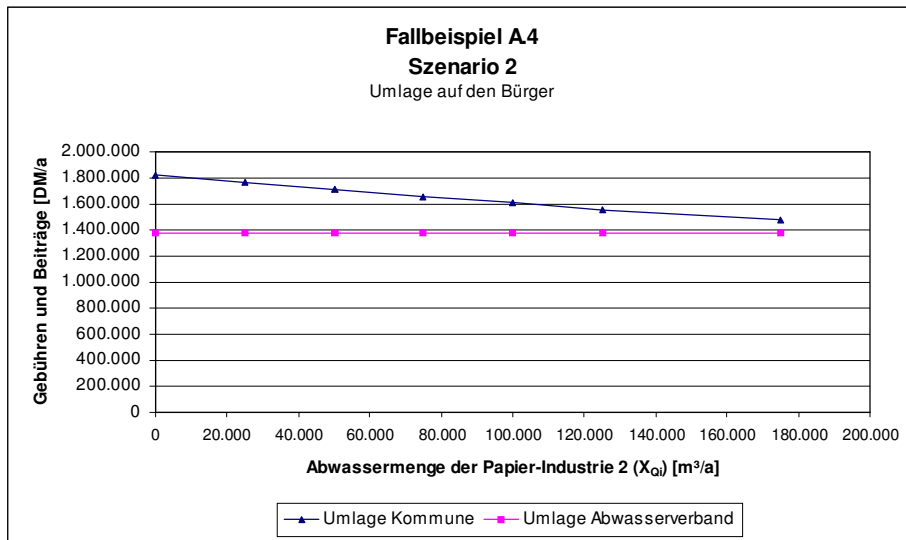


Abbildung 5-38: Umlage auf den Bürger – Szenario 2

Für den Sektor I ergeben sich somit die im folgenden abgebildeten Gesamtjahreskostenverläufe für die Szenarien 1 und 2.

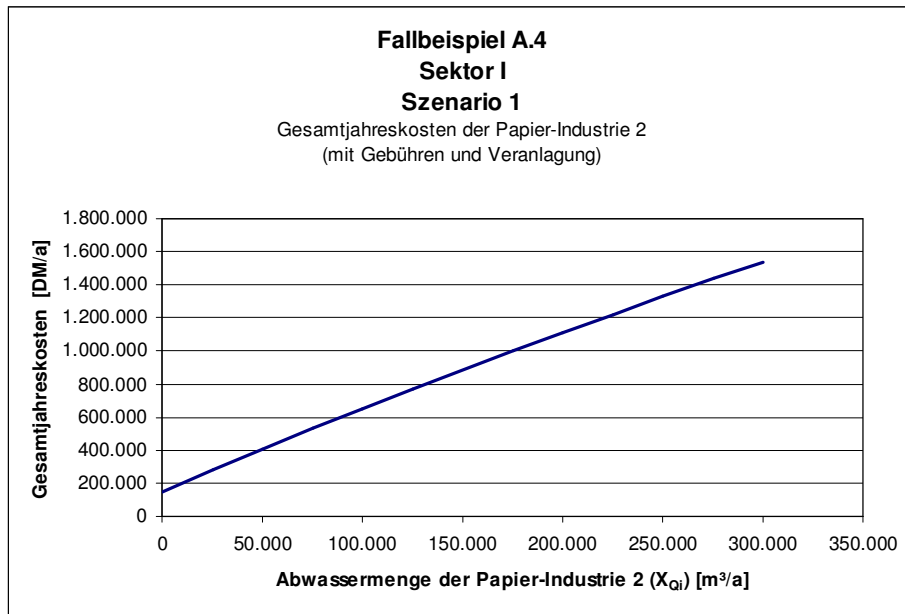


Abbildung 5-39: Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 2 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1

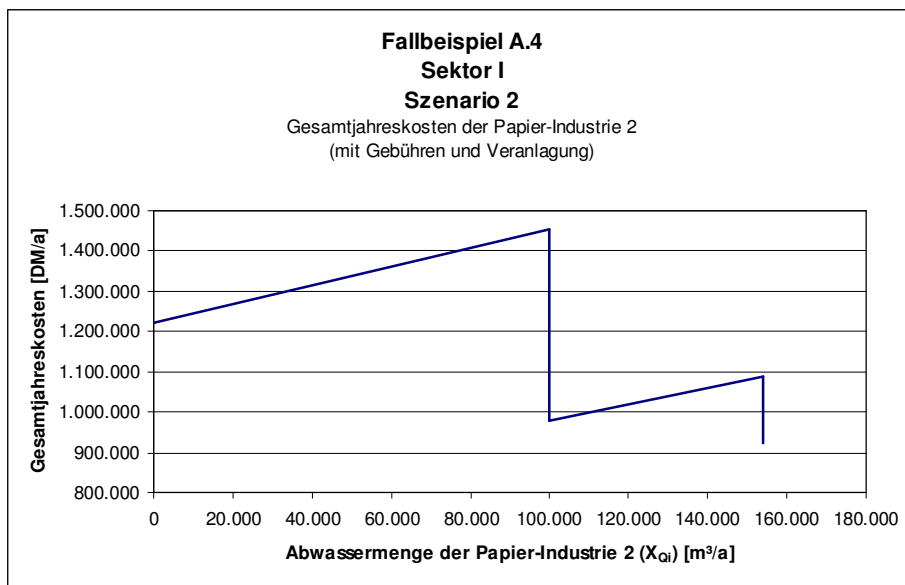


Abbildung 5-40: Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 2 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

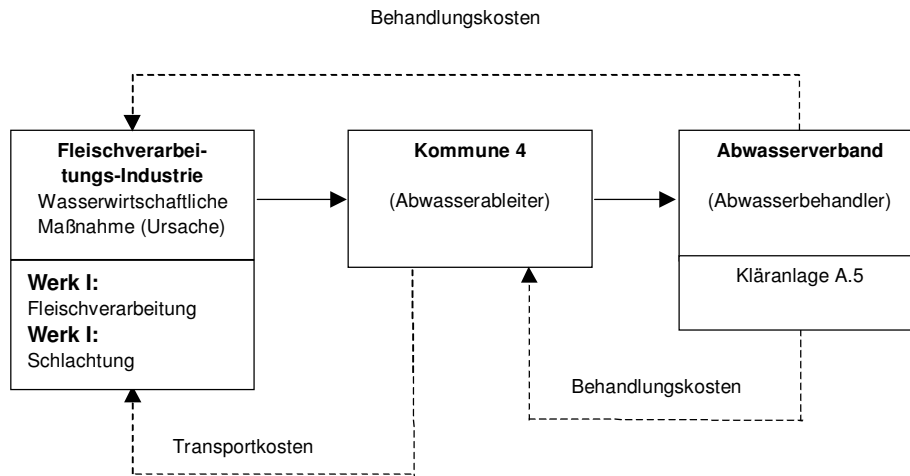
5.1.4.7 Handlungsempfehlungen

Die beiden untersuchten Szenarien 1 und 2 sind vom Grundsatz her verschieden, so daß eine vergleichende Gegenüberstellung der jeweiligen Jahreskostenverläufe nicht sinnvoll erscheint.

Bei Szenario 1 wird die Produktivität des Industriebetriebes und die hieraus resultierende Abwassermenge von 0 m³/a bis 300.000 m³/a variiert, während in Szenario 2 für die Produktivität im IST-Zustand unterschiedliche Wirkungsgrade der Wasserkreislaufschließung (154.000 m³/a) simuliert werden.

Wie schon bei den vorangegangenen Fallbeispielen deutlich wurde, steigt die Transportgebühr (Sektor II) in beiden Szenarien mit abnehmender Wassermenge überproportional an und treibt somit die Gesamtkosten (incl. Gebühren und Veranlagung) des Industriebetriebes – und dort auch die Gebühr der Bürger – in die Höhe. Bei zunehmender industrieller Abwassermenge (Szenario 1) sinkt die mengenbezogene Transportgebühr des Industriebetriebes. Ebenso werden die Bürger durch geringere Gebühren entlastet, obwohl die Bürger auch hier nicht die Verursacher darstellen. In **Kapitel 7** „Ganzheitliche Handlungsempfehlungen“ ist ein Lösungsansatz für diese Thematik gegeben.

5.1.5 Fallbeispiel A.5
Fleischverarbeitungs-Industrie / Kommune 4 / Abwasserverband



Im Fallbeispiel A.5 wird innerhalb des Wirkmodells (vgl. **Kap. 4.6** - Eindimensionale Betrachtung) ergänzend zur Variation der Abwassermenge seitens der Industrie (X_{Qi}) die Anzahl der Einwohner (X_E) und die abflußwirksame Fläche X_{Ared} variiert.

5.1.5.1 Grundlagen

Sektor I

Abwassererzeuger: Fleischverarbeitungs-Industrie

Die Fleischverarbeitungs-Industrie ist in der Kommune 4 mit zwei Werken angesiedelt. Im Werk 1 und 2 werden Fleischprodukte verarbeitet, wobei im Werk 2 zusätzlich die Schlachtung von Schweinen und Rindern erfolgt. Das anfallende Abwasser von ca. 127.000 m³/a im Werk 1 wird mit einem Fettabscheider vorbehandelt und anschließend dem Kanalnetz der Kommune 4 zugeführt. Das Abwasser von Werk 2 (ca. 88.000 m³/a) wird mit Hilfe einer Druckentspannungsflotation vorbehandelt und anschließend ebenfalls dem öffentlichen Kanalnetz zugeführt.

Die Grundlegendaten der Fleischverarbeitungs-Industrie sind im **Anhang [CD]** und die Ablaufkonzentrationen der vorbehandelten Abwässer in **Tabelle 5-13** dargestellt.

Tabelle 5-13: Ablaufkonzentrationen der vorbehandelten Abwässer der Fleischverarbeitungs-Industrie

Parameter	CSB	BSB	N _{ges}	P _{ges}	TS
Werk 1 [mg/l]	1.157	792	56,6	16	30
Werk 2 [mg/l]	1.763	906	117,3	17,2	60

Die Jahreskosten der Abwasserbehandlung betragen für das Werk 1 ca. 690.000 DM/a und für das Werk 2 ca. 500.000 DM/a. Eine genaue Gliederung der Jahreskosten ist im **Anhang [CD]** dargestellt.

Sektor II

Abwasserableiter: Kommune 4

Das Abwasser der Fleischverarbeitungs-Industrie wird über einen Hauptsammler (DN 1000) ohne Entlastungsmöglichkeit zu der Kläranlage A.5 geleitet. Die Kanallänge vom Werk 1 zur Kläranlage A.5 beträgt ca. 3,5 km und vom Werk 2 ca. 1,8 km. Die folgende Abbildung zeigt einen Schemaplan des Kanalnetzes.

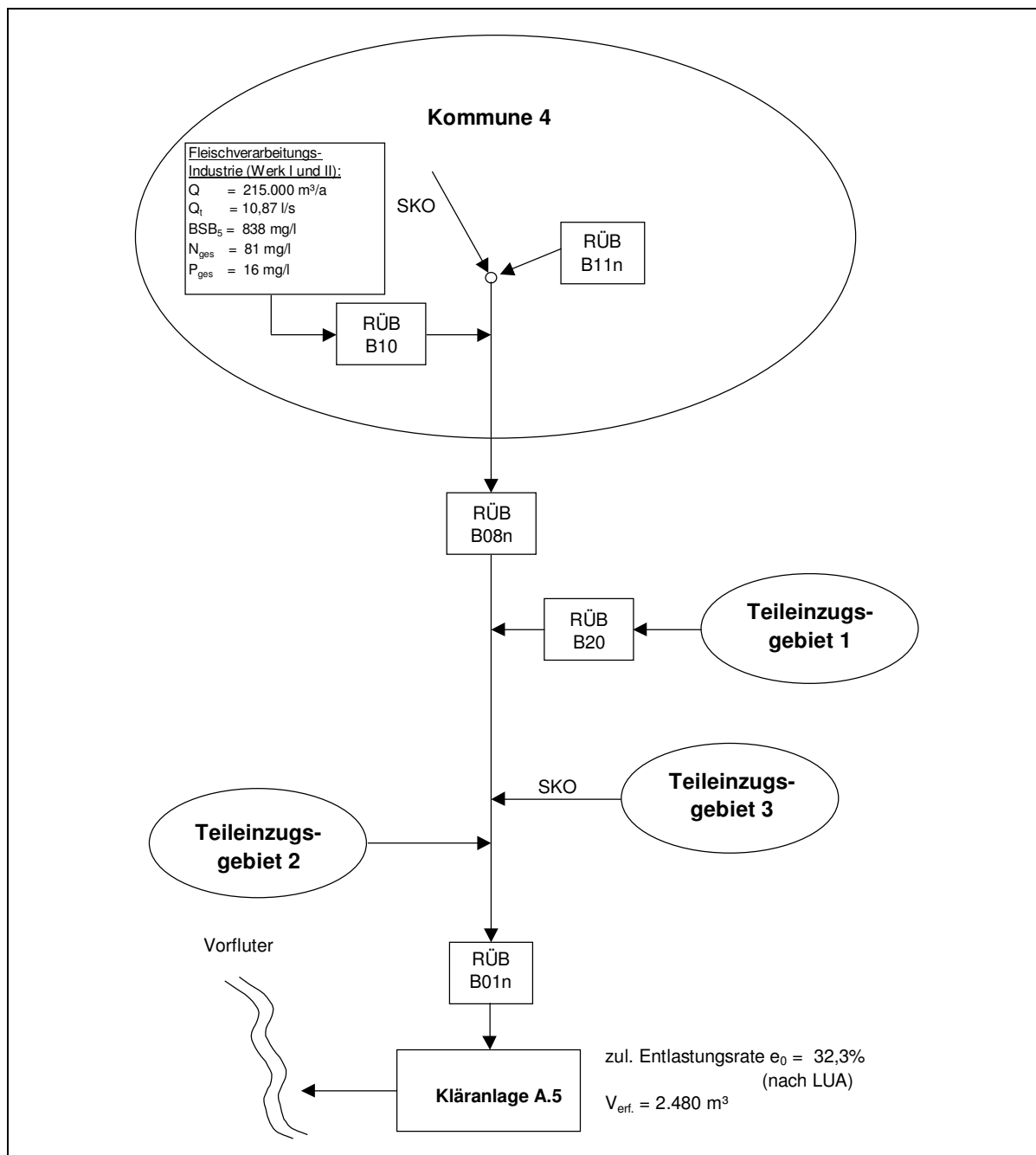


Abbildung 5-41: Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 4 (IST-Zustand)

Die allgemeinen Grundlagendaten der Kommune 4 und die jährlichen Kosten der Abwasserbeseitigung sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage A.5 (Abwasserverband)

Die Kläranlage A.5 verfügt über eine Ausbaugröße von 26.700 Einwohnern. Die Auslastung der Kläranlage beträgt derzeit 107 % bezogen auf den 85 %-Perzentilwert der BSB₅-Fracht, wobei der Anteil der BSB₅-Fracht der Fleischverarbeitungs-Industrie bei ca. 24 % bezogen auf die mittlere Gesamt-Tagesfracht liegt.

In **Abbildung 5-42** ist ein vereinfachtes Verfahrensschema der Kläranlage dargestellt. Die Zulaufbeschaffenheit sowie die Jahreskosten sind der **Tabelle 5-14** und dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

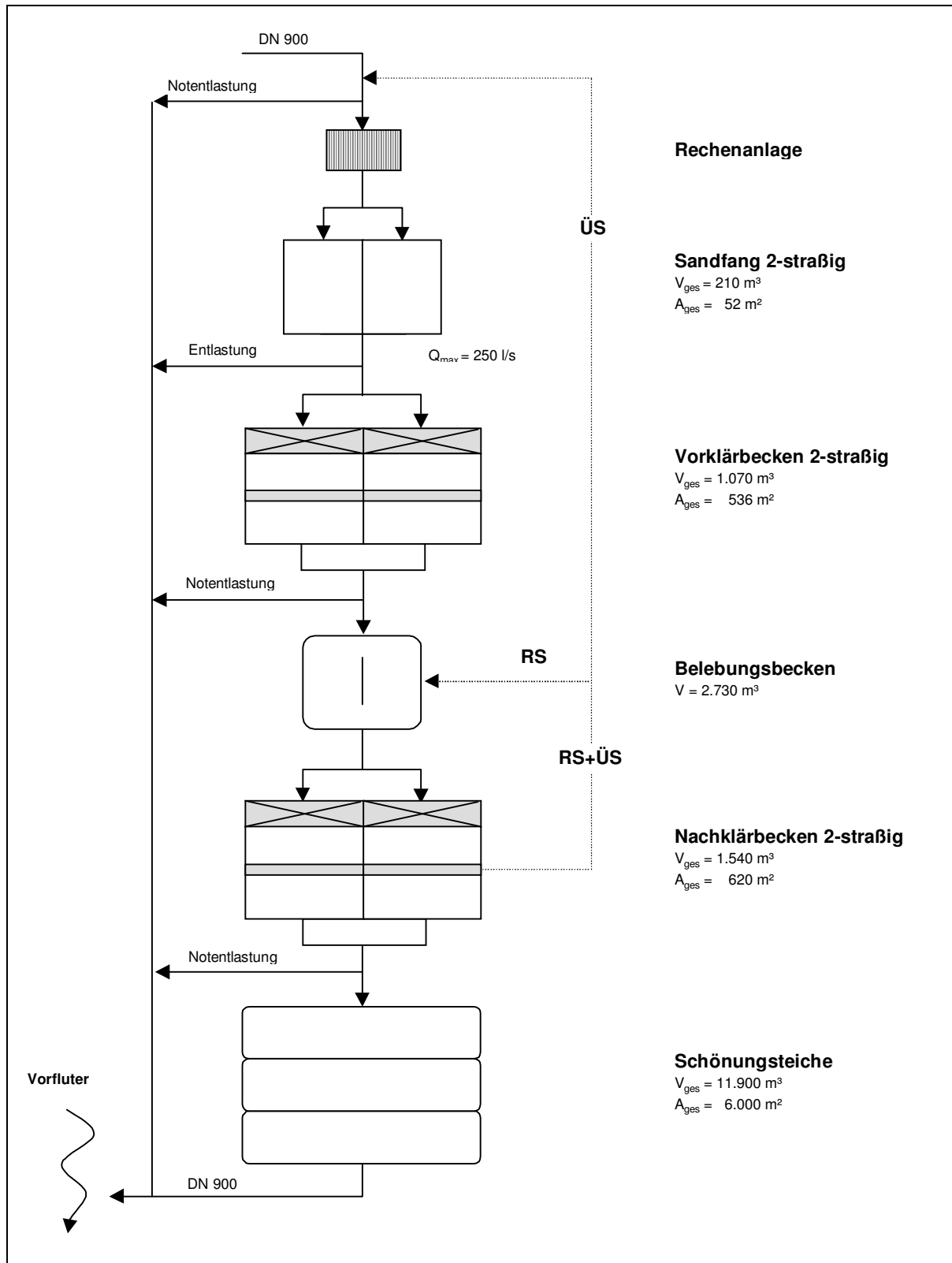


Abbildung 5-42: Fließschema der Kläranlage A.5

Tabelle 5-14: Zulaufbeschaffenheit der Kläranlage A.5

Konzentrationen	Q	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}	
	[l/s]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]	
Minimum	57	33	81	45	3,3	4,2	0,1	0,1	10,7	1,2	
Mittelwert	118	142	310	177	13,2	13,4	0,2	0,9	27,8	4,7	
85 % Perzentil	166	197	451	237	18,0	20,8	0,4	2,2	39,7	7,4	
Maximum	250	333	687	630	28,0	25,0	0,7	3,1	53,2	9,0	
Frachten	Q_{TW}	BSB₅	CSB	TS_{ges}	org N	NH₄-N	NO₂-N	NO₃-N	N_{ges}	P_{ges}	
	m ³ /d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	kg/d	
Minimum		560	1.216	656	51	89	0	1	150	20	
Mittelwert	5.900	1.248	2.808	1.824	119	111	2	12	245	42	
85 % Perzentil		1.715	3.956	1.823	178	121	4	20	317	52	
Maximum		2.424	6.637	9.090	231	145	9	65	370	81	
EW-Belastungen	Ausbau	BSB₅	CSB	TS_{ges}						P_{ges}	
spez.(g/(E · d))	Größe	60	120	70						1,9	
aus mittl. Fracht	26.700	20.805	23.404	26.051						21.996	
aus Perz. Fracht		28.581	32.969	26.041						27.322	
Ablaufwerte	Überwachungswerte/Erklärte Werte										
Konzentrationen			CSB							N_{anorg}	P_{ges}
			[mg/l]							[mg/l]	[mg/l]
Überwachungswerte			40							25	0,8

5.1.5.2 Problemfelder

Mit festen und gelösten organischen Stoffen belastet, ist das Abwasser eines Schlachtbetriebes durch Fette sowie Eiweiße und deren Abbauprodukte, wie wasserdampfvlüchtige organische Säuren, Amine und weitere organische Stickstoffverbindungen charakterisiert. Aber auch Kohlenhydrate (Glucose, Zellulose) sind im Abwasser in gelöster oder in kolloidaler gelöster Form vorhanden.

In diesem Fallbeispiel sollen zum einen die Auswirkungen durch einen Wegbruch einer solchen Firma aus dem System Kommune 4 bzw. die Folgen einer Produktionssteigerung dargestellt werden. Zum anderen sollen die Wirkmechanismen untersucht werden, die sich durch eine Ansiedlung von Einwohnern im Einzugsgebiet der Kläranlage A.5 ergeben. Da die Auslastung der Kläranlage A.5 derzeit bei ca. 107 %, liegt, ist zu untersuchen, in welchem Umfang Umbaumaßnahmen bei einer steigenden oder sinkenden Abwassermenge notwendig sind. Weiterhin ist das Kanalnetz durch die erhöhten Schmutzfrachten auf die einzuhaltenen Entlastungsraten zu prüfen und gegebenenfalls sind erforderliche Maßnahmen aufzuzeigen. Außerdem soll untersucht werden, inwieweit ein Ausbau der Vorbehandlungsanlage der Fleischverarbeitungs-Industrie sinnvoll für die beteiligten Systeme in bezug auf eine Verminderung von notwendigen Aus- oder Umbaumaßnahmen ist.

5.1.5.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in fünf Szenarien

Innerhalb der Szenarien werden die Auswirkung der Veränderungen auf die Sektoren II und III in bzw. Rückwirkungen auf den Sektor I analysiert. Dabei wird in den ersten beiden Szenarien die Jahres-schmutzwassermenge des Industriebetriebes und in weiteren drei Szenarien die kommunale Jahres-schmutzwassermenge variiert.

Grundsätzlich werden die beiden Werke der Fleischverarbeitungs-Industrie, unter Beibehaltung der genannten Vorbehandlung, zu einem Werk zusammengefaßt. Die sich ergebenden Mischkonzentra-tionen sind nachfolgend in **Tabelle 5-15** zusammengefaßt.

Tabelle 5-15: Mischkonzentrationen des Abwassers der Werke 1 und 2 der Fleischverarbeitungs-Industrie

Parameter	CSB	BSB	N _{ges}	P _{ges}	TS
Mischkonzentration [mg/l]	1.405	838	95	16	45

Szenario 1

In diesem Szenario wird, ausgehend vom modifizierten IST-Zustand, im Wirksystem Kommune 4 die Abwassermenge der Fleischverarbeitungs-Industrie in den Grenzen von 75.000–645.000 m³/a bei gleichbleibenden Konzentrationen variiert.

Ab der zweifachen Wassermenge ist in der Fleischverarbeitungs-Industrie ein Ausbau der Flotation-sanlage notwendig. Dieser wurde auf eine Wassermenge von 645.000 m³/a, also der dreifachen Ab-wassermenge, ausgelegt. Der Jahreskostenverlauf der Fleischverarbeitungs-Industrie für das Szena-rio stellt sich (analog zu **Kap. 4.6**) folgendermaßen dar:

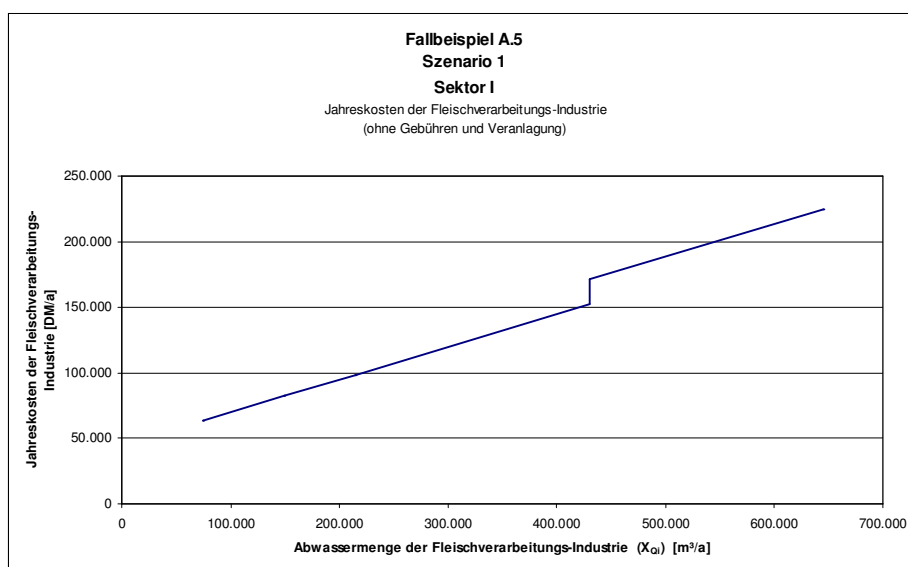


Abbildung 5-43: Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1

Definitionsbereich	Kostenfunktion
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,252 \cdot X_{Qi} + 44.723$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,249 \cdot X_{Qi} + 45.138$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,251 \cdot X_{Qi} + 44.723$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,251 \cdot X_{Qi} + 63.434$ [DM/a]

Eine detaillierte Darstellung des Jahreskostenverlaufs mit Aufschlüsselung der fixen/quasi-fixen bzw. variablen Kosten ist im **Anhang [CD]** dargestellt.

Szenario 2

Im Szenario 2 wird im Ablauf der Fleischverarbeitungs-Industrie ein Tropfkörper nachgeschaltet. Bei einem angenommenen Wirkungsgrad von 50% auf die CSB-Fracht und einer BSB₅-Raumbelastung von

$$B_R = 5 \text{ kg BSB}_5 / (\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

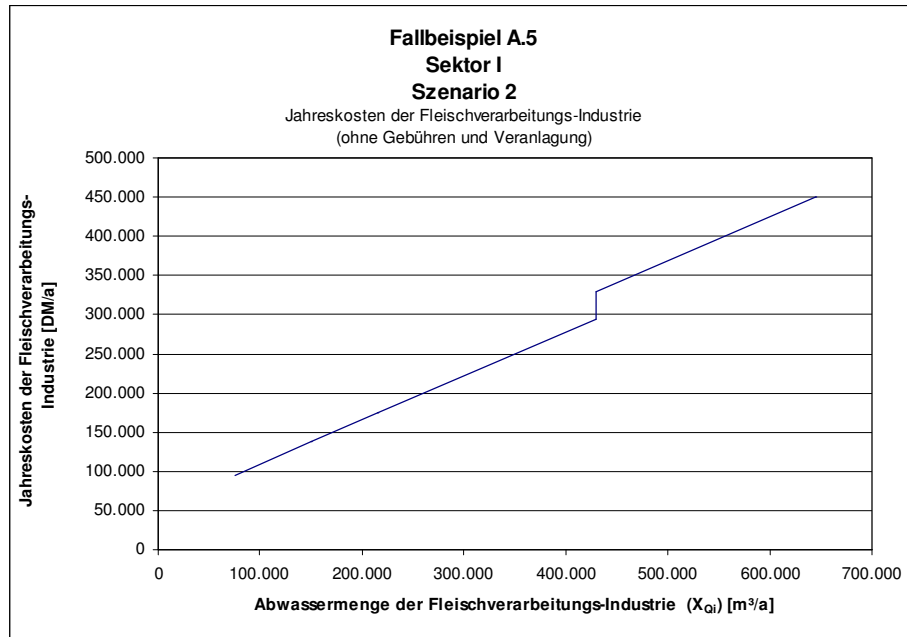
ergeben sich die in nachfolgender **Tabelle 5-16** aufgeführten Ablaufkonzentrationen.

Tabelle 5-16: Mischkonzentrationen des Abwassers der Fleischverarbeitungs-Industrie bei nachgeschaltetem Tropfkörper

Parameter	CSB	BSB	N _{ges}	P _{ges}	TS
Mischkonzentration [mg/l]	821	419	82	13	22

Die Abwassermenge wird wie in Szenario 1 in den Grenzen von 75.000–645.000 m³/a bei gleichbleibenden Konzentrationen variiert.

Ab der dreifachen Wassermenge ist in der Fleischverarbeitungs-Industrie ein Ausbau der Flotationsanlage notwendig. Der Jahreskostenverlauf der Fleischverarbeitungs-Industrie für das Szenario stellt sich folgendermaßen dar:



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,563 \cdot X_{Qi} + 52.690$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,561 \cdot X_{Qi} + 53.104$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,563 \cdot X_{Qi} + 52.691$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,563 \cdot X_{Qi} + 87.333$ [DM/a]

Abbildung 5-44: Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

Eine detaillierte Darstellung des Jahreskostenverlaufs mit Aufschlüsselung der fixen/quasi-fixen bzw. variablen Kosten ist im **Anhang [CD]** dargestellt.

Szenario 3a

Im Szenario 3a wird durch Ansiedlung von 1.000-4.000 Einwohnern die häusliche Schmutzwassermenge um 204.400 m³/a auf 2.525.070 m³/a erhöht. Dabei wird eine mittlere Siedlungsdichte von 20 E/ha und ein Versiegelungsgrad von 28% zugrunde gelegt. Es wird festgesetzt, daß die Niederlassung nicht im vorhandenen Siedlungsgebiet, sondern in einem bereits erschlossenen aber unbebauten Wohngebiet erfolgt. Damit ergibt sich bei Ansiedlung von 4.000 Einwohnern eine zusätzliche abflußwirksame Fläche von 56 ha.

Szenario 3b

Im Szenario 3b erfolgt analog zum Szenario 3a eine Ansiedlung von 1.000-4.000 Einwohnern. In diesem Fallbeispiel wird aber zusätzlich die abflußwirksame Fläche, welche zum Grundsystem hinzukommen würde, durch Entsiegelungsmaßnahmen reduziert. Der Anteil der privaten versiegelten Flächen wurde pauschal mit 40% der gesamten reduzierten Fläche angesetzt. Dadurch ergibt sich bei Ansiedlung von 4.000 Einwohnern eine zusätzliche abflußwirksame Fläche von 34 ha. Die übrigen

60% werden den öffentlichen Verkehrsflächen, wie z.B. Erschließungsstraßen, etc. zugerechnet, und sind somit ein Wirkimpuls, der dem Sektor II zuzuordnen wäre. Diese Impulse sind nicht Gegenstand der Untersuchung.

Szenario 3c

Im Szenario 3c werden Entsiegelungsmaßnahmen im vorhandenen Siedlungsgebiet simuliert. Dabei wird wie in Szenario 3b der Anteil der privaten Flächen auf 40% der gesamten versiegelten Fläche abgeschätzt und in den Grenzen von 0%-60% variiert.

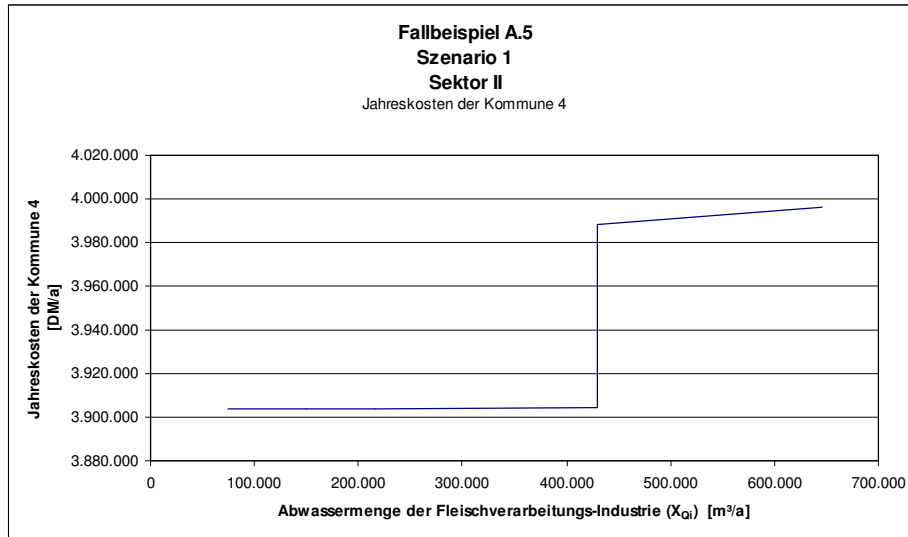
5.1.5.4 Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.1.5.4.1 Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)

Szenario 1

Als Folge einer Produktionssteigerung der Fleischverarbeitungs-Industrie und der damit verbundenen Einleitung höherer Schmutzfrachten in das Netz der Kommune 4 ist ab einer Jahresschmutzwassermenge seitens des Industriebetriebes von 430.000 m³/a eine Erhöhung des Gesamtspeichervolumens (Regenbecken) im Entwässerungsnetz notwendig.

Das erforderliche Volumen wurde für eine Jahresschmutzwassermenge von 645.000 m³/a ausgelegt. Die fixen und quasi-fixen Jahreskosten im Sektor II steigen somit infolge AfA und Zins um 84.027 DM/a (ΔK) sprunghaft an (siehe **Anhang [CD]**). In Überlagerung mit den stetig wachsenden variablen Kosten ergibt sich somit ein für ein Fallbeispiel der A-Gruppe charakteristischer Kurvenverlauf (vgl. **Kap. 4.5** - Kostenfunktion), welcher nachfolgend (**Abbildung 5-45**) dargestellt wird. An dieser Stelle sei bereits erwähnt, daß hier ein grundsätzlicher Unterschied zu der Behandlung der Fallbeispiele der B-Gruppe liegt. Die Kostenfunktion würde dort anstelle eines Sprunges einen Knick aufweisen (vgl. Fallbeispiel B.3-Fleischverarbeitungs-Industrie/Kommune 4, Jahreskosten der Kommune 6 im Szenario 1). Die Größe ΔK wäre also an dieser Stelle gleich Null.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 3.903.950$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 3.903.950$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,001 \cdot X_{Qi} + 3.903.744$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,428 \cdot X_{Qi} + 3.719.908$ [DM/a]

Abbildung 5-45: Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 1

Szenario 2

Die Auswirkungen in diesem Szenario auf den Sektor II stellen sich analog zum Szenario 1 dar. Jedoch ist die Gesamtvolumenerweiterung der Regenbecken hier aufgrund der geringeren Frachten erst ab einer Abwassermenge seitens des Betriebes von 645.000 m³/a notwendig. Die in **Abbildung 5-46** dargestellte Kostenkurve weist einen äquivalenten Verlauf zum Szenario 1 auf und lässt sich wie folgt definieren:

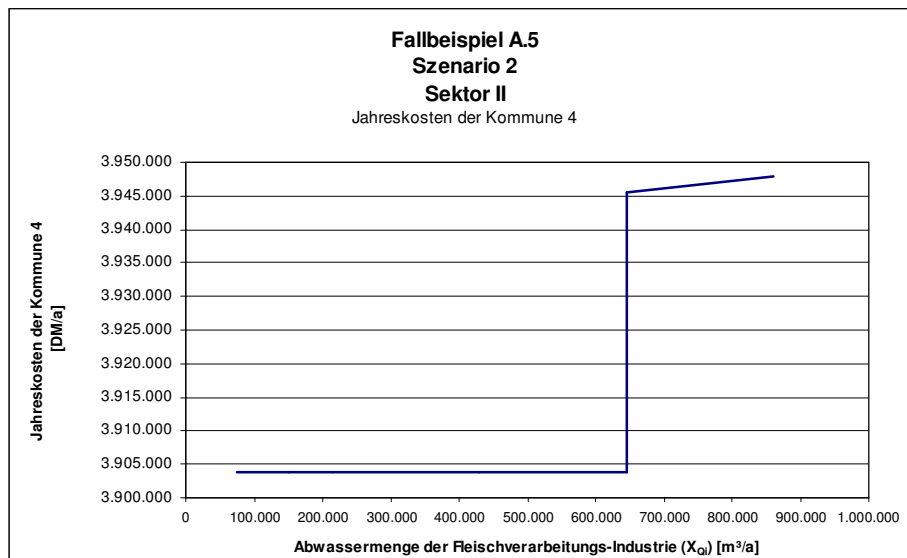
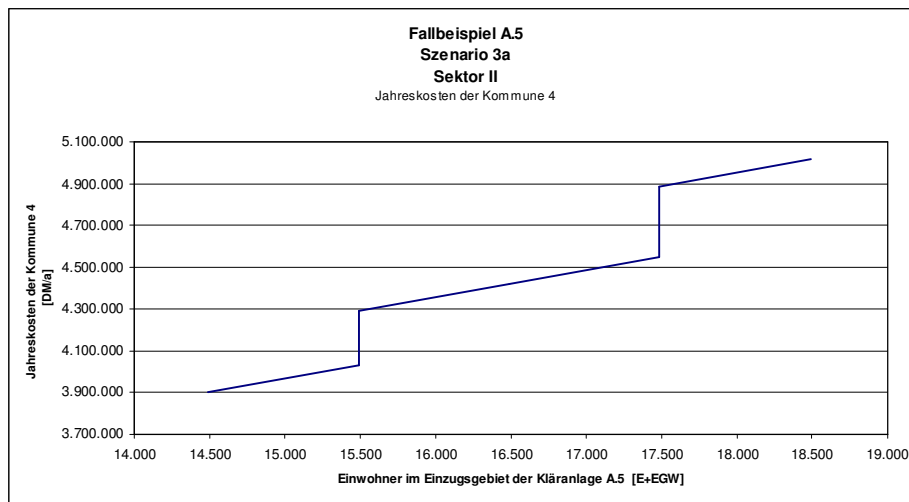


Abbildung 5-46: Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 2

Definitionsbereich	Kostenfunktion
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 3.903.950$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 3.903.950$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 3.903.950$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 3.903.950$ [DM/a]
(645.000-860.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,011 \cdot X_{Qi} + 3.938.682$ [DM/a]

Szenario 3a

Durch die Ansiedlung und den damit verbundenen Zuwachs der abflußwirksame Fläche ist eine Erhöhung des Behandlungsvolumens (Regenbecken) bezogen auf die Abwasserableitung erforderlich. Die Zunahme der Kapitalkosten über Abschreibung und Verzinsung infolge der notwendigen Investitionen wird in diesem Szenario in zwei Stufen angesetzt. Der erste Ausbauschnitt wird für eine zusätzliche Wassermenge von 102.200 m³/a (entspricht der Abwassermenge von 2.000 Einwohnerwerten bei einer Schmutzwassermenge von 140 l/(E·d)) an der Stützstelle +1.000 E+EGW) angesetzt. Der zweite Ausbauschnitt wird an der Stützstelle +3.000 E+EGW für eine zusätzliche Wassermenge von 204.400 m³/a festgelegt. Damit ergibt sich die in **Abbildung 5-47** dargestellte Kostenfunktion, die sich bereichsweise folgendermaßen definieren läßt:

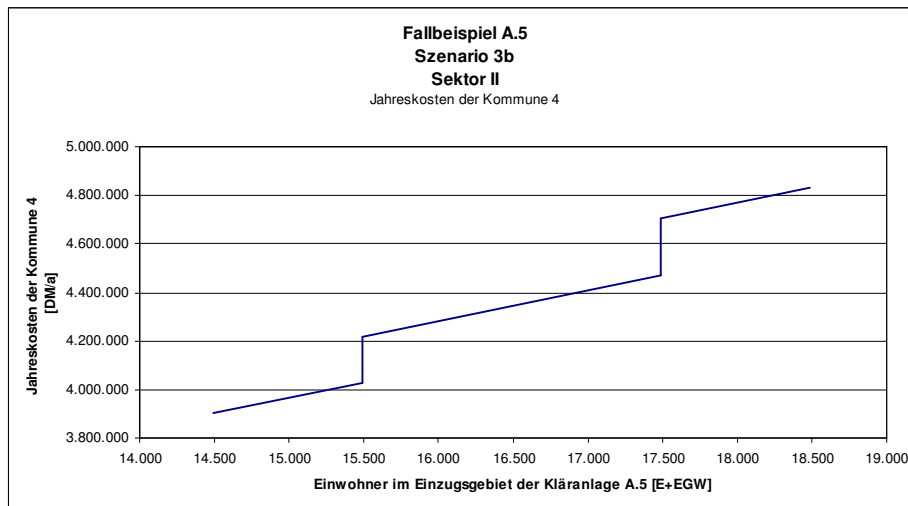


Definitionsbereich	Kostenfunktion
(14.489-15.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 127,900 \cdot X_E + 2.050.807$ [DM/a]
(15.489-16.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 128,962 \cdot X_E + 2.294.794$ [DM/a]
(16.489-17.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 130,048 \cdot X_E + 2.276.887$ [DM/a]
(17.489-18.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 131,151 \cdot X_E + 2.257.596$ [DM/a]

Abbildung 5-47: Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 3a

Szenario 3b

Dieses Szenario zeigt eine äquivalente Wirkung auf Sektor II wie das vorangegangene Beispiel, jedoch fallen die Kostensprünge infolge Investition geringer aus. Auch ist der relative Anstieg der variablen Kosten geringer. Nachfolgend ist die Kostenfunktion bereichsweise aufgeschlüsselt. Ein detaillierter Verlauf der Jahreskostenkurve findet sich in **Abbildung 5-48**.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(14.489-15.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 124,722 \cdot X_E + 2.096.853$ [DM/a]
(15.489-16.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 125,080 \cdot X_E + 2.280.294$ [DM/a]
(16.489-17.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 125,517 \cdot X_E + 2.273.088$ [DM/a]
(17.489-18.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 126,028 \cdot X_E + 2.264.151$ [DM/a]

Abbildung 5-48: Jahreskosten der Kommune 4 – Szenario 3b

Szenario 3c

Die Entsiegelungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Kläranlage A.5 bedingen theoretisch eine Minderung des Regenbecken-Behandlungsvolumens im Leitungsnetz der Gemeinde. Dieses „Reservevolumen“ ist in nachfolgender **Abbildung 5-49** dargestellt. Faktisch hat diese Entwicklung keine Auswirkung auf die Aufwendungen zur Unterhaltung des Leitungsnetzes.

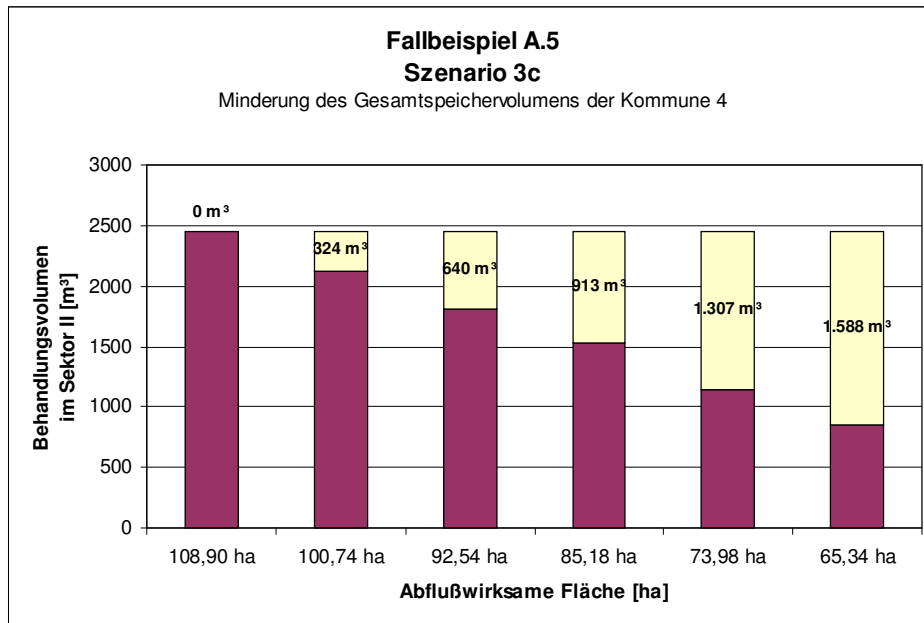


Abbildung 5-49: Minderung des Gesamtregenbeckenvolumens der Kommune 4

5.1.5.4.2 Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

Aufgrund einer Stickstoffkonzentration von 25 mg/l im Ablauf der Kläranlage A.5 (s. **Kap. 5.1.5.1** - Sektor III **Tabelle 5-14**) wird diese zunächst den Mindestanforderungen des Anhangs 1 der Abwasserverordnung [Abwasserverordnung (AbwVO) (1999)] angepaßt und hypothetisch ein neuer IST-Zustand durch Ertüchtigung des Belebungs- und Nachklärbeckens definiert. Eine Auslegung der Becken im tatsächlichen IST-Zustand infolge Abwassermengenänderung seitens der Fleischverarbeitungs-Industrie und dem damit verbundenen Jahreskostenanstieg, bei gleichzeitiger Einhaltung der Umweltstandards, würde zu einer übermäßigen Erhöhung der Kosten im Sektor I führen. Aus diesem Grund wird eine theoretische Anpassung der Kläranlage als IST-Zustand festgelegt und bildet die Grundlage für die nachfolgende Szenarienbetrachtung. Eine differenzierte Aufstellung der Kosten befindet sich im **Anhang [CD]**.

Die Bemessung der Kläranlage erfolgte mit dem Programmpaket ARA-BER. Im Zuge der Überrechnung des Kanalnetzes wurde der Drosselabfluß (Zufluß zur Kläranlage im Regenwetterfall) im Bedarfsfall angepaßt.

Szenario 1

Als Folge der Abwassermengenänderung ist, ausgehend vom angepaßten IST-Zustand, ab der doppelten Abwassermenge der Fleischverarbeitungs-Industrie eine Erweiterung des Behandlungsvolumens im Belebungsbecken auf der Kläranlage erforderlich. Analog zum Sektor II wird auch hier die Ertüchtigung für eine Wassermenge von 645.000 m³/a, also der dreifachen Abwassermenge, dimensioniert. Dies führt zu einem Kostensprung an der Stützstelle 430.000 m³/a. Der Anstieg der Jahres-

kosten infolge Investition in Überlagerung mit den variablen Kosten zeitigt folgende Kostenfunktion (**Abbildung 5-50**), die im **Anhang [CD]** eingehender dargestellt ist.

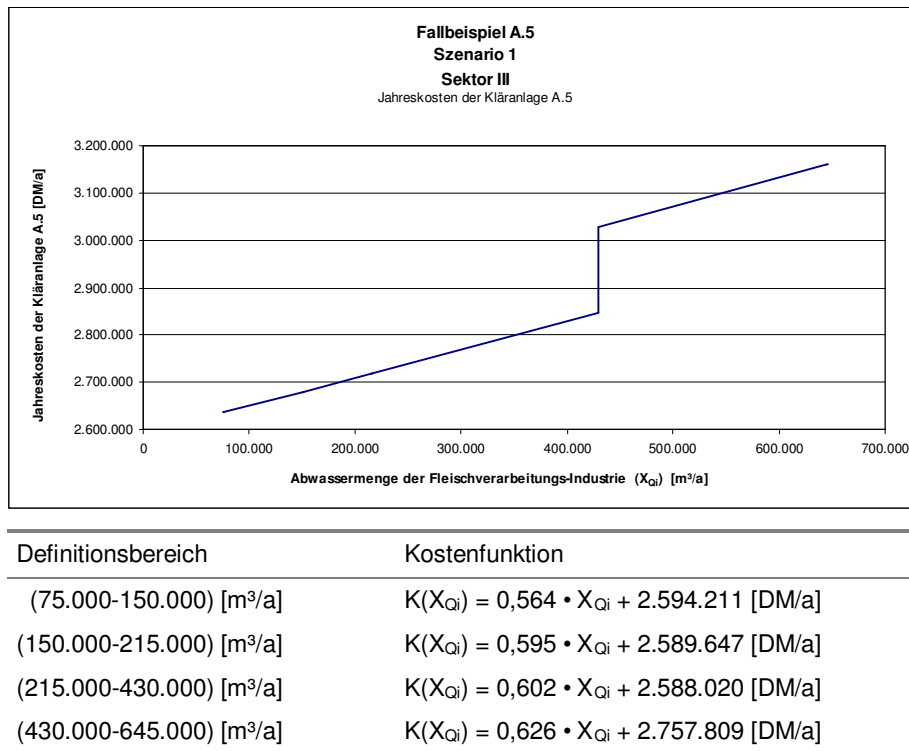
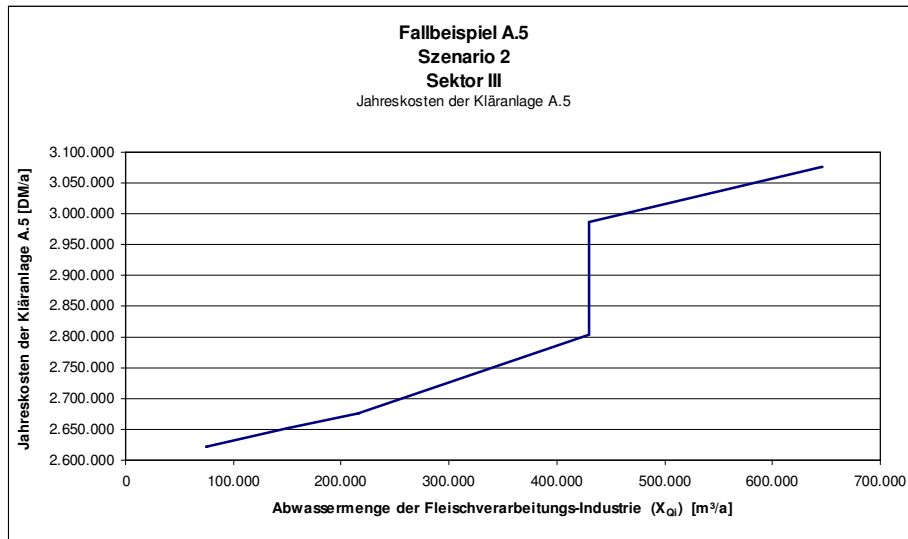


Abbildung 5-50: Jahreskosten der Kläranlage A.5 – Szenario 1

Szenario 2

Die Installation eines Tropfkörpers auf dem Gelände der Fleischverarbeitungs-Industrie erfordert trotz der Reduktion der Frachten im Ablauf des Industriebetriebes ab einer Wassermenge von 430.000 m³/a einen Ausbau des Belebungsbeckens. Das Mehrvolumen wird auch hier auf eine Wassermenge von 645.000 m³/a ausgelegt. Damit ergibt sich der gleiche Kostenverlauf wie im Szenario 1, einzig die Steigung der Kurve fällt geringer aus. Nachfolgend ist eine grafische Umsetzung und im Anschluß daran die bereichsweise Entwicklung der Jahreskosten angegeben:

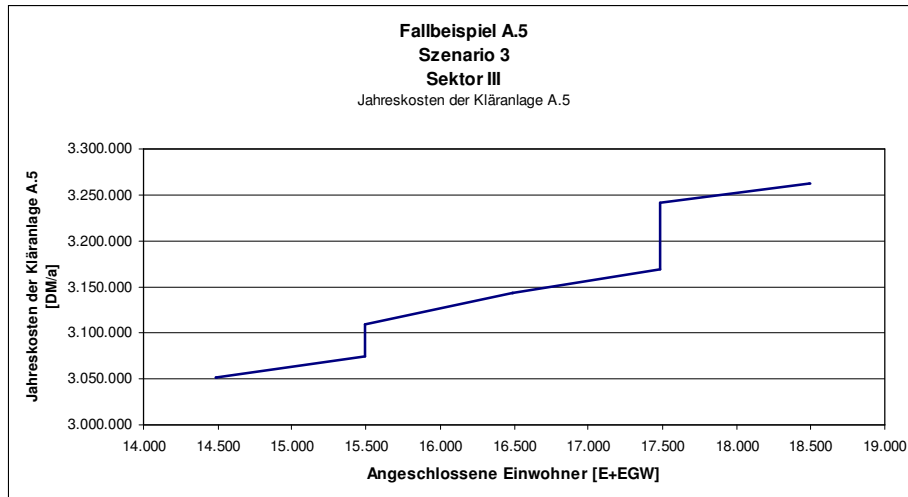


Definitionsbereich	Kostenfunktion
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,377 \cdot X_{Qi} + 2.594.589$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,390 \cdot X_{Qi} + 2.592.720$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,592 \cdot X_{Qi} + 2.549.234$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,412 \cdot X_{Qi} + 2.810.368$ [DM/a]

Abbildung 5-51: Jahreskosten der Kläranlage A.5 – Szenario 2

Szenario 3a-c

Die Erweiterung des Behandlungsvolumens beschränkt sich auf die Ertüchtigung des Belebungsbeckens. Das Volumen der Nachklärung reicht nach der Anpassung an die Umweltstandards für alle drei Lastfälle aus. Aus diesem Grund ergibt sich bei einer Ansiedlung entsprechend in Szenario 3a und 3b der gleiche Kostenverlauf. Dieser wird im folgenden funktional (**Abbildung 5-52**) und im **Anhang [CD]** differenzierter dargestellt. Die Kostenvariation im Szenario 3c entspricht infolge unveränderter frachtartiger Belastung dem angepaßten IST-Zustand und wird an dieser Stelle nicht eingehender erläutert (siehe hierzu nachfolgendes **Kap. 6**). Die Kostenfunktion für die Szenarien 3a und 3b ergibt sich somit ZU:



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(14.489-15.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 24,07 \cdot X_E + 2.702.279$ [DM/a]
(14.589-16.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 34,13 \cdot X_E + 2.580.999$ [DM/a]
(16.489-17.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 25,76 \cdot X_E + 2.718.867$ [DM/a]
(17.489-18.489) [E+EGW]	$K(X_E) = 21,17 \cdot X_E + 2.870.838$ [DM/a]

Abbildung 5-52: Jahreskosten der Kläranlage A.5 – Szenario 3

5.1.5.5 Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise

Szenario 1 und 2

Die Superposition der jeweiligen Jahreskosten der einzelnen Sektoren entspricht den Jahreskosten der Abwasserbehandlung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise. In **Abbildung 5-53** ist der Verlauf der superponierten Jahreskostenkurven für die Szenarien 1 und 2 dargestellt. Dabei werden im Sektor III die Jahreskosten des modifizierten IST-Zustandes mit denen der Sektoren II und III im betrachteten Untersuchungsraum addiert.

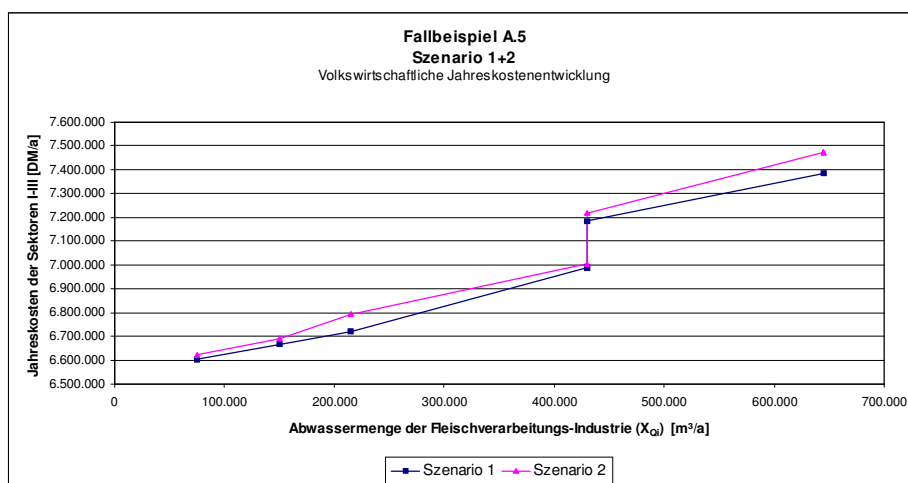


Abbildung 5-53: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenarien 1 und 2

Es ist zu erkennen, daß die Kosten im zweiten Szenario permanent über denen des Szenarios 1 liegen.

Szenario 3a und b

Analog zu den Szenarien 1 und 2 werden auch hier die sektoriell anfallenden Jahreskosten addiert. Die **Abbildung 5-54** zeigt die additiven Verknüpfungen der Szenarien 3a und b.

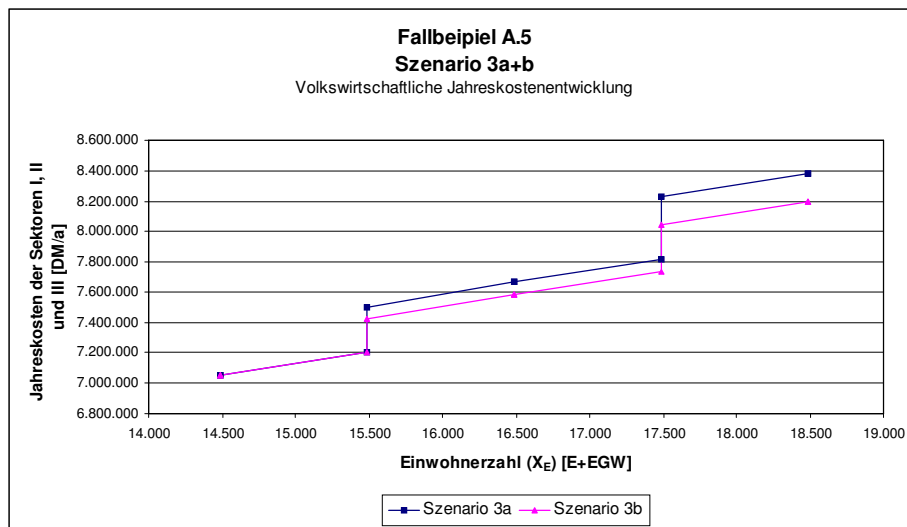


Abbildung 5-54: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenarien 3a und b

Die Kurven verlaufen zunächst gleichartig. An der Stützstelle S_{XE2} (15.489 E+EGW) fällt der Sprung der Kapitalkosten infolge Investition im Szenario 3a, bedingt durch die höhere versiegelte Flächenzahl, deutlich höher aus.

5.1.5.6 Gebühren und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I

Szenario 1 und 2

Die Gebührenberechnung im Sektor II erfolgt über die Division des Deckungsbedarfs (Dividend) und der abgeleiteten Abwassermenge (Divisor). Aufgrund der Erweiterung der Behandlungsvolumina im Netz der Kommune 4 steigt der Deckungsbedarf (anrechenbare Jahreskosten) der Kommune. Gleichzeitig steigt jedoch auch die Abwassermenge. Der Gradient des Divisors ist jedoch höher als der des Dividenden, so daß letztendlich die Gebühr sinkt. Die **Abbildung 5-55** zeigt den Gebührenverlauf ohne Umlage der Abwasserabgabe für die relevanten Tarifgruppen.

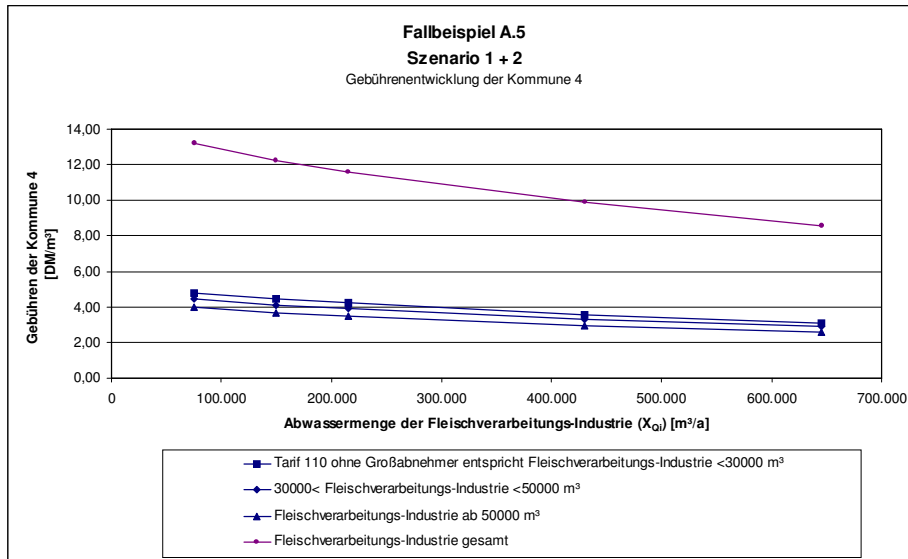


Abbildung 5-55: Gebührentwicklung der Kommune 4 – Szenario 1 und 2

Die Umlage der in obiger Abbildung nicht dargestellten Abwasserabgabe wird mit 0,60 DM/m³ erhoben und auf die Tarifgruppen 110 (Vollanschluß) und 120 (Teilanschluß) umgelegt. Im Zuge der Berechnungen wird diese für das Wirtschaftsjahr im voraus geschätzte Kostenstelle nicht verändert.

Die Fleischverarbeitungs-Industrie erhält aufgrund der direkt an den Abwasserverband zu entrichtenden Abgabe eine Ermäßigung von 40,6% auf die Abwassergebühren.

Die Veranlagung der Fleischverarbeitungs-Industrie durch den Abwasserverband wird konstant mit 103,43 DM/BE für den Klärkostenbeitrag bzw. mit 9,36 DM/BE für die Abwasserabgabe angesetzt.

Unter diesen Voraussetzungen ergeben sich die nachfolgend dargestellten Umlagekosten für die Fleischverarbeitungs-Industrie bzw. Gebührensätze für die Bürger der Kommune 4.

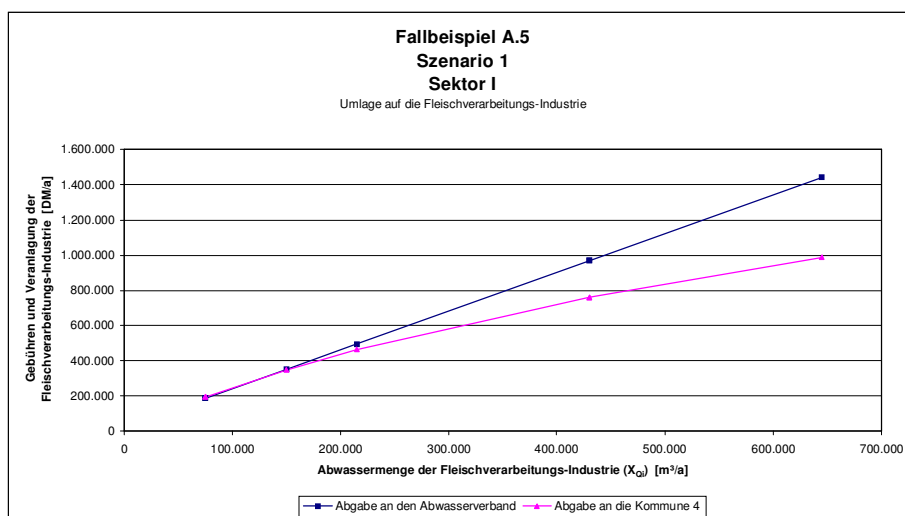


Abbildung 5-56: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 1



Abbildung 5-57: Umlage auf den Bürger – Szenario 1

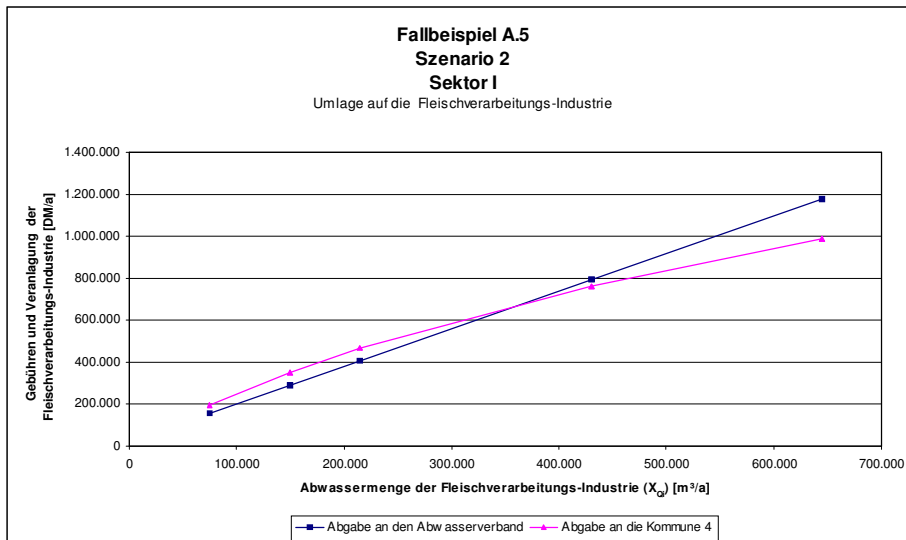


Abbildung 5-58: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 2

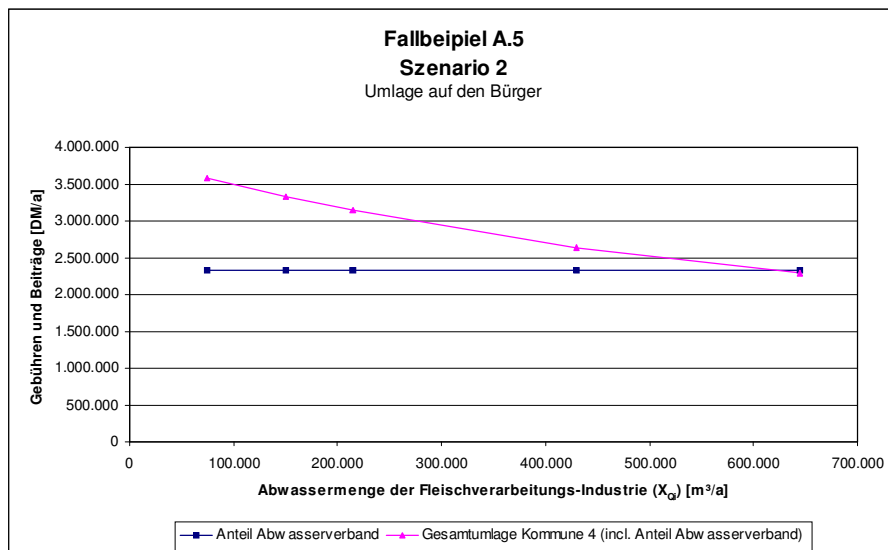


Abbildung 5-59: Umlage auf den Bürger – Szenario 2

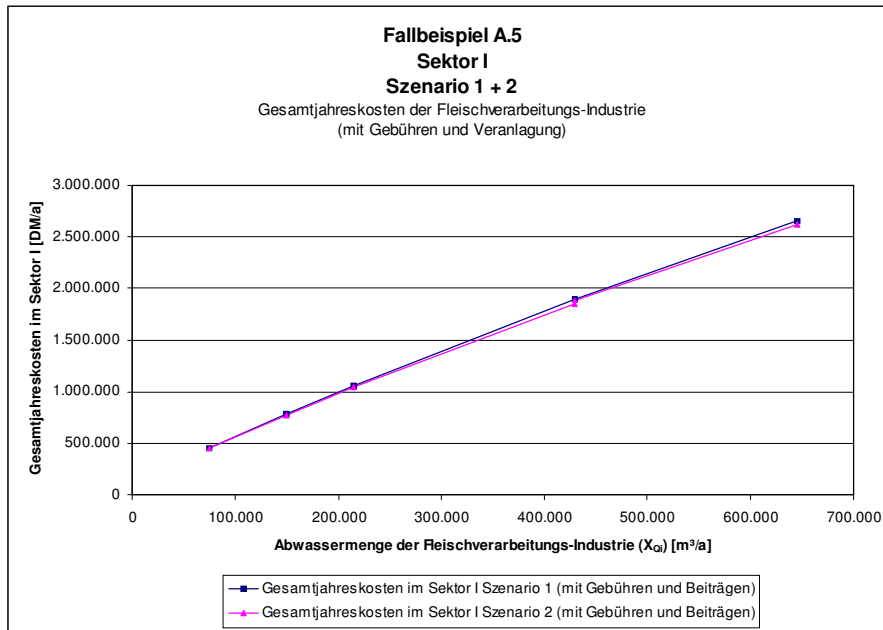


Abbildung 5-60: Gesamtjahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2

Szenario 3a und 3b

In den Szenarien 3a und b entwickeln sich die Gebühren divergent zu den Szenarien 1 und 2. Zusätzlich zur Mehrung der Kapital- und Betriebskosten steigen auch die Jahreskosten entsprechend der einwohnerbezogenen Veranlagung infolge Zuwachs. Der Gradient der Jahreskosten ist steiler als der der zugehörigen Abwassermenge, so daß der Quotient insgesamt größer wird. Das bedeutet, daß der spezifische Kubikmeterpreis in der Kommune 4 anwächst. Im Szenario 3a ergibt sich somit ein Preis von 4,44 DM/m³ (Anstieg um 0,24 DM/m³). Im Szenario 3b steigen die Gebühren aufgrund des relativ zum Szenario 3a niedriger ausfallenden Kostensprungs infolge Investition um 0,06 DM/m³ auf 4,26 DM/m³ an.

Damit ergeben sich nachfolgend dargestellte Kosten-bzw. Gebührenkurven.

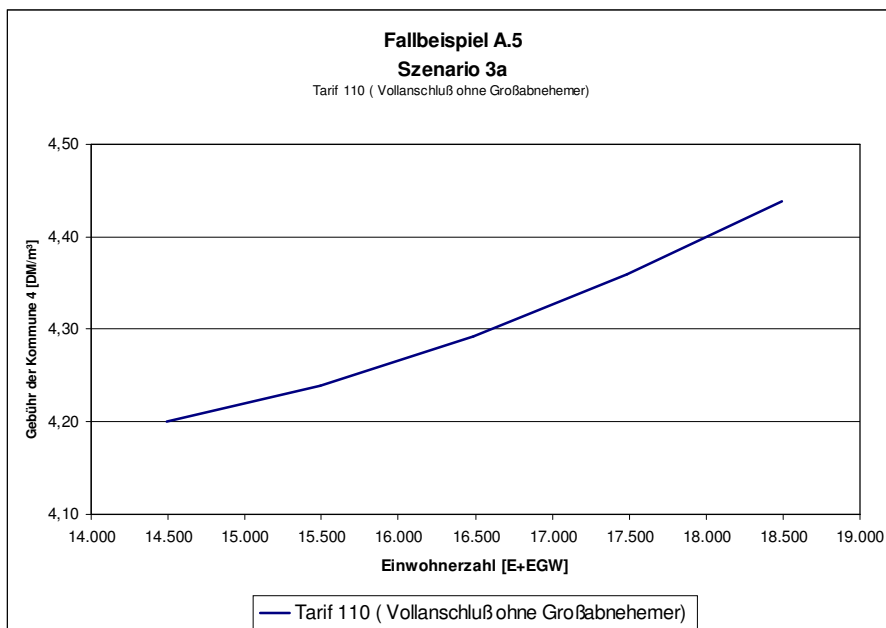


Abbildung 5-61: Gebührenentwicklung Kommune 4 – Szenario 3a

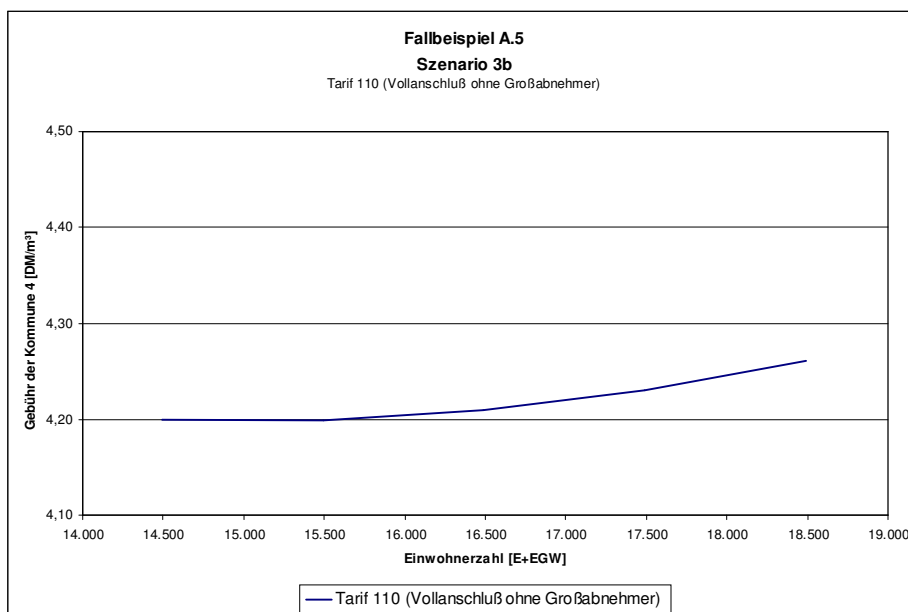


Abbildung 5-62: Gebührenentwicklung Kommune 4 – Szenario 3b

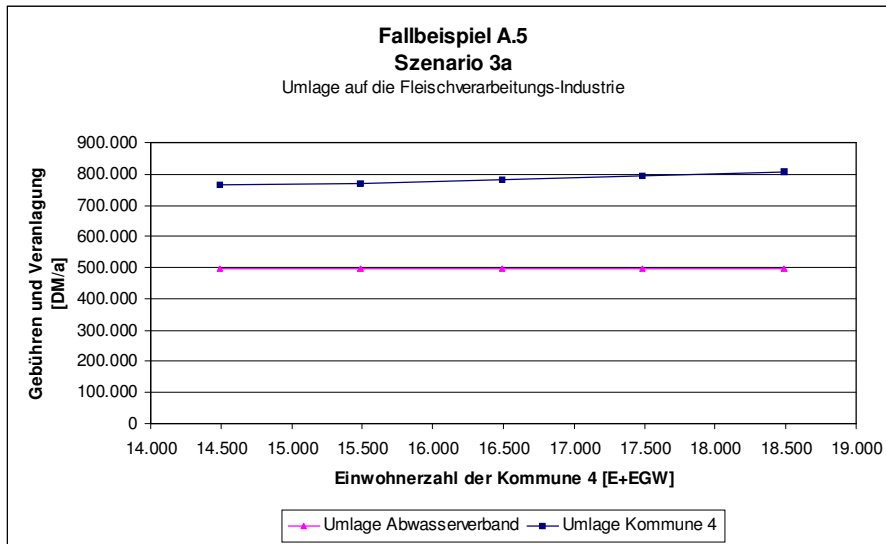


Abbildung 5-63: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 3a

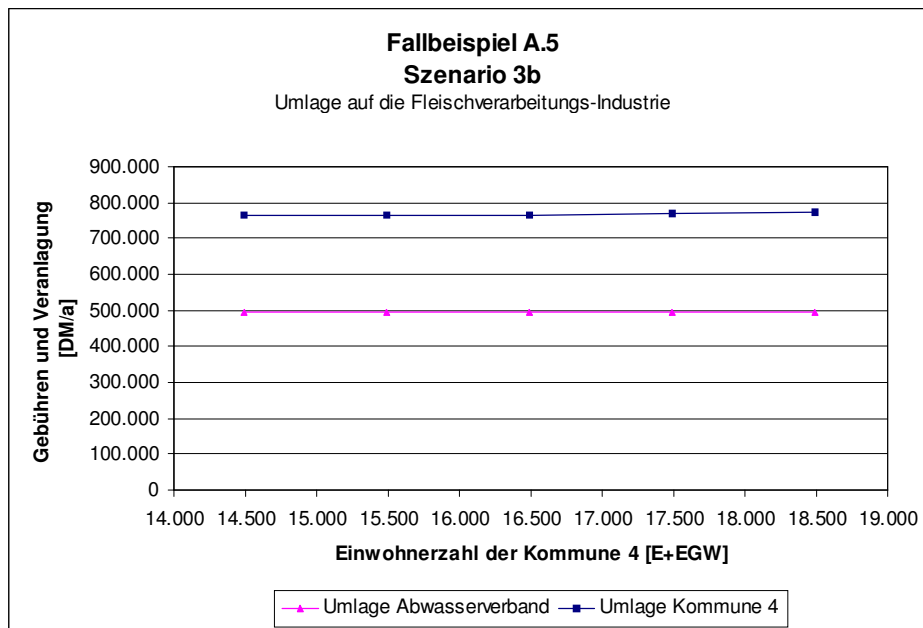


Abbildung 5-64: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 3b

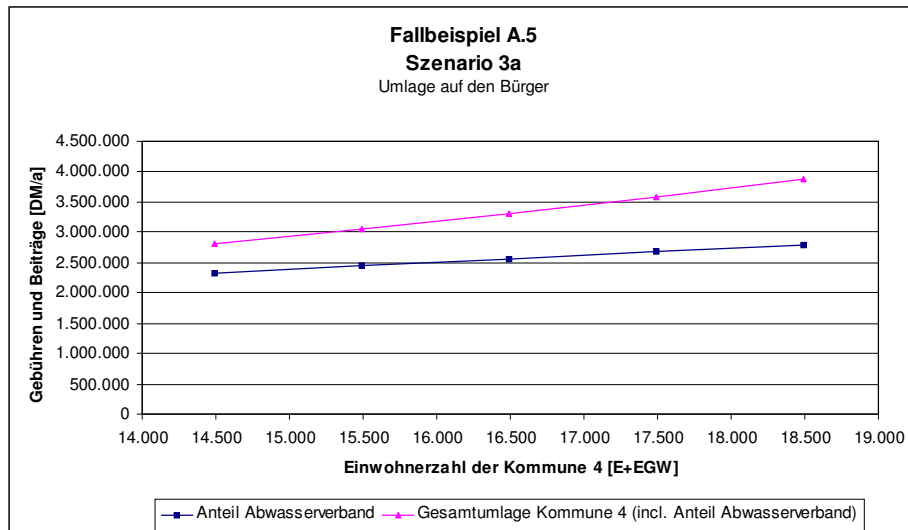


Abbildung 5-65: Umlage auf den Bürger - Szenario 3a

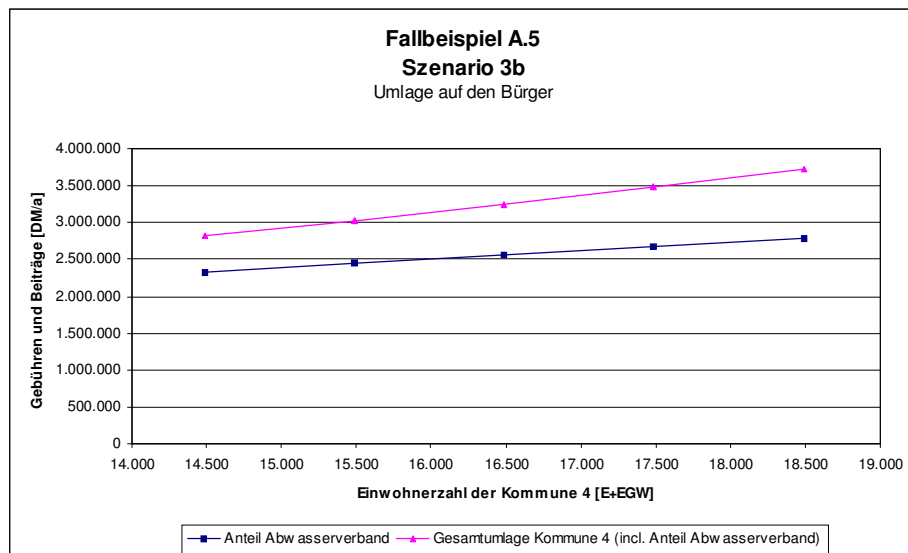


Abbildung 5-66: Umlage auf den Bürger - Szenario 3b

5.1.5.7 Handlungsempfehlungen

Zu den Szenarien 1 und 2:

Betrachtet man die Gesamtjahreskosten (incl. Gebühren und Verbandsbeitrag) der Fleischverarbeitungs-Industrie in Sektor I (**Abbildung 5-60**) für die Szenarien 1 (Druckentspannungsflotation) und 2 (Druckentspannungsflotation und Hochlast-Tropfkörper), so ist festzuhalten, daß beide Kurvenverläufe – mit einem leichten Kostenvorteil für Szenario 2 – näherungsweise deckungsgleich sind.

Aus Sicht des Unternehmers (Fleischverarbeitungs-Industrie) würde dieser geringe Kostenvorteil nicht dazu führen, daß ein zusätzlicher Hochlast-Tropfkörper als zweite Vorbehandlungsstufe gebaut wird.

Dies ist – wie aus **Abbildung 5-53** hervorgeht – auch aus volkswirtschaftlicher Sichtweise nicht sinnvoll. Der Jahreskostenverlauf für Szenario 1 weist hier durchweg geringere Werte auf und sollte daher in der Praxis angestrebt werden. Der Hochlast-Tropfkörper würde ohnehin in erster Linie die Kohlenstoffquelle (BSB₅) des Abwassers reduzieren, die in der nachgeschalteten Kläranlage (Sektor III) für den Denitrifikationsprozeß gebraucht wird. Durch die Veranlagungsformel des Abwasserverbandes erhalten die Industriebetriebe einen Klärkostenvorteil, die den BSB₅ nicht verstärkt zurückhalten.

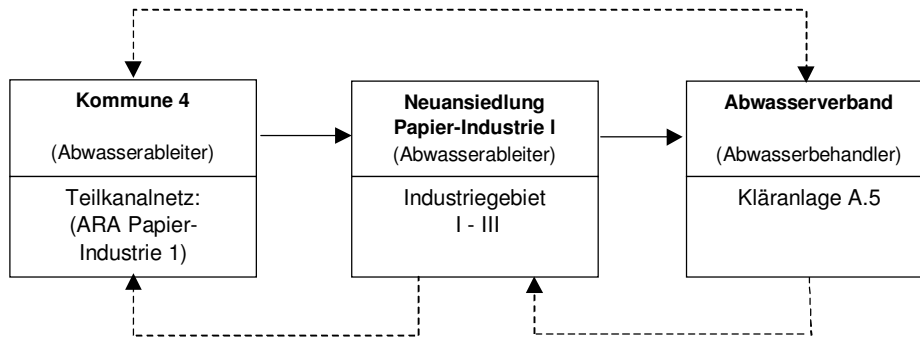
An diesem Beispiel wird deutlich, daß die Umlage der Kosten zwangsläufig Entscheidungen (Sektor I) bewirken, die auf ein Gesamtoptimum gerichtet sind (**Abbildung 5-53**). Hier führt der Verzicht auf die zusätzliche Vorbehandlungsstufe (Tropfkörper) gemäß Szenario 1 zur volkswirtschaftlich günstigsten Lösung.

Zu Szenario 3:

Wie aus der volkswirtschaftlichen Jahreskostenentwicklung der Szenarien 3a und 3b (**Abbildung 5-47** und **Abbildung 5-48**) hervorgeht, weist Szenario 3b stets geringere Kosten auf. Es ist daher zu empfehlen, bei Neuansiedlungen von Einwohnern simultan Entsiegelungsmaßnahmen mit vorzusehen.

5.2 Fallbeispielgruppe B

5.2.1 Fallbeispiel B.1 Kommune 4 / Papier-Industrie 1 / Abwasserverband



In dem Fallbeispiel B.1 wird für die Kommune 4 ein vereinfachtes Abwasserbeseitigungskonzept am Beispiel einer Symbiose mit der Papier-Industrie 1 erarbeitet.

5.2.1.1 Grundlagen

Sektor I

Abwassererzeuger: Papier-Industrie 1

Die Grundlagendaten der Papier-Industrie 1 sind dem **Kapitel 5.1.1.1** zu entnehmen.

Sektor II

Abwasserableiter: Kommune 4

Die Papier-Industrie 1 würde im Industriegebiet I-III der Kommune 4 angesiedelt werden. Das im Industriegebiet anfallende Abwasser wird je nach Örtlichkeit im Trennsystem oder Mischsystem abgeleitet und einem Transportsammler (DN 1000) zugeführt.

Die Grundlagendaten und die jährlichen Kosten der Abwasserbeseitigung der Kommune 4 sind dem **Kapitel 5.1.5.1** zu entnehmen.

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage A.5

Die Kläranlage A.5 des Abwasserverbandes verfügt über eine Ausbaugröße von 26.700 Einwohnern und ist derzeit zu ca. 107 % ausgelastet, bezogen auf den 85 %-Perzentilwert der BSB₅-Belastung.

Ein vereinfachtes Fließschema der Kläranlage A.5 sowie die Zulaufbeschaffenheit ist in Fallbeispiel A.5 (**Abbildung 5-42;Tabelle 5-14**) dargestellt. Die Jahreskosten der Kläranlage sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

5.2.1.2 Problemfelder

Die Abwässer der Kläranlage A.5 genügen, wie in **Kapitel 5.1.5.1** bereits beschrieben, in ihren Ablaufkonzentrationen nicht den im Anhang 1 der AbwVO [Abwasserverordnung AbwVO (1999)] festgelegten Mindestanforderungen. In diesem Fallbeispiel soll untersucht werden, wie eine Mitbehandlung der in der Kläranlage A.5 vorgereinigten Abwässer in der Kläranlage der Papier-Industrie 1 die notwendigen Aus- bzw. Umbaukosten beeinflusst.

5.2.1.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien

Im Szenario 1 wird die Papier-Industrie 1 im Einzugsgebiet der Kläranlage A.5 angesiedelt. Die Abwassereinigung erfolgt jedoch isoliert (ohne Symbiose) auf den korrespondierenden Kläranlagen. Im Szenario 2 wird eine Symbiose zwischen der Papier-Industrie 1 und der Kommune 4 eingegangen. Die daraus resultierenden Zahlkosten sind in nachfolgender Tabelle, getrennt nach den fixen bzw. quasi-fixen und variablen Kosten, für beide Szenarien aufgeführt. Die **Abbildung 5-67** veranschaulicht die ermittelten Ergebnisse.

Tabelle 5-17: Jahreskosten im Sektor I – Szenario 1 und 2

Jahreskosten im Sektor I	Papier-Industrie 1	
	Abwasserbehandlung	
Szenario 1 und 2	ohne Kläranlage A.5	mit Kläranlage A.5
Kostenart		
fixe und quasi fixe Kosten		
Personalkosten	660.900 DM/a	660.900 DM/a
AfA, Zins	1.121.900 DM/a	1.121.900 DM/a
Instandhaltung	715.700 DM/a	715.700 DM/a
sonstige Kosten	45.400 DM/a	45.400 DM/a
Zwischensumme	2.543.900 DM/a	2.543.900 DM/a
variable Kosten		
Schlammkosten	1.533.947 DM/a	1.544.808 DM/a
Betriebskosten	1.338.554 DM/a	1.191.800 DM/a
Verbandsbeiträge	563.100 DM/a	563.100 DM/a
Rückerstattung	-	-771.000 DM/a
Zwischensumme	3.435.601 DM/a	2.528.708 DM/a
SUMME:	5.979.501 DM/a	5.072.608 DM/a

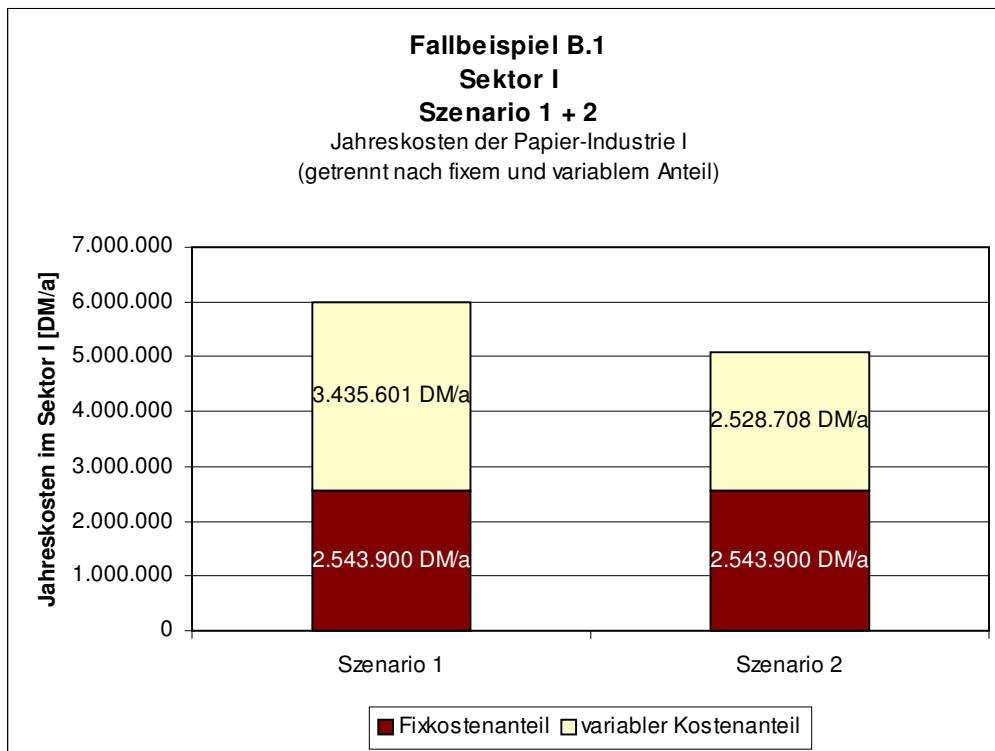


Abbildung 5-67: Jahreskosten der Papier-Industrie 1 (getrennt nach fixem und variablem Anteil) – Szenario 1 und 2

Es zeigt sich, daß der Fixkostensockel in beiden Fällen identisch ist, jedoch fallen die variablen Kosten durch die Rückerstattung des Abwasserverbandes an die Papier-Industrie 1 deutlich geringer aus.

5.2.1.4 Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

Szenarien 1 und 2

Im Falle der getrennten Abwasserbehandlung (Szenario 1) muß die Kläranlage A.5 so ausgebaut werden, daß die im Anhang 1 der AbwVO festgesetzten Mindestanforderungen eingehalten werden. Die dafür erforderlichen Umbaukosten wurden in Anlehnung an die vom Abwasserverband prognostizierten Kosten auf 10.000.000 DM festgelegt. Die daraus resultierende Kapitalkostenerhöhung beläuft sich auf 1.797.368 DM/a. Zuzüglich der Kosten für Personal und Instandhaltung sowie des Anteils der sonstigen Kosten ergibt sich ein Fixkostensockel von 1.978.889 DM/a. Die Addition der fixen, quasi-fixen und der variablen Kosten in Höhe von 738.586 DM/a ergibt somit eine Gesamtjahreskostensumme von 2.717.476 DM/a.

Für das Szenario 2 ist eine Erweiterung der Kläranlage A.5 nicht notwendig. Das dort vorgereinigte Abwasser wird mittels einer Druckleitung zur ARA Papier-Industrie 1 überführt und dort mitbehandelt. Dadurch fallen die Gesamtjahreskosten im Sektor III deutlich geringer aus als im Szenario 1.

Die nachfolgende Tabelle zeigt die ermittelten Jahreskosten der signifikanten Kostenarten, getrennt nach fixem bzw. quasi-fixem und variablem Anteil für die Szenarien 1 und 2. Die anschließende **Abbildung 5-68** veranschaulicht die ermittelten Ergebnisse.

Tabelle 5-18: Jahreskosten im Sektor III – Szenario 1 und 2

Jahreskosten im Sektor III	Kläranlage A.5	
	Abwasserbehandlung	
Szenario 1 und 2	ohne	mit
Kostenart	Papier-Industrie 1	Papier-Industrie 1
fixe und quasi fixe Kosten		
Personalkosten	181.521 DM/a	80.000 DM/a
AfA, Zins	1.797.368 DM/a	1.191.185 DM/a
Instandhaltung	in AfA , Zins enthalten	20.000 DM/a
Zwischensumme	1.978.889 DM/a	1.291.185 DM/a
variable Kosten		
Schlammkosten	368.337 DM/a	12.000 DM/a
Betriebskosten	167.749 DM/a	7.000 DM/a
Abwasserabgabe	202.501 DM/a	
Rückerstattung		771.000 DM/a
Zwischensumme	738.586 DM/a	790.000 DM/a
SUMME:	2.717.476 DM/a	2.081.185 DM/a

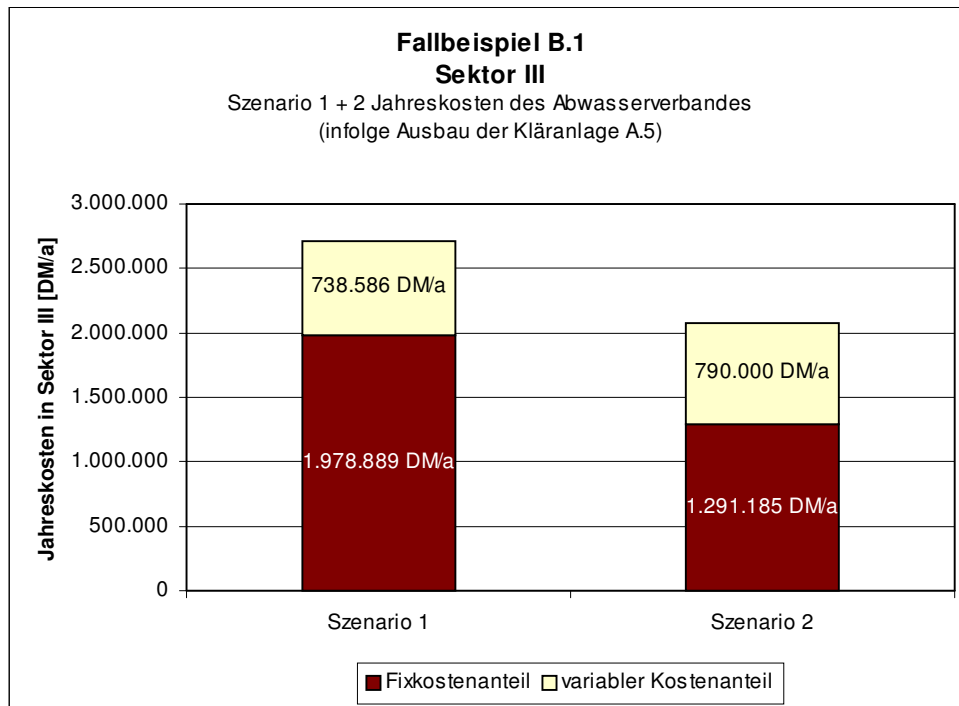
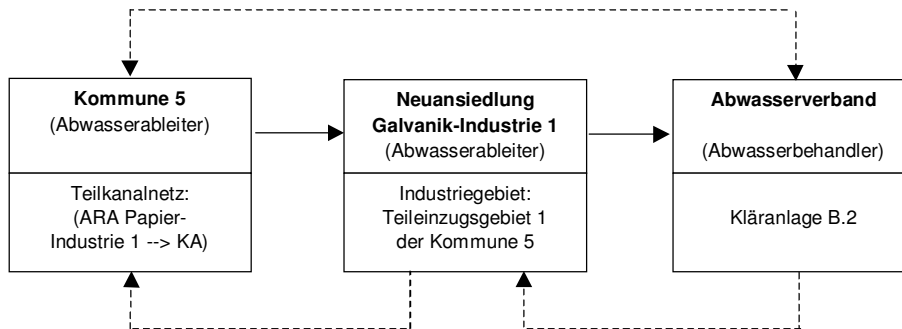


Abbildung 5-68: Jahreskosten des Abwasserverbandes (infolge Ausbau der Kläranlage A.5) Szenario 1 und 2

5.2.1.5 Handlungsempfehlungen

In Analogie zum Fallbeispiel A.1 ist auch in diesem Fallbeispiel B.1 die in Szenario 2 betrachtete Symbiose (Papier-Industrie 1 /Kläranlage A.5) deutlich wirtschaftlicher als in Szenario 1 (vgl. **Abbildung 5-67**) und ist daher zu favorisieren.

5.2.2 Fallbeispiel B.2 Kommune 5 / Galvanik-Industrie 1 / Abwasserverband



5.2.2.1 Grundlagen

In dem Fallbeispiel B.2 wird die Galvanik-Industrie 1 fiktiv in einem Industriegebiet der Kommune 5 neu angesiedelt. Die damit verbundenen Auswirkungen auf das Kanalnetz und die korrespondierende Abwasserbehandlungsanlage sollen untersucht werden.

Sektor I

Abwassererzeuger: Galvanik-Industrie 1

Die allgemeinen Grundlagendaten der Galvanik-Industrie 1 sind dem **Kapitel 5.1.2.1** zu entnehmen.

Sektor II

Abwasserableiter: Kommune 5

Ein möglicher Standort der Galvanik-Industrie 1 wäre das Industriegebiet Teileinzugsgebiet 1 der Kommune 5. Das Abwasser wird über einen Transportsammler (Mischwasser; DN 300-700) mit einer Länge von 2,7 km der Kläranlage B.2 zugeführt. Die Möglichkeit der Entlastung ist durch die Errichtung von drei Regenüberläufen jeweils am Ortsausgang, wie es bei kleineren Ortschaften üblich ist, gegeben. Ein Schemaplan des Einzugsgebietes der Kläranlage B.2 ist in **Abbildung 5-69** dargestellt. Die Anschlüsse zweier Ortsteile, die ebenfalls in das System entwässern, wurden in die Schmutzfrachtberechnungen für das Kanalnetz nicht mit einbezogen.

Die Grundlagendaten der Kommune 5 sowie die jährlichen Kosten der Abwasserbeseitigung sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

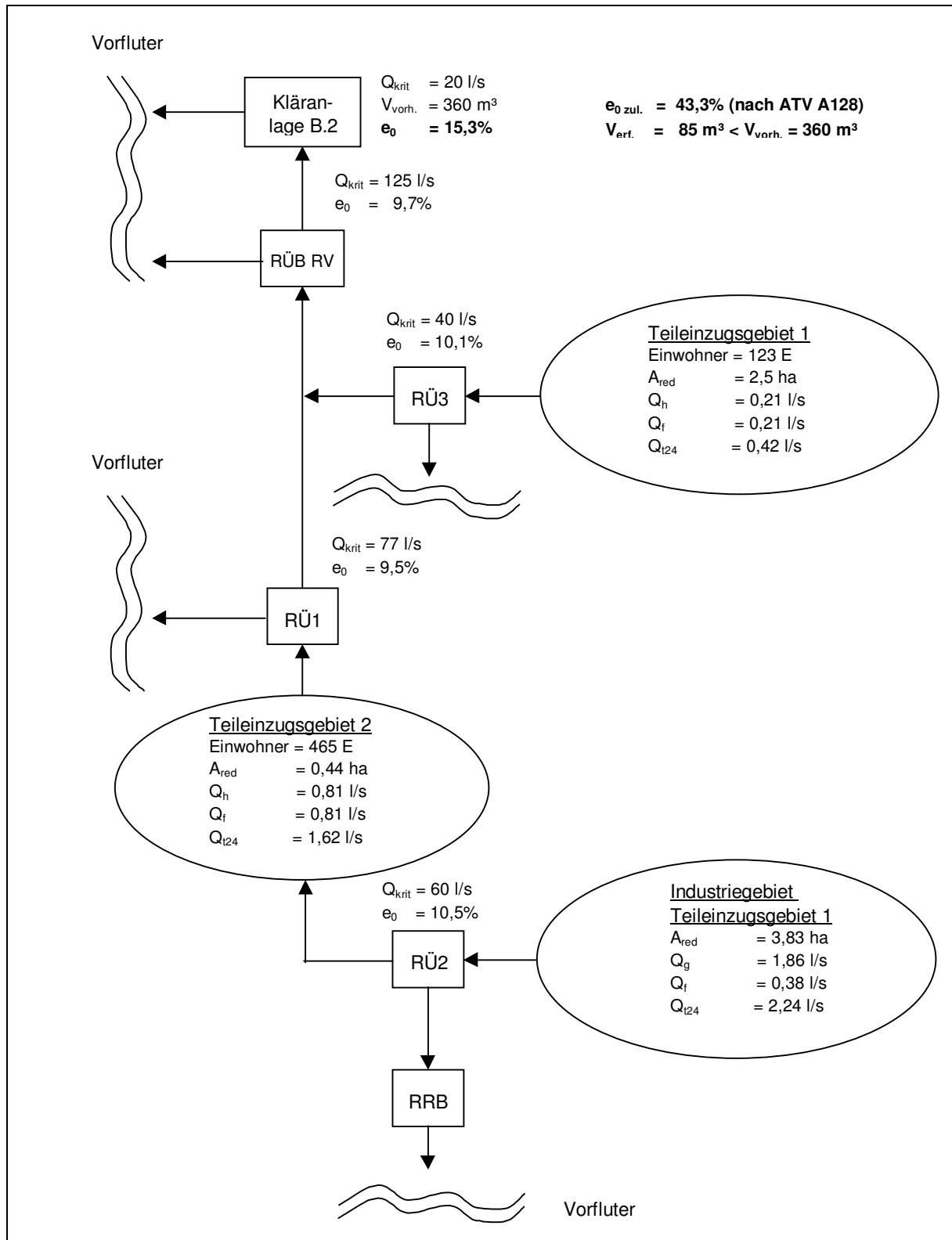


Abbildung 5-69: Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 5 (IST-Zustand)

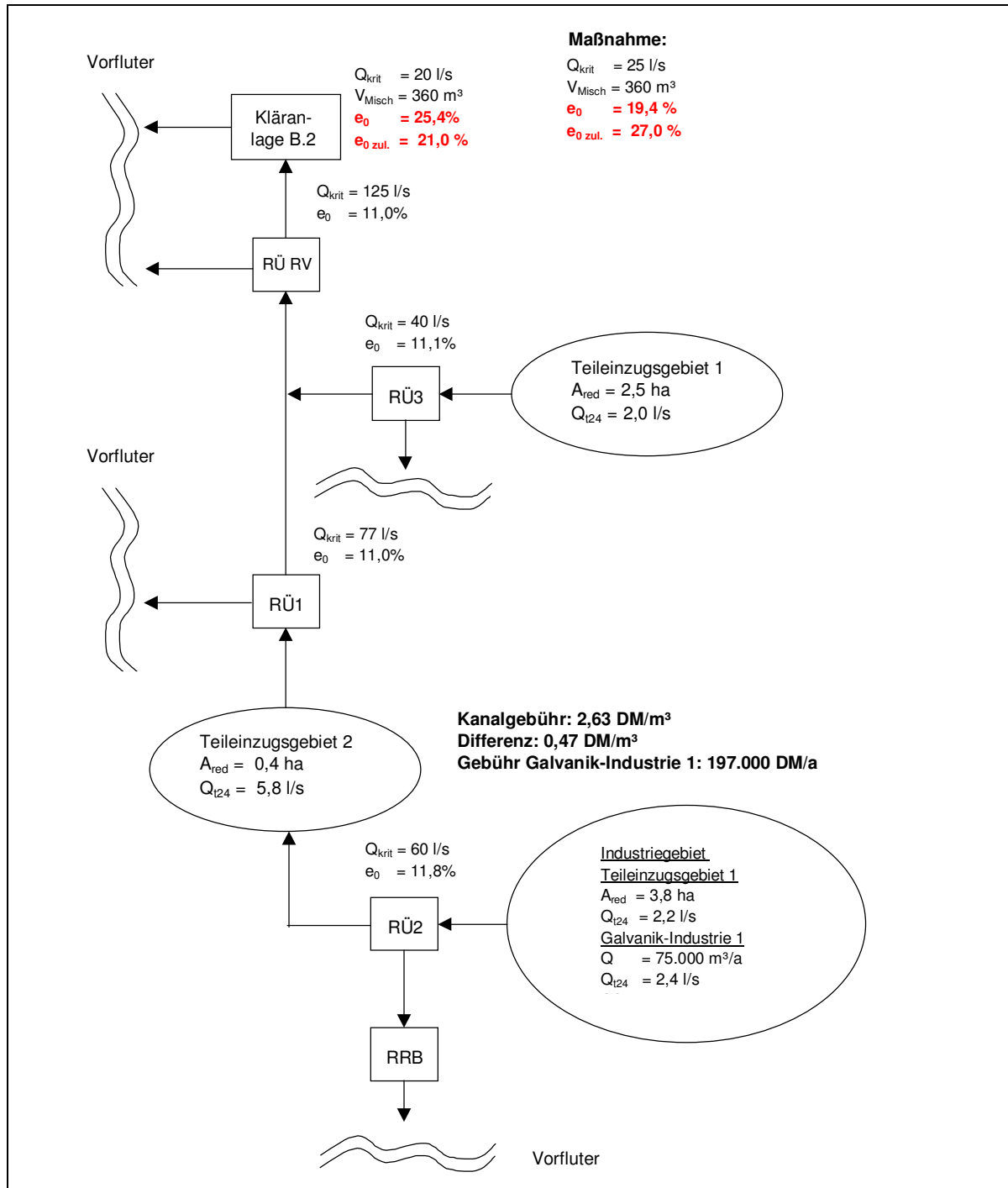


Abbildung 5-70: Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 5 (nach Ansiedlung)

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage B.2 / Kläranlage A.3 (Abwasserverband)

Im ersten Szenario wird das Abwasser der Galvanik-Industrie 1 zur künftigen Kläranlage A.3 übergeleitet. Die Kläranlage war zum Zeitpunkt der Berechnung noch in der Planung. Im Betrieb ist vorgesehen, das Abwasser der Ortslagen Kommune 5, Kommune 10 und Kommune 2 dort zu reinigen. Für die weitere Berechnung wurde ein fiktiver Ausbauzustand der Kläranlage festgelegt, der einer Ausbaugröße von 90.000 Einwohnerwerten entspricht. Der Tageszufluß Q_d wurde mit 21.000 m³/d angenommen. Die Zulaufbeschaffenheit wurde an den Konzentrationen der Kommune 2 orientiert (Annahme) und stellt sich wie folgt dar:

Tabelle 5-19: Zulaufkonzentrationen der Kommune 2

Parameter	BSB ₅	N _{red}	NO _x -N	P _{ges}	TS ₀
Konzentration [mg/l]	236	43,3	5,2	6,2	226

Im zweiten Szenario erfolgt die Abwasserbehandlung in der vorhandenen Kläranlage B.2. Die Kläranlage B.2 des Abwasserverbandes ist als eine belüftete Teichkläranlage mit einer Ausbaugröße von 1.250 Einwohnern konzipiert worden. Die derzeitige Auslastung der Kläranlage beträgt 67 % (833 E+EGW) bezogen auf die mittlere BSB₅-Fracht.

Am vorgeschalteten Regenüberlaufbauwerk (RÜB RV) wird das Abwasser dem Abwasserverband übergeben, wobei der maximale Regenwetterzufluß auf den Zufluß $Q_{krit} = 125$ l/s zur Kläranlage gedrosselt abgeleitet wird. Auf der Kläranlage wird das Abwasser einer Vorklärung als Grobentschlammung zugeführt und anschließend in zwei in Reihe geschaltete belüftete Simultanteiche geleitet. Neben der eigentlichen Aufgabe der Abwasserbehandlung dienen die Simultanteiche mit einem zusätzlichen Speichervolumen von 360 m³ noch der Regenwasserspeicherung. Bei Mischwasserzufluß wird das in den belüfteten Teichen vorhandene Speichervolumen durch Begrenzung des Abflußvermögens des zweiten Teiches mittels einer im Ablauf eingebauten Drossel aktiviert. Ist der Speicherraum gefüllt, so wird das über $Q_m = 20$ l/s anfallende Mischwasser in den Vorfluter abgeschlagen. Im weiteren Verlauf erfolgt eine Nitrifikation mit Hilfe eines belüfteten Festbettreaktors. Obwohl die Kläranlage B.2 der Größenklasse 2 angehört, ist eine weitgehende Nitrifikation auf der Grundlage der Allgemeinen Güteanforderungen an Fließgewässer [N.N. (1991)] und dem Hinweis auf die Einleitung in einen leistungsschwachen Vorfluter notwendig gewesen. Abschließend wird das Abwasser über zwei Nachklärteiche dem Vorfluter zugeführt.

Ein vereinfachtes Fließschema der Kläranlage B.2 zeigt **Abbildung 5-71**; die Jahreskosten sind im **Anhang [CD]** dargestellt.

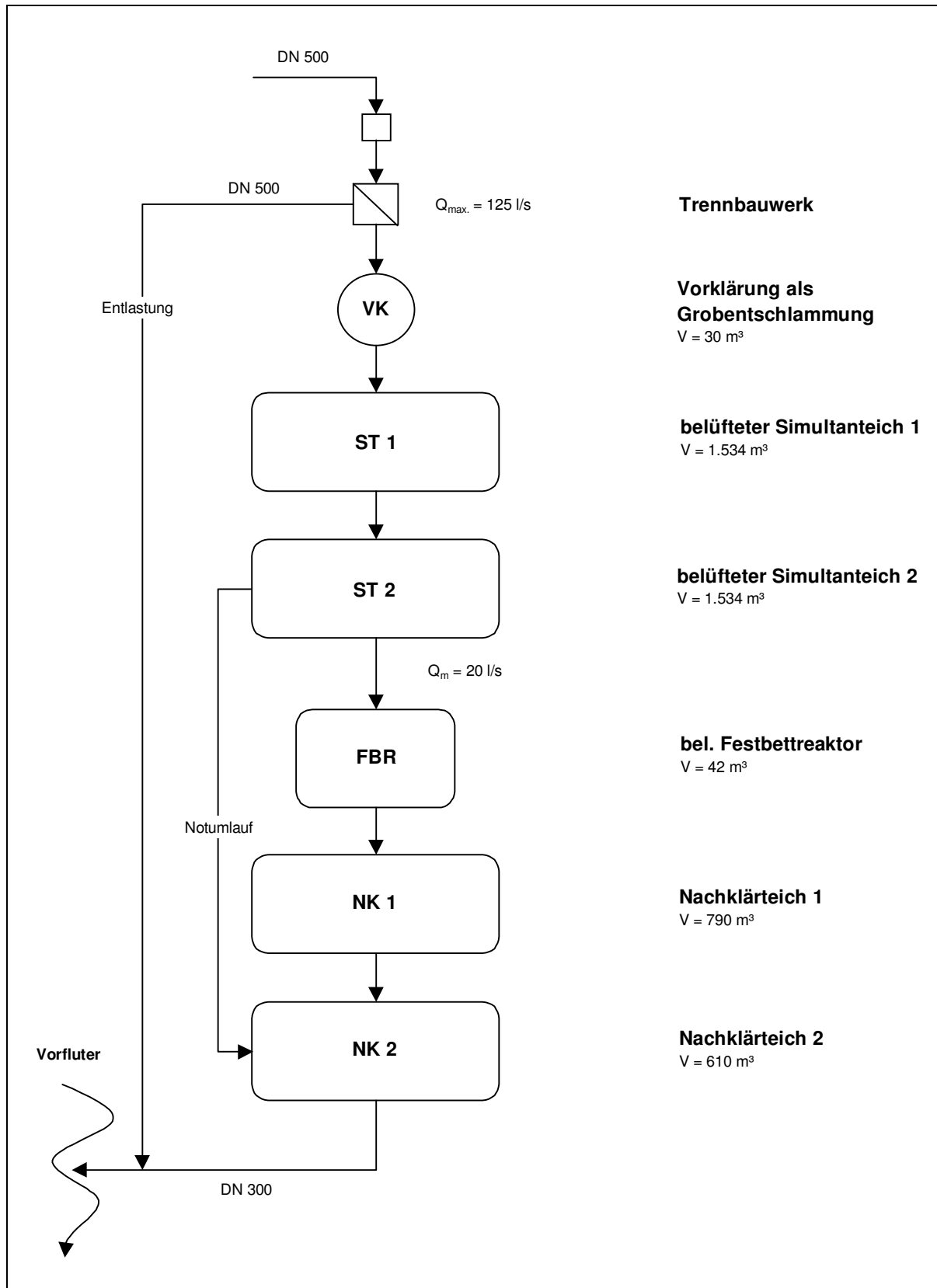


Abbildung 5-71: Fließschema der Kläranlage B.2 (IST-Zustand)

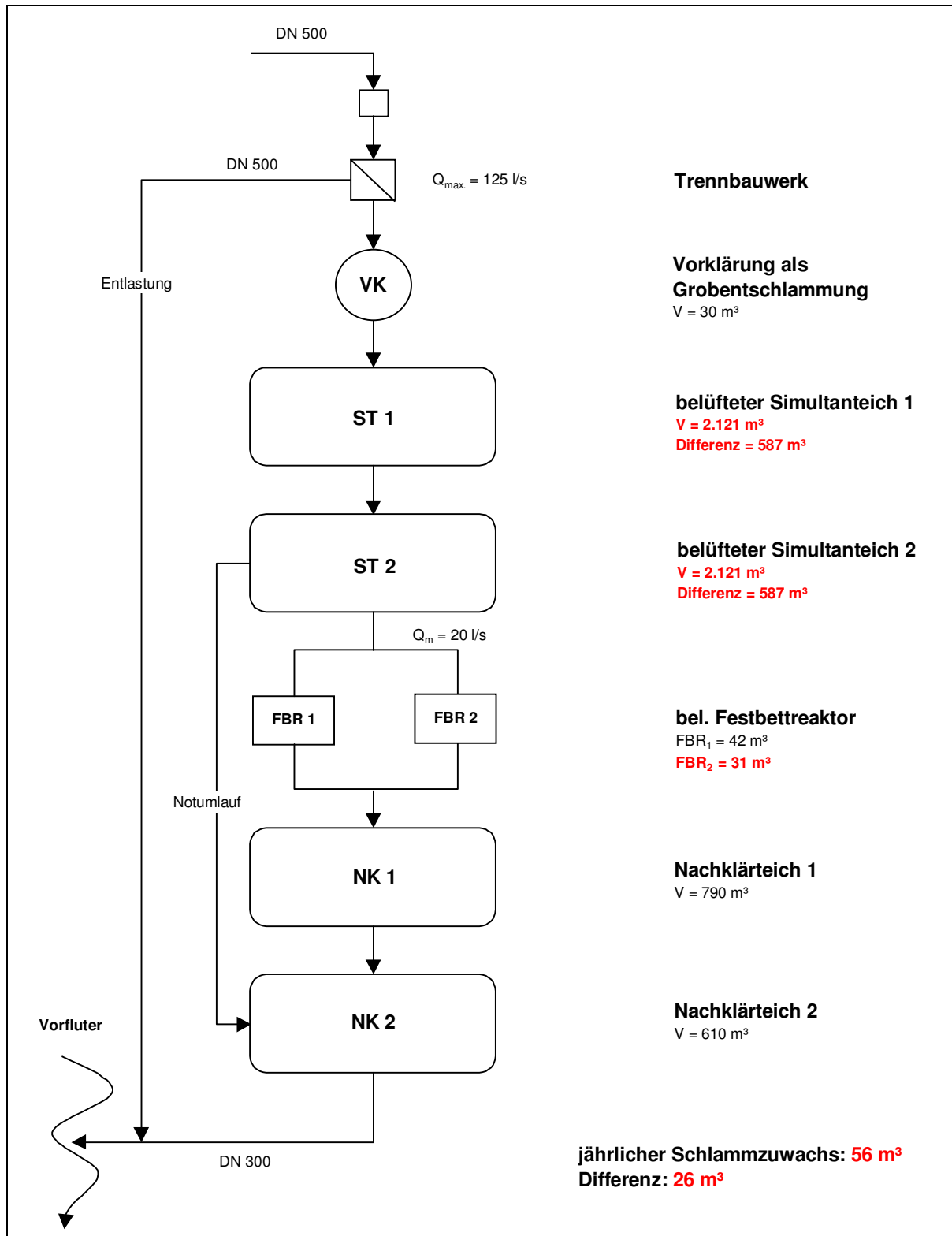


Abbildung 5-72: Fließschema der Kläranlage B.2 (nach Ansiedlung)

5.2.2.2 Problemfelder

In diesem Fallbeispiel soll dargestellt werden, inwieweit sich die Standortwahl der Industriefirma bzw. die Wahl der Kläranlage auf die Kosten der einzelnen Sektoren auswirkt. Maßgeblich ist dabei das Reinigungsverfahren der gewählten Kläranlage (Teichkläranlage oder Kläranlage der GK 4). Infolge der fiktiven Ansiedlung der Galvanik-Industrie 1 wird dabei untersucht, welche Umbaumaßnahmen im Kanalnetz und auf den korrespondierenden Kläranlagen notwendig wären. Der Wirknachweis soll sowohl bei einer Einspeisung der realen Abwassermenge der Galvanik-Industrie 1 als auch bei einer Verdoppelung der Abwassermenge erbracht werden. Des weiteren ist davon auszugehen, daß die Wahl der Kläranlage einige Bedingungen an eine Ansiedlung knüpft. Die Ableitung der Kläranlage B.2 (Abwasserteiche) erfolgt in einen kleinen Vorfluter, welcher nach wenigen Kilometern in einen mittleren Vorfluter und dieser anschließend in die Talsperre mündet. Im Falle einer Ansiedlung eines Galvanikbetriebes im Einzugsgebiet einer Abwasserteichanlage ist die Einhaltung der festgelegten Mindestanforderungen im Ablauf der Kläranlage zumindest fraglich. Aus diesem Grund muß im Szenario 2 das Abwasser in einer zweiten Stufe auf dem Gelände der Galvanik-Industrie 1 vorgereinigt werden.

Es sei hier darauf hingewiesen, daß das Szenario 2 nur theoretischen Charakter hat. Im Falle einer realen Ansiedlung sollten die gewählten Verfahren und die Bemessungswerte über den Betrieb einer Versuchsanlage im halbertechnischen Maßstab abgesichert werden.

5.2.2.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien

Szenario 1

Im Szenario 1 erfolgt die Impulsgabe zunächst durch eine Ansiedlung der Galvanik-Industrie 1 im Einzugsgebiet der Kläranlage A.3. Anschließend wird die Abwassermenge in den Grenzen von 0-120.000 m³/a variiert und der Betrieb mit den jeweiligen Abwassermengen neu angesiedelt.

Die Vorbehandlung der Abwässer erfolgt im gesamten Variationsraum durch die vorhandene Anlage, so daß keine zusätzlichen fixen oder quasi-fixen Kosten anfallen. Die variablen Kosten steigen mit der Abwassermenge von Null auf 806.000 DM/a an der Stützstelle 120.000 m³/a an. Damit ergibt sich nachfolgend dargestellter Kostenverlauf der Galvanik-Industrie 1 für das Szenario 1:

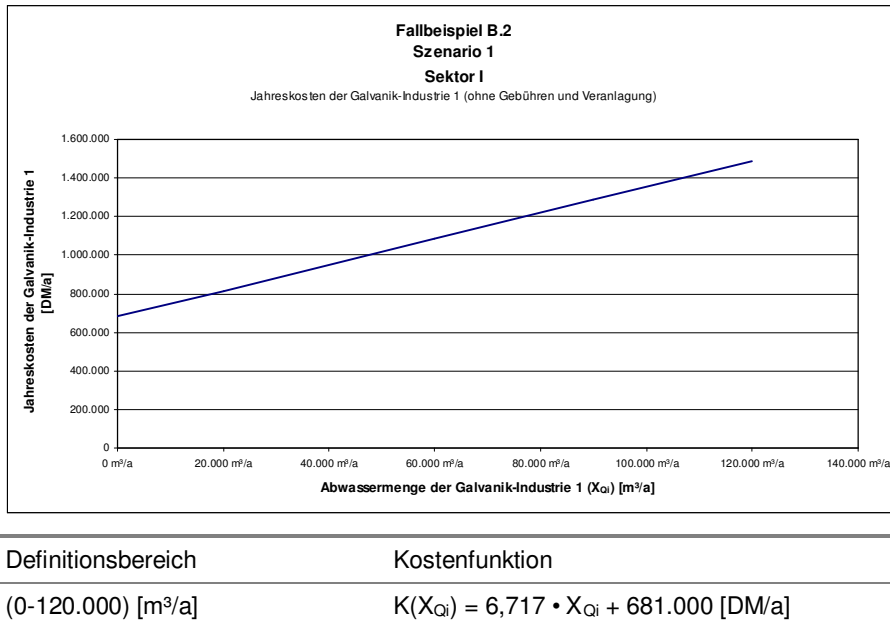


Abbildung 5-73: Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 soll das Abwasser der Galvanik-Industrie 1 in der vorhandenen Kläranlage B.2 gereinigt werden. Wie eingangs erwähnt, ist die Einhaltung der Ablaufwerte der Kläranlage jedoch in Frage zu stellen. Aus diesem Grund wird im Vorfeld der Abwassermengenvariation auf dem Firmengelände der Galvanik-Industrie 1 ein Festbettreaktor installiert. Die Ablaufwerte entsprechen den in Fallbeispiel A.2 (**Tabelle 5-7**) angegebenen Kenngrößen. Analog zu Szenario 1 wurde der Industriebetrieb mit verschiedenen Abwassermengen neu angesiedelt. Das Behandlungsvolumen des Festbettreaktors und die damit einhergehenden Mehrkosten (fix, quasi-fix und variabel) wurden der jeweiligen Abwassermenge angepaßt. Dadurch ergab sich der nachfolgend dargestellte und segmentär definierte Kostenverlauf.

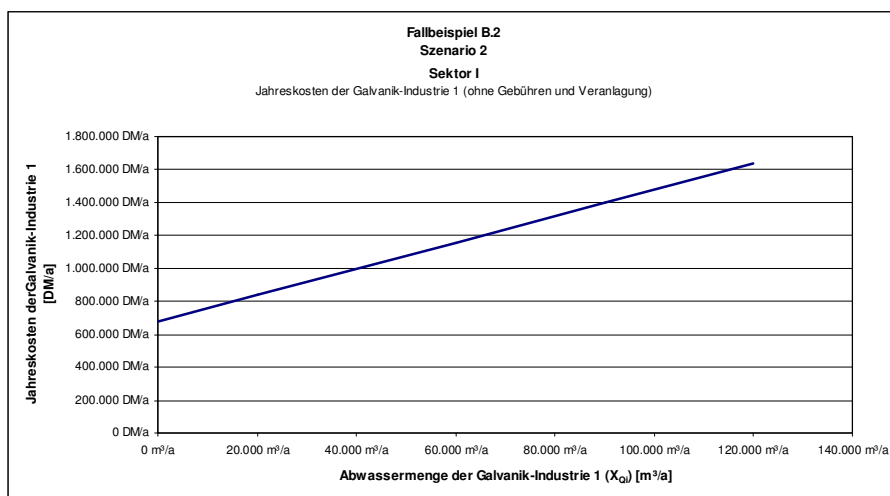


Abbildung 5-74: Jahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-20.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 7,943 \cdot X_{Qi} + 681.000$ [DM/a]
(20.000-60.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 7,945 \cdot X_{Qi} + 680.976$ [DM/a]
(60.000-90.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 7,944 \cdot X_{Qi} + 681.000$ [DM/a]
(90.000-120.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 7,944 \cdot X_{Qi} + 681.000$ [DM/a]

5.2.2.4 Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.2.2.4.1 Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)

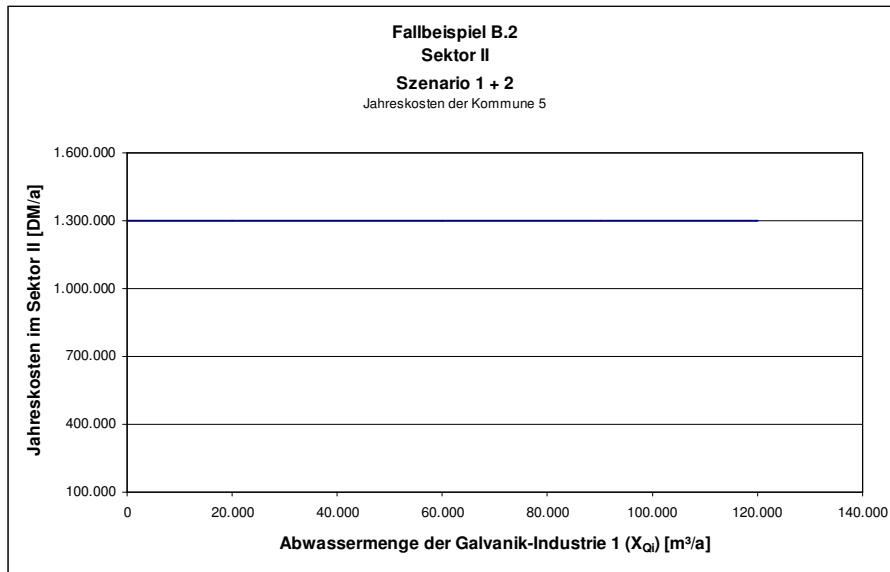
Szenario 1 und 2

Die Kommune 5 entwässert im Mischsystem. Mischwasserkanäle werden maßgeblich auf einen kritischen Regenwasserabfluß bemessen, der um ein Vielfaches höher liegt als der entsprechende Trockenwetterabfluß. Eine im Verhältnis zum Regenwetterabfluß geringfügige Erhöhung des kritischen Gesamtabflusses würde daher keine Auswirkung auf die hydraulische Auslastung des Mischwasser-netzes haben.

Für die Regenwasserbehandlung wird zunächst das erforderliche Volumen eines fiktiven Gesamtspeicherbeckens und die zulässige Entlastungsrate nach dem Arbeitsblatt A128 [ATV (1992)] ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, daß in allen Lastfällen das erforderliche Speichervolumen kleiner ist als das vorhandene Speichervolumen von 360 m³. Bei einer Abflußmenge von 150.000 m³/a ist allerdings der Drosselabfluß im Ablauf des zweiten Simultanteiches von 20 l/s auf 26 l/s zu erhöhen, da sonst das vorgeschriebene Mindestmischungsverhältnis von $m \geq 7$ nicht eingehalten werden kann.

Mit Hilfe des Langzeitsimulationsprogrammes LWA-Flut wird die tatsächliche Entlastungsrate an den einzelnen Entlastungsbauwerken nachgewiesen. Es zeigt sich, daß die Entlastungsraten in jedem Lastfall eingehalten werden.

Umbaumaßnahmen aus den Anforderungen hydraulische Belastung und stoffliche Belastung sind im gesamten Variationsbereich nicht erforderlich. Demzufolge stellt sich der Verlauf der anrechenbaren Kosten für die Szenarien wie folgt dar:



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-120.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 1.300.829$ [DM/a]

Abbildung 5-75: Jahreskosten der Kommune 5 - Szenario 1 und 2

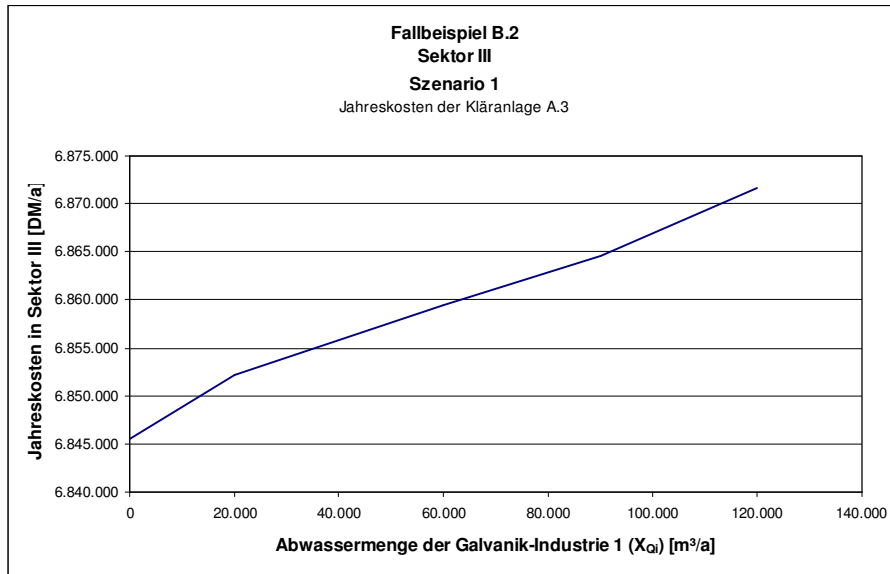
5.2.2.4.2 Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

Szenario 1

Wie oben bereits erwähnt, wurde im Vorfeld der Untersuchung ein fiktiver Ausbauzustand für die Kläranlage A.3 definiert. Die Kosten im IST-Zustand wurden auf der Grundlage der vom Abwasserverband prognostizierten Daten in den signifikanten Kostenarten wie folgt festgelegt:

Kostenart	Kosten im fiktiven IST-Zustand
Kosten infolge Invest (AfA, Zins)	4.383.537 [DM/a]
Instandhaltung	725.000 [DM/a]
Abwasserabgabe	329.467 [DM/a]
Betriebskosten	584.978 [DM/a]
Entsorgungskosten	402.557 [DM/a]
Personal	420.000 [DM/a]
Summe der Jahreskosten	6.845.539 [DM/a]

Die Ansiedlung der Galvanik-Industrie 1 (mit unterschiedlichen Abwassermengen) und die Ermittlung der Differenzkosten erfolgte anhand dieser Kostenaufstellung und stellt sich wie folgt dar:



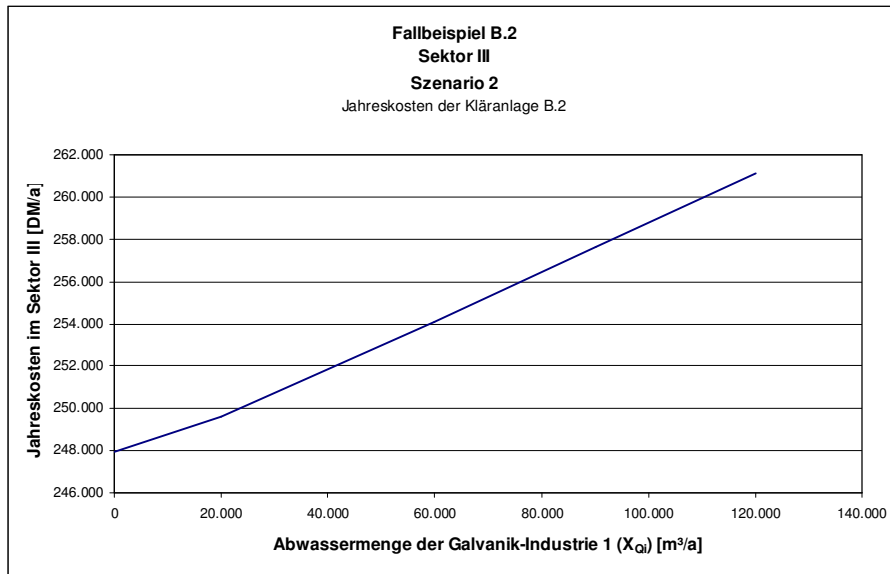
Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-20.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,332 \cdot X_{Qi} + 6.845.539$ [DM/a]
(20.000-60.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,183 \cdot X_{Qi} + 6.848.528$ [DM/a]
(60.000-90.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,171 \cdot X_{Qi} + 6.849.224$ [DM/a]
(90.000-120.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,234 \cdot X_{Qi} + 6.843.575$ [DM/a]

Abbildung 5-76: Jahreskosten der Kläranlage A.3 – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 ist, trotz der Frachtreduktion durch die Installation eines Festbettreaktors auf dem Gelände der Galvanik-Industrie 1 eine Erweiterung des Festbettreaktors auf der Kläranlage notwendig. Das bei einer Abwassermenge von 120.000 m³/a erforderliche Volumen wurde mit 52 m³ - in Anlehnung an das Arbeitsblatt ATV A 201 [ATV (1989)] abgeschätzt.

Insgesamt ergibt sich durch Addition der fixen, quasi-fixen und variablen Kosten der nachfolgend dargestellte und segmentär definierte Kostenverlauf.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-20.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,084 \cdot X_{Qi} + 247.941$ [DM/a]
(20.000-60.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,112 \cdot X_{Qi} + 247.375$ [DM/a]
(60.000-90.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,117 \cdot X_{Qi} + 247.070$ [DM/a]
(90.000-120.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,117 \cdot X_{Qi} + 247.076$ [DM/a]

Abbildung 5-77: Jahreskosten der Kläranlage B.2 – Szenario 2

5.2.2.5 Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise

Szenario 1 und 2

Die Superposition der jeweiligen Jahreskosten der einzelnen Sektoren entspricht den Jahreskosten der Abwasserbehandlung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise. In **Abbildung 5-78** ist der Verlauf der superponierten Jahreskostenkurven für die Szenarien 1 und 2 dargestellt. Dabei wurden im Sektor III die Jahreskosten des modifizierten IST-Zustandes zu denen der Sektoren I und II im betrachteten Untersuchungsraum addiert.

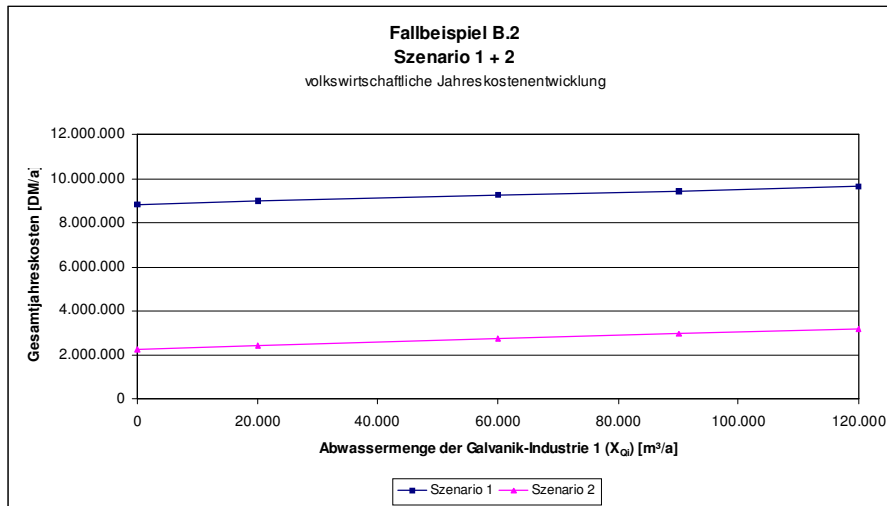


Abbildung 5-78: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2

Die Szenarien lassen sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Voraussetzungen nicht miteinander vergleichen.

5.2.2.6 Gebühren und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I

Die Ermittlung der Transportgebühr im Sektor II erfolgt getrennt nach Hauptgebühr (für alle Kanalbenutzer einschließlich derjenigen, die unmittelbar Abwasserverbandsmitglieder sind) und Nebengebühr (für diejenigen Kanalbenutzer, die nicht Abwasserverbandsmitglieder sind). Die Ermittlung der spezifischen Sätze erfolgt über die Quotientenbildung aus den jeweiligen (Hauptgebühr: ohne Abwasserverbands-(Klärkosten-)beitrag und Abwasserabgabe für das Schmutzwasser; Nebengebühr: Nur Abwasserverbands-(Klärkosten-)beitrag und Abwasserabgabe für das Schmutzwasser) anrechenbaren Jahreskosten (Dividend) und der abgeleiteten Abwassermenge (Divisor).

Durch die Ansiedlung der Galvanik-Industrie 1 wird der Divisor verändert, das bedeutet, daß bei steigender Abwassermenge der spezifische Kubikmeterpreis im Anteil der Hauptgebühr sinkt.

In **Abbildung 5-79** ist die Gebührenentwicklung für die Gesamtgebühr (Summe Haupt- und Nebengebühr) und in **Abbildung 5-80** sind die Gebührenverläufe getrennt nach Haupt- und Nebengebühr für einen Vollanschluß dargestellt. Der Anteil der Hauptgebühr beträgt im IST-Zustand (ohne Galvanik-Industrie 1) 49,44 % (entspricht 3,10 DM/m³).

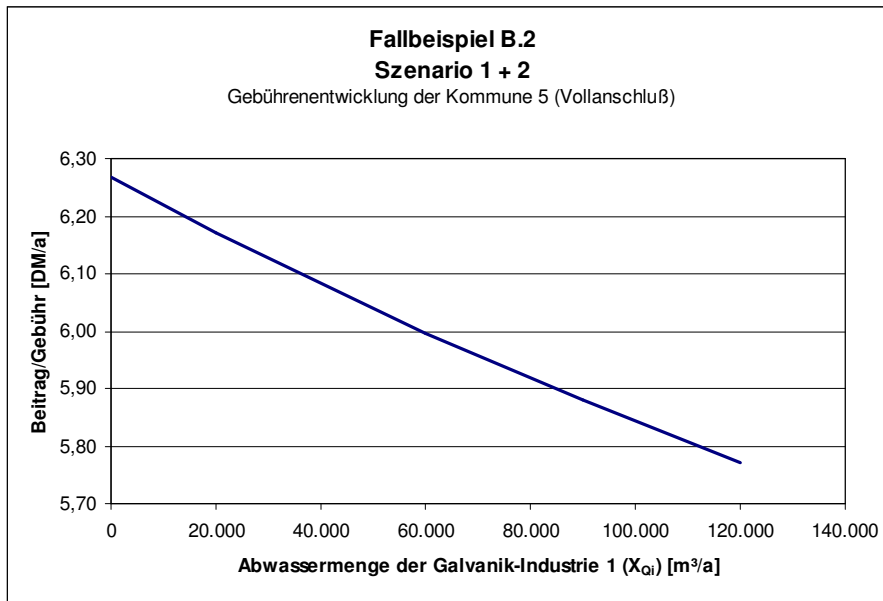


Abbildung 5-79: Gebührentwicklung der Kommune 5 – Szenario 1 und 2

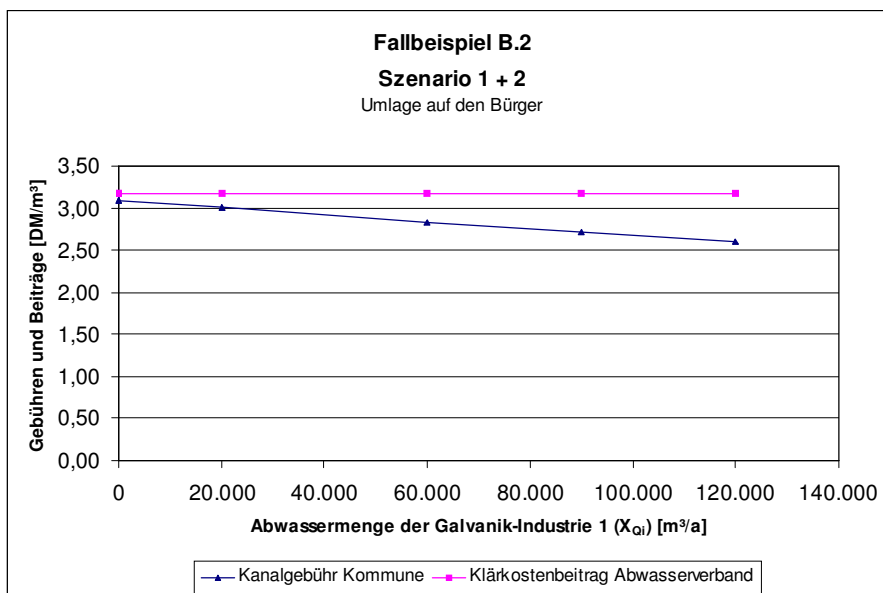


Abbildung 5-80: Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2

Für einen Teilanschluß (nur SW oder Vorklärung – Galvanik-Industrie 1) wird der Anteil der Hauptgebühr um 33% ermäßigt. Die Veranlagung der Galvanik-Industrie 1 durch den Abwasserverband wird konstant mit 103,43 DM/BE für den Klärkostenbeitrag bzw. mit 9,36 DM/BE für die Abwasserabgabe angesetzt. Damit ergeben sich für die Galvanik-Industrie 1 in den Szenarien 1 und 2 die nachfolgend dargestellten zusätzlichen Kosten aus der Abgabe an den Abwasserverband respektive die Kommune 5.

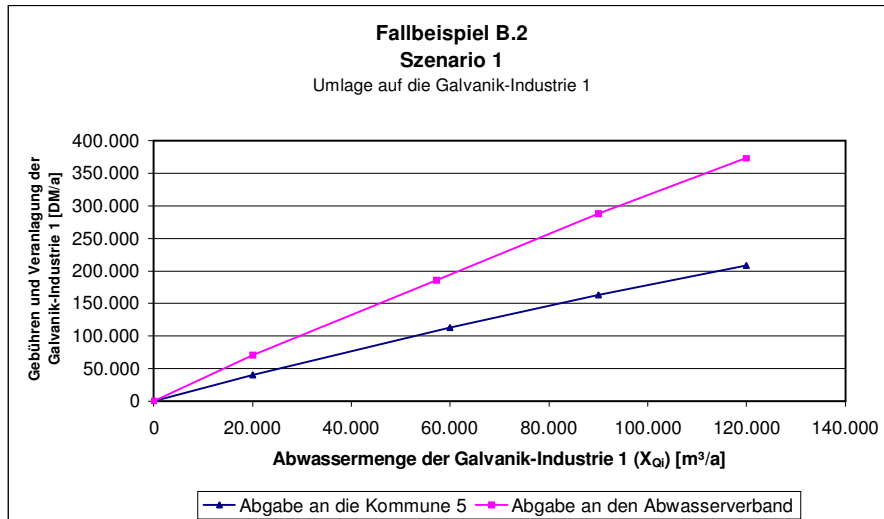


Abbildung 5-81: Umlage auf die Galvanik-Industrie 1 – Szenario 1

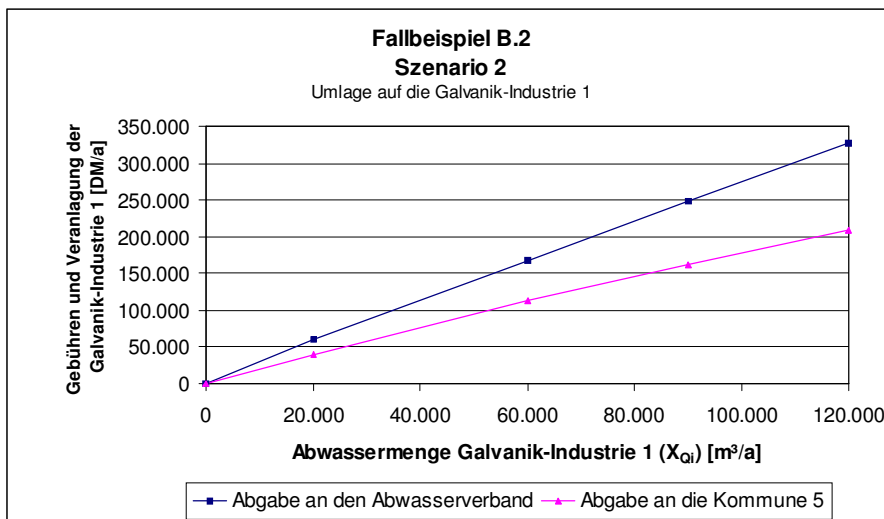


Abbildung 5-82: Umlage auf die Galvanik-Industrie 1 – Szenario 2

In der Summe ergeben sich damit nachfolgend in **Abbildung 5-83** dargestellte Gesamtjahreskostenverläufe (mit Gebühren und Veranlagung) für die Galvanik-Industrie 1.

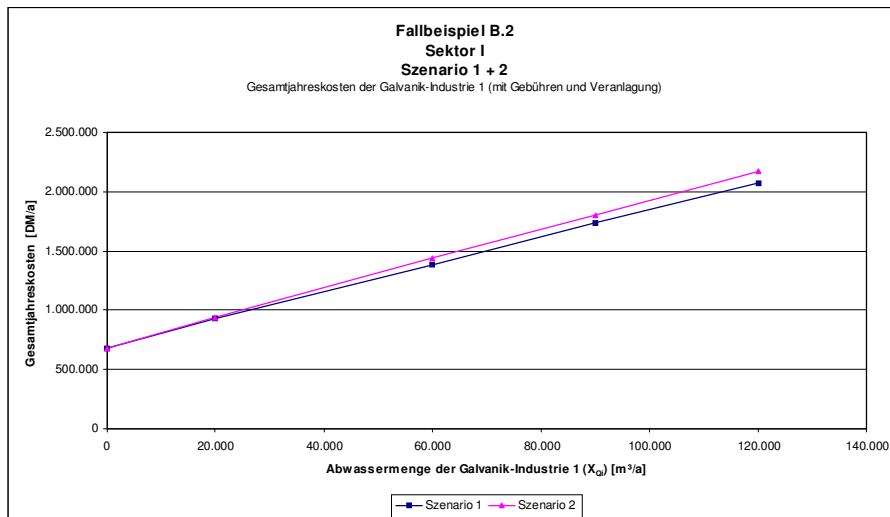


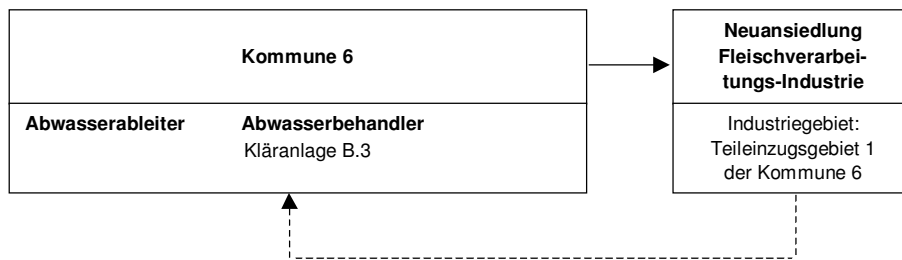
Abbildung 5-83: Gesamtjahreskosten der Galvanik-Industrie 1 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2

5.2.2.7 Handlungsempfehlungen

Betrachtet man die Gesamtjahreskosten incl. Gebühren und Veranlagung der Galvanik-Industrie 1 für die beiden untersuchten Szenarien 1 und 2 (**Abbildung 5-83**) so ist festzustellen, daß die Gesamtjahreskosten der Galvanik-Industrie 1 im Szenario 1 stets unterhalb denen des Szenarios 2 liegen. Die Entscheidungsträger der Galvanik-Industrie 1 würden sich aus dieser isolierten sektoralen Betrachtungsweise heraus für eine Ansiedlung im Einzugsgebiet der künftigen Kläranlage A.3 – ohne Zuschaltung einer weiteren Vorbehandlungsstufe in Form eines Festbettreaktors – entscheiden. Daß diese Entscheidung auch gesamtwirtschaftlich sinnvoll ist, belegt **Abbildung 5-78**. Aus dieser Abbildung wird deutlich, daß der Kostenzuwachs – bezogen auf den Ausgangszustand ohne Ansiedlung der Galvanik-Industrie 1 – in Szenario 2 größer als in Szenario 1 ausfällt, womit auch aus dieser Sichtweise das Szenario 1 zu favorisieren ist.

Der in **Abbildung 5-79** dargestellte Gebührenverlauf der Kommune 5 weist bei Zunahme der industriellen Abwassermenge der Galvanik-Industrie 1 einen degressiven Charakter auf. Dies bedeutet, daß die Zunahme der industriellen Abwassermenge zu einer Senkung der Gebühr führt, die von den Bürgern zu entrichten ist, obwohl diese nicht als Verursacher anzusehen sind. Dieser charakteristische degressive Verlauf der Gebührenkurve wurde auch grundsätzlich bei den nachfolgenden Fallbeispielen vorgefunden. Ein entsprechender Lösungsansatz für diese Thematik ist in **Kapitel 7** „Ganzheitliche Handlungsempfehlungen“ gegeben.

5.2.3 Fallbeispiel B.3 Kommune 6 / Fleischverarbeitungs-Industrie



In dem Fallbeispiel B.3 wird die An siedlung eines fleischverarbeitenden Industriebetriebes am Beispiel der Fleischverarbeitungs-Industrie in einer verbandsfreien Kommune, hier der Kommune 6, simuliert. Ergänzend zur Variation der Abwassermenge seitens der Industrie (X_{Qi}) wird hier analog zum Fallbeispiel A.5 die Anzahl der Einwohner (X_E) und die Abflußwirksame Fläche X_{Ared} verändert.

5.2.3.1 Grundlagen

Sektor I

Abwassererzeuger: Fleischverarbeitungs-Industrie

Die allgemeinen Grundlagen der Fleischverarbeitungs-Industrie sind dem **Kapitel 5.1.5.1** zu entnehmen.

Sektor II

Abwasserableiter: Kommune 6

Es ist vorgesehen, die Fleischverarbeitungs-Industrie fiktiv im Teileinzugsgebiet 1 der Kommune 6 anzusiedeln. Innerhalb des Gewerbegebietes wird das Abwasser im Trennsystem abgeleitet, wobei das Schmutzwassernetz an das Mischwassernetz der Kommune 6 angeschlossen ist. Mit Hilfe eines Transportsammlers (DN 600-1.200) wird das Abwasser anschließend über eine Länge von ca. 2,5 km zur Kläranlage B.3 geleitet.

Die **Abbildung 5-84** zeigt den Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 6 (IST-Zustand) und die **Abbildung 5-85** den Schemaplan des Kanalnetzes nach An siedlung der Fleischverarbeitungs-Industrie.

Die Grundlagendaten der Kommune 6 und die jährlichen Kosten der Abwasserbeseitigung sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

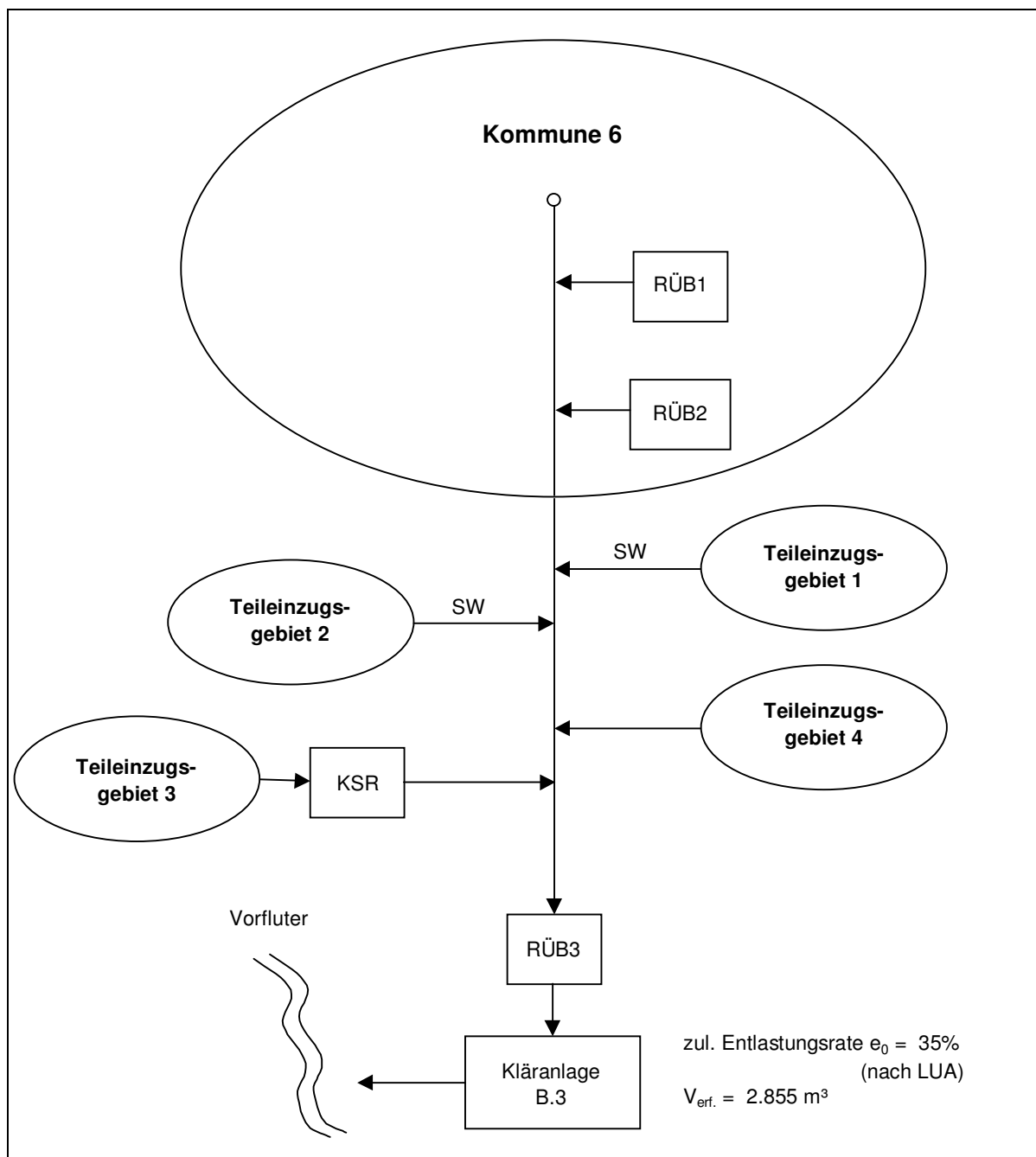


Abbildung 5-84: Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 6 (IST-Zustand)

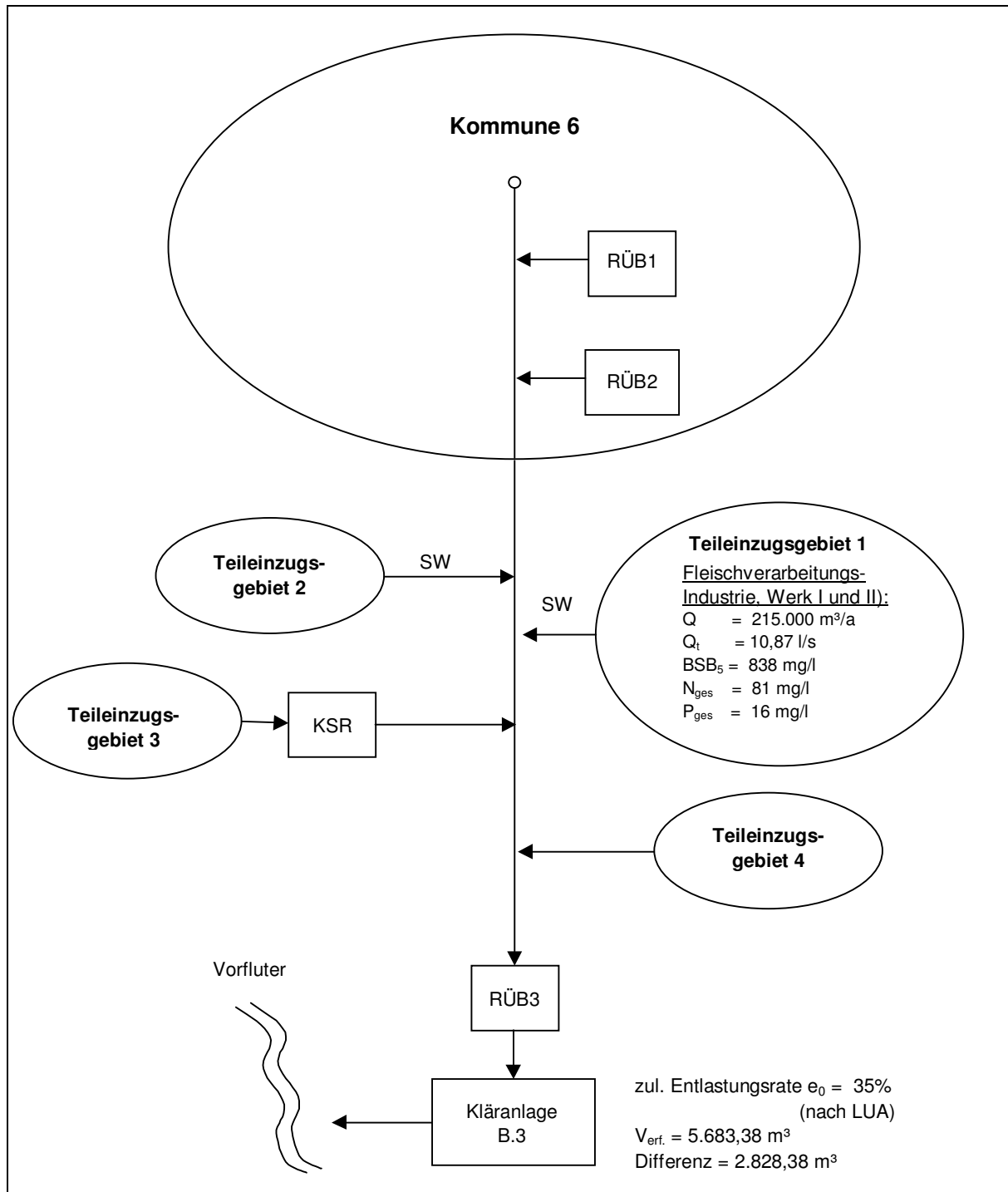


Abbildung 5-85: Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 6 (nach Ansiedlung)

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage B.3

Die Kläranlage B.3 der Kommune 6 verfügt über eine Ausbaugröße von 8.500 Einwohnern und ist derzeit zu ca. 76 % (6.500 E + EGW) ausgelastet. Der Jahresschmutzwasseranfall beträgt

ca. 1.720 m³/d (Q_d). Der jährlich anfallende Klärschlamm (ca. 5.000 m³ im Jahr 2000) wird auf der benachbarten Kläranlage mitbehandelt.

Ein vereinfachtes Fließschema der Kläranlage B.3 zeigt die folgende Abbildung.

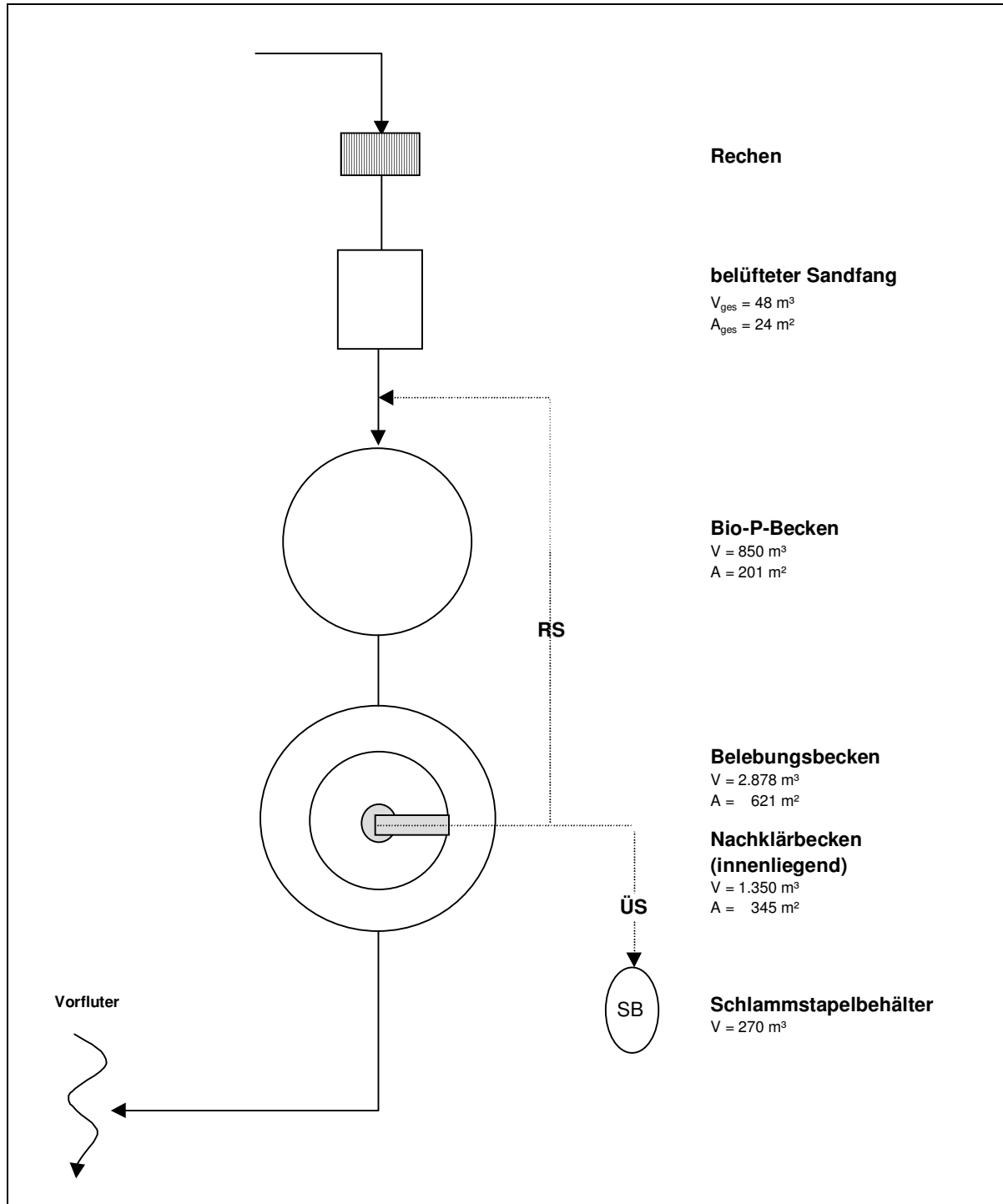


Abbildung 5-86: Fließschema der Kläranlage B.3

Die Zu- und Ablaufbeschaffenheit der Kläranlage B.3 ist in den folgenden Tabellen (**Tabelle 5-20** und **Tabelle 5-21**) dargestellt. Die Jahreskosten der Kläranlage sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

Tabelle 5-20: Zulaufkonzentrationen der Kläranlage B.3

Parameter	BSB ₅	CSB	TKN	NH ₄ -N	TS	P _{ges}
Konzentration [mg/l]	190	380	35	22	222	7,8

Tabelle 5-21: Einzuhaltende Ablaufkonzentrationen (Überwachungswerte) der Kläranlage B.3

Parameter	BSB ₅	CSB	NH ₄ -N	N _{ges}	P _{ges}
Konzentration [mg/l]	15	65	4	18	2

5.2.3.2 Problemfelder

Durch die fiktive Ansiedlung der Fleischverarbeitungs-Industrie sollen die erforderlichen Umbaumaßnahmen im entsprechenden Teilkanalnetz und der Kläranlage B.3 aufgezeigt werden. Bei einer Ansiedlung der Fleischverarbeitungs-Industrie müßten auf der Kläranlage B.3 Umbaumaßnahmen erfolgen, da diese nach der Ansiedlung um ca. 32 %, bezogen auf die mittlere BSB₅-Fracht, überlastet wäre.

5.2.3.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in fünf Szenarien

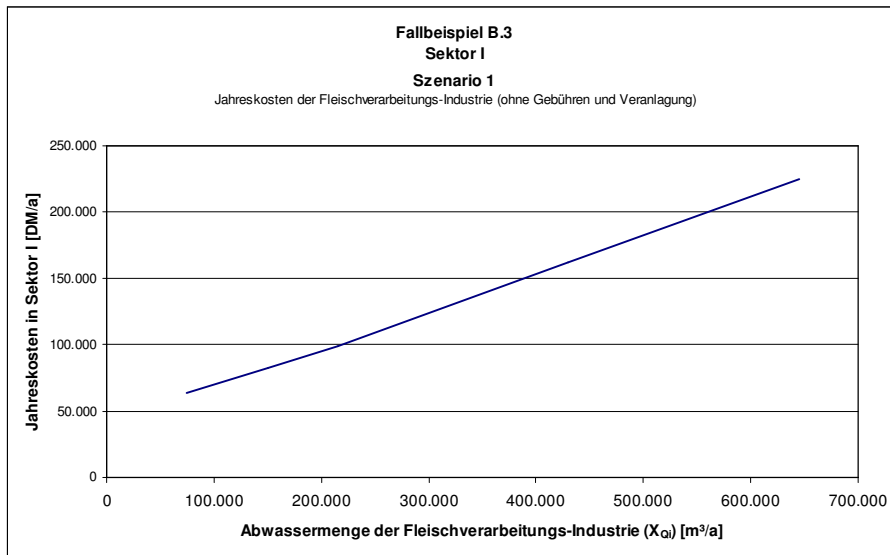
Innerhalb der Szenarien werden die Auswirkungen der Einflußgrößen-Veränderungen in bzw. Rückwirkungen auf den Sektor I analysiert. Dabei wird in den ersten beiden Szenarien die Jahresschmutzwassermenge des Industriebetriebes und in weiteren drei Szenarien die kommunale Jahresschmutzwassermenge variiert.

Grundsätzlich werden analog zum Fallbeispiel A.5 die beiden Werke der Fleischverarbeitungs-Industrie, unter Beibehaltung der Vorbehandlungsanlagen, zu einem Werk zusammengefaßt. Die dort ermittelten Mischkonzentrationen (siehe **Tabelle 5-15**) wurden auf dieses Fallbeispiel übertragen.

Szenario 1

Im Szenario 1 wird entsprechend dem Szenario 1 des Fallbeispiels A.5 die Abwassermenge der Fleischverarbeitungs-Industrie in den Grenzen von 75.000-645.000 m³/a bei gleichbleibenden Konzentrationen variiert und der Industriebetrieb jeweils neu angesiedelt.

Der notwendige Ausbau der Flotationsanlage 430.000 m³/a wurde für die untersuchten Wassermengen neu ermittelt. Der in **Abbildung 5-87** dargestellte Jahreskostenverlauf der Fleischverarbeitungs-Industrie weist also entgegen dem Fallbeispiel A.5 an der Stützstelle 430.000 m³/a einen Knick und keinen Sprung auf.

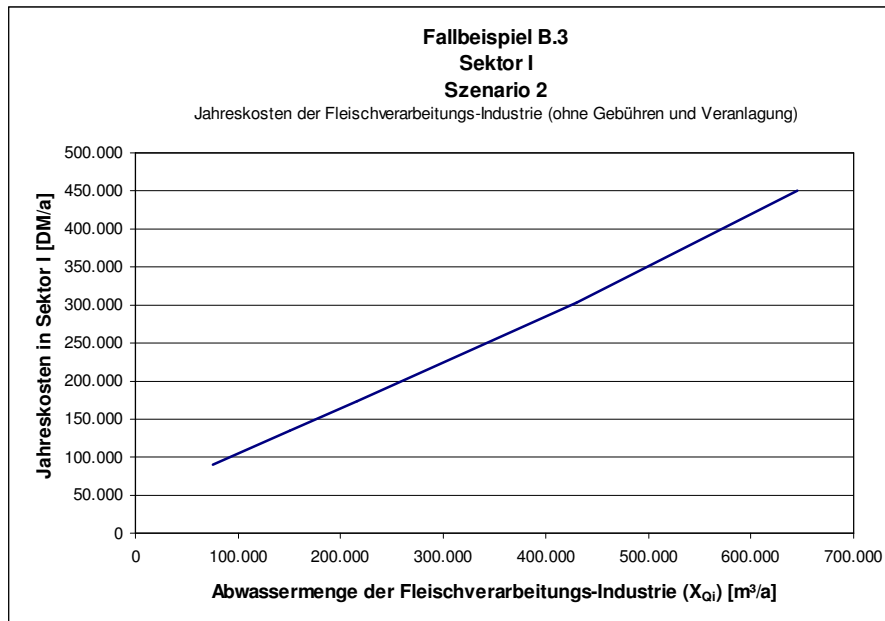


Definitionsbereich	Kostenfunktion
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,252 \cdot X_{Qi} + 44.723$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,249 \cdot X_{Qi} + 45.138$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,294 \cdot X_{Qi} + 35.368$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,294 \cdot X_{Qi} + 35.366$ [DM/a]

Abbildung 5-87: Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 wird im Ablauf der Fleischverarbeitungs-Industrie ein Tropfkörper (Hochlast) nachgeschaltet. Der angenommene Wirkungsgrad von 50% sowie die sich ergebenden Ablaufkonzentrationen wurden aus dem Szenario 2 des Fallbeispiels A.5 übertragen. Die Auslegungsgröße des Tropfkörpers wurde an die jeweils anfallenden Abwassermengen angepaßt. Damit ergibt sich die Jahreskostenkurve zu:



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,600 \cdot X_{Qi} + 44.723$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,598 \cdot X_{Qi} + 45.136$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,600 \cdot X_{Qi} + 44.724$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,687 \cdot X_{Qi} + 7.302$ [DM/a]

Abbildung 5-88: Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

Szenario 3a

Im Szenario 3a wird durch die Ansiedlung von 1.000-4.000 Einwohnern die häusliche Schmutzwassermenge um maximal 204.400 m³/a erhöht. Die Einwohneransiedlung erfolgt in einem bereits erschlossenen aber unbebautem Wohngebiet. Bei einer Ansiedlung von 4.000 Einwohnern ergibt sich eine zusätzliche abflußwirksame Fläche von 48 ha.

Szenario 3b

Im Szenario 3b erfolgt analog zum Szenario 3a eine Ansiedlung von 1.000-4.000 Einwohnern. In diesem Fallbeispiel wird aber zusätzlich die abflußwirksame Fläche, welche zum Grundsystem hinzukommen würde, durch Entsiegelungsmaßnahmen reduziert. Der Anteil der privaten versiegelten Flächen wurde pauschal mit 40% der gesamten reduzierten Fläche angesetzt. Dadurch ergibt sich bei Ansiedlung von 4.000 Einwohnern eine zusätzliche abflußwirksame Fläche von 28,8 ha. Die übrigen 60% werden den öffentlichen Verkehrsflächen, wie z.B. Erschließungsstraßen, etc. zugerechnet, und sind somit ein Wirkimpuls, der dem Sektor II zuzuordnen wäre. Diese Impulse waren nicht Gegenstand der Untersuchung.

Szenario 3c

Im Szenario 3c werden Entsiegelungsmaßnahmen im vorhandenen Siedlungsgebiet simuliert. Dabei wird wie in Szenario 3b der Anteil der privaten Flächen auf 40% der gesamten versiegelten Fläche abgeschätzt und in den Grenzen von 0%-60% variiert.

5.2.3.4 Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.2.3.4.1 Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)

Die Kommune 6 entwässert im Mischsystem. Aufgrund der für diese Form maßgeblichen Bemessungsansätze (s. hierzu Erläuterungen im Fallbeispiel B.2) ist mit einer hydraulischen Überlastung des Kanalnetzes nicht zu rechnen.

Im Zuge der Berechnungen wird für alle Szenarien das Regenbeckenvolumen im Netz der Kommune 6, durch Anpassung des Drosselabflusses aus dem letzten Regenbecken vor der Kläranlage, konstant gehalten.

Im Szenario 3c (Regenwasserbewirtschaftung im vorhandenen Gebiet) führen die Entsiegelungsmaßnahmen im Einzugsgebiet der Kläranlage B.3 zur Schaffung eines theoretischen „Reservevolumens“ (**Abbildung 5-89**). Eine Anpassung der Drossel ist hier nicht erforderlich.

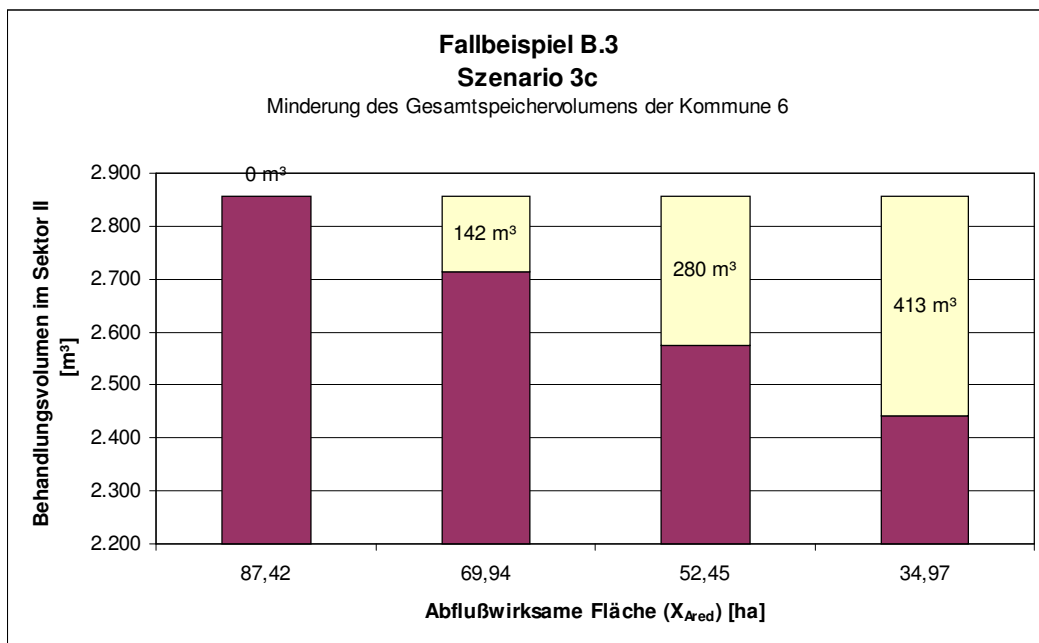


Abbildung 5-89: Minderung des Gesamtspeichervolumens der Kommune 6

Insgesamt ergibt sich damit für den Sektor II keine Kostenänderung. Da die Kommune 6 die anrechenbaren Jahreskosten nicht getrennt nach Kosten infolge Transport und Abwasserbehandlung aufschlüsselt, wird auf eine Darstellung der Kosten in Sektor II an dieser Stelle verzichtet. Diese erfolgt gemeinsam mit den Kosten aus Sektor III im folgenden Kapitel.

5.2.3.4.2 Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

Wie eingangs erwähnt, wird im IST-Zustand (ohne Fleischverarbeitungs-Industrie) der Klärschlamm in einem Stapelbehälter statisch voreingedickt und anschließend zur benachbarten Kläranlage transportiert. Dort wird der Schlamm nach einer Behandlung im Faulbehälter mit anschließender Entwässerung gemeinsam mit dem Klärschlamm der benachbarten Kläranlage einer Verwertung in der Landwirtschaft zugeführt. Die benachbarte Kläranlage befindet sich im IST-Zustand bereits an der Kapazitätsgrenze.

Szenario 1

Wie bereits erwähnt, kann die benachbarte Kläranlage keine zusätzlichen Klärschlammengen mehr aufnehmen. Daher wird sofort mit der Neuansiedlung der Fleischverarbeitungs-Industrie gänzlich auf den Schlammtransport von der Kläranlage B.3 zur benachbarten Kläranlage verzichtet. Im Bereich der industriellen Abwassermenge von 75.000-215.000 m³/a wird daher auf der Kläranlage B.3 eine mobile Entwässerung und anschließende Verwertung in der Landwirtschaft vorgesehen. Ab einer zusätzlichen industriellen Abwassermenge von 215.000 m³/a wird auf der Kläranlage B.3 eine Vorklärung sowie ein Faulturm installiert. Eine Änderung der signifikanten Kostenarten findet sich im **Anhang [CD]**. Die **Abbildung 5-90** zeigt den Kostenverlauf für die Sektoren II und III. Der Anstieg ergibt sich einzig aus den zusätzlich anfallenden Kosten im Sektor III.

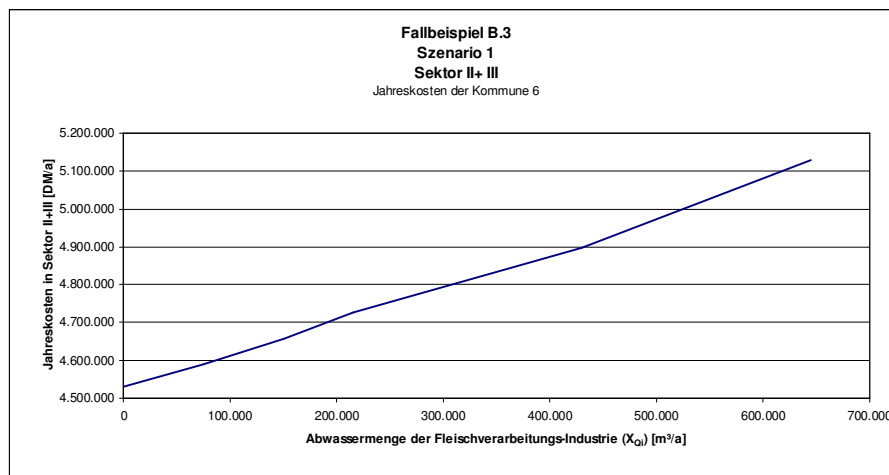
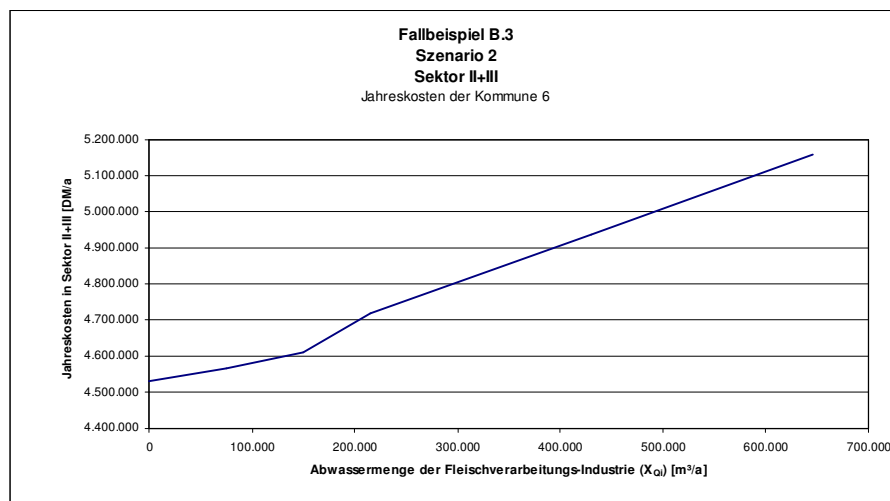


Abbildung 5-90: Jahreskosten der Kommune 6 – Szenario 1

Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-75.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,787 \cdot X_{Qi} + 4.531.000$ [DM/a]
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,896 \cdot X_{Qi} + 4.522.867$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,048 \cdot X_{Qi} + 4.500.002$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,794 \cdot X_{Qi} + 4.554.529$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,086 \cdot X_{Qi} + 4.429.113$ [DM/a]

Szenario 2

Im Szenario 2 wird analog zum vorgenannten Szenario 1 auf einen Klärschlammtransport von der Kläranlage B.3 zur benachbarten Kläranlage verzichtet. Die Entwässerung des Schlammes erfolgt hier im gesamten Variationsbereich über eine mobile Entwässerungszentrifuge. Anschließend wird der Klärschlamm landwirtschaftlich verwertet. Nachfolgend sind die Jahreskosten in den Sektoren II und III in **Abbildung 5-91** dargestellt. Die Variation der Jahreskosten ergibt sich wie in obigem Szenario einzig aus den zusätzlichen Kosten in Sektor III.



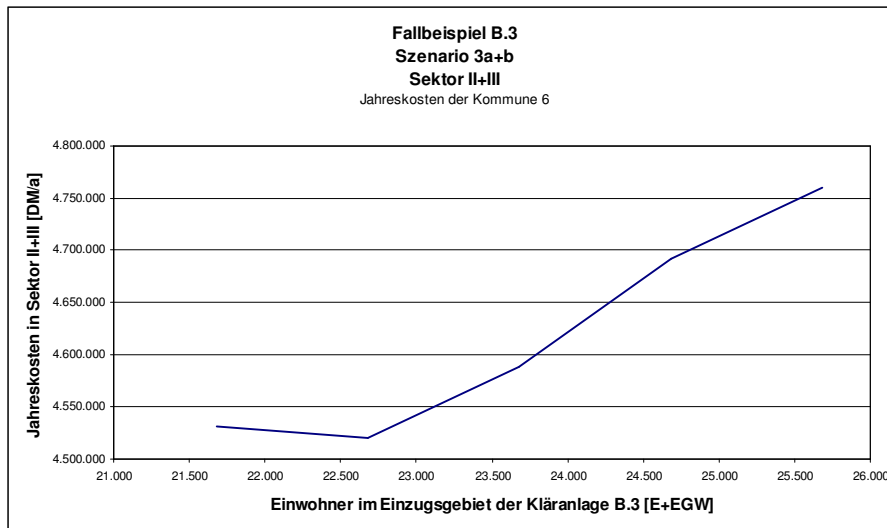
Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-75.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,466 \cdot X_{Qi} + 4.531.219$ [DM/a]
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,585 \cdot X_{Qi} + 4.522.242$ [DM/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,672 \cdot X_{Qi} + 4.359.301$ [DM/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,011 \cdot X_{Qi} + 4.501.375$ [DM/a]
(430.000-645.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,037 \cdot X_{Qi} + 4.490.104$ [DM/a]

Abbildung 5-91: Jahreskosten der Kommune 6 – Szenario 2

Szenarien 3a bis 3c

Die Szenarien 3a und 3b können für den Sektor III gemeinsam betrachtet werden, da sich eine Erhöhung der Kläranlage auf die Erweiterung des Behandlungsvolumens im Belebungsbecken (ab zusätzlichen 3.000 Einwohnern) beschränkt. Das hydraulisch bemessene und einzig der Wassermen-

genänderung zugängliche Nachklärbecken ist im gesamten Variationsbereich ausreichend dimensioniert. Damit ist die Belastungsvariation in beiden Szenarien gleich. Entsprechend den vorgenannten Szenarien wird der Klärschlamm über eine mobile Zentrifuge entwässert und anschließend landwirtschaftlich verwertet. Der Jahreskostenverlauf im Sektor II + III ist nachfolgend abgebildet und anschließend bereichsweise definiert.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(21.680-22.680) [E+EGW]	$K(X_E) = - 11,644 \cdot X_E + 4.783.667$ [DM/a]
(22.680-23.680) [E+EGW]	$K(X_E) = 68,710 \cdot X_E + 2.961.223$ [DM/a]
(23.680-24.680) [E+EGW]	$K(X_E) = 103,318 \cdot X_E + 2.141.722$ [DM/a]
(24.680-25.680) [E+EGW]	$K(X_E) = 68,460 \cdot X_E + 3.002.001$ [DM/a]

Abbildung 5-92: Jahreskosten der Kommune 6 – Szenario 3a und 3b

Da im Szenario 3c keine Änderung der frachtartigen Belastung erfolgt, hat dieses Szenario faktisch keine Auswirkung auf die Kostenstruktur im Sektor III. Diese entspricht im gesamten Variationsbereich den Kosten im IST-Zustand. Auf eine weitere Behandlung des Szenarios wird im folgenden verzichtet.

5.2.3.5 Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise

Die additive Verknüpfung der sektoriell anfallenden Jahreskosten entspricht den jährlichen Zahllasten aus volkswirtschaftlicher Sichtweise. Dabei wurden die fixen anrechenbaren Jahreskosten der Sektoren I, II und III, in den Grenzen 0-645.000 m³/a und die mit der Wassermenge veränderlichen – also in diesem Bereich variablen Kosten – superponiert. Die Kostenkurven für die Szenarien 1 und 2 sind in folgender Abbildung dargestellt.

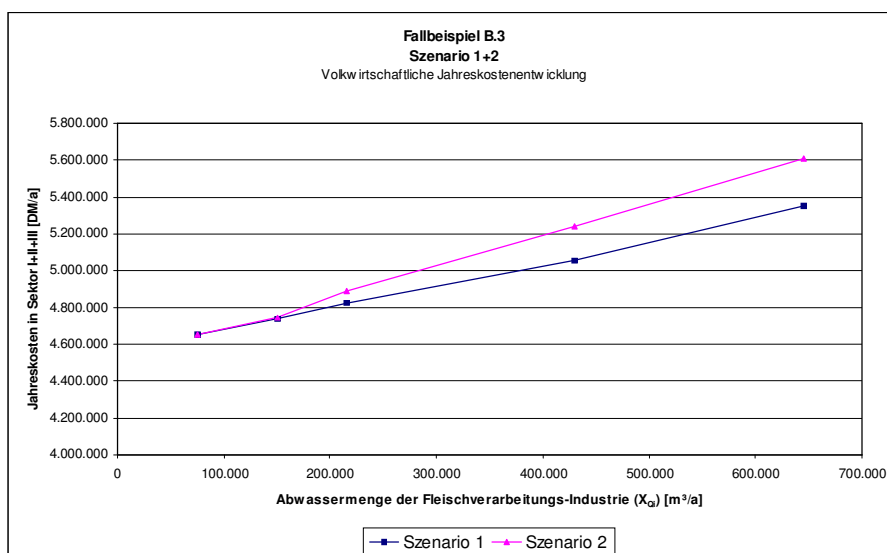


Abbildung 5-93: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2

Die volkswirtschaftliche Kostenentwicklung der Szenarien 3a-b entspricht dem in **Abbildung 5-92** dargestellten Jahreskostenverlauf.

5.2.3.6 Gebühren- und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I

Szenario 1 und 2

Die Gebührenermittlung erfolgt durch Division der anrechenbaren Jahreskosten durch die abgeleiteten Abwassermengen. Damit ergibt sich der bekannte degressive Verlauf des spezifischen Kubikmeterpreises. Die unterschiedlich anfallenden Jahreskosten im Sektor III in den jeweiligen Szenarien zeigen keine deutliche Abweichung der Gebührenkurven voneinander (**Abbildung 5-94** und **Abbildung 5-95**).

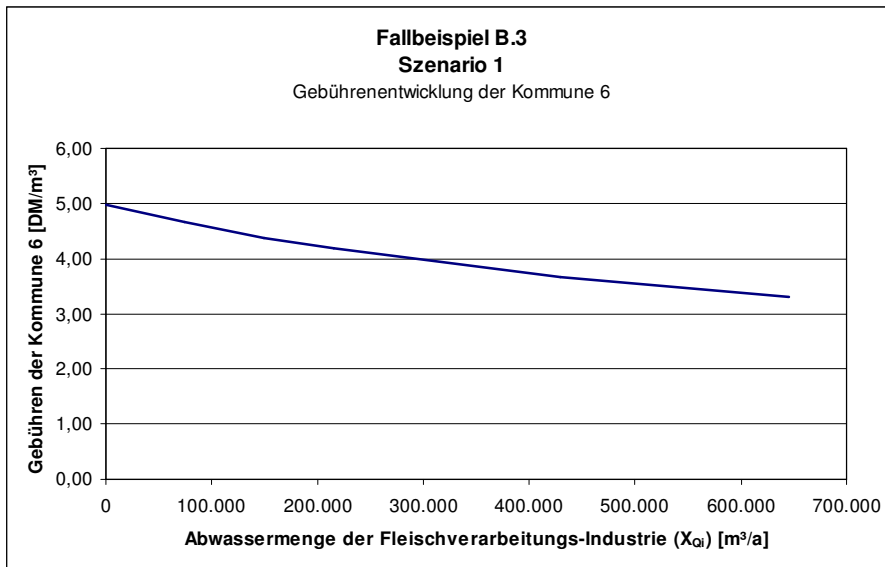


Abbildung 5-94: Gebührenentwicklung der Kommune 6 – Szenario 1

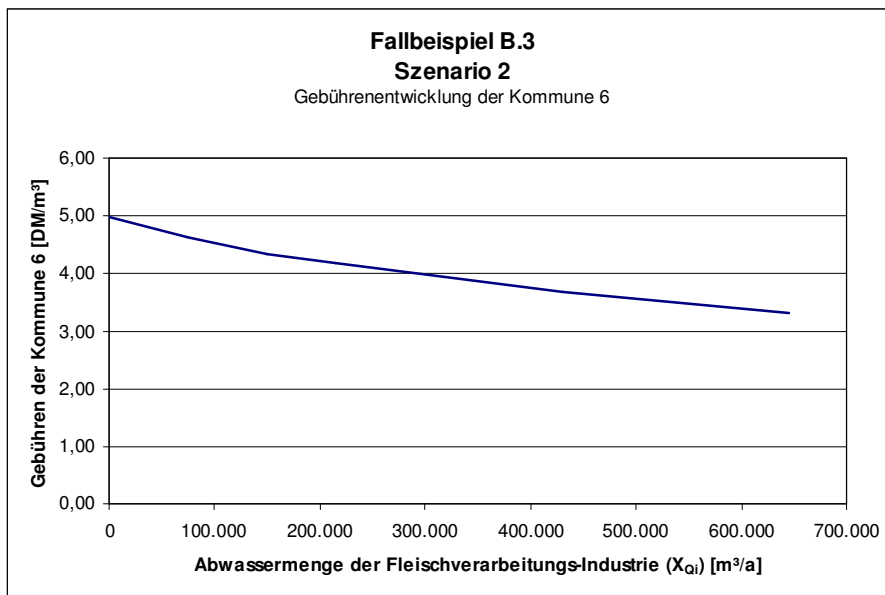


Abbildung 5-95: Gebührenentwicklung der Kommune 6 – Szenario 2

Demzufolge sind die Umlagekosten sowohl für den Industriebetrieb (**Abbildung 5-96**), als auch für die angeschlossenen Einwohner (**Abbildung 5-97**) in beiden Szenarien nahezu deckungsgleich.

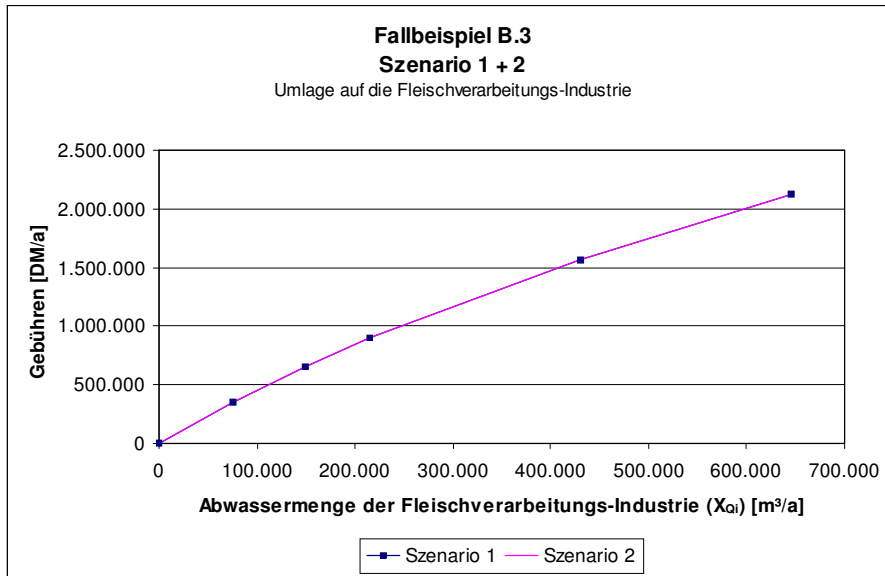


Abbildung 5-96: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie – Szenario 1 und 2

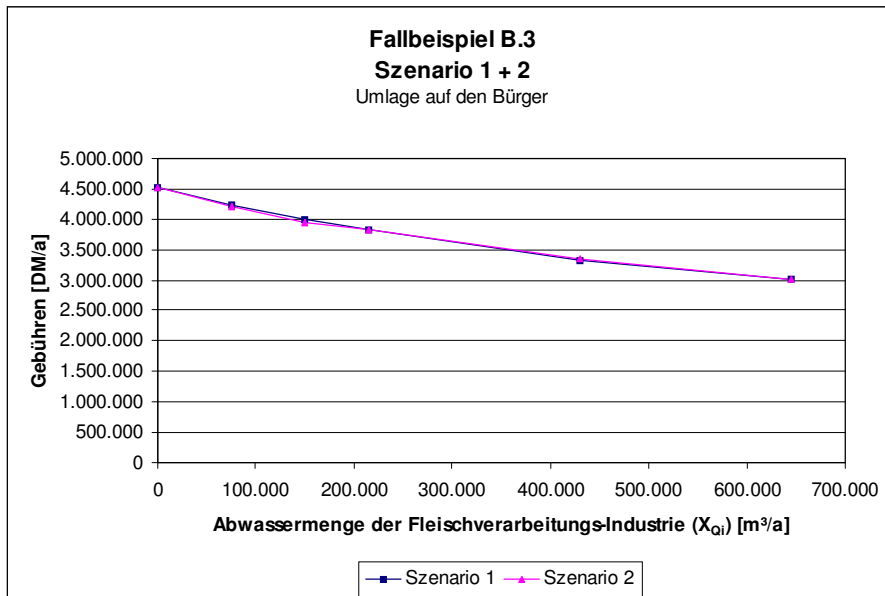


Abbildung 5-97: Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2

Insgesamt stellt sich damit der Jahreskostenverlauf (mit Gebühren und Veranlagung) für die Fleischverarbeitungs-Industrie auf folgende Weise dar:

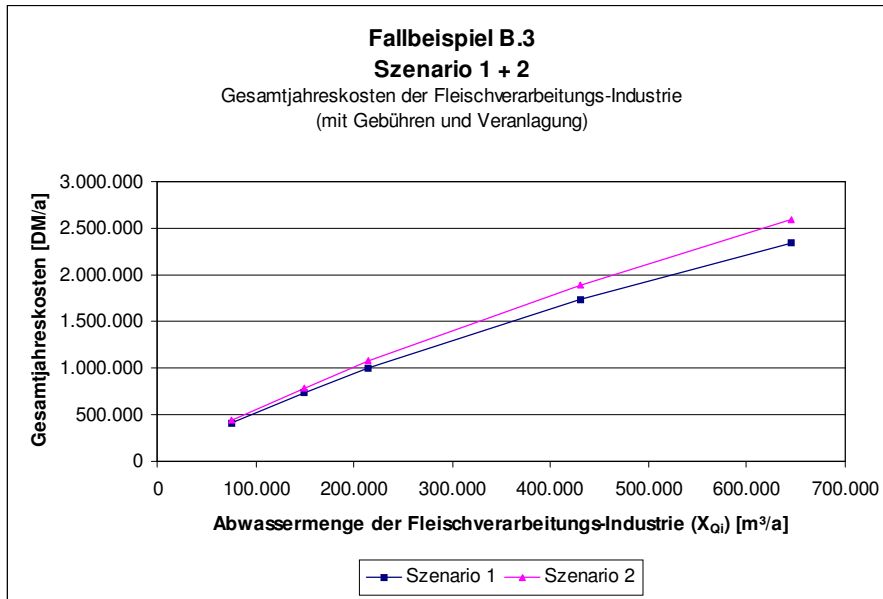


Abbildung 5-98: Gesamtjahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2

Szenario 3

Im Szenario 3 werden die in **Abbildung 5-92** dargestellten Jahreskosten gänzlich auf die angeschlossenen Einwohner umgelegt. Der Verlauf des spezifischen Kubikmeterpreises ist in nachfolgender Abbildung dargestellt.

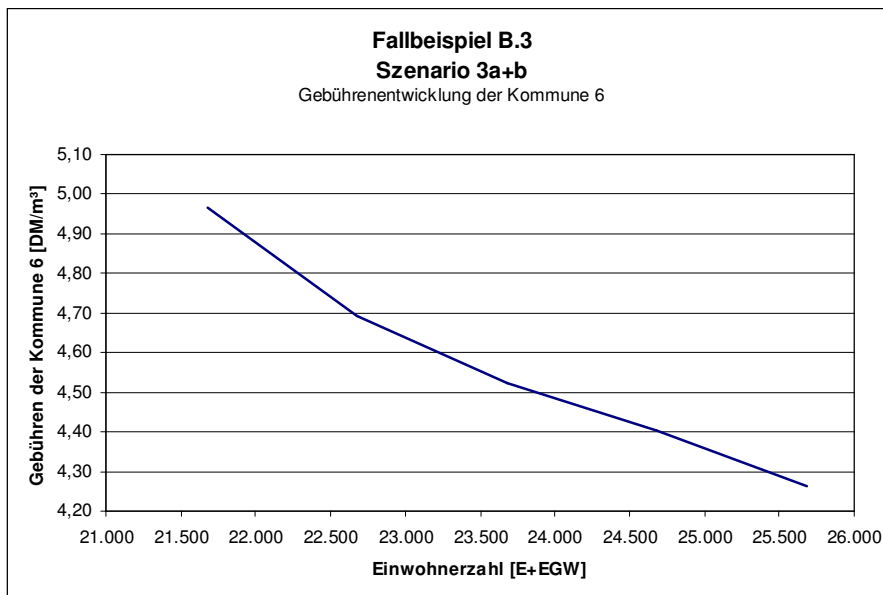
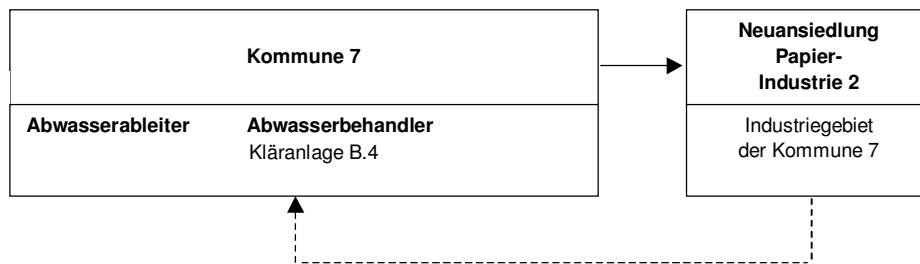


Abbildung 5-99: Gebührentwicklung in der Kommune 6 – Szenario 3a und 3b

5.2.3.7 Handlungsempfehlungen

Die volkswirtschaftlichen Gesamtkosten liegen beim Szenario 2 (Tropfkörper als zusätzliche Vorbehandlungsmassnahme) stets über den Werten des Szenarios 1 (**Abbildung 5-93**). Die Umsetzung des Szenarios 2 in der Praxis ist somit nicht sinnvoll. Die Entscheidungsträger bei der Fleischverarbeitungs-Industrie (Sektor I) würden ohnehin keine Entscheidung in dieser Richtung vornehmen, da auch die Gesamtkosten incl. Gebühren in Sektor I (**Abbildung 5-98**) das Szenario 1 deutlich favorisieren.

5.2.4 Fallbeispiel B.4 Kommune 7 / Papier-Industrie 2



In dem Fallbeispiel B.4 werden Auswirkungen infolge einer fiktiven Ansiedlung der Papier-Industrie 2 in einem Industriegebiet der Kommune 7 untersucht. Weiterhin wird aufgezeigt, inwieweit sich betriebliche Veränderungen auf die bestehenden Abwassertransport- und -behandlungssysteme auswirken.

5.2.4.1 Grundlagen

Sektor I

Abwassererzeuger: Papier-Industrie 2

Die allgemeinen Grundlagendaten der Papier-Industrie 2 sind **Kapitel 5.1.4.1** zu entnehmen.

Sektor II

Abwasserableiter: Kommune 7

Eine fiktive Ansiedlung der Papier-Industrie 2 ist im Industriegebiet der Kommune 7 möglich. Innerhalb des Industriegebietes wird das Abwasser im Trennsystem abgeleitet. Das Regenwasser wird über ein Regenrückhaltebecken mit vorgeschaltetem Regenklärbecken dem Vorfluter zugeleitet. Das Schmutzwassernetz des Gewerbegebietes ist an das Mischwassernetz der Kommune 7 angeschlossen. Die Grundlagendaten der Kommune 7 und die jährlichen Kosten der Abwasserbeseitigung sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen. In **Abbildung 5-100** und **Abbildung 5-101** ist ein vereinfachtes Fließbild des Einzugsgebietes im IST-Zustand sowie nach der Ansiedlung der Papier-Industrie 2 dargestellt.

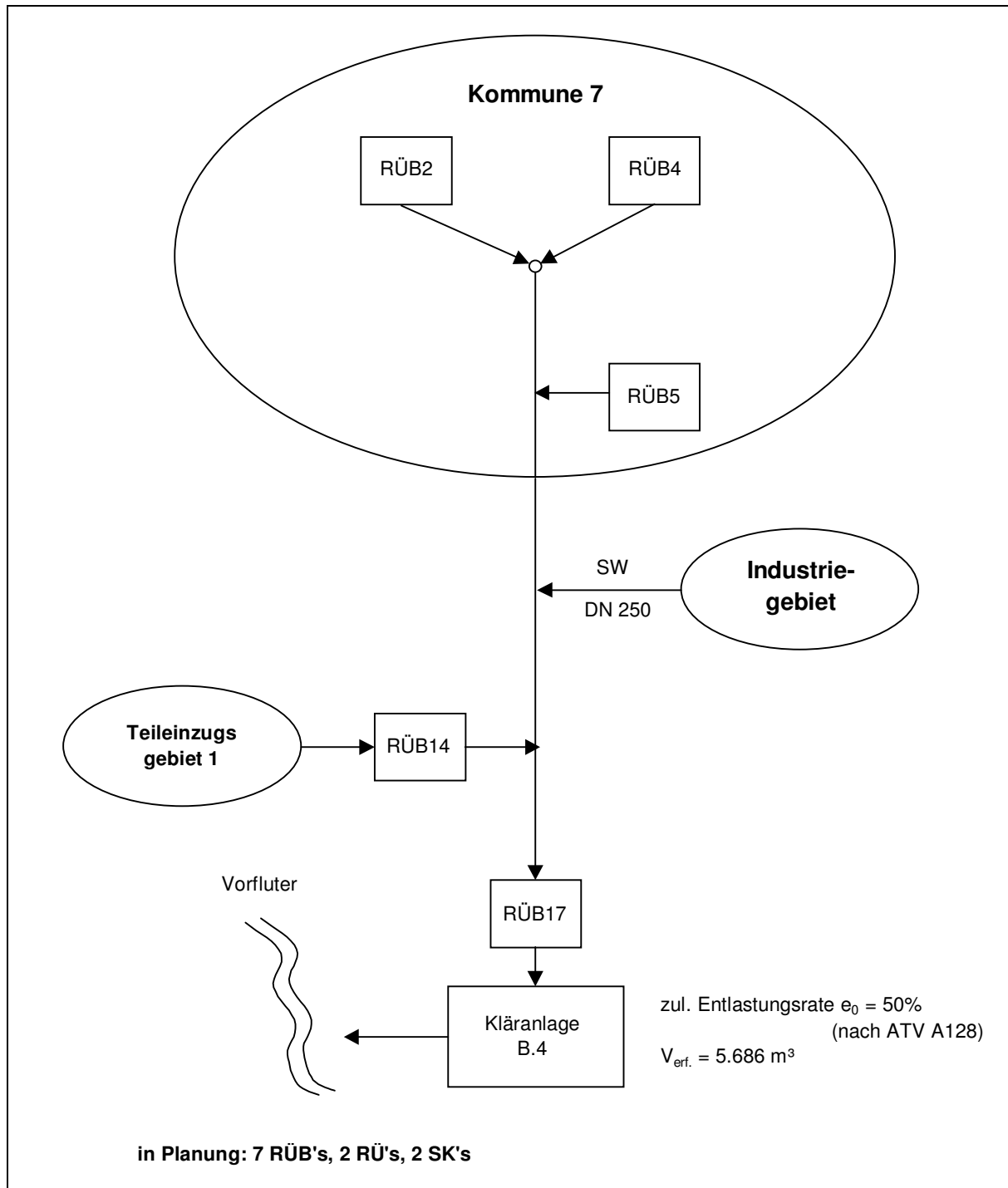


Abbildung 5-100: Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 7 (IST-Zustand)

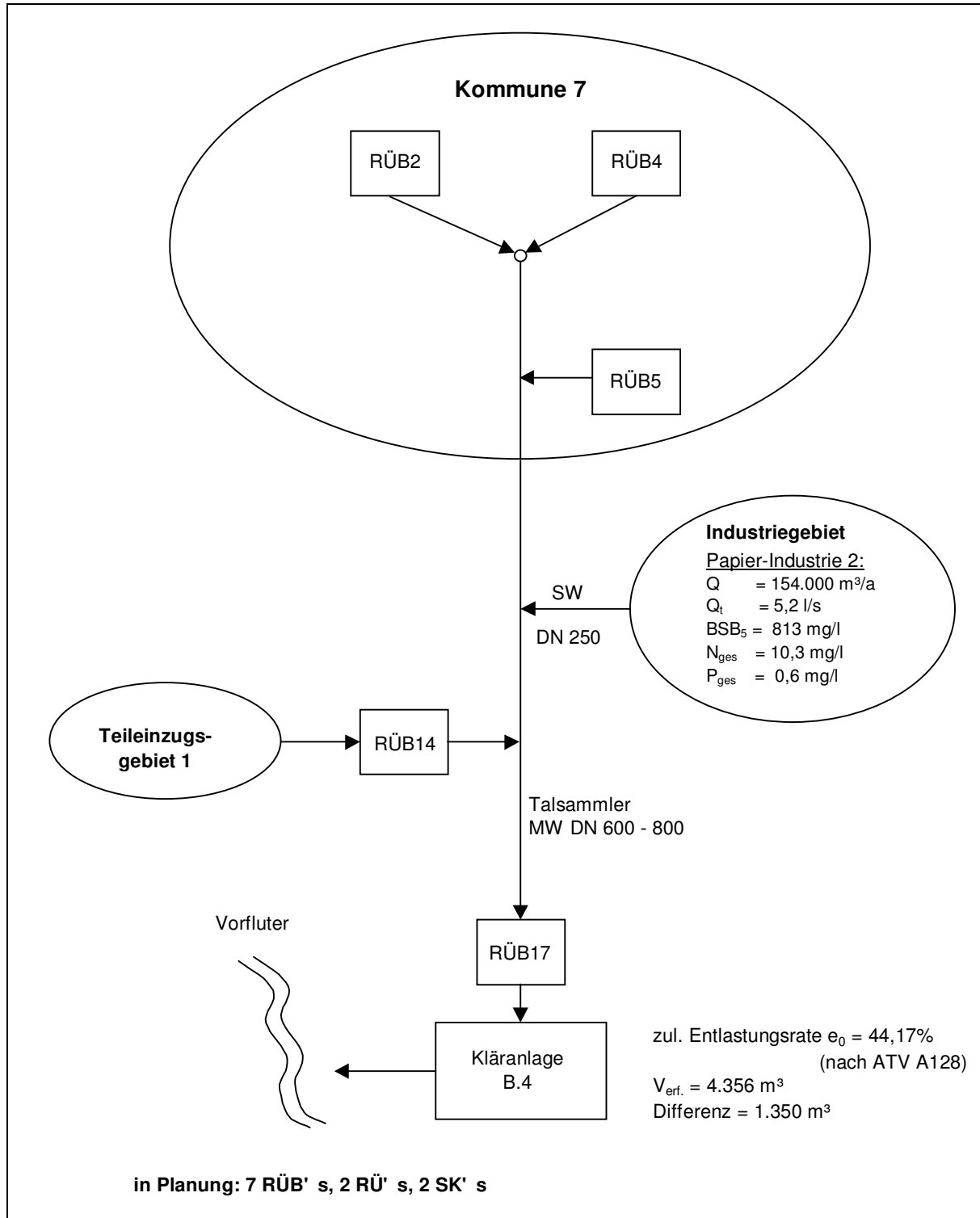


Abbildung 5-101: Schemaplan des Kanalnetzes der Kommune 7 (nach Ansiedlung)

Sektor III

Abwasserbehandler: Kläranlage B.4

Die Kläranlage B.4 verfügt über eine Ausbaugröße von 40.000 Einwohnern und ist derzeit zu 100% ausgelastet. Das Abwasser aus dem Einzugsgebiet wird der Kläranlage B.4 über einen Talsammler zugeführt, in drei Behandlungsstufen mechanisch, biologisch, chemisch-physikalisch gereinigt und im Anschluß in den Vorfluter Ferndorf eingeleitet. Ein vereinfachtes Fließschema der Kläranlage B.4 ist in **Abbildung 5-102** dargestellt. Die Jahreskosten der Kläranlage sind dem **Anhang [CD]** zu entnehmen.

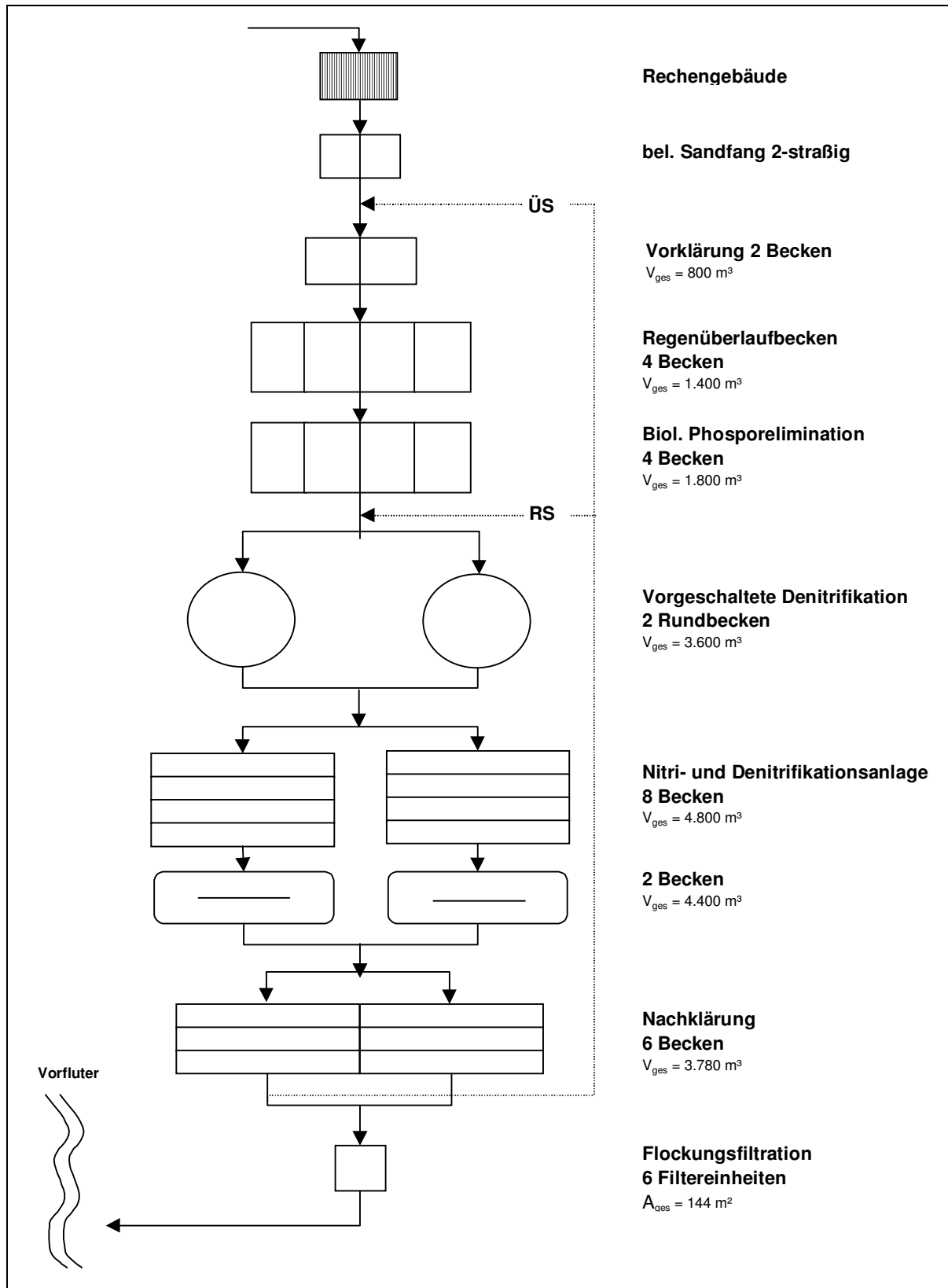


Abbildung 5-102: Fließschema der Kläranlage B.4

5.2.4.2 Problemfelder

Durch die Ansiedlung der Papier-Industrie 2 wären sowohl Maßnahmen beim Kanalnetz als auch auf der Kläranlage B.4 erforderlich. Durch die erhöhten CSB-Frachten wären insbesondere Um- oder Ausbaumaßnahmen bei den Regenentlastungsanlagen des kommunalen Kanalnetzes zu erwarten. Weiterhin soll untersucht werden, inwieweit Ausbaumaßnahmen der Vorbehandlungsanlage der Papier-Industrie 2 sinnvoll für die beteiligten Systeme wären.

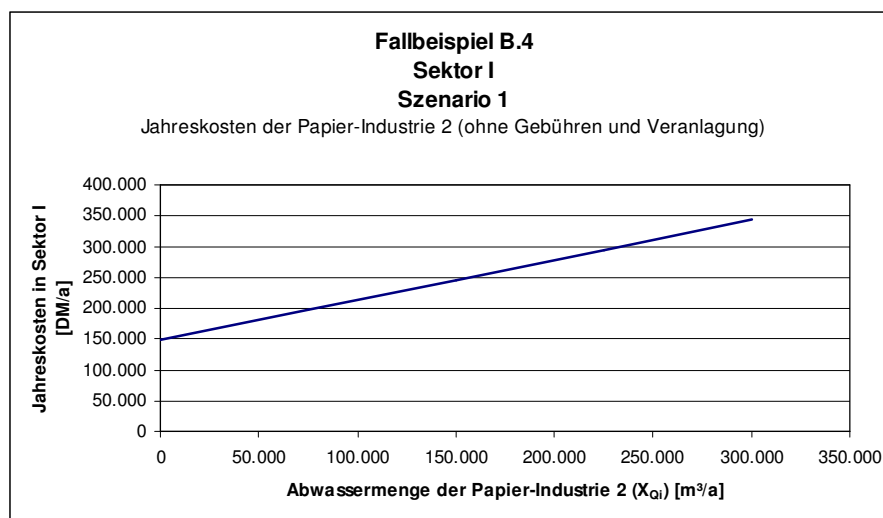
5.2.4.3 Veränderung von Einflußgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien

In den folgenden Szenarien wird untersucht, inwieweit die Maßnahmen der Industriefirma unter technischen und wirtschaftlichen Kriterien Einfluß auf das Wirksystem der Kommune 7 nehmen.

Szenario 1

Im Szenario 1 wird analog zum Fallbeispiel A.4 die Abwassermenge der Papier-Industrie 2 in den Grenzen von 0-300.000 m³/a bei konstanten Konzentrationen variiert.

Innerhalb der Limiten ist im Sektor I keine Mehrung der Behandlungsvolumina erforderlich. Die von der Wassermenge abhängigen Kosten variieren zwischen 0 und 187.500 DM/a. Damit ergibt sich nachfolgend dargestellter Jahreskostenverlauf.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-300.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 0,650 \cdot X_{Qi} + 148.000$ [DM/a]

Abbildung 5-103: Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1

Szenario 2

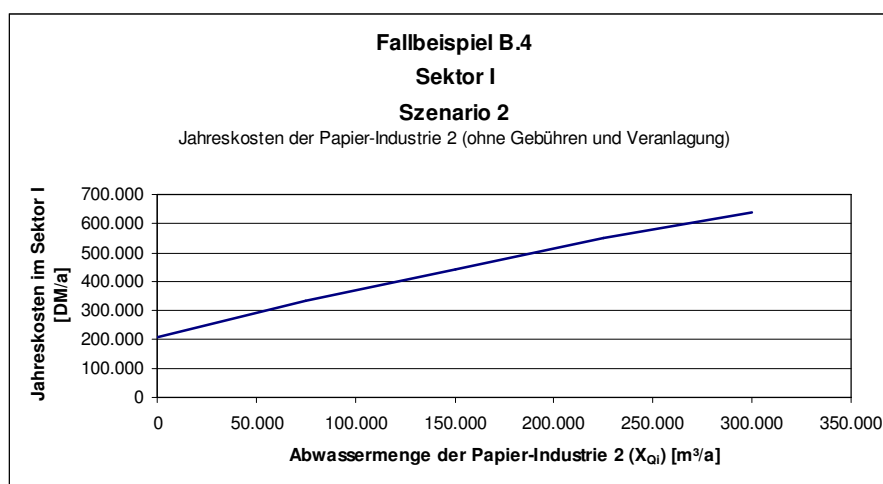
Im Szenario 2 wird im Ablauf des mechanisch-chemischen Sedimentationsverfahrens der Papier-Industrie 2 eine Ultrafiltrationsanlage kombiniert mit einer Nanofiltration nachgeschaltet. Mit Hilfe die-

ser Systemschaltung können 75 bis 95% der CSB-Fracht eliminiert werden [Zippel, F. (1999)]. In der Untersuchung wurde eine Eliminationsrate von 80% festgelegt. Die sich daraus ergebenden Konzentrationen sind nachfolgend in **Tabelle 5-22** aufgeführt. Die Abwassermenge wird entsprechend Szenario 1 von 0-300.000 m³/a variiert.

Tabelle 5-22: Angenommene Abwasserkonzentration der Papier-Industrie 2 in Szenario 2

Parameter	CSB	BSB ₅	N _{red.}	NO _x -N	P _{ges}	TS
Ablaufkonzentration [mg/l]	2.978	1.837	21,05	0,75	1,96	482

Die Investitionskosten werden nach Rücksprache mit einer Herstellerfirma für eine Jahresleistung von 150.000 m³/a auf 1.000.000 DM geschätzt. Die Betriebskosten für Energie, Personal und Instandhaltung werden mit 7% der Investkosten kalkuliert [Zippel, F. (1999)]. Damit ergibt sich nachfolgend aufgeführte Kostenverteilung für das Szenario 2.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-75.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,698 \cdot X_{Qi} + 206.914$ [DM/a]
(75.000-150.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,436 \cdot X_{Qi} + 226.551$ [DM/a]
(150.000-225.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,436 \cdot X_{Qi} + 226.553$ [DM/a]
(225.000-300.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,174 \cdot X_{Qi} + 285.464$ [DM/a]

Abbildung 5-104: Jahreskosten der Papier-Industrie 2 (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

5.2.4.4 Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.2.4.4.1 Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)

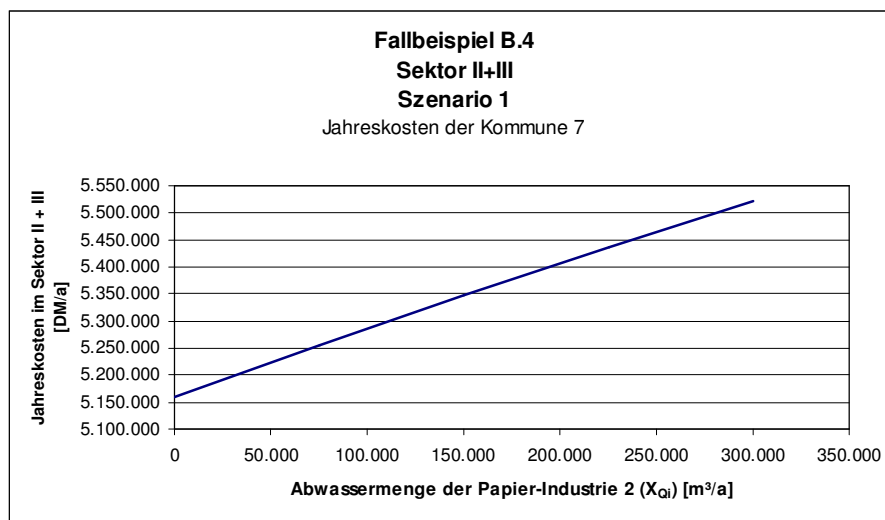
Sanierungsmaßnahmen aufgrund einer hydraulischen Überlastung sind sowohl beim Schmutzwasserkanal im Gewerbegebiet als auch beim Talsammler nicht zu erwarten. Durch die erhöhte Schmutzfracht infolge der Ansiedlung der Papier-Industrie 2 ist jedoch mit einem erhöhten erforderlichen Ge-

samtspeichervolumen im Entwässerungsnetz zu rechnen. Im **Anhang [CD]** ist das fiktive Speichervolumen für den Lastfall „IST-Zustand“ und den Lastfall „Ansiedlung Papier-Industrie 2“ nach dem ATV-Arbeitsblatt A-128 [ATV (1992)] berechnet worden.

Szenarien 1 und 2

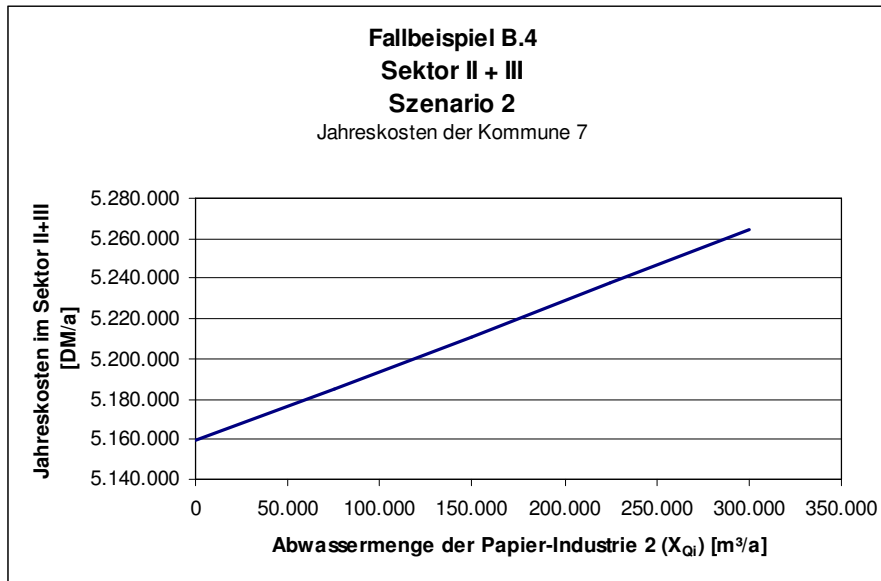
Es zeigt sich, daß durch die Firmenansiedlung das gesamt erforderliche Regenbeckenvolumen im Szenario 1 von 5.685 m³ auf 8.295 m³ steigt. Für das Szenario 2 ergab die Berechnung des fiktiven Gesamtspeichervolumens vor der Kläranlage eine Mehrung der Beckengrößen von maximal 757 m³ an der Stützstelle 300.000 m³/a.

Die (zusätzlichen) Jahreskosten, die sich durch diese Ausbaumaßnahmen ergeben, sind im **Anhang [CD]** getrennt nach Szenarien dargestellt. Nachfolgend wird der Kostenverlauf grafisch und funktional aufbereitet.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-75.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,278 \cdot X_{Qi} + 5.159.425$ [DM/a]
(75.000-150.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,224 \cdot X_{Qi} + 5.163.424$ [DM/a]
(150.000-225.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,184 \cdot X_{Qi} + 5.169.532$ [DM/a]
(225.000-300.000) [m ³ /a]	$K(X_{Qi}) = 1,152 \cdot X_{Qi} + 5.176.570$ [DM/a]

Abbildung 5-105: Jahreskosten der Kommune 7 – Szenario 1



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-75.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,341 \cdot X_{Qi} + 5.159.425$ [DM/a]
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,348 \cdot X_{Qi} + 5.158.903$ [DM/a]
(150.000-225.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,354 \cdot X_{Qi} + 5.157.881$ [DM/a]
(225.000-300.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,361 \cdot X_{Qi} + 5.156.357$ [DM/a]

Abbildung 5-106: Jahreskosten der Kommune 7 – Szenario 2

5.2.4.4.2 Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

Da für die Kläranlage kein geeignetes Datenmaterial bezogen auf die Verschmutzungsparameter im Zulauf der Kläranlage vorliegt, wird in der Berechnungen von einer 100 %igen Auslastung der Kläranlage ausgegangen. Mit Hilfe des Kläranlagenbemessungsprogrammes ARA-BER wurden die Volumina für die Kläranlage B.4 berechnet. Diese liegen im gesamten Variationsbereich unterhalb des vorhandenen Behandlungsvolumens. Die **Abbildung 5-107** veranschaulicht die Volumenverteilung (Deni-/ Nitrifikationsvolumen). Dabei wurde die Abwassermenge bis auf das neunfache der IST-Wassermenge gesteigert.

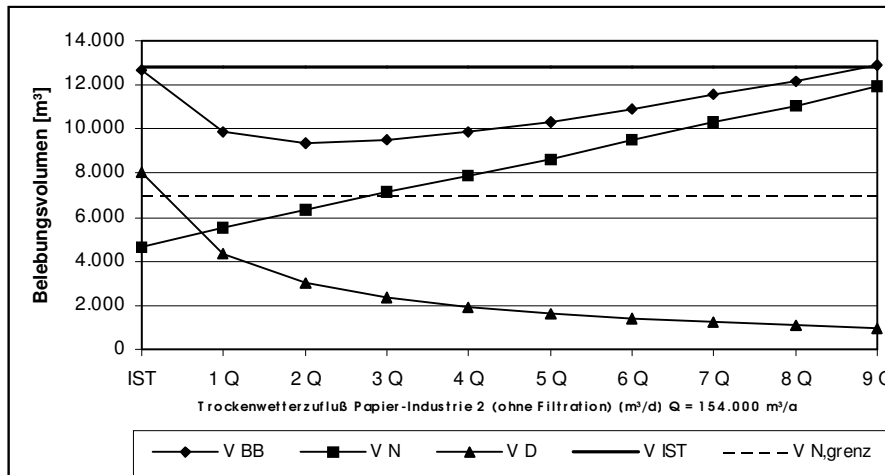


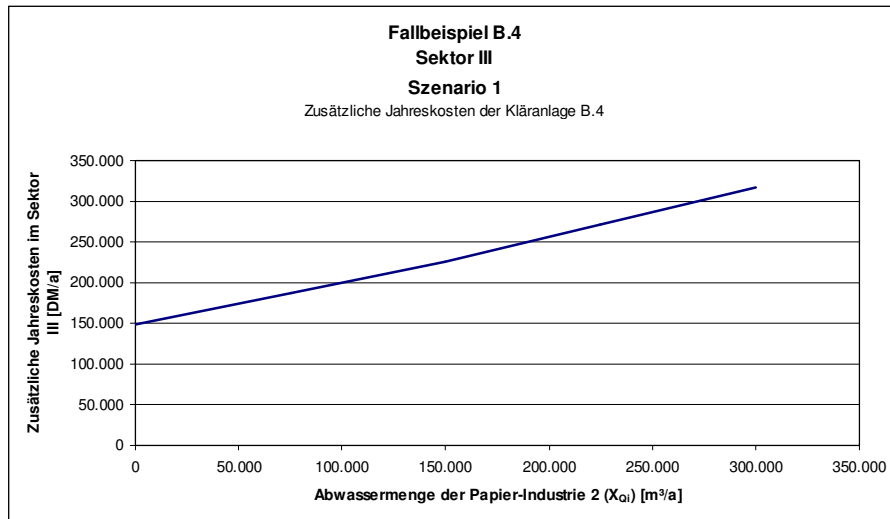
Abbildung 5-107: Veränderung des erfaßten Belebungsbeckenvolumens infolge einer Erhöhung des Trockenwetterzuflusses der Papier-Industrie 2

Es ist zu erkennen, daß die Zumischung des Abwassers der Papier-Industrie 2 sich positiv auf die Belebungsanlage auswirkt. Sogar bei einer neunfachen Abwassererhöhung verringert sich das erforderliche Belebungsbeckenvolumen von 12.647 m³ auf 9.000 m³. Das Nitri/Deni-Verhältnis verlagert sich dabei immer mehr auf die Seite der Nitrifikation. Im Hinblick auf die hydraulische Auslastung sind der bestehenden Anlage Grenzen gesetzt. Dies bedeutet, daß ab einem gewissen Trockenwetterabfluß diesbezügliche Umbaumaßnahmen erforderlich wären, die aber im Rahmen dieses Fallbeispiels nicht weiter untersucht werden.

Demzufolge entsprechen die Kapitalkosten im gesamten Untersuchungsfeld dem Ausgangszustand. Die aufgrund der Mehrung der Fracht zusätzlich erforderlichen (variablen) Kosten, steigen im Szenario 1 stetig auf 168.662 DM/a an der Stützstelle 300.000 m³/a an.

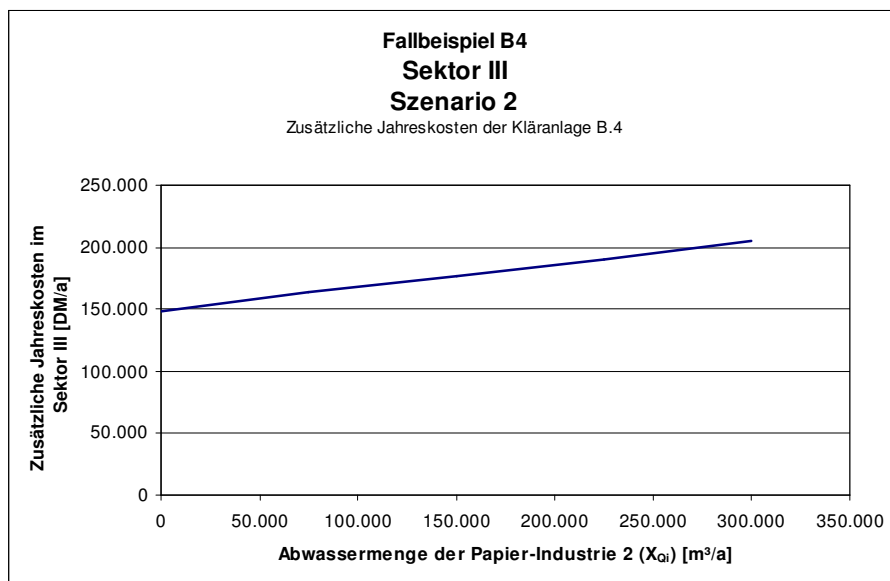
Die Zahllasten im Szenario 2 verlaufen äquivalent, jedoch bleiben sie absolut unter den Kosten des Szenarios 1. Die maßgeblichen Faktoren für die divergierenden Kostenfunktionen sind die Schlamm-entsorgung und die Energiekosten für den Sauerstoffeintrag im Belebungsbecken. Im **Anhang [CD]** findet sich eine detaillierte Aufstellung der zusätzlichen Jahreskosten im Sektor III.

Insgesamt ergeben sich für die Kommune 7 die nachfolgend dargestellten und segmentär definierten Kostenfunktionen.



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-75.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,515 \cdot X_{Qi} + 148.000$ [DM/a]
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,525 \cdot X_{Qi} + 147.238$ [DM/a]
(150.000-225.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,606 \cdot X_{Qi} + 135.008$ [DM/a]
(225.000-300.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,603 \cdot X_{Qi} + 135.686$ [DM/a]

Abbildung 5-108: Zusätzliche Jahreskosten der Kläranlage B.4 – Szenario 1



Definitionsbereich	Kostenfunktion
(0-75.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,205 \cdot X_{Qi} + 148.000$ [DM/a]
(75.000-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,182 \cdot X_{Qi} + 149.761$ [DM/a]
(150.000-225.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,171 \cdot X_{Qi} + 151.387$ [DM/a]
(225.000-300.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,200 \cdot X_{Qi} + 144.817$ [DM/a]

Abbildung 5-109: Zusätzliche Jahreskosten der Kläranlage B.4 – Szenario 2

5.2.4.5 Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise

Die Superposition der sektoriell anfallenden Jahreskosten entspricht den jährlichen Zahllasten aus volkswirtschaftlicher Sichtweise. Dabei wurden die fixen anrechenbaren Jahreskosten der Sektoren I, II und III, in den Grenzen 0-120.000 m³/a und die mit der Wassermenge veränderlichen – also in diesem Bereich variablen Kosten – superponiert. Die Kostenkurven für die Szenarien 1 und 2 sind in folgender Abbildung dargestellt.

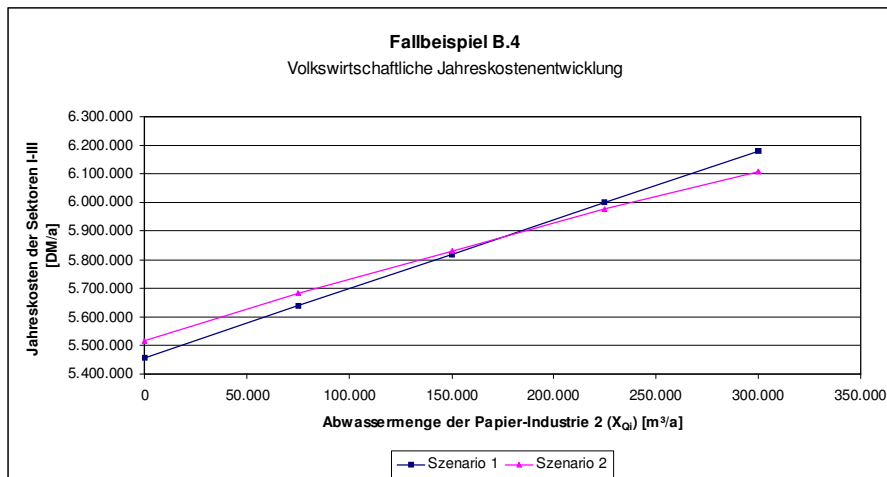


Abbildung 5-110: Jahreskostenentwicklung aus volkswirtschaftlicher Sichtweise – Szenario 1 und 2

5.2.4.6 Gebühren- und Betragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I

Die Veränderung der Abwassergebühr infolge einer variierenden Abwassermenge der Papier-Industrie 2 ist in **Abbildung 5-111** dargestellt. Die Abwassergebühr würde von 7,30 DM/m³ im IST-Zustand auf 5,60 DM/m³ in Szenario 1 und auf 5,22 DM/m³ in Szenario 2 bei einer zusätzlichen Abwassermenge von 300.000 m³/a sinken. Für die Papier-Industrie 2 würden in Szenario 2, entsprechend **Abbildung 5-111** und dem **Anhang [CD]**, im gesamten Variationsbereich der Abwassermenge höhere Jahreskosten anfallen. Aufgrund der Berechnung der Gebühreumlage nach der Abwassermenge kann es bei der Betrachtung der beiden Szenarien nicht zur Grenzkostenbildung (Break-Even-Point) im Sektor I kommen. Die Reduktion der Schmutzfracht in Szenario 2 wird bei einer solchen Berechnung nicht zusätzlich honoriert.

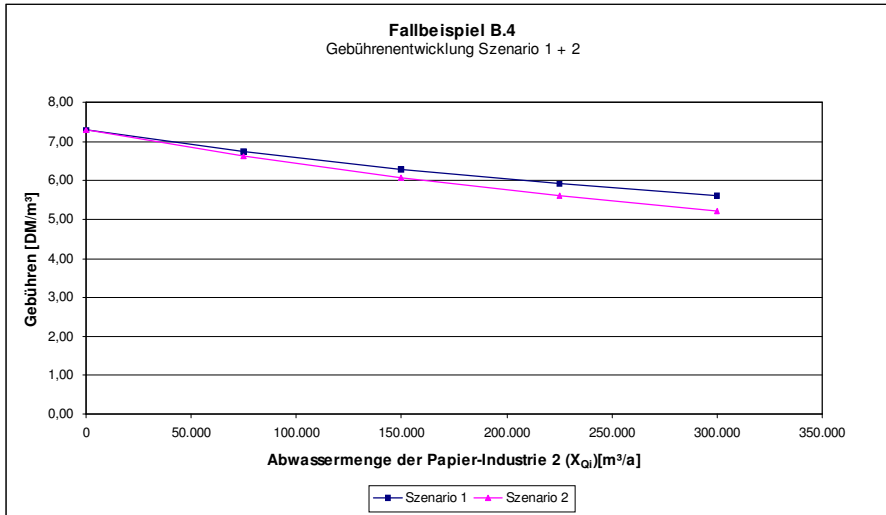


Abbildung 5-111: Gebührentwicklung - Szenario 1 und 2

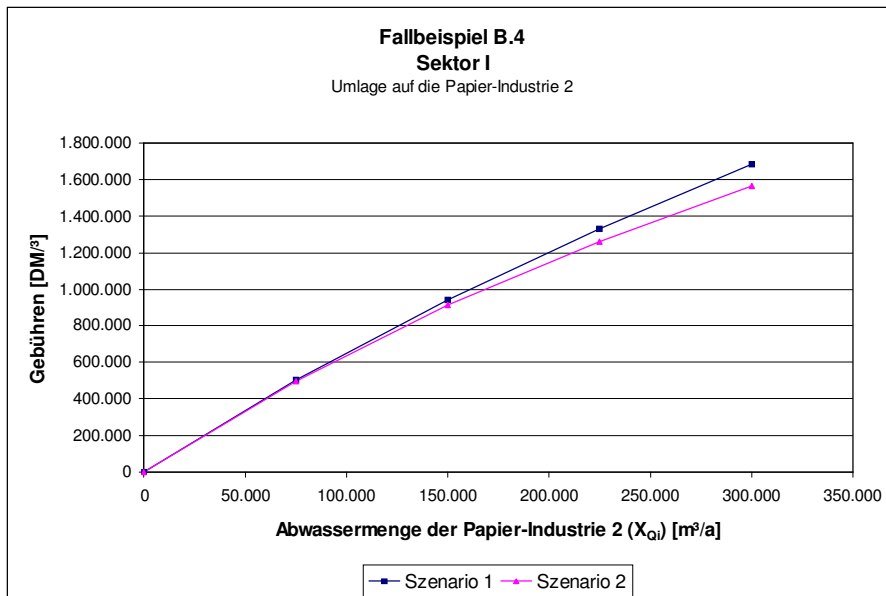


Abbildung 5-112: Umlage auf die Papier-Industrie 2 – Szenario 1 und 2

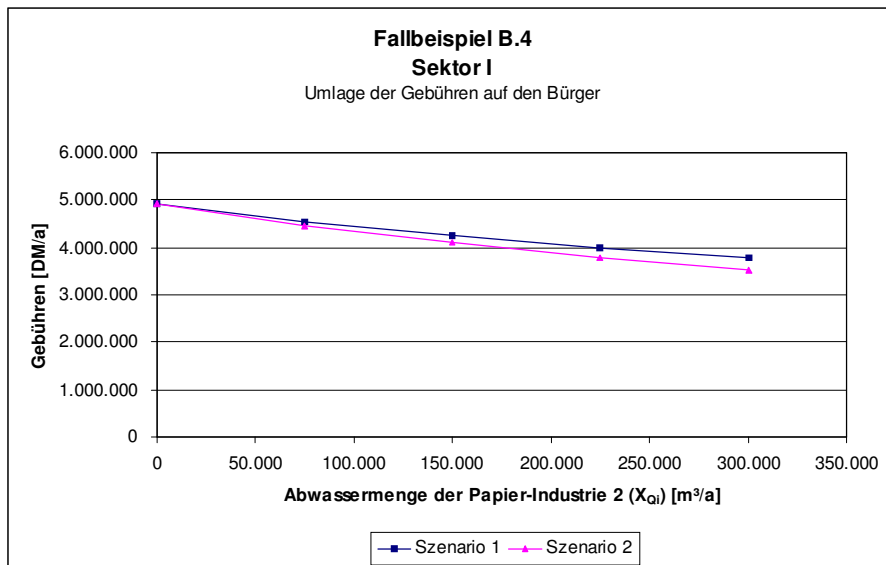


Abbildung 5-113: Umlage auf den Bürger – Szenario 1 und 2

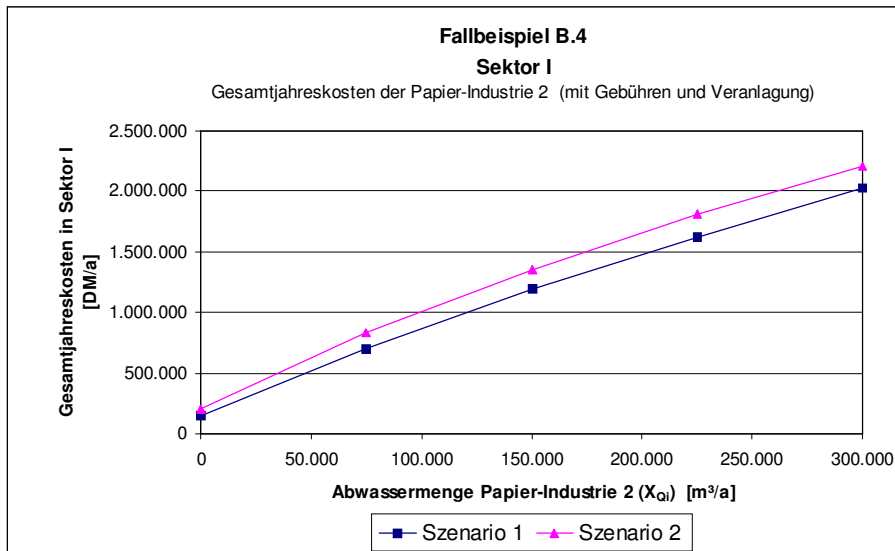


Abbildung 5-114: Gesamtjahreskosten der Papier-Industrie 2 (mit Gebühren und Veranlagung) – Szenario 1 und 2

5.2.4.7 Handlungsempfehlungen

Aus dem Verlauf der Gesamtkostenbetrachtung (**Abbildung 5-110**) wird deutlich, daß ab einer Wassermenge von über 180.000 m³/a die Installation einer Vorbehandlungsanlage (Filtration) gemäß Szenario 2 auf dem Gelände der Papier-Industrie 2 gesamtwirtschaftlich sinnvoll erscheint.

Die Zuschaltung dieser zusätzlichen Vorbehandlungsstufe im Sektor I (Filtration) würde in der Kommune 7 zu geringeren Kapital- und Betriebskosten im Bereich der Abwasserableitung und –behandlung führen. Jedoch bedingt diese Maßnahme für den Industriebetrieb (Sektor I) durchgängig höhere Jahreskosten. Da in der Kommune 7 die Abwassergebühr ausschließlich über die Abwassermenge ermittelt wird und somit kein Anreiz hinsichtlich einer weiteren Frachtreduktion (Szenario 2) besteht, würde die Abwasserbehandlung der Papier-Industrie 2 gemäß Szenario 1 weiter betrieben – ggf. mit einer Reduktion der Abwassermenge, um zu einem ökonomisch gewichteten Optimum innerhalb des Sektors I zu gelangen. Dies bedeutet für die Kommune 7 gemäß (**Abbildung 5-106**) jedoch höhere Kapital- und Betriebskosten.

Insgesamt wird deutlich, daß sich die wirtschaftlichen Zielsetzungen auf Seiten der Industrie bei isolierter Betrachtung aus Sektor I zum einen und die wirtschaftlichen Belange des Gesamtsystems aus volkswirtschaftlicher Sichtweise zum anderen konträr gegenüberstehen. Um diese divergierenden Interessen letztlich einem wirtschaftlichen Gesamtoptimum zuzuführen, bedeutet das, daß die Gebührenstruktur der Gemeinde dahingehend geändert werden sollte, daß sowohl der Industriebetrieb in Sektor I einen wirtschaftlichen Vorteil hat, als auch eine Hinführung zu einem volkswirtschaftlichen Gesamtoptimum erfolgt. Dieses Ziel ließe sich durch die Einführung einer fracht- und mengenbezogenen Veranlagung erreichen, wie dies beispielsweise durch die verursachergerechte Veranlagungsformel des Abwasserverbandes gegeben ist.

5.3 Vergleichende Betrachtung der Handlungsempfehlungen aus den Fallbeispielen

Das methodische Vorgehen bei der Ableitung von Handlungsempfehlungen für kostenorientierte Entscheidungen in der Wasserwirtschaft wurde in **Kapitel 4** beschrieben. Hier wurde auch dargestellt, daß die zu untersuchenden Fallbeispiele zunächst in einer Fallbeispielgruppe A in den Sektoren Abwassererzeuger (Sektor I), Abwasserableiter (Sektor II) und Abwasserbehandler (Sektor III) durch Variation der hierzu gehörenden Einflußgrößen im bestehenden System erfaßt werden sollten. In einer Fallbeispielgruppe B sollten dann bereits in A eingebundene Unternehmen im Planspielverfahren fiktiv bei anderen mitwirkenden Kommunen - neu angesiedelt - hinsichtlich der gleichen Einflußgrößen untersucht werden. In der Beschreibung der Methodik wurde ferner dargestellt, wie die einzelne wasserwirtschaftliche Veränderung als Ursache entsprechende Wirkungen hervorruft (**Abbildung 4-4**), wobei die relevanten Einflußgrößen für die einzelnen Sektoren ebenfalls in **Kapitel 4** dargestellt wurden. Schließlich erfolgte dort auch die Ableitung von Kostenfunktionen, wobei zwei Merkmale besonders zu erwähnen sind (s. auch **Abbildung 4-6**):

- Kostenentwicklungen wurden in erster Näherung als lineare Zusammenhänge angegeben.
- Sobald Kapazitätsgrenzen erreicht wurden, ist dies jeweils durch einen Sprung in der Kostenfunktion mit ΔK dargestellt.

Die detaillierte Untersuchung der Fallbeispiele folgte in **Kapitel 5**. Eine Übersicht über die Ergebnisse der Fallbeispielrechnungen sind in **Tabelle 5-23** und **Tabelle 5-24** zu finden. Bei dieser Übersicht muß gesehen werden, daß die in der Tabelle dargestellten Ergebnisse aus detaillierten Kostenanalysen abgeleitet wurden.

Tabelle 5-23: Übersicht über die Ergebnisse der Fallbeispielrechnungen A:
Variationen im Bestand (Bestandsanalyse)

Gruppe	Nr.	Untersuchtes Einflußfeld	Variationsergebnisse, Handlungsnotwendigkeiten/-möglichkeiten
Bestandsanalyse	A.1	Einflußgröße: Papierwerk auf Verbands- kläranlage mit kommunalen und weiteren industriellen Zuflüssen als Gemein- schaftskläranlage	Die Zusammensetzung der zufließenden Abwässer aus Gewerbe und Industrie bedingen niedrigere Kosten bei gemeinsamer als bei getrennter Behandlung. Gemeinsame Behandlung weiterhin favorisieren.
	A.2	Zusammenwirken: mittlerer Galvanikbetrieb/ kommunaler Abwasserab- leiter/ Verbandskläranlage	Bau einer Vorbehandlungsanlage erweist sich als unwirt- schaftlich. Dies gilt für einzelwirtschaftliche Betrachtungs- weise des Industriebetriebes wie für die volkswirtschaftli- che Betrachtungsweise. Der Bürger profitiert im betrachteten Rahmen von Produk- tionserweiterungen mit vergrößerten Abwassermengen von der Ermäßigung der einwohnerspezifischen Gebühren.
	A.3	Situation wie A.2	nicht weiter verfolgt
	A.4	Zusammenwirken: mittlere Papierfabrik/ kommunaler Abwasserab- leiter/ Verbandskläranlage	Bei festgelegtem Maßstab der kommunalen Satzung steigt die Ableitungsgebühr beim Industriebetrieb überproportio- nal an, während die spezifische Einwohnergebühr unver- dientermaßen abfällt. Für die Abwasserbehandlung gilt die Feststellung aus A. 1
	A.5	Zusammenwirken: mittlere Fleischwarenfabrik/ kommunaler Abwasserab- leiter/ Verbandskläranlage	Eine eigene Abwasserbehandlungsanlage des Industrie- betriebes ist nicht sinnvoll – weder aus ökonomischer Sicht des Industriebetriebes noch aus Sicht der wirtschaftlichen Betrachtungsweise des Gesamtsystems. Die Gemeinschaftskläranlage ist zu favorisieren. Weiter ergibt sich ein wirtschaftlicher Vorteil bei Entsiege- lungsmaßnahmen.

Tabelle 5-24: Übersicht über die Ergebnisse der Fallbeispielrechnungen B: Planspiele

Gruppe	Nr.	Untersuchtes Einflußfeld	Variationsergebnisse, Handlungsnotwendigkeiten/-möglichkeiten
Planspiele	B.1	Ansiedlung: mittleres Papierwerk – mittlere Kommune – Verbandskläranlage	Wie bei A.1 ergibt sich auch in dieser Konstellation der Verzicht auf eine eigene Industriekläranlage und der gemeinsame Betrieb von Industrie und kommunaler Kläranlage als ökonomisch günstigste Lösung für alle Beteiligten.
	B.2	Ansiedlung: kleinerer Galvanikbetrieb – mittlere Kommune – Verbandskläranlage	Als günstigste Lösung stellt sich die gemeinschaftliche Behandlung auf einer ohnehin neu zu erstellenden Anlage dar. Die Einwohner werden spezifisch durch den von der Industrie eingebrachten Anteil entlastet.
	B.3	Ansiedlung: mittlere Fleischwarenfabrik – in mittlerer Kommune mit eigener Abwasserreinigung	Der Kostenvergleich ergibt, daß eine gemeinsame Behandlung der Abwässer in der kommunalen Kläranlage für beide Beteiligten die ökonomisch bessere Lösung darstellt.
	B.4	Neuansiedlung: großes Papierwerk – in mittlerer Kommune mit eigener Kläranlage	Die Betrachtung läßt erwarten, daß es nach Beispiel A.1 zweckmäßig sein müßte, die gemeinsame Behandlung der Abwässer in einer Kläranlage vorzunehmen. Der derzeitige Gebührenmaßstab verschiebt die Ergebnisse der Kostenrechnung in Richtung einer zusätzlichen Vorbehandlungsanlage beim Industriebetrieb. Eine Änderung des Gebührenmaßstabes mit Berücksichtigung von Schmutzfrachten könnte dies in Richtung gesamtwirtschaftliches Optimum lenken.

Die Maßnahmen können sich erwartungsgemäß gegenseitig beeinflussen. Der Zeitschiene der einzelnen Maßnahmen kommt eine besondere Bedeutung zu, so daß insbesondere die Reihenfolge der Maßnahmen in Betracht gezogen werden muß. Es kann z.B. eine vorgesehene Entsiegelung von Flächen zu erhöhter Versickerung und damit verminderten Niederschlagsabflüssen führen. Dies ist eine Maßnahme, die ein Anschließen neuer Gewerbegebiete an das bestehende System zuläßt.

Aufgabe war es also, vor dem Hintergrund der einzuhaltenden Umweltstandards aus den durch Kostenstrukturbetrachtungen entwickelten Handlungsmöglichkeiten/Notwendigkeiten nun auch geeignete, ökonomisch wirksame Handlungsinstrumente herauszufinden und zu prüfen. Dabei mußten zwei grundsätzlich unterschiedliche Ziele berücksichtigt werden:

1. Es mußte ein monetäres Instrument geschaffen werden, welches es erlaubt, das notwendige wasserwirtschaftliche Qualitätsniveau durch verursachergerechte Kostenumlage sicherzustellen.
2. Es mußte über ein System nachgedacht werden, welches es erlaubt, bei unerwarteten Gebührenaufschlägen auf eine Sicherheitsreserve zurückgreifen zu können.

Wie sich aus den Handlungsbeispielen (**Kap. 5** „Einleitung“) weiter gezeigt hat, war es gleichermaßen bedeutsam, eine Unterscheidung vorzunehmen in:

- fixen Kosten
- quasi-fixen Kosten
- variablen Kosten.

Dies sollte auch bei der Kostenumlage in Ansatz gebracht werden.

Es wurde frühzeitig deutlich, daß aus der Bewertung aller Fallbeispiele sich ableiten läßt, daß eine gemeinsame Behandlung kommunalen und industriellen Abwassers sich in der volkswirtschaftlichen Gesamtbetrachtung meist als sinnvoll erwiesen hat. Dies sollte bei derartigen Untersuchungen immer mit in Betracht gezogen werden.

6 MEHRDIMENSIONALE BETRACHTUNG, ABLEITUNG EINER VERURSACHERGERECHTEN KOSTENUMLAGE ALS ÖKONOMISCHES REGULATIV

6.1 Mehrdimensionale Betrachtung – Weiterentwicklung des Instrumentariums zur Beurteilung der Zusammenhänge

In **Kapitel 5** wurden bei den untersuchten Fallbeispielgruppen A und B zunächst eindimensional die Einflußgrößen (**Kap. 4.4**) variiert und die Auswirkungen auf die Sektoren I, II und III anhand von abschnittsweise definierten Kostenfunktionen (**Kap. 4.5**) beschrieben und bewertet. Es wurden auch jeweils spezifische Handlungsempfehlungen für jedes Fallbeispiel abgeleitet.

Aufgabe war es nun, die in **Kap. 4.7** beschriebene Methodik der mehrdimensionalen Betrachtungsweise zu verdeutlichen. Ausgehend von den Kostenfunktionen der eindimensionalen Betrachtungsweise wird die Mehrdimensionalität durch Überlagerung der eindimensionalen Funktionen erreicht. Sie werden wie folgt Werkzeug einer Beurteilung:

Die industrielle Abwassermenge X_{Qi} als Einflußgröße wurde in den unterschiedlichen Szenarien bei jedem Fallbeispiel variiert. Hierbei wurden die beiden Einflußgrößen X_{Ared} und X_E konstant gehalten. In den Fallbeispielen A.5 und B.3 erfolgten zusätzlich im Vergleich zu den übrigen Fallbeispielen eindimensionale Betrachtungen für die Einflußgrößen X_{Ared} und X_E mit Ableitung spezifischer Handlungsempfehlungen. Somit liegen für Fallbeispiel A.5 und B.3 jeweils Untersuchungsergebnisse für die eindimensionale (separate) Variation der Einflußgrößen X_{Qi} , X_{Ared} , und X_E und deren Wirkung auf das betrachtete System vor, auf dessen Basis eine Beurteilung des Sachverhaltes erfolgen kann, wenn mehrere Einflußgrößen gleichzeitig bzw. in unterschiedlicher zeitlicher Abfolge variiert werden. Das hierfür notwendige **Instrumentarium** mußte auf der Basis der Überlegungen in **Kapitel 4** und in **Kapitel 5** weiterentwickelt werden. Hierzu sollen einige Variationen mit den entsprechenden Konsequenzen dargestellt werden:

➤ **Interdependenzen bei gleichzeitiger Variation von X_{Qi} und X_{Ared}**

Es ist z.B. in der Praxis denkbar, daß im Sektor I die industrielle Abwassermenge X_{Qi} variiert und gleichzeitig eine Veränderung im Sektor II, z.B. X_{Ared} infolge Entsiegelungsmaßnahmen auftritt. Diese Auswirkungen lassen sich durch eine mehrdimensionale Betrachtung anhand der in **Kapitel 4.5** aufgestellten Kostenfunktionen erörtern. Das folgende Beispiel verdeutlicht dies:

Ein Industriebetrieb (Sektor I) erhöht bezogen auf den Ausgangszustand die in die Kanalisation eingeleitete Abwassermenge bei gleichen Konzentrationen (d.h. Erhöhung der organischen Fracht). Ab einem gewissen Schwellenwert $S_{Qi,1}$ wird beispielsweise der Bau eines neuen Regenüberlaufbeckens (Schmutzfrachtberechnung) erforderlich. Dies ist mit einem Kostensprung ΔK^II im Sektor II verbunden (**Abbildung 6-1**):

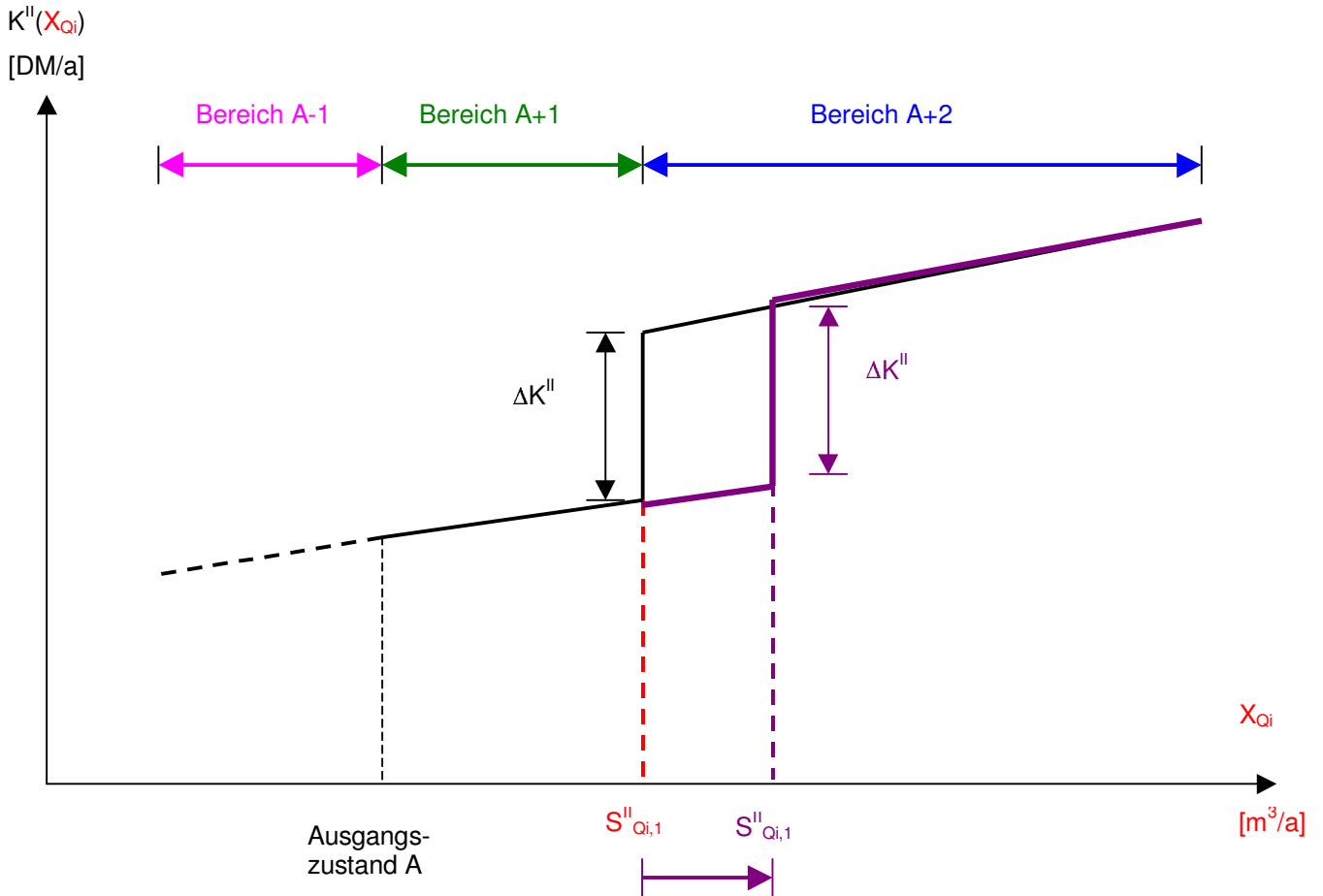


Abbildung 6-1: Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K''(X_{Qi})$ infolge Reduzierung von X_{Ared}

Wird gleichzeitig im Sektor II die abflußwirksame Fläche X_{Ared} infolge Entsiegelungsmaßnahmen deutlich reduziert, so schafft dies Reservekapazitäten („Luft“) beim RÜB, z.B. im Fallbeispiel A.5, wo sich der Kostensprung um einen entsprechenden Betrag nach rechts zu $S''_{Qi,1}$ verschiebt (**Abbildung 6-1**).

Auf der anderen Seite führt die Erhöhung der organischen Fracht seitens der Industrie dazu, daß der Schwellenwert $S''_{Ared,1}$ bei einer Zunahme von X_{Ared} eher erreicht wird (**Abbildung 6-2**):

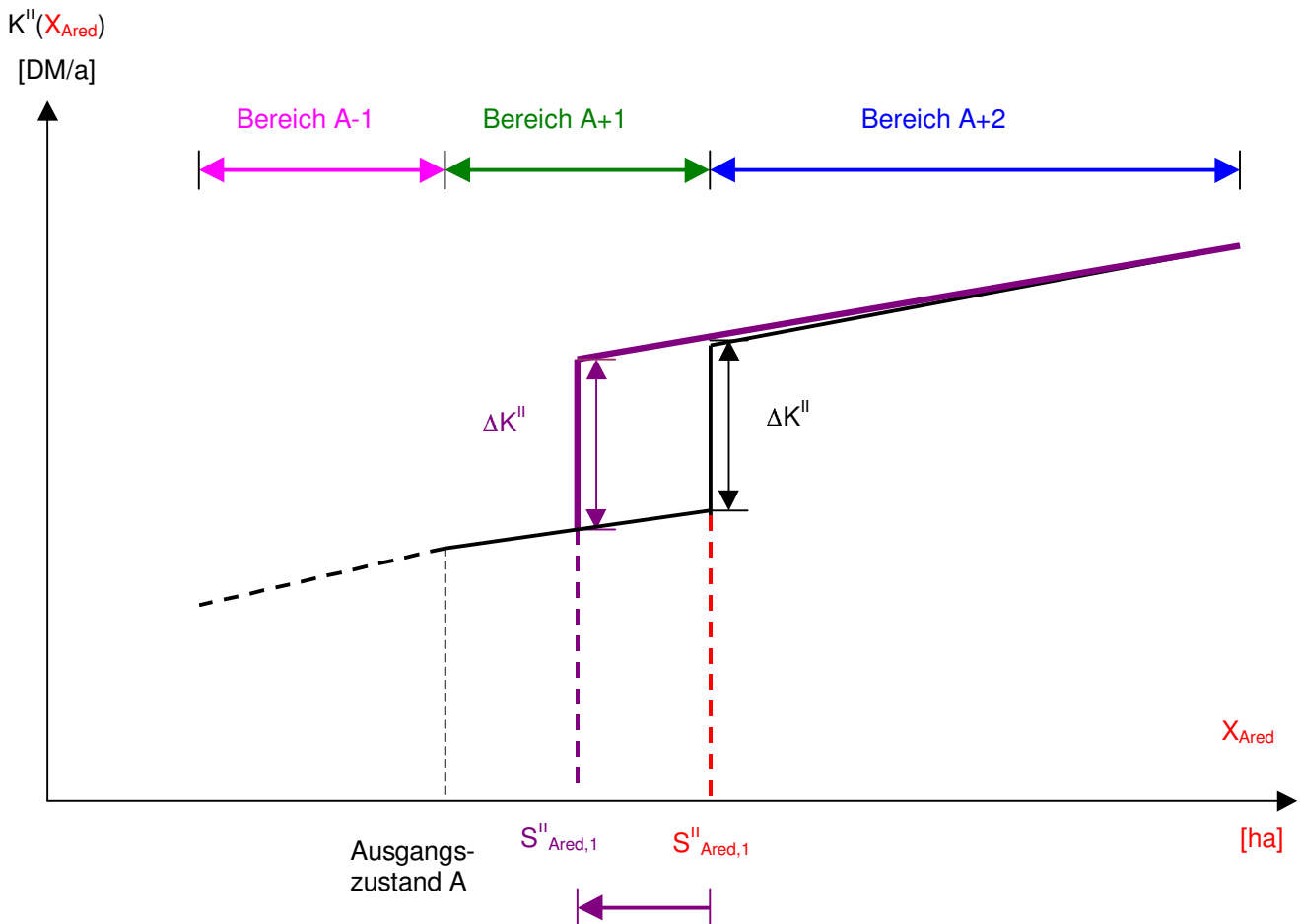


Abbildung 6-2: Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K''(X_{Ared})$ infolge Erhöhung von X_{Qi}

Der Schwellenwert $S''_{Ared,1}$ auf der Abszisse verschiebt sich demnach um einen zu berechnenden Betrag nach links zu $S''_{Ared,1}$ (**Abbildung 6-2**).

Bereits an der gewählten Darstellung im ebenen System läßt sich erkennen, daß die beiden Maßnahmenarten der Veränderung der reduzierten Fläche X_{Ared} und der Industriewassermenge **entgegengesetzten** X_{Qi} Einfluß auf die Kosten haben. Dies könnte in einer dreidimensionalen Darstellungsweise weiter verdeutlicht werden, was aber auch noch nicht das Gesamtsystem widerspiegeln würde, da beide Maßnahmen mit der Zeit gekoppelt sind und schon diese Dimension nicht mehr darstellbar wäre. Die Kostenfunktion **Abbildung 6-1** zeigt aber deutlich, daß bei einer Entsiegelung einer Niederschlagsfläche der Zeitpunkt der Erweiterung der Kläranlage ggf. hinausgeschoben werden kann, während umgekehrt eine Lasterhöhung bei der Industrie nach **Abbildung 6-2** eine Zeitverkürzung bis zur Erweiterung der Kläranlage bewirkt. Diese Betrachtungsweise soll nun noch mit weiteren Varianten fortgeführt werden:

➤ **Interdependenzen bei gleichzeitiger Variation von X_{Qi} und X_E**

Eintreten kann auch der Fall, daß z.B. im Sektor I die industrielle Abwassermenge X_{Qi} variiert und gleichzeitig eine Veränderung im Sektor I, z.B. X_E infolge Erschließung neuer Siedlungsgebiete auftritt. Diese Auswirkungen lassen sich ebenfalls durch eine mehrdimensionale Betrachtung anhand der in **Kapitel 4.5** aufgestellten Kostenfunktionen erörtern. Das folgende Beispiel verdeutlicht dies:

Ein Industriebetrieb (Sektor I) erhöht bezogen auf den Ausgangszustand die in die Kanalisation eingeleitete Abwassermenge bei gleichen Konzentrationen (d.h. Erhöhung der organischen Fracht). Ab einem bestimmten Schwellenwert $S_{Qi,1}^{III}$ wird beispielsweise die Erweiterung der zuständigen Kläranlage erforderlich. Dies ist mit einem Kostensprung ΔK^{III} im Sektor III verbunden (**Abbildung 6-3**):

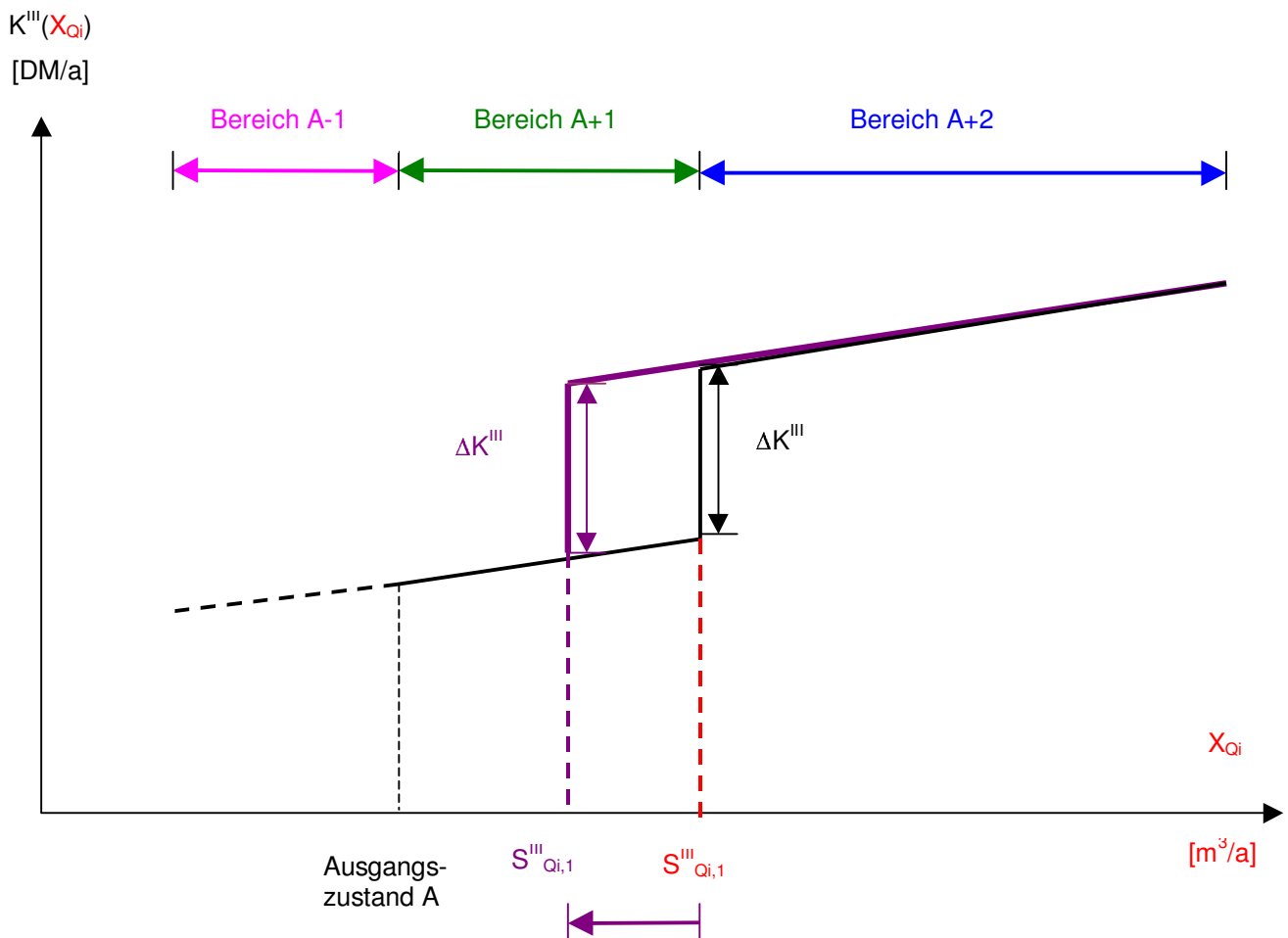


Abbildung 6-3: Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K^{III}(X_{Qi})$ infolge Erhöhung von X_E

Werden gleichzeitig mehr Einwohnergleichwerte durch Erschließung eines Neubaugebietes angeschlossen, so verschiebt sich der Schwellenwert $S_{Qi,1}^{III}$ auf der Abszisse demnach um einen Betrag weiter nach links zu $S_{Qi,1}^{III}$ (**Abbildung 6-3**).

Ähnlich führt auch die Erhöhung der organischen Industriefracht dazu, daß der Schwellenwert $S_{E,1}^{III}$ bei einer Zunahme von X_{Qi} eher erreicht wird (**Abbildung 6-4**):

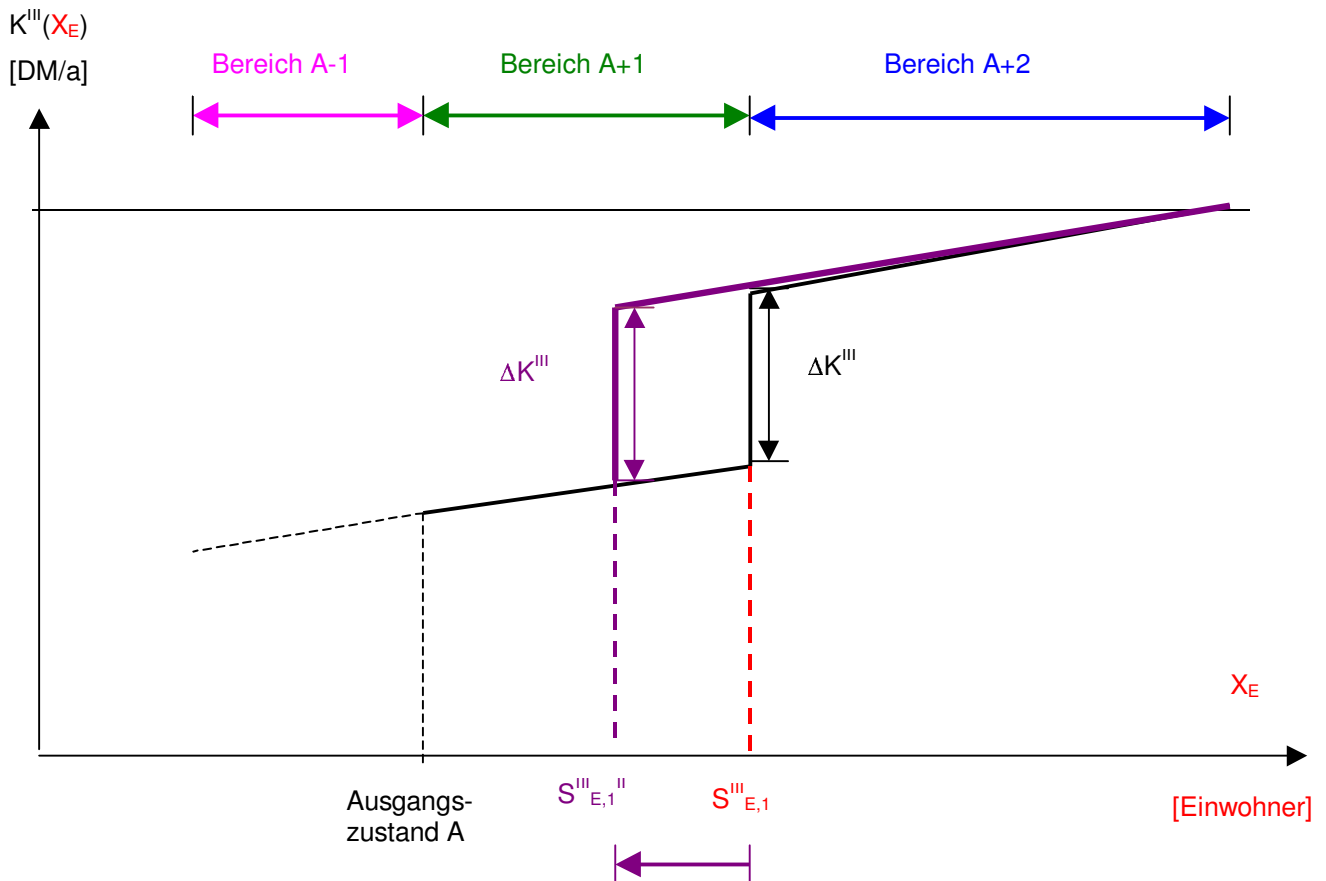


Abbildung 6-4: Verschiebung des Schwellenwertes in der Kostenfunktion $K^{\text{III}}(X_E)$ infolge Erhöhung von X_{Qi}

Die Zunahme bei den Mengen der Einwohner oder der Abwassermengenbewirtschaftung bedeutet **gleichgerichtet** eine Zeitverschiebung in diesem Fall hin zu einer Zeitverkürzung bis zur Erweiterung von Kanal und Kläranlage. Diese Situation soll allein für den kommunalen Bereich weiter betrachtet werden:

➤ **Interdependenzen bei gleichzeitiger Variation von X_{Ared} und X_E**

Es ist denkbar, daß z.B. im Sektor II X_{Ared} durch Versickerung variiert (reduziert) und gleichzeitig eine Veränderung im Sektor I, z.B. X_E infolge Erschließung neuer Siedlungsgebiete auftritt. Das Ergebnis wären wieder **gegenläufige** Einflußrichtungen (**Abbildung 6-1** und **Abbildung 6-4**) bezüglich des Zeitpunktes notwendiger Maßnahmen.

Noch schwieriger als im vorher betrachteten Fall erscheint die gemeinsame Darstellung einer Kopplung mit möglichen weiteren Einflußgrößen – hier vielleicht in der Darstellung

$$K^{\text{II}} [\text{DM/a}] = f (X_{Qi}, X_{Ared}, X_E, \text{Zeit}),$$

wobei die Zeit als zusätzlicher Faktor auftaucht.

Die vorgenannten Beispiele von Interdependenzen infolge der Variation mehrerer Einflußgrößen verdeutlichen, daß die zeitliche Abfolge der Investitionen eine entscheidende Rolle spielt. Dieser Situation sehen sich häufig Kommunen ausgesetzt, wenn es darum geht, langfristige Veränderungen unterschiedlicher Einflußgrößen, wie Anschluß weiterer Wohn- bzw. Gewerbegebiete, vorausschauend im Sinne einer ganzheitlichen Kostenoptimierung abzuschätzen.

Hier sind insbesondere die Einflußgrößen und deren Auswirkungen zu ermitteln, die zusätzliche Kapazitäten im System aktivieren, wie dies z.B. bei Entsiegelungsmaßnahmen (Veränderung der Einflußgröße X_{Ared}) hinsichtlich erforderlicher Regenbeckenvolumina der Fall ist; d.h. hier sollte eine Maßnahmensteuerung dahingehend angestrebt werden, zunächst Reservekapazität durch gezielte Veränderung der Einflußgröße zu schaffen, die diese Kapazität freischalten kann. Die auf diese Weise aktivierte zusätzliche Kapazität kann dann erst einmal durch Belastungssteigerungen infolge Erhöhung anderer Einflußgrößen, wie z.B. Zunahme der industriellen Abwassermenge oder Anschluß weiterer Wohngebiete, „aufgezehrt“ werden, bevor neue Beckenvolumina geschaffen werden müssen.

Die Investitionskosten werden dann deutlich geringer und somit wird die Höhe dieser langfristig gebundenen Kostenart auf ein Minimum reduziert. Geht man in umgekehrter Reihenfolge vor, indem man zuerst die Becken auf die höhere Belastung auslegt und dann Entsiegelungsmaßnahmen durchführt, so werden unnötige Fixkosten mit den bereits angeführten Auswirkungen auf die Kostenumlage der einzelnen Sektoren erzeugt, wodurch man sich dann zwangsläufig ein Stück vom Kostenoptimum weiter entfernt.

Die vorgenannten Beispiele zeigen eine Möglichkeit auf, um mit den eingeführten Kostenfunktionen durch Koppelung der Berechnungen in einer Überlagerung eine zeitliche Abfolge von Maßnahmen herauszukristallisieren. Es gelingt auf diese Weise, in den mehrdimensionalen Funktionsraum einzudringen.

Zur Verdeutlichung wird unterstrichen, daß durch diese Zusammenhänge Möglichkeiten vorhanden sind, die bekannten Schwellenwerte bei den Kostenfunktionen zu verschieben (systematische Aktivierung von Reserven). Über die zeitliche Abwicklung solcher Verschiebungen (gezielte Veränderungen der Einflußgrößen) lassen sich Überkapazitäten vermeiden und Einsparpotentiale erschließen.

6.2 Ableitung einer verursachergerechten Kostenerfassung und einer Kostenumlage auf der Basis mehrdimensionaler Betrachtungen

6.2.1 Verknüpfte Kostenerfassung als Ausgangspunkt einer ökonomischen Optimierung

Ausgangspunkt einer Optimierung der Kosten ist zweifellos die vollständige Erfassung aller Jahreskosten und deren Darstellung als fixe Kosten, quasi-fixe Kosten und variable Kosten und dann für alle betrachteten Einflußgrößen. Dies ist zudem jeweils als Momentaufnahme zu sehen, die über verknüpfte Kostenfunktionen auch den Zeitablauf beinhalten müssen. Dies bedarf allerdings einer Einzelfallbetrachtung, deren Elemente in **Kapitel 6.1** (Kosten/Jahr) bereits genannt wurden. Insbesondere bei der Kostenumlage muß an die Mehrdimensionalität gedacht werden, die durch Überlagerung der eindimensionalen Funktion erreicht werden kann.

Will man nun hiernach zu einer Optimierung kommen, müssen, wie bereits in **Kapitel 5.3** erwähnt, monetäre Instrumente in Form einer verursachergerechten Gebühr eingesetzt werden. Je mehr Beteiligte in einem Abwassersystem versammelt sind, desto mehr muß es allerdings zu Vereinfachungen kommen, da nicht jede einzelne Maßnahme in ihren Ursachen vollständig erfaßt und dann auch noch verursachergerecht umgelegt werden kann. Man wird sich immer auf Wahrscheinlichkeitsmaßstäbe einlassen müssen, die im Einzelfall den einen Verursacher mehr, den anderen weniger belasten. Aufgabe ist es, die Wahrscheinlichkeitsmaßstäbe so zu entwickeln, daß ein Toleranzniveau der Akzeptanz nicht überschritten wird. Mehr Kostengerechtigkeit verursacht gleichzeitig auch höhere Ermittlungskosten, was sich in der Kostenumlage erneut niederschlägt. Man wird in diesem Zusammenhang also nicht um Gebührenpauschalierungen herumkommen, die hinsichtlich ihrer Auswirkungen im folgenden weiter untersucht werden sollen.

6.2.2 Systemverhalten bei Zunahme bzw. Abnahme der industriellen Abwassermenge X_{Qi} im Sektor I hinsichtlich der Gebührenentwicklung

Auswirkungen bei Zunahme der Einflußgröße X_{Qi}

Bei allen untersuchten Fallbeispielen ist der grundsätzliche Sachverhalt gegeben, daß mit Zunahme der Einflußgröße X_{Qi} in Sektor I die Gebühr [DM/m³] abnimmt, wie dies in **Abbildung 6-5** schematisch dargestellt ist. Je größer die bezogene Einheitsmenge (z.B.: m³) wird, desto geringer werden die auf diese Einheit bezogenen Kosten.

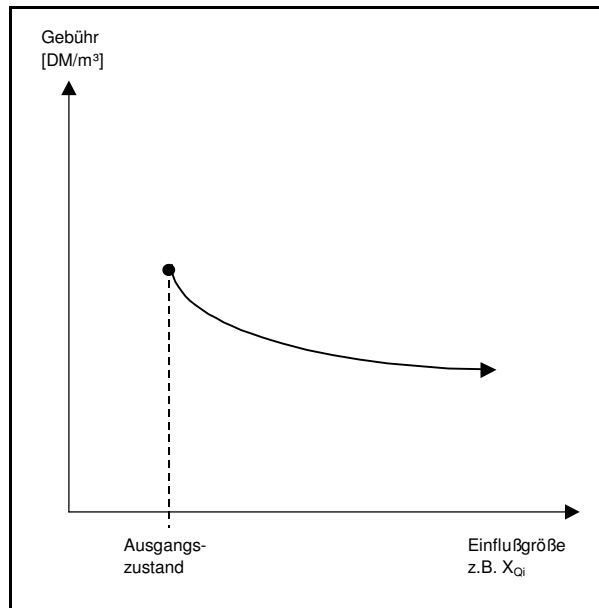


Abbildung 6-5: Schematische Darstellung der Abhängigkeit der Gebühr bei Zunahme der Einflussgröße

Der in **Abbildung 6-5** dargestellte degressive Verlauf ist zweifelsfrei auf den Anstieg der insgesamt im System abzuleitenden und behandelnden Abwassermenge infolge Zunahme o.g. Einflussgröße zurückzuführen, die als Divisor in die Gebührenkalkulation eingeht. Selbst dann, wenn die fixen/quasi-fixen Kosten und die variablen Kosten, die als Dividend in die Gebührenkalkulation einfließen, ansteigen, ergibt sich im Regelfall der in **Abbildung 6-5** dargestellte degressive Kurvenverlauf.

Betrachtet man den umgekehrten Fall, d.h. die Reduzierung von X_{Qi} bezogen auf den Ausgangszustand, so ergibt sich der Gebührenverlauf gemäß **Abbildung 6-6**.

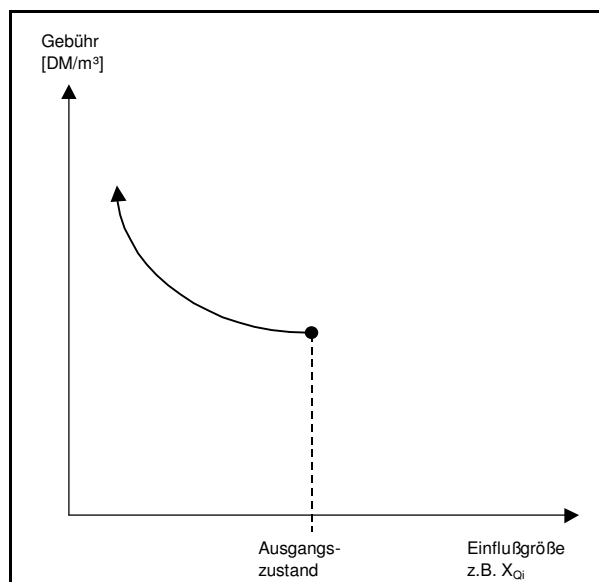


Abbildung 6-6: Gebührenentwicklung bei Reduktion der industriellen Abwassermenge

Hier führt eine Reduzierung von X_{Qi} zu einer Mehrbelastung von Industrie und Bürgern, wenn man die Gesamtkosten durch die Anzahl der beteiligten X_{Qi} dividiert.

Diese Überlegungen machen deutlich, daß mit mengen- oder frachtorientierten pauschalisierten Gebühren in manchen Fällen eine zu hohe Gebühr, in manchen anderen eine zu niedrige Gebühr eingefordert wird, so daß sich eine Notwendigkeit der Anpassung ergibt. Ist die Kostenumlage somit allein auf X_{Qi} (Gebühren) bezogen, dann führt diese offensichtlich zu Ungerechtigkeiten. In solchen Fällen sind es die Fixkosten- und Variablenkostenzuordnungen, die in den Maßstäben abgebildet werden müssen. Die Abbildung der Fix- und variablen Kosten in der Kostenumlage berücksichtigt den Umstand, daß in der Regel innerhalb bestimmter Schwellenwerte eine Modifikation der Abwassermenge X_{Qi} keinen Einfluß hat. In solchen Fällen sind es dann meist nicht die Gebührenmaßstabelemente, sondern deren Kostenzuordnung der Fixkosten oder variablen Kosten, die angepaßt werden müssen. Gemäß den Erfahrungen der Fallbeispielbetrachtung ist weiter festzustellen, daß bei X_{Qi} häufiger und bedeutsamer Veränderungen sowohl bei Zu- als auch bei Abnahme zu erwarten sind als bei der einwohnerbezogenen Größe X_E .

Zu neuen Maßstabelementen wird man jedoch kommen, wenn z.B. neue Umweltauflagen formuliert werden, wenn diese kostenverursachenden Einfluß haben. So ist dies bei der Entstehung von Abwasserbehandlungskosten der Fall, wenn ein zusätzlicher Reinigungsparameter (z.B. der Nährstoffe in der Vergangenheit) eingeführt wird. Ähnliches gilt auch für die Forderung, Niederschlagswasser zu versickern, was teils kostenermäßigend, teils kostenerhöhend wirken kann. Dies hat in der Praxis im ersten Fall zur verursachergerechten Einbeziehung der Nährstoffe als Umlagegröße, im zweiten Fall zur Einführung des gesplitteten Maßstabs bei der Kostenumlage geführt.

6.2.3 Kombiniertes Ansatz aus als Fixwert pauschalisierter Gebühr und variabler Gebühr

Wie bereits verdeutlicht, ist es in vielen Fällen sinnvoll, bei der Gebührenumlage fixe und variable Kosten unterschiedlich zu berücksichtigen. Dies ist in dem nachfolgend beschriebenen Ansatz für die verursachergerechte Kostenumlage enthalten.

➤ Abwasserableitung (Sektor II)

Kosten- und damit Maßstabsgröße auch der Kostenumlage ist bei einer verursachergerechten Erfassung der Abwasserableitung immer die abgeleitete Abwassermenge. Dies ist direkt durch die Erfassung als m^3 , indirekt durch die Erfassung der Abwasserableitung befestigten Flächen (X_{Ared}) möglich. Es ist zu unterscheiden zwischen Schmutzwassermenge, Niederschlagswassermenge und der Mischwassermenge beider Komponenten.

Bei Betrachtung der **Abbildung 6-5** und **Abbildung 6-6** wird deutlich, daß eine Veränderung der industriellen Einflußgröße X_{Qi} in beide Richtungen vom IST-Zustand ausgehend zu erheblichen Veränderungen bei der Gebührensituation führen kann. Dies bedeutet für die Bürger bei der notwendigen Anpassung letztlich deutlich höhere bzw. niedrigere Jahreskosten bei der Abwasserableitung (Sektor II), obwohl diese nicht die Verursacher sind. Die in der Vergangenheit getätigten Investitionen im Sektor Abwasserableitung bilden als Fixkosten weiterhin den maßgeblichen Anteil an den ansatzfähigen und auf die Verursacher umzulegenden Kosten, auch dann wenn die industriell eingeleitete Abwassermenge abnimmt bzw. zunimmt. Bei der Zunahme der industriellen Abwassermenge kann es infolge der ansteigenden Schmutzfracht zudem zu notwendigen Erweiterungsmaßnahmen, z.B. bei den Regenbeckenvolumina, kommen, die dann hauptsächlich als zusätzliche Fixkosten die ansatzfähigen Kosten weiter nach oben treiben.

Bei der Umlage von Abwasserableitungskosten wird heute noch vielfach eine gemeinsame Erfassung der Ableitung von Schmutz- und Regenwasser praktiziert. In zunehmendem Maße kommt jedoch die Forderung auf, eine Umlage nach dem gesplitteten Maßstab vorzunehmen. Beiden Varianten soll an dieser Stelle nachgegangen werden.

➤ **Kostenumlage nach dem gemischten (gemeinsamen) Maßstab**

Beim gemischten (gemeinsamen) Maßstab (**Abbildung 6-7**) sind zu Anfang der Betrachtungen (Ausgangszustand A) die Gesamtkosten ($K_{ges.}^{II}$) für die Schmutz- und Regenwasserableitung (Sektor II) in fixe (FK) und variable Kostenanteile (VK) aufzuteilen:

$$K_{ges.,A}^{II} = K_{ges.SW+RW,A}^{II} = FK_{ges.SW+RW,A}^{II} + VK_{ges.SW+RW,A}^{II}$$

mit:

$FK_{ges.SW+RW,A}^{II}$ = für die Schmutz- und Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) anzusetzenden Fixkosten im Ausgangszustand [DM/a]

$VK_{ges.SW+RW,A}^{II}$ = für die Schmutz- und Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) anzusetzenden variablen Kosten im Ausgangszustand [DM/a]

A = Ausgangszustand

SW = Schmutzwasser

RW = Regenwasser

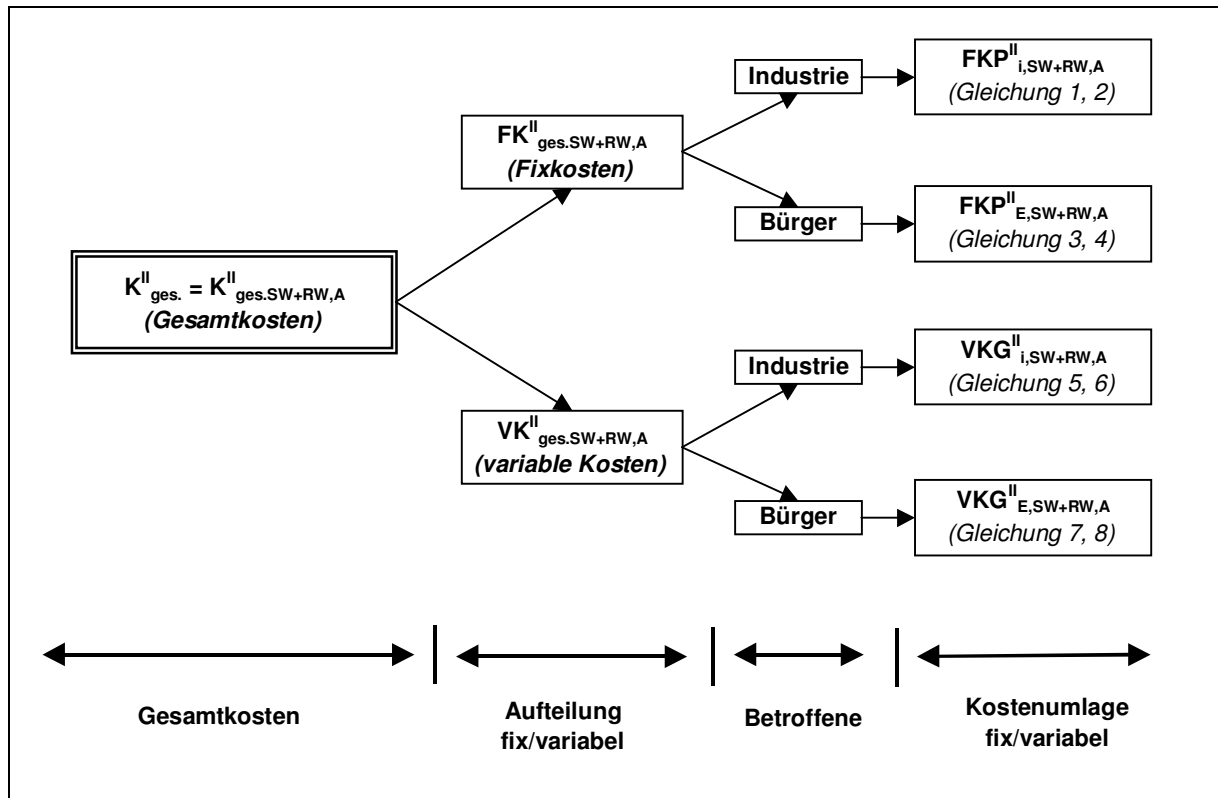


Abbildung 6-7: Kostenumlage im Sektor II (Abwasserableiter) nach dem gemischten Maßstab

Für die Umlage der **Fixkosten** in Form einer Fixkostenpauschale (FKP^{II}), getrennt nach Industrie und Bürger, ergeben sich die folgenden Beziehungen:

Industrie

Auf die Industrieeinleiter insgesamt im Ausgangszustand umzulegende Fixkosten:

$$FKP_{ges.i,SW+RW,A}^{II} = FK_{ges.SW+RW,A}^{II} \cdot \frac{\sum X_{Qi,A}}{\sum X_{QE,A} + \sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 1}$$

Umlage auf den einzelnen Einleiter im Ausgangszustand:

$$FKP_{i,SW+RW,A}^{II} = FKP_{ges.i,SW+RW,A}^{II} \cdot \frac{X_{Qi,A}}{\sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 2}$$

Bürger

Auf die Bürger (E) insgesamt im Ausgangszustand umzulegende Fixkosten:

$$FKP_{ges.E,SW+RW,A}^{II} = FKP_{ges.SW+RW,A}^{II} \cdot \frac{\sum X_{QE,A}}{\sum X_{QE,A} + \sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 3}$$

Umlage auf den einzelnen Bürger im Ausgangszustand:

$$FKP_{E,SW+RW,A}^{II} = FKP_{ges.E,SW+RW,A}^{II} \cdot \frac{X_{QE,A}}{\sum X_{QE,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 4}$$

Die Überführung der **variablen Kosten**, getrennt nach Industrie und Bürger im Ausgangszustand in die entsprechenden variablen Kostenanteile (VKG^{II}) kann dann wie folgt vorgenommen werden:

Industrie

Auf die Industrieeinleiter insgesamt im Ausgangszustand umzulegende variable Kosten:

Gleichung 5

$$VKG_{ges.i,SW+RW,A}^{II} = \left\{ \left(FK_{ges.SW+RW,A}^{II} + VK_{ges.SW+RW,A}^{II} \right) - \left(FKP_{ges.i,SW+RW,A}^{II} - FKP_{ges.E,SW+RW,A}^{II} \right) \right\} \cdot \frac{\sum X_{Qi,A}}{\sum X_{QE,A} + \sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a]$$

Umlage auf den einzelnen Industrieeinleiter im Ausgangszustand:

$$VKG_{i,SW+RW,A}^{II} = VKG_{ges.i,SW+RW,A}^{II} \cdot \frac{X_{Qi,A}}{\sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 6}$$

Bürger

Auf die Bürger insgesamt im Ausgangszustand umzulegende variable Kosten:

Gleichung 7

$$VKG_{ges.E,SW+RW,A}^{II} = \left\{ \left(FK_{ges.SW+RW,A}^{II} + VK_{ges.SW+RW,A}^{II} \right) - \left(FKP_{ges.i,SW+RW,A}^{II} - FKP_{ges.E,SW+RW,A}^{II} \right) \right\} \cdot \frac{\sum X_{QE,A}}{\sum X_{QE,A} + \sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a]$$

Umlage auf den einzelnen Bürger im Ausgangszustand:

$$VKG_{E,SW+RW,A}^{II} = VKG_{ges.E,SW+RW,A}^{II} \cdot \frac{X_{QE,A}}{\sum X_{QE,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 8}$$

Die für die industriellen Einleiter und Bürger nach den **Gleichungen 1 und 3** ermittelten Fixkostenpauschalen (FKP) werden auf der dem Ausgangszustand folgenden Zeitschiene so lange beigehalten, bis ein Schwellenwert erreicht wird, der zu Neuinvestitionen führen kann (**Abbildung 6-8**)

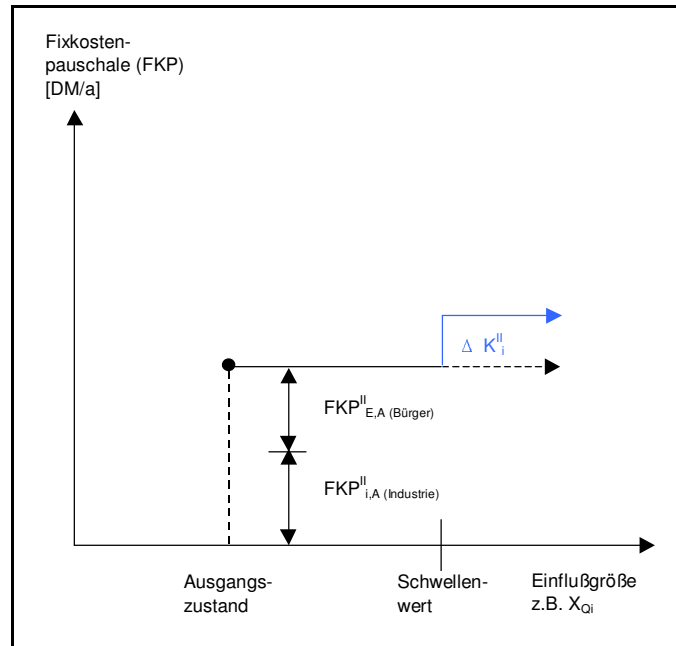


Abbildung 6-8: Veränderung der Fixkostenpauschale für Industrie und Bürger im Sektor II (Abwasserableitung)

Ergänzend muß an dieser Stelle gesagt werden, daß bei den Abschreibungsgrößen der Herstellungswert als konstante Größe einbezogen wurde. Eine andere Möglichkeit der Betrachtung wäre die Verwendung des Wiederbeschaffungszeitwertes, der durch ein weiteres ΔK als Zeitvariable hinzuzufügen wäre – was auch wechselnde Zinsen erfassen könnte.

Grundsätzlich gilt nach dieser Ableitung, daß Wassermengensparen bei Industrie und Bürger gleichermaßen sinnvoll ist.

Verändern sich in diesem Betrachtungszeitraum die variablen Kosten gegenüber dem Ausgangszustand, z.B. dadurch, daß ein industrieller Einleiter die Abwassermenge halbiert, was zu erhöhten Spülkosten im Kanalnetz – und somit zu insgesamt höheren variablen Kosten im Sektor II – führen kann, so werden die Bürger bei der Umlage der variablen Kosten gemäß den **Gleichungen 5 und 7** erheblich mitbelastet, obwohl sie nicht die Verursacher sind.

Der folgende **vereinfachte Lösungsansatz** ist hier denkbar:

Wie bereits in **Kapitel 6.2.2** dargelegt, werden bei der Industrieabwassermenge bedeutsamere Sprünge im Abflußgeschehen zu erwarten sein als bei der Zu-/Abnahme der Bevölkerung. Größere Abweichungen in der abzuleitenden Menge verursachen aber auch im Einzelfall hohe Investitionskosten als Fixkosten einer wasserwirtschaftlichen Maßnahme. Ist die Maßnahme erst einmal realisiert, ist die abgeleitete Menge der Industrie weitgehend unerheblich, bis erneut ein Schwellenwert erreicht wird, der eine neue Maßnahme (Erweiterung) erzwingt.

Vor diesem Hintergrund ist es naheliegend, die Abwasserableitungsgebühr des industriellen Einleiters als fixe Jahreskosten [DM/a] insgesamt zu pauschalisieren und nicht wie bisher spezifisch in DM/m³ zu ermitteln und variabel zu gestalten.

Ausgangspunkt der Betrachtung ist somit der Fixkostenbeitrag des industriellen Einleiters $FKP_{i,A}^{II}$, wie in **Abbildung 6-9** dargestellt. Bei Erreichen des Schwellenwertes wird eine erneute Investition erforderlich, die zu einem ΔK_i^{II} führt, welches bei der Ursache „Erhöhung der Industriewassermenge“ als Erhöhung auch des Fixkostenbeitrags der Industrie wirksam wird.

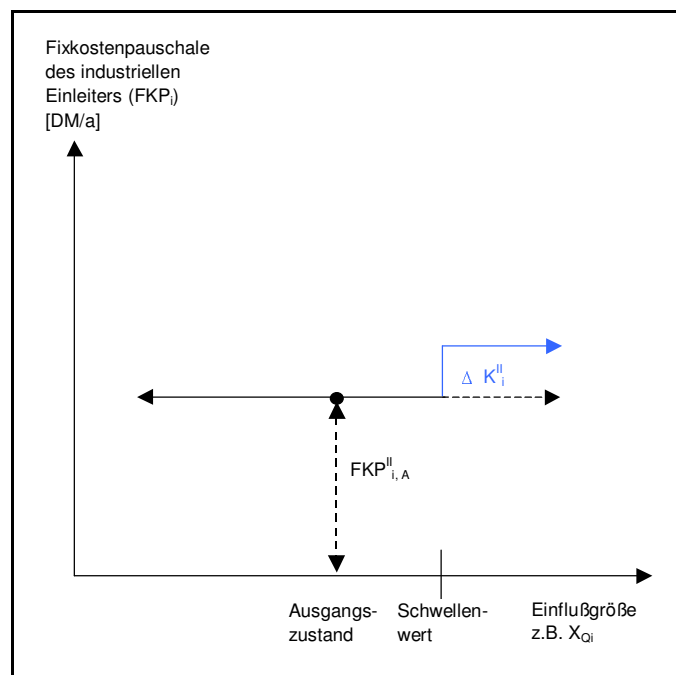


Abbildung 6-9: Pauschalisierung der Abwasserableitungsgebühr des industriellen Einleiters

Wie zuvor bereits angeführt, sind zusätzlich entstehende Fixkosten ΔK_i (vgl. **Abbildung 6-9**) der Fixkostenpauschale auch zuzuschlagen, wenn es infolge erhöhter industrieller Schmutzfracht-Einleitung zu Erweiterungsmaßnahmen bei den Regenbeckenvolumina kommt.

Die Fixkostenpauschale (FKP) des industriellen Einleiters im Ausgangszustand kann somit nach der folgenden Beziehung näherungsweise ermittelt werden zu:

Gleichung 9

$$FKP_{i,SW+RW,A}^{II} = \left\{ \left(FK_{ges.SW+RW,A}^{II} + VK_{ges.SW+RW,A}^{II} \right) \right\} \cdot \frac{X_{Qi,A}}{\sum X_{QE,A} + \sum X_{Qi,A}} + \Delta K_i^{II} \text{ [DM/a]}$$

mit:

$FKP_{i,SW+RW,A}^{II}$	=	Fixkostenpauschale des industriellen Einleiters [DM/a]
$FK_{ges.SW+RW,A}^{II}$	=	gesamte Fixkosten [DM/a]
$VK_{ges.SW+RW,A}^{II}$	=	gesamte variable Kosten [DM/a] – (ohne Klärkostenbeitrag der Kommune)
$X_{Qi,A}$	=	industrielle Abwassermenge des betrachteten Betriebs [m ³ /a]
$X_{QE,A}$	=	kommunale Abwassermenge (Bürger) [m ³ /a]
ΔK_i^{II}	=	zusätzliche Fixkosten (verursacht durch Industrie im Sektor II)
A	=	Ausgangszustand
S	=	Investitionsschwelle

Die Festlegung der im Ausgangszustand anzusetzenden Fixkostenpauschale könnte anhand der anzusetzenden Gesamtkosten einschließlich der variablen Kosten (VK), jedoch ohne den kommunalen Klärkostenbeitrag (KB) ermittelt werden, indem die industrielle Fixkostenpauschale über das Verhältnis der industriell eingeleiteten Schmutzwassermenge zur kommunalen Schmutzwassermenge ermittelt wird. Die variablen Kosten haben im Abwasserableitungssektor im Vergleich zum Abwasserbehandlungssektor einen deutlich geringeren Anteil an den Gesamtkosten, so daß diese Vorgehensweise vertretbar ist.

In der gezeigten formelmäßigen Erfassung dieses Sachverhalts geht es um den Teil „A“ der **Gleichung 9**. Die Größe ΔK_i^{II} ist im Teil „S“ (Investitionsschwelle) der **Gleichung 9** berücksichtigt.

Wie bereits erwähnt, kann durch die Verwendung des Wiederbeschaffungszeitwertes sowie ggf. Änderung des Wiederbeschaffungszeitwertes ein weiteres ΔK als Zeitvariable hinzukommen – wodurch auch wechselnde Zinsen erfaßt würden.

Wird wie zuvor verfahren, so ergibt sich für die Bürger hinsichtlich der Ermittlung der spezifischen Abwasserableitungsgebühr (VG_E^{II}) folgende Berechnungsformel:

$$VG_E^{II} = \frac{\left(FK_{ges.}^{II} + VK_{ges.}^{II} \right) - \sum FKP_{i,A}^{II}}{\sum X_{QE}} \text{ [DM/m}^3\text{]} \quad \text{Gleichung 10}$$

VG_E^{II} = zu entrichtende Ableitungsgebühr für den Bürger [DM/m³]

Die mengenbezogene Gebühr schafft auch weiterhin einen Anreiz zur Reduzierung der Wassermengen. Die Fixkostenpauschale $FKP_{i,A}^{II}$ je industriellem Einleiter wird bei der Berechnung von VKG_E^{II} gemäß **Gleichung 9** konstant gehalten – wie zuvor im Ausgangszustand ermittelt –, es sei denn, es kommt in der zeitlichen Entwicklung zu einer Erhöhung von ΔK_i^{II} . Somit erfolgt die Berechnung der Ableitungsgebühr VKG_E^{II} verursachergerecht in Abhängigkeit von der Einflußgröße X_{QE} .

➤ **Gesplitteter Gebührenmaßstab (Sektor II)**

Bei der Ableitung eines gesplitteten Gebührenmaßstabes ist wie beim gemeinsamen Gebührenmaßstab darauf zu achten, daß die fixen und variablen Kosten verursachergerecht abgebildet werden. Voraussetzung ist hierbei, daß die Jahreskosten für Schmutzwasser (K_{SW}^{II}) und Regenwasser (K_{RW}^{II}) im Sektor II bekannt sind, so daß sich die Gesamtjahreskosten ($K_{ges.}^{II}$) ermitteln zu:

$$K_{ges.}^{II} = K_{SW}^{II} + K_{RW}^{II}$$

Ferner ist eine Trennung in fixe und variable Kosten wie folgt vorzunehmen:

$$K_{ges.}^{II} = FK_{ges. SW, A}^{II} + VK_{ges. SW, A}^{II} + FK_{ges. RW, A}^{II} + VK_{ges. RW, A}^{II}$$

mit:

$FK_{ges. SW, A}^{II}$	=	für die Schmutzwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) anzusetzenden Fixkosten im Ausgangszustand [DM/a]
$VK_{ges. SW, A}^{II}$	=	für die Schmutzwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) anzusetzenden variablen Kosten im Ausgangszustand [DM/a]
$FK_{ges. RW, A}^{II}$	=	für die Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) anzusetzenden Fixkosten im Ausgangszustand [DM/a]
$VK_{ges. RW, A}^{II}$	=	für die Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) anzusetzenden variablen Kosten im Ausgangszustand [DM/a]

Bei Kenntnis der fixen und variablen Kosten kann die getrennte Kostenumlage für die Ableitung des Regenwassers und des Schmutzwassers mit den nachfolgenden Gleichungen analog zum vorausgegangenen Abschnitt zur Umlage der Kosten nach dem gemeinsamen Maßstab berechnet werden (**Abbildung 6-10**):

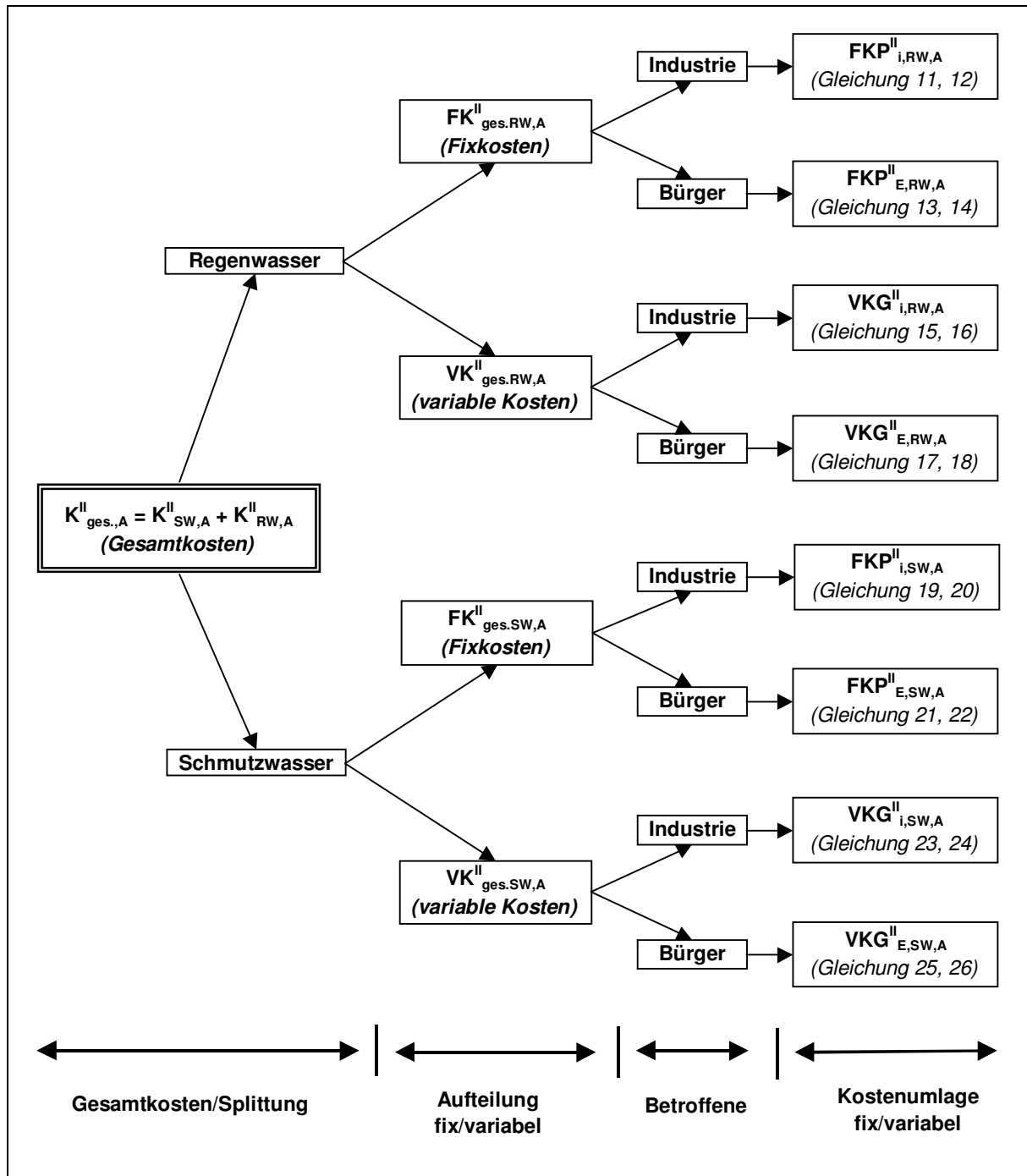


Abbildung 6-10: Kostenumlage im Sektor II (Abwasserableiter) nach dem gesplitteten Maßstab

➤ **Kostenumlage für die Ableitung des Regenwassers (Sektor II)**

• **Umlage der Fixkosten (getrennt nach Industrie und Bürger)**

Industrie

Auf die Industrieeinleiter insgesamt im Ausgangszustand umzulegende Fixkosten (Regenwasserab-
leitung):

$$FKP_{ges.i,RW,A}^{\parallel} = FK_{ges.RW,A}^{\parallel} \cdot \frac{\sum X_{Ared,i,A}}{\sum (X_{Ared,i,A} + X_{Ared,E,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 11}$$

Umlage auf den einzelnen Industrieeinleiter im Ausgangszustand:

$$FKP_{i,RW,A}^{\parallel} = FKP_{ges.i,RW,A}^{\parallel} \cdot \frac{X_{Ared,i,A}}{\sum X_{Ared,i,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 12}$$

Bürger

Auf die Bürger (E) insgesamt im Ausgangszustand umzulegende Fixkosten (Regenwasserableitung):

$$FKP_{ges.E,RW,A}^{\parallel} = FK_{ges.RW,A}^{\parallel} \cdot \frac{\sum X_{Ared,E,A}}{\sum (X_{Ared,i,A} + X_{Ared,E,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 13}$$

Umlage auf den einzelnen Bürger im Ausgangszustand:

$$FKP_{E,RW,A}^{\parallel} = FKP_{ges.E,RW,A}^{\parallel} \cdot \frac{X_{Ared,E,A}}{\sum X_{Ared,E,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 14}$$

• **Umlage der variablen Kosten (getrennt nach Industrie und Bürger)**

Industrie

Auf die Industrieeinleiter insgesamt im Ausgangszustand umzulegende variable Kosten (Regenwas-
serableitung):

$$VKG_{ges.i,RW,A}^{\parallel} = \left\{ (FK_{ges.RW,A}^{\parallel} + VK_{ges.RW,A}^{\parallel}) - (FKP_{ges.i,RW,A}^{\parallel} + FKP_{ges.E,RW,A}^{\parallel}) \right\} \cdot \frac{\sum X_{Ared,i,A}}{\sum (X_{Ared,i,A} + X_{Ared,E,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 15}$$

Umlage auf den einzelnen Industrieemitter im Ausgangszustand:

$$VKG_{i,RW,A}^{\parallel} = VKG_{ges.i,RW,A}^{\parallel} \cdot \frac{X_{Ared,i,A}}{\sum X_{Ared,i,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 16}$$

Bürger

Auf die Bürger insgesamt im Ausgangszustand umzulegende variable Kosten (Regenwasserableitung):

$$VKG_{ges.E,RW,A}^{\parallel} = \left\{ (FK_{ges.RW,A}^{\parallel} + VK_{ges.RW,A}^{\parallel}) - (FKP_{ges.i,RW,A}^{\parallel} + FKP_{ges.E,RW,A}^{\parallel}) \right\} \cdot \frac{\sum X_{Ared,E,A}}{\sum (X_{Ared,i,A} + X_{Ared,E,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 17}$$

Umlage auf den einzelnen Bürger im Ausgangszustand:

$$VKG_{E,RW,A}^{\parallel} = VKG_{ges.E,RW,A}^{\parallel} \cdot \frac{X_{Ared,E,A}}{\sum X_{Ared,E,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 18}$$

➤ **Kostenumlage für die Ableitung des Schmutzwassers (Sektor II)**

- **Umlage der Fixkosten (getrennt nach Industrie und Bürger)**

Industrie

Auf die Industrieemitter insgesamt im Ausgangszustand umzulegende Fixkosten (Schmutzwasserableitung):

$$FKP_{ges.i,SW,A}^{\parallel} = FK_{ges.SW,A}^{\parallel} \cdot \frac{\sum X_{Qi,A}}{\sum (X_{Qi,A} + X_{QE,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 19}$$

Umlage auf den einzelnen Industrieemitter im Ausgangszustand:

$$FKP_{i,SW,A}^{\parallel} = FKP_{ges.i,SW,A}^{\parallel} \cdot \frac{X_{Qi,A}}{\sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 20}$$

Bürger

Auf die Bürger (E) insgesamt im Ausgangszustand umzulegende Fixkosten (Schmutzwasserab-
leitung):

$$FKP_{ges.E,SW,A}^{II} = FK_{ges.SW,A}^{II} \cdot \frac{\sum X_{QE,A}}{\sum (X_{Qi,A} + X_{QE,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 21}$$

Umlage auf den einzelnen Bürger im Ausgangszustand:

$$FKP_{E,SW,A}^{II} = FKP_{ges.E,SW,A}^{II} \cdot \frac{X_{QE,A}}{\sum X_{QE,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 22}$$

- **Umlage der variablen Kosten (getrennt nach Industrie und Bürger)**

Industrie

Auf die Industrie insgesamt im Ausgangszustand umzulegende variable Kosten (Schmutzwasserab-
leitung):

$$VKG_{ges.i,SW,A}^{II} = \left\{ (FK_{ges.SW,A}^{II} + VK_{ges.SW,A}^{II}) - (FKP_{ges.i,SW,A}^{II} + FKP_{ges.E,SW,A}^{II}) \right\} \cdot \frac{\sum X_{Qi,A}}{\sum (X_{Qi,A} + X_{QE,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 23}$$

Umlage auf den einzelnen Industrieinleiter im Ausgangszustand:

$$VKG_{i,SW,A}^{II} = VKG_{ges.i,SW,A}^{II} \cdot \frac{X_{Qi,A}}{\sum X_{Qi,A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 24}$$

Bürger

Auf die Bürger insgesamt im Ausgangszustand umzulegende variable Kosten (Schmutzwasserab-
leitung):

$$VKG_{ges.E,SW,A}^{II} = \left\{ (FK_{ges.SW,A}^{II} + VK_{ges.SW,A}^{II}) - (FKP_{ges.i,SW,A}^{II} + FKP_{ges.E,SW,A}^{II}) \right\} \cdot \frac{\sum X_{QE,A}}{\sum (X_{Qi,A} + X_{QE,A})} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 25}$$

Umlage auf den einzelnen Bürger im Ausgangszustand:

$$VKG_{E, SW, A}^{\parallel} = GE_{ges.E, SW, A}^{\parallel} \cdot \frac{X_{QE, A}}{\sum X_{QE, A}} \quad [DM/a] \quad \text{Gleichung 26}$$

Werden bei gesteigerten Abwassermengen oder Schmutzfrachten Schwellenwerte des Ausbaus erreicht, muß in Analogie zum obigen Abschnitt des gemischten Maßstabs der Kostensprung mit ΔK auch im Umlagemaßstab berücksichtigt werden.

Durch diese Vorgehensweise der Kostenumlage hat sowohl die Industrie als auch der Bürger einen fixen und variablen Anteil zu tragen. Somit besteht für beide ein Anreiz, sowohl die Schmutzwassermenge als auch die befestigte Fläche zu reduzieren.

Auch beim gesplitteten Maßstab werden die Fixkostenpauschalen (**Gleichungen 11, 13, 19 und 21**) für die industriellen Einleiter und Bürger auf der dem Ausgangszustand folgenden Zeitschiene so lange konstant gehalten, bis ein Schwellenwert erreicht wird, der zu Neuinvestitionen führen kann (analog zu **Abbildung 6-8**).

Grundsätzlich gilt nach dieser Ableitung, daß Wassermengensparen bei Industrie und Bürger gleichermaßen sinnvoll ist.

Das oben beschriebene Problem der nicht verursachergerechten Umlage der variablen Kosten im Falle des Wegbruchs des industriellen Einleiters bzw. deutlichen Reduktion der industriellen Abwassermenge bleibt auch beim gesplitteten Maßstab bestehen, so daß aufgrund der erhöhten Gewichtung der industriellen Einleiter im System im Vergleich zu den Bürgern der oben beschriebene vereinfachte Lösungsansatz analog zu den **Gleichungen 9 und 10** angestrebt werden sollte. Es ist hier nur zusätzlich eine Differenzierung in Kostenanteile für Schmutz- und Regenwasser vorzunehmen.

➤ **Abwasserbehandlung (Sektor III)**

Die **Kostenumlage für die Abwasserreinigung** (Sektor III) soll die tatsächlichen Kostenstrukturen abbilden, um sowohl Verursachergerechtigkeit herzustellen als auch Steuerungsmöglichkeiten zu erschließen [Grünebaum, T. (2001)]. Folgende Elemente haben sich dabei als sinnvoll erwiesen:

- Kostenumlage für das **häusliche Schmutzwasser** in pauschalierter Form für jeden Einwohner ohne weitere Differenzierung, oder über den gemessenen Trinkwasserverbrauch.

Eine undifferenzierte Vorgehensweise ist insofern gerechtfertigt, als die Abwassermenge für die Abwasserbehandlung eine nur untergeordnete Rolle spielt und die einwohnerspezifischen Frachten von relevanten Abwasserinhaltsstoffen bei häuslichem Schmutzwasser nicht gesondert zu erheben sind. Eine Pauschalgebühr für Trinkwasser ist demgegenüber zu vermeiden, da die Kosten

für die Trinkwasserversorgung in stärkerem Maße abhängig vom Verbrauch sind. Bei einer verbrauchsunabhängigen Kostenumlage bestünde zudem die Gefahr der Trinkwasserverschwendung und der damit einhergehenden negativen Folgen wie Kapazitätsengpässe, Kostensteigerung usw.

- Kostenumlage für die **Niederschlagswassermitbehandlung** auf der Kläranlage über die an die Kanalisation angeschlossene befestigte Fläche im Rahmen der gesplitteten Gebührenerhebung.

Hierbei ist zu beachten, daß die Kostenumlage für die dezentrale Niederschlagswasserbehandlung im Kanalnetz (Regenüberlaufbecken, Stauraumkanäle) innerhalb des Sektors II in ähnlicher Weise (s.u.) erfolgt. Die für die Kostenumlage erhobenen, befestigten, an die Kanalisation angeschlossenen Flächen schließen die öffentlichen Flächen (Straßen, Plätze, Wege) für die Kostenumlage mit ein.

- Kostenumlage auf die **sonstigen (Indirekt-) Einleiter** nach den kostenrelevanten, emittierten Abwasserinhaltsstoffen und ggf. auch –eigenschaften. Hierzu gehören insbesondere:
 - * Organische Stoffe, gemessen als Chemischer Sauerstoffbedarf CSB, ggf. mit Berücksichtigung der Abbaubarkeit (vorzugsweise über das CSB/BSB₅-Verhältnis).
 - * Abfiltrierbare Stoffe, vorzugsweise über den mineralischen Anteil zur Vermeidung einer Doppelberücksichtigung mit dem CSB.
 - * Phosphorverbindungen.
 - * Stickstoffverbindungen, sowohl reduzierter als auch oxidierter Stickstoff.
 - * Ggf. sonstige kostenrelevante Abwasserinhaltsstoffe (z. B. Schwermetalle) oder -eigenschaften (z.B. stoßweiser Abwasseranfall, hoher Tensid- oder Salzgehalt o.ä.). Die Kostenumlage erfolgt üblicherweise über die eingeleiteten Jahresfrachten.
- Berücksichtigung besonderer Kostenvorteile oder Erschwernisse bei der Abwasserbehandlung durch eine Bonus/Malusregelung (z. B für erhöhten Fremdwasseranteil/hohe Abwassertemperaturen im Winter o.ä.).

Während die Kostenumlage für das häusliche Schmutzwasser bei der Abwasserbehandlung wegen der allgemeinen festen Zusammenhänge (in statistischem Rahmen) zwischen Abwassermenge und Verschmutzungsgrößen auch weiterhin in pauschalisierter Form – ohne Differenzierung in fixe und variable Kosten – erfolgen kann, sollte bei der Veranlagung der industriellen (Indirekt-)Einleiter eine Trennung in fixe und variable Anteile vorgenommen werden, da veränderte industrielle Rahmenbedingungen hinsichtlich Abwassermenge und –zusammensetzung sich deutlich stärker auf die Kostenstrukturen und somit auch auf die Kostenumlage auswirken.

Die Kostenumlage für die (Indirekt-)Einleiter sollte – wie zuvor beschrieben – grundsätzlich nach den kostenrelevanten, emittierten Abwasserinhaltsstoffen (z.B. CSB-, N-, P-Fracht etc.) sowie deren Eigenschaften erfolgen. Dies ist bereits mehr oder weniger durch die Abwasserverbände in die Praxis umgesetzt worden.

Die Forderung nach Fixkosten- und variablen Anteilen bedeutet eine Aufspaltung der bei der Behandlung der industriellen Abwässer anfallenden Kosten ($K_{ges.,i}^{III}$) (vgl. **Abbildung 6-11**):

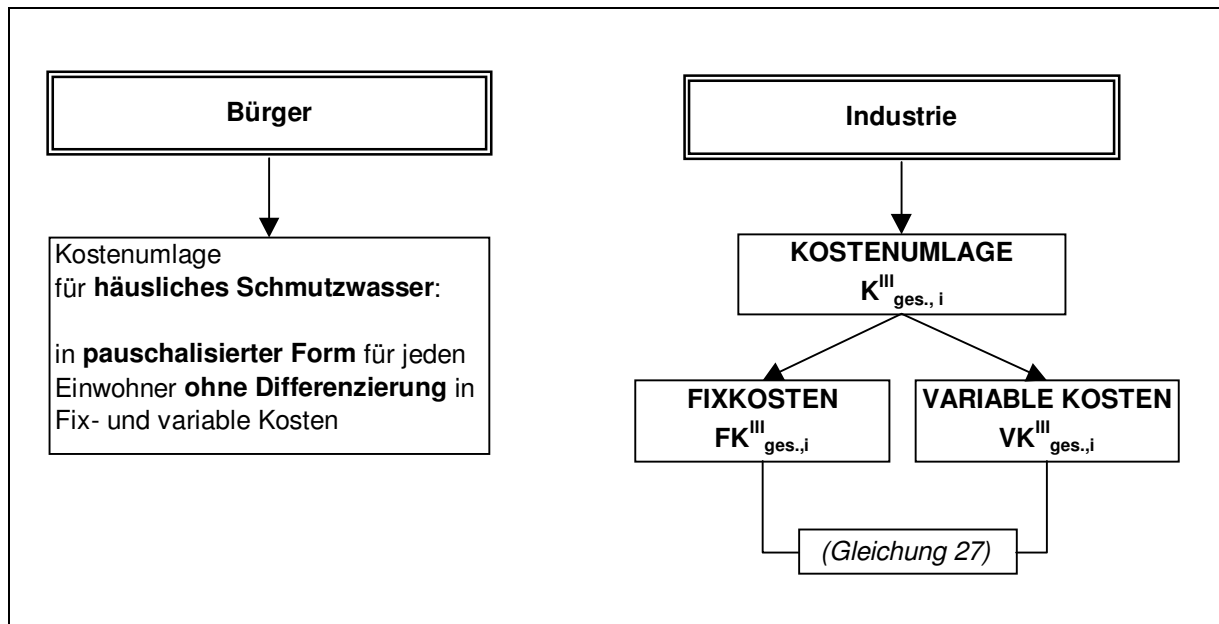


Abbildung 6-11: Kostenumlage im Sektor III (Abwasserbehandler)

$$K_{ges.,i}^{III} = FK_{ges.,i}^{III} + VK_{ges.,i}^{III}$$

Gleichung 27

mit:

$K_{ges.,i}^{III}$ = für die Behandlung der industriellen Abwässer insgesamt anzusetzenden Kosten [DM/a]

$FK_{ges.,i}^{III}$ = für die Abwasserbehandlung der Industrie anfallenden Fixkosten [DM/a] als Funktion der emittierten Abwasserinhaltsstoffe (z.B. CSB-, N-, P-Fracht etc.)

$VK_{ges.,i}^{III}$ = für die Abwasserbehandlung der Industrie anfallenden variablen Kosten [DM/a] als Funktion der emittierten Abwasserinhaltsstoffe (z.B. CSB-, N-, P-Fracht etc.)

Sowohl die Fixkosten $FK_{ges.,i}^{III}$ als auch die variablen Kosten $VK_{ges.,i}^{III}$ sind über entsprechende Bewertungseinheiten B_{Fix} bzw. $B_{variable}$ als Funktion der emittierten Abwasserinhaltsstoffe/-frachten auf die industriellen Einleiter umzulegen.

Die Veranlagung des einzelnen Industriebetriebes erfolgt dann entsprechend den jeweils für den Betrieb einzusetzenden Bewertungseinheiten für B_{Fix} und B_{variable} . Durch Multiplikation mit den spezifischen Kostensätzen in DM/B_{Fix} bzw. DM/B_{variable} ergibt sich der zu entrichtende Beitrag an den Abwasserbehandlungsanlagenbetreiber.

6.2.4 Besonderheiten der Gebührenbetrachtungsweise

Aus den Überlegungen des **Kapitels 6.2.2** ergibt sich, daß z.B. beim Ansatz pauschaler Gebühren auch Unterfinanzierungen sich einstellen können. Dies gilt auch bei ausfallenden Einleitungen industrieller Ableiter oder bei Änderung gesetzlicher Vorschriften – Stichwort: Niederschlagswasserversickerung.

Wie auf solche Gebührenauffälle zu reagieren ist, wird im Einzelfall zu überprüfen sein.

Im Fall der Unterfinanzierung durch zu niedrig pauschalisierte Gebühren geht es darum, die Pauschale zu erhöhen, so daß ein Ausgleich über die Zeit gefunden werden kann. Ergibt sich die Unterfinanzierung aus Investitionsmaßnahmen aufgrund sich wandelnder wasserwirtschaftlicher Anforderungen, wird die Umsetzung über Zwischenfinanzierung fixer Kosten möglich und die Anpassung sicher auch begründbar sein. Hier wird zu überlegen sein, ob dies eine Maßnahme ist, die Industrie und Bürger gemeinsam treffen, oder nur den einen oder anderen Partner im Abwassergeschehen.

Ist die erforderliche Investition für die wasserwirtschaftliche Maßnahme zwar volkswirtschaftlich sinnvoll, aber für eine der beteiligten Gruppen nachteilig, so erscheint es angeraten, über Bonusregelungen den volkswirtschaftlichen Vorteil im Gesamtsystem mit dem (betriebs)wirtschaftlichen Nachteil des Einzelnen zu verrechnen. Voraussetzung ist, daß hierfür die **haushaltsrechtlichen Rahmenbedingungen** zur Verfügung stehen. Wenn nicht, sollten sie geschaffen werden – dies auch im Hinblick auf den eventuell zuständigen Gesetzgeber. Dies gilt auch für Rücklagenbildungen in den Haushalt über 3 Jahre hinaus, wenn eine wasserwirtschaftlich bedingte Maßnahme bereits absehbar ist.

Hat die Anpassung ein finanziell größeres Ausmaß, sollte auf der Seite des Gesetzgebers geprüft werden, ob durch flankierende finanzielle Maßnahmen Unterstützungen gewährt werden können.

Aus den Überlegungen im **Kapitel 6.2.3** ergibt sich, daß bei der Verwirklichung der Grundsätze einer optimierten Umlage von Kosten der Abwasserbeseitigung im Regelfall zunächst Unterschiede zwischen verbandsgebundenen und –ungebundenen Kommunen entstehen.

Bei der verbandsfreien Kommune muß daher als erstes die Aufteilung in Kosten der Abwasserableitung (Sektor II) und der Abwasserbehandlung (Sektor III) erfolgen. Weiter ist exakt die jeweilige Wassermengenermittlung in der Aufteilung

- Schmutzwasser und Schmutzwasserqualität
- Niederschlagswasser

vorzunehmen. Hierbei ist auf Unterschiede zwischen Bevölkerung und Industrie (Indirekteinleiter) zu achten. Die jeweiligen Kostenverursachungen sind ebenfalls zu erfassen. Hiernach ist es möglich und sinnvoll, die Kostenumlage in einem gesplitteten Maßstab durchzuführen. Auf die Anteile von fixen und variablen Kosten ist hierbei besonders zu achten und dies im Umlagemaßstab zu berücksichtigen. Die genaue Beachtung dieser Vorschläge ist umso wichtiger, je größer der Anteil industrieller und gewerblicher Einleiter am Gesamtabwasserstrom ist.

Ist die Kommune in einen Abwasserreinigungsverband eingebunden, werden die Abwasserbehandlungskosten nicht immer in der Form angeboten, wie sie bei einer verursachergerechten Umlage weitergegeben werden müßten. Hier sollte darauf hingewirkt werden, daß dies möglich wird.

7 ALLGEMEINE HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

7.1 Kostenorientierte Erfassung der vorhandenen Abwasserbeseitigung und Optimierung des Umlagesystems

7.1.1 Zielsetzung von Erfassung und Optimierung der Kostenumlage

Abwassergebühren sind oft genug eine Quelle der Unzufriedenheit beim Bürger oder auch der betroffenen Industrie. Ursache ist häufig das Gefühl einer ungerechten Behandlung oder auch die Feststellung, daß Abwasserkosten wieder einmal gestiegen sind. Dies tritt auch dann auf, wenn die Zuwächse gleichmäßig in Anpassung an steigende Anforderungen nur mäßig erhöht wurden, aber auf der Ertragsseite Defizite auftauchen.

Erster Schritt zur Beseitigung des Unmuts ist auf der Seite der Abwasseranlagenbetreiber die Suche nach den Ursachen und, daraus abgeleitet, wenn möglich ein Kostenkorrektiv einzuführen. Sicher wird es nicht gelingen, jedem einzelnen Einleiter in die Kanalisation die Kosten nach dem Wirklichkeitsprinzip zuzuweisen, sondern es wird immer darum gehen, in einem **Wahrscheinlichkeitsmaßstab**, der möglichst dicht an der Kostenentstehung orientiert ist, eine **Kostenverteilung** auf die Nutzer einer Abwasseranlage durchzuführen. Dabei wird es zwangsläufig zu mehr oder weniger gravierenden Ungerechtigkeiten kommen, die aber nie so groß sein sollten, daß die **grundsätzliche Akzeptanz** hierfür verlorengeht. Solche Ungerechtigkeiten müssen bei jahrzehntelang gewachsenen Abwasserbehandlungssystemen nicht immer ursprünglich auch vorhanden gewesen sein; sie können sich im Laufe der Weiterentwicklung des Abwassersystems auch erst ergeben haben und schließlich sogar die Zumutbarkeitsgrenze überschreiten.

Wichtig ist es also, die **Verursachergerechtigkeit einer Abwassergebühr** ständig zu beobachten und bei Bedarf auch weiterzuentwickeln. Dies bedingt die Erfassung des wasserwirtschaftlichen IST-Zustandes, die Schaffung von **Kostentransparenz** und hierauf aufbauend die Weiterentwicklung bzw. Optimierung eines verursachergerechten Kostenumlagesystems. Es versteht sich, daß sowohl der wasserwirtschaftliche Rahmen mit den Zielvorgaben der Abwasserreinigung wie auch die rechtlichen Hintergründe einer verursachergerechten Kostenumlage beachtet werden. Eine verursachergerechte Kostenumlage bewirkt bei den Betroffenen den Eindruck einer gerechteren Behandlung und im Umweltgeschehen gleichzeitig eine Steuerung der anstehenden Maßnahmen. Dabei müssen allerdings die Umlagesysteme es ermöglichen, bei besonderen Belastungen mit Gebührenerhöhungen zu reagieren und bei Entlastungen ggf. auch Gebührenerlässe zuzulassen. Ein für solche Maßnahmen erforderlicher Handlungsspielraum muß – so nicht vorhanden – geschaffen werden.

Nachfolgende Handlungsempfehlungen können nicht für alle Fälle gleichgewichtig sein. Auch werden sie teilweise nur in Stichworten wiedergegeben, die im Einzelfall hinsichtlich ihrer Relevanz zu prüfen sind.

7.1.2 Erfassung der vorhandenen Abwasserbeseitigungssituation

Ausgangspunkt jeder Optimierungsmaßnahmen muß eine sorgfältige **Aufnahme aller Anlagen zur Abwasserbeseitigung** sein. Dies gilt sowohl für einen Industriebetrieb, der seine Wasserwirtschaft von der Zapfstelle des Wassers bis zur Abgabestelle des Abwassers genau kennen muß, als auch für den Betreiber von Abwasseranlagen, der den Abwasserweg von der Entstehungsstelle bis zur Einleitung in das Gewässer genau kennen muß.

Im kommunalen Bereich wird ein vorhandener Generalentwässerungsplan sowie ein Abwasserbeseitigungskonzept den Einstieg in eine solche Betrachtung liefern. Vorhandene Bestandspläne werden weiteren Aufschluß geben. Wo sie nicht vorhanden sind, wird es nötig sein, diese zu erstellen. Dabei reicht es nicht aus, nur eine technische Beschreibung der Einrichtungen einschließlich der damit verbundenen Belastungszustände zu dokumentieren. Es ist auch wichtig, Angaben über Funktion, Alter und noch zu erwartende Lebensdauer der Einrichtungsteile mit in Betracht zu ziehen.

Bei der Analyse des IST-Zustandes wird man sehr bald zu der Erkenntnis gelangen, daß **die Abwasserbeseitigungsanlage Teil der gesamten Wasserwirtschaft** ist. Hierbei spielt das Wasserdargebot der Wasserversorgung wie auch das Abwasser aufnehmende Gewässer eine Rolle. Dieses Geschehen der Abwassertechnik findet statt innerhalb des Einzugsgebietes eines Gewässers, dessen Grenzen nicht mit den zufällig vorhandenen politischen Grenzen übereinstimmen müssen. Es ist also auch Aufgabe, über die politische Einheit, in welcher sich die Abwasseranlage befindet, in das Umfeld hereinzuschauen und Wechselwirkungen mit dem Umfeld zu berücksichtigen.

Innerhalb des so beschriebenen Einflußraumes geht es nunmehr darum, die **Topographie des Einzugsgebietes** näher zu durchleuchten und mit der als Abwasseranlage betrachteten Einheit abzugleichen. Wichtig ist es, wasserwirtschaftlich wirksame Verhältnisse, wie Gefälleverhältnisse, Versickerungsmöglichkeiten, Abflußregime genauer zu untersuchen und auch den Gütezustand der vorhandenen Vorfluter in die Betrachtungen mit einzubeziehen.

In diesem Rahmen wird es nunmehr darauf ankommen, **Abwassererzeuger**: Einwohner und Industrie, **Flächennutzung**: Besiedelte, verdichtete, landwirtschaftlich genutzte, forstwirtschaftlich genutzte ..., festzustellen und deren **Niederschlags-/Abflußrelevanz** zu beachten. Während bei den Einwohnern im Durchschnitt von etwa gleichen Abwasserbelastungsgrößen ausgegangen werden kann, ist bei der Industrie branchenbezogen und auch größenorientiert Erhebliches an Unterschieden zu erwarten. Aber auch die **Organisationsstruktur** der Abwasseranlagen ist von Bedeutung. Kommunen, Abwasserverbände und private Abwasserbeseitiger werden nach unterschiedlichen Gesetzmäßigkeiten und Hierarchien gelenkt. Das gilt für die Strukturen der Abwasserableitung auf den Grundstücken, in öffentlichen Sammlern bis hin zu den Abwasserreinigungsanlagen. Bei der Erfassung des Ausgangszustandes empfiehlt es sich, wie in **Kapitel 4.2** beschrieben, vorzugehen. Hier ist eine **sektorale Aufgliederung** in

- Abwassererzeuger (Sektor I – Industrie/Bürger)
- Abwasserableiter (Sektor II – Kommune) und
- Abwasserbehandler (Sektor III- Kommune/Verband)

genannt. Das abwasserwirtschaftliche Vorgehen findet in einem breiten Rahmen statt, der unter **Kapitel 4.4 „Einflußgrößen“** umfassender beschrieben ist. Entsprechend der sektoralen Aufteilung (siehe oben) sind Zwänge infolge technischer sowie wirtschaftlicher Vorgaben vorhanden. Von Bedeutung sind insbesondere die monetär bewertbaren Einflußgrößen wie

- industrielle Abwassermenge (X_{Qi}),
- angeschlossene Einwohner (X_E) oder
- die abflußwirksame Fläche (X_{Ared}).

Diese sind gleichzeitig Basis auch von Betrachtungen, die über den IST-Zustand hinausgehen.

7.1.3 Analyse der Kosten

Um wie gewünscht entstehende Kosten möglichst verursachergerecht umlegen zu können, muß zunächst **Kostentransparenz** geschaffen werden. Bei der Herstellung der Kostentransparenz ist in **fixe, quasi-fixe und variable Kosten** zu unterteilen, wie unter **Kapitel 5** des Berichtes einleitend beschrieben. Wie im Laufe der Untersuchungen die Beispiele in **Kapitel 5** verdeutlicht haben, sind es häufig die fixen Kosten, die das Gebührenregime dominieren. Sie verursachen eine Kapitalbindung, die auch erst dann wieder aufgelöst werden kann, wenn die Bauwerke abgeschrieben sind. Die Kapitalbindung ist besonders hoch bei den Ableitungssystemen, deren Lebensdauer auf 50 und mehr Jahre einzuschätzen ist. Auch die Abschreibungsdauer ist für derartige Zeiträume definiert. Bei Abwassersystemen mit langen Kanälen wird demzufolge auch der Fixkostenanteil besonders hoch sein. Ist ein Kanalsystem (Sektor II) oder auch eine Kläranlage erst einmal gebaut, werden sich quasi-fixe Kosten über den notwendigen Personalbestand einstellen, unabhängig davon, wie sich die Erzeugerbelastungen (Sektor I) ändern. Variable Kosten werden im wesentlichen auf der Kläranlage bedeutsam, wo zunehmende Abwasserbelastungen einen mehr oder weniger großen Energiebedarf oder auch einen mehr oder weniger großen Chemikalienverbrauch verursachen können.

Insgesamt wird es wichtig sein, all diese Kostenarten hinsichtlich ihrer Bedeutung als Jahreskosten – speziell für die fixen und quasi-fixen Kosten – und als laufende Kosten – speziell für die variablen Kosten – herauszustellen.

7.1.4 Verursachergerechte Kostenumlage

Entsprechend den unterschiedlichen Anteilen der genannten Kostengruppen an den Entstehungskosten ist zu **unterscheiden zwischen Umlagemaßstäben**, die für eine **Abwasserreinigungsanlage** und solche, die für eine **Abwasserableitungsanlage** gedacht sind.

Eine weitere Unterscheidung besteht in der **Art der Umlagemaßstäbe**:

- eine Erfassung insbesondere der fixen Kosten, wobei eine Nachbelastung bei sich ändernden Verhältnissen denkbar ist. Insbesondere gehören die quasi-fixen Kosten in diese Kategorie.
- eine Erfassung insbesondere der variablen Kosten durch Abwassergebühren, teilweise durch Kosteneinheiten, teilweise durch pauschalisierte Jahresgebühren realisiert.

Um sowohl Verursachergerechtigkeit herzustellen als auch Steuerungsmöglichkeiten zu erschließen [Grünebaum, T. (2001)], soll die **Kostenumlage für die Abwasserreinigung** (Sektor III) die tatsächlichen Kostenstrukturen abbilden. Folgende Elemente haben sich dabei als sinnvoll erwiesen:

- Kostenumlage für das **häusliche Schmutzwasser** in pauschalierter Form für jeden Einwohner ohne weitere Differenzierung, oder über den gemessenen Trinkwasserverbrauch (**Kap. 6.2.3**).
- Kostenumlage für die **Niederschlagswassermitbehandlung** auf der Kläranlage über die an die Kanalisation angeschlossene befestigte Fläche im Rahmen der gesplitteten Gebührenerhebung (**Kap. 6.2.3**).
- Kostenumlage auf die **sonstigen (Indirekt-) Einleiter** nach den kostenrelevanten, emittierten Abwasserinhaltsstoffen und ggf. auch –eigenschaften (**Kap. 6.2.3**).
- Berücksichtigung **besonderer Kostenvorteile** oder **Erschwernisse** bei der Abwasserbehandlung durch eine Bonus/Malusregelung (z. B für erhöhten Fremdwasseranteil/hohe Abwassertemperaturen im Winter o.ä.).

Wie in **Kapitel 6.2** erläutert, ist dann in einem weiteren Schritt zur Abbildung der tatsächlichen Kostenstrukturen eine Aufspaltung in fixe und variable Kostenanteile vorzunehmen. Dies dient einerseits der **Kostentransparenz** als Akzeptanzfaktor, andererseits der Möglichkeit, bei der **Umlage** in Erschließungsbeiträge und variable Gebühren aufzusplitten.

Bei der **Abwasserableitung (Sektor II)** ist die Abwassermenge die dominierende Maßstabsgröße. Sie setzt sich zusammen aus einem Schmutzwasseranteil, einem Niederschlagswasseranteil und dem Fremdwasser.

Das **Fremdwasser**, in der Vergangenheit hinsichtlich der Abwassermenge in der gleichen Größenordnung wie das Schmutzwasser eingeschätzt, soll nach und nach aus dem Kanalnetz verschwinden und wird womöglich neue Ableitungswege gehen. Diese werden anteilig in der Regel direkt dem Grundstückseigentümer als Verursacher bei gemeinschaftlicher Ableitung, aber auch anteilig einer separaten Gemeinschaft mit verursachergerechter Verteilung auf die Vorteilsnehmer anzulasten sein. Ähnlich könnte auch mit separat anfallenden zentralen Versickerungskosten umgegangen werden.

Hinsichtlich der abzuleitenden **Schmutz- und Niederschlagswassermengen** hat sich in der Zwischenzeit weitgehend der **gesplittete Maßstab** durchgesetzt. Hier kann der bisher häufig auch für das Niederschlagswasser angewendete **Frischwassermaßstab** nun als eine Komponente allein für das Schmutzwasser herangezogen werden. Für die Industrie muß dann im Fall produktionsbedingter Verdunstung oder Ausschleusung aus dem Wasserkreislauf als Produktanteil (Getränke) über eine Wassermengenmessung nachgedacht werden. Bei der Berücksichtigung von **Niederschlagswassermengen** kann die **befestigte Fläche** einen guten Verteilungsmaßstab darstellen, ggf. auch unter Berücksichtigung von Anteilen, die nicht das Kanalnetz erreichen (d.h. versickern ...). Je nach Situation des Ableitungssystems (Mischsystem, Trennsystem, Abwasserspeicherung, Regenbecken, ggf. auch zentrale Versickerungsanlagen) muß bei der Abwasserableitung modifiziert werden.

Soweit nur die Kosten häuslichen Ursprungs aus der Abwasserreinigung (Kostenumlage Sektor III) oder diejenigen aus der Abwasserableitung häuslicher Einleiter umgelegt werden müssen, läßt sich auf der Basis der genannten Ansätze meist eine einfache Formel entwickeln. Hierbei kann nach Einwohnern, einwohnerspezifischer Menge oder Wassermengenmessung der Wasserversorgung eine Verteilung vorgenommen werden. Bei der Regenwasserableitung und -behandlung ist der gesplittete Maßstab allerdings Stand der Technik und empfiehlt sich als Einsatzgröße.

Die gegenwärtige Gesetzgebung schreibt bei der Umlage der Kosten für die Abwassermaßnahmen Gleichbehandlung vor [Kommunalabgabengesetz (1969,1991)]. Wie in **Kapitel 6.2** dargestellt, wird eine **langfristige Fixierung** des Umlagebetrags im Sektor II den tatsächlichen Kosten nicht gerecht. Entsprechend entstandener fixer und variabler Kosten sollten diese **in der Gebühr durch eine feste und eine variable Komponente** eingebunden werden. Hierzu müssen Formeln (s. **Kapitel 6**) entwickelt werden, die in der **Grundstruktur additiv fixe und variable Kosten** des Gesamtobjekts zusammenfügen und sich auf die veranschlagte/gemessene Abwassermenge beziehen. Für den einzelnen Bürger bzw. industriellen Einleiter können **einmalig** zum Zeitpunkt des Anschlusses an die Kanalisation Erschließungskosten hinzukommen.

Veränderungen der Abwasserverhältnisse können dazu führen, daß bei einer pauschal festgelegten Gebühr **Überschüsse oder Defizite** entstehen (vgl. **Kapitel 6**). Überschüsse sind nach bisherigem Gesetz innerhalb von 3 Jahren abzubauen. Defizite müssen durch Erhöhung der Gebühren ausgeglichen werden.

Insgesamt sollte mehr **Flexibilität bei der Kostenumlage ermöglicht werden, um Fehlentwicklungen in abwasserwirksamen Maßnahmen zu vermeiden**. Schwerwiegender noch als bei gewachsener, im „Gleichgewicht“ befindlicher Strukturen wirkt sich mangelnde **Flexibilität der Kostenumlage** im Fall von gravierenden wasserwirtschaftlich wirksamen Maßnahmen aus, die in allen drei Sektoren gleichermaßen auftreten können. Dies wird in den folgenden Kapiteln weiter erläutert.

7.2 Kostenoptimierung bei Veränderung der Randbedingungen im Abwasserbeseitigungssystem

7.2.1 Zielvorgaben der Kostenoptimierung

Wasserwirtschaftliche Zielvorgaben sind durch den **Gesetzesrahmen** vorgegeben. Mit der Umsetzung der **EU-Wasserrahmenrichtlinie** kommt ein weiteres Kostenargument in den Gesetzesrahmen, das bislang in der Deutlichkeit noch nicht vorhanden war. Dabei darf nicht übersehen werden, daß die Kommunalgesetze in der Vergangenheit bereits Vorgaben gemacht haben, die zu mehr oder weniger verursachergerechten Wahrscheinlichkeitsmaßstäben bei der Kostenumlage Anlaß waren. Abwassersysteme sind aber dynamische Gebilde, die durch menschliche Aktivitäten, aber auch durch meteorologische Gegebenheiten ständig Veränderungen unterliegen. Einmal getroffene Festlegungen müssen an die sich ergebenden Änderungen angepaßt werden. Dabei ist das wasserwirtschaftliche Anforderungsprofil als Leitgröße anzusehen, das in die Überlegungen eingehen muß, wobei bereits dieses aber auch nicht statisch zu sehen ist. Wichtig ist, daß Veränderungen in wasserwirtschaftlichen Anforderungsprofilen, die **Veränderungen bei Abwasseranlagen** nach sich ziehen, **auch Kosten hervorrufen**. Diese Kosten entstehen in unterschiedlichen Sektoren der Abwasserbeseitigung in unterschiedlichem Umfang. Die Zusammenhänge sind in **Kapitel 2** dargestellt.

Aber nicht nur der gesetzliche Rahmen sondern insbesondere **Veränderungen in der besiedelten Fläche** werden Veränderungen auch bei Abwassersystemen und damit bei der Kostenentstehung hervorrufen. Solche Anlässe können die Erweiterung der besiedelten Flächen oder die Schaffung neuer Industriestandorte sein. Dabei wird erkennbar, daß die Raumplanung und die Flächennutzungsplanung eine gewisse **Planungssicherheit** verschaffen, nicht aber allein ausreichend Planungssicherheit liefern. In Bezug auf die Abwassersysteme ist es daher von Bedeutung, sowohl schon bei der Auswahl neuer Industriestandorte als auch bei der Erweiterung der vorhandenen Industrie über die Auswirkungen im wasserwirtschaftlichen Bereich nachzudenken. Dies bezieht ausdrücklich auch die hieraus resultierenden Kosten und die Kostenumlage mit ein.

Umgekehrt können **Fortschritte des technischen Erkenntnisstands** der Abwassertechnik bei gleicher oder verbesserter wasserwirtschaftlicher Effektivität auch zu **Kostenentlastungen** führen. Dies ist nicht mittel- oder langfristig planbar, sollte aber ggf. zu Reduzierungen bei der Kostenumlage führen.

Wie bereits in **Kapitel 7.1.1** beschrieben, gibt es Anlaß, selbst im gewachsenen Gleichgewichtszustand über Kostenumlagemechanismen nachzudenken. Dies gilt um so mehr, wenn sich die Randbedingungen im Abwasserbeseitigungssystem ändern. Bereits in **Kapitel 7.1.1** wurde dargestellt, daß es sich bei der Dynamik der Abwasserbeseitigungssysteme um verschiedene Akteure handelt, die in ihren Maßnahmen mehr oder weniger gut miteinander organisatorisch verzahnt sind. Die Erfassung der Ausgangssituation mit Beschreibung der Beteiligten ist in **Kapitel 4.2** dargestellt. Nun können konzertiert oder isoliert die Beteiligten wasserwirtschaftlich wirksame Maßnahmen einleiten, deren

Umfang nicht immer deutlich wird. Solche Wirkbereiche sind in **Kapitel 4.3** näher dargestellt. Hieraus wird die Notwendigkeit deutlich, bei **wasserwirtschaftlich relevanten Maßnahmen die Beteiligten in Kontakt miteinander zu bringen** und einen **Informationsaustausch** herbeizuführen, damit die **Verantwortlichen** die notwendigen Maßnahmen, **sowohl am wasserwirtschaftlichen wie auch am Kostenoptimum orientiert**, ihre **Entscheidungen treffen** können.

Kapitel 4.4 liefert eine Sammlung von **Einflußgrößen**, die teilweise zu Änderungen führen können, teilweise aber auch den rechtlichen Rahmen abstecken, in welchem die Veränderungen ablaufen können. Insbesondere wird herausgestellt, daß es Änderungsgrößen gibt, die sich monetär bewerten lassen und solche, die dies nicht sind. Als monetär bewertbare Einflußgrößen werden als Varianten herausgestellt:

- die industrielle Abwassermenge (X_{Qi})
- die angeschlossene Einwohnerzahl (X_E)
- die abflußwirksame Fläche (X_{Ared}).

Als nicht durch eindeutige Kostenfunktionen monetär bewertbare Einflußgrößen sind beispielhaft aufgezählt:

- Steuerungs- und Regelungskonzepte einer Kanalnetzbewirtschaftung
- Standortwahl der Industrie
- Art des Kanalnetzes.

Diese müssen als Einzelerfassung in die Betrachtung eingehen. Hierzu zählt auch die Einflußgröße der Verschiebung von Anforderungen.

Für die Einflußgrößen, bei denen eine modellmäßige Beschreibung im Formelzusammenhang möglich ist, sind in **Kapitel 4.5** Instrumente zur kostenmäßigen Erfassung entwickelt worden (sektorale Jahreskosten und Superposition zur Bestimmung des volkswirtschaftlichen Gesamtkosten-Optimums), und in **Kapitel 4.6** ist dargestellt, welche Größen durch diese Instrumente in Fallbeispielen untersucht wurden. In **Kapitel 5** sind die Fallbeispiele dargestellt, wobei einleitend, wie bereits in **Kapitel 7.1** erwähnt, die Methodik der Schaffung von Kostentransparenz bei den unterschiedlichen Kostenarten wiedergegeben ist.

Die in den Fallbeispielen untersuchten Szenarien und die hieraus resultierenden Empfehlungen werden im folgenden Kapitel wiedergegeben.

7.2.2 Handlungsempfehlungen aus den Fallbeispielen – Abwassermengenänderung

Die Veränderungen der Abwassermengen (auch der Schmutzfrachten) können bei allen drei Kostengruppen (fixe, quasi-fixe und variable Kosten) wirksam werden. Dies gilt besonders für Maßnahmen im Bereich der Industrie. Deswegen ist es wichtig, diese Größe bei der Industrie im Rahmen von Produktionsänderungen zu verfolgen. Dies gilt auch für die Erschließung von Bebauungsgebieten für

Industrie und Bevölkerung. Aus der Analyse der Ergebnisse läßt sich keine einheitliche Empfehlung ableiten. **Handlungsempfehlungen bedürfen der genaueren Erfassung der Ursachen der Wassermengenänderung** und lassen sich auch entsprechend der regionalen Unterschiede nur als Einzelfallempehlung aussprechen.

Generell läßt sich aber doch festhalten, daß Kostenuntersuchungen bei Wassermengenvariation sinnvollerweise auf der Basis von **Prognosen** stattfinden. Je genauer solche Prognosen zu erfassen sind, desto leichter wird auch der Kosteneinfluß aus Wassermengenänderung einzuschätzen sein. Prognosen werden Aussagen zu „Normalentwicklungen“, aber auch Maxima und Minima (Spannweite der Variation) der möglichen Abwassermengen als Auslegungsbasis für Abwasseranlagen beinhalten. Damit ist es möglich, entsprechend den Rahmenanforderungen die regional unterschiedlich sein können, Anlagen modellhaft zu konzipieren und Kostenfunktionen zur Einschätzung der ökonomischen Auswirkungen abzuleiten.

Die erforderliche Vorgehensweise zur Ermittlung der Einflüsse ist in **Kapitel 4** vom Grundsatz her erläutert und in **Kapitel 5** in den unterschiedlichen Beispielen ausgeführt worden. Hieraus läßt sich, für den jeweiligen Anwendungsfall angenähert, auch eine Übertragbarkeit der jeweiligen Vorgehensweise abschätzen und damit ein Lösungsweg zur Ermittlung der Einflußparameter finden. Dies gilt grundsätzlich auch für die weiteren monetär bewertbaren Anwendungsfälle der Fallbeispiele.

Im Fallbeispiel A.1 wurde untersucht, welche Kostenkonsequenzen die Mengenvariation der Abwassermengen eines Unternehmens der Papierindustrie mit eigener Abwasserreinigungsanlage auf den Betrieb einer kommunalen mechanischen Reinigungsanlage und der damit verbundenen kombinierten industriellen und kommunalen biologischen Abwasserreinigung verursacht. Es geht im Hintergrund um die Fragestellung, inwieweit sich durch eine gemeinschaftliche Behandlung der Abwässer aus Industrie und Wohnbevölkerung ein synergetischer Effekt der Kostenreduzierung ergeben kann.

Mit der gleichen Zielrichtung wurde der im Fallbeispiel A.1 untersuchte Industriebetrieb im Fallbeispiel B.1 in eine andere Kommune verlegt, um die Ergebnisse aus A.1 durch B.1 abzusichern. Das Resultat zeigt, daß in den untersuchten Fällen die **Gemeinschaftskläranlage sich als volkswirtschaftlich sinnvoll** darstellt. Hieraus läßt sich als **Handlungsempfehlung** ableiten, daß in solchen Fällen kostenmäßig immer untersucht werden sollte, ob eine gemeinsame Behandlung von kommunalem und industriellem im Abwasser volkswirtschaftlich sinnvoll ist oder ob eher eine getrennte Behandlung der Abwässer unterschiedlichen Ursprungs zur ökonomisch besseren Lösung führt. Als für die Untersuchung bedeutsam muß gesagt werden, daß es sich bei der Betrachtung um Abwässer handeln muß, die in einem gleichartigen System (mechanisch-biologisch) in kommunalen Systemen behandelbar sein müssen.

Dies hat zur weiteren Konsequenz, daß ein Weg gesucht werden muß, um die **Akteure rechtzeitig zur Erörterung von Prognosen und Rahmenbedingungen zusammenzuführen**, in welchem organisatorischen Rahmen dies auch immer geschehen mag.

Das Abwassersystem besteht aus Kläranlage und Kanalisation. Entwässert ein Industriebetrieb über die Kanalisation, handelt es sich um eine Indirekteinleitung. Diese Situation verdient eine weitere Betrachtung. Das Kanalsystem kann in der Form eines Trennsystems oder eines Mischsystems ausgebaut sein. Beim **Mischsystem** ist es üblicherweise so, daß die Dimensionen der Kanalisation maßgeblich durch die Niederschlagswassermenge bestimmt werden. Die **Schmutzwassermengen**, häusliche oder industrielle, **spielen für die Wahl der Rohrdurchmesser oder Pumpeinrichtungen eine nachrangige Rolle**. Dieser Zusammenhang läßt sich aus Dimensionierungsüberlegungen der Kanalisation ohne weiteres ableiten, was zur **Handlungsempfehlung** führen muß, daß **im Falle einer vorhandenen Mischkanalisation primär auch das industrielle Abwasser im gemeinschaftlichen Kanal abgeleitet werden sollte**.

Einschränkungen können sich daraus ergeben, daß

- sich Abwasserinhaltsstoffe im Kanalsystem ablagern, die hinsichtlich der Räumung kostenwirksam werden können,
- bei bestimmten Stoffen über die Abschlagsbauwerke unzulässige Frachten in die Gewässer abgeleitet werden, was bei den Gewässerschutzanforderungen gesondert betrachtet werden muß,
- reaktive Abwässer abgeleitet werden, die im Kanal dafür sorgen, daß sich sowohl dort als auch auf der Kläranlage (Geruchsemissionen, Behandelbarkeit) unzuträgliche Zustände einstellen.

Auch diese würden sekundär zu einem erhöhten Kostenaufwand führen, sind aber dem Einflußbereich Abwasserqualität zuzuordnen (siehe auch nachfolgendes Kapitel).

Beim **Trennsystem** liegt der Fall ähnlich, allerdings mit geringerer Ablagerungsneigung der absetzbaren Stoffe. Eine **gemeinschaftliche Ableitung** wird im Hinblick auf den Abwassertransport in der Regel zu ökonomisch sinnvolleren Lösungen führen als zwei getrennte Kanäle, je einen für Industrie oder Kommune. Allerdings wird sich häufig herausstellen, daß in solchen Fällen der Industrieabwasseranteil an der Schmutzwassergröße höher sein kann als das sonst abfließende kommunale Abwasser. Dies hat den Kosteneinfluß, daß Zuschaltungen eines größeren Industriebetriebes zur Neuverlegung von Abwasserleitungen führen können, während der Wegfall eines größeren Industriebetriebes hinsichtlich der Kostenübernahme Probleme bringen kann. Solche Situationen sind in den Fallbeispielen nicht untersucht worden, sind jedoch bedenkenswert.

Bei den Überlegungen einer gemeinsamen Ableitung industrieller und kommunaler Abwässer darf die Berücksichtigung der **unterschiedlichen Reaktivität der eingeleiteten Abwässer** nicht fehlen. Hierauf wird im nächsten **Kapitel 7.2.3** noch eingegangen.

Wassermengenänderungen können auch durch Maßnahmen verursacht sein, die sich nicht im industriellen Bereich abspielen, sondern durch Niederschlagswasser bedingt sind. Dies geschieht bei **Niederschlagswasser-Bewirtschaftung** (Entsiegelung, Versickerung, Nutzung), die insgesamt zu einer Entlastung des Kanalnetzes führt (Beispiel A.5 und B.3). Insbesondere bei Neuplanungen oder

in den Fällen, in welchen im bestehenden Netz für Reserven gesorgt werden muß, sollte über eine Niederschlagswasser-Bewirtschaftung nachgedacht werden. Wenn ein Kanal entsprechend einer Flächennutzungsplanung mit großem Durchmesser bereits für die gesamte Niederschlagswassermenge ausgelegt ist, kann sich ein gegenteiliger Effekt einstellen, d.h. das investierte Kapital kann durch ein wassermengenorientiertes Gebührenaufkommen nicht refinanziert werden. Die **Handlungsempfehlung** lautet, **diesen Fall entsprechend den regionalen Gegebenheiten kostenmäßig zu untersuchen.**

Wassermengenreduzierungen sind darüber hinaus bei **Industriebetrieben** zu sehen, welche die **Kreislaufführung** innerhalb des Wasserregimes benutzen. Der Einfluß der daraus vermindert abgeleiteten Wassermengen auf das allgemeine Kostenregime ist jedoch gering, vielmehr sind die Auswirkungen bei dem stofflich orientierten Abschnitt (**Kapitel 7.2.3**) als gravierender zu finden.

Ähnliches gilt für den **Wegfall von Industriebetrieben** innerhalb eines größeren Abwassersystems. Auch hier hat sich nach der Fallbeispielentwicklung (A.4 und B.4) die stärkere Relevanz bei der stofflichen Betrachtungsweise eingestellt.

7.2.3 Handlungsempfehlungen aus den Fallbeispielen – Änderung der Abwasserzusammensetzung

Die zweite **kostenverursachende Komponente** bei der Abwasserbeseitigung ist die **Verschmutzung**. Sie wirkt sich teilweise bereits bei der Ableitung aus, wenn es um Ablagerungen in der Kanalisation, um hieraus entstehende Geruchsprobleme und um Abwasserentlastung bei Regenüberläufen in Mischsystemen geht. **Ablagerungen** verursachen erhöhte Betriebskosten **beim Kanalsystem**. Abschlänge in die Vorfluter führen ggf. zu zusätzlichen Maßnahmen der Zurückhaltung (Bau von Beckenvolumina). Leicht abbaubare Abwasserbestandteile, meist industriellen Ursprungs, führen bei Druckleitungen häufig zu **Geruchsemissionen**, deren Bekämpfung besondere Maßnahmen mit besonderen Kosten verursachen.

Bei der anschließenden Abwasserreinigung ist die Normalität der Abwasserbehandlung die Reinigung häuslichen Abwassers in mechanisch-biologischen Kläranlagen. Der dort stattfindende Reinigungsprozeß kann unverändert weitergeführt werden, wenn Abwasser industriellen Ursprungs eine ähnliche Zusammensetzung aufweist wie häusliches Abwasser. Eine entsprechende Vergrößerung der Systeme ist jedoch aufgrund der **anwachsenden Frachten** in Betracht zu ziehen. Möglicherweise muß die Verfahrenstechnik jedoch auch geändert werden.

Industrieabwasser kann auf den Normalprozeß stimulierend oder hemmend einwirken. **Stimulierend** bedeutet in diesem Zusammenhang, dem Nitrifikations-/Denitrifikationsprozeß der biologischen Abwasserbehandlung fehlende organische Substanz aus industrieller Abwasserableitung zuzuführen. Erschwernisse tauchen auf, wenn z.B. zusätzliche Stickstoffverbindungen dem Abwasser beigemischt sind; diese können industrielle oder öffentliche (Deponie) Ursachen haben. Die Einleitung von industriellem Wasser in kommunale Abwasserbehandlungsanlagen kann andererseits auch **hemmend**

wirken, wenn das Abwasser nicht die zum biologischen Abbau notwendigen Komponenten enthält. Ggf. ist es dann notwendig, diese additiv hinzuzusetzen, wenn das vorhandene häusliche Abwasser diese nicht in ausreichendem Umfang zur Verfügung stellt.

All diese **Einflüsse sind bei der Abwasserreinigung kostenrelevant**, wirken teils entlastend, meist jedoch belastend bei der Kostenentstehung der Abwasserreinigung. Diese Einflüsse machen es notwendig darüber nachzudenken, inwieweit Schädlichkeit der Abwasserkomponenten durch Vorbehandlungsanlagen reduziert werden kann oder besondere Stoffe des Abwassers gerade nicht durch Vorbehandlungsstufen eliminiert werden, weil sie sich im Abwasserbehandlungsprozeß als nützlich erwiesen haben. Hier gilt es, sowohl ein wasserwirtschaftsrelevantes als auch ein kostenrelevantes Optimum herauszufinden.

Grundsätzlich ist immer zu prüfen, ob eine gemeinsame oder getrennte Behandlung von häuslichem und Industrieabwasser sinnvoll ist, was in den meisten Fällen zu einer **gemeinsamen Behandlung** führen dürfte.

Bei der Durchrechnung der Fallbeispiele hat sich herausgestellt, daß es Fälle gibt, in welchen unbedingt eine **Vorbehandlungsanlage** errichtet werden muß, solche in welchen sie sich verbietet und schließlich solche, bei denen eine Vorbehandlungsanlage erst ab einer bestimmten Abwassermenge sinnvoll ist (Fallbeispiel B.4 – Galvanik-Industrie). Ein Beispiel, in welchem unbedingt eine Vorbehandlung erforderlich ist, liefert der Fall B.2. Dies liegt hier aber nicht an der Unbehandelbarkeit des anfallenden Abwassers, sondern an der entsprechenden Auslegung der vorhandenen Kläranlage. In allen anderen untersuchten Fallbeispielen hat sich keine Notwendigkeit zur Erstellung einer Vorbehandlungsanlage ergeben. Vorbehandlungsanlagen für die Elimination gefährlicher Stoffe liegen außerhalb des hier diskutierten Problemkreises.

Die Qualität des Abwassers kann bei **Industriebetrieben** intern durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen beeinflußt werden; hierzu zählen **Mehrfachnutzung und Kreislaufführung des Abwassers**. Bei der Abwasserableitung entstehen ggf., wie bereits bei Abwassermengenbetrachtungen erwähnt, Ablagerungen und erhöhte Geruchsemissionen, die kostenverursachend einzuschätzen sind. Auf der Kläranlage sind die Einflüsse in der Regel unbedeutend, da die Frachten konstant bleiben (Fallbeispiel A.4). Als **Handlungsempfehlung** für die jeweils Betroffenen muß hier formuliert werden, daß, bevor die Kreislaufführung eingeführt wird, die **Auswirkungen auf Kanal und Kläranlage untersucht** werden sollten, damit unter dieser Prämisse ein Kostenoptimum gefunden werden kann. Die Handlungsempfehlung kann wegen der Unterschiedlichkeit der einzelnen Maßnahmen nur im Einzelfall konkretisiert werden. Die Vorgehensweise kann gemäß **Kap. 4.6, Methodik, und Kap. 5, Fallbeispiele (A4)** näher festgelegt werden.

Ein weiterer denkbarer Störfaktor ist der plötzliche Wegfall von größeren Abwasserfrachten industriellen Abwassers (Fallbeispiele A.2, A.4, B.2 und B.4). Dies kann zu gravierenden Beeinträchtigungen des Verfahrens der Abwasserreinigung führen, wenn die eingeleiteten Frachten bei der Auswahl des

Verfahrens bereits berücksichtigt wurden. **Abhilfe** kann in solchen Fällen eine **flexiblere Investitionspolitik** bedeuten. Zusätzlich muß ansonsten eine neue Verfahrenstechnik gefunden werden, die dem jetzt zufließenden Abwasserstrom Rechnung trägt. Dies ist üblicherweise gleichfalls mit **Kosten** verbunden, die **von der Gemeinschaft getragen** werden müssen. Eine Abhilfe könnte durch **Einführung von Bürgschaften** über **Vertragsgestaltungen** erfolgen. Eine Alternative wäre die Einrichtung eines üblicherweise nicht gewünschten Reservefonds.

Die im Vorfeld formulierten Ziele sind somit nicht in jeder Hinsicht erreicht.

7.2.4 Handlungsempfehlungen bei Änderung der Rahmenbedingungen bzw. bei gravierenden wasserwirtschaftlichen Maßnahmen

Maßnahmen der Abwasserbeseitigung resultieren aus Anforderungen der Hygiene oder einer intakten Umwelt. Hieraus werden Anforderungen abgeleitet und im gesellschaftlichen Konsens gesetzlich festgelegt. Die hieraus resultierenden abwassertechnischen **Maßnahmen sind kostenrelevant**. Dies betrifft sowohl Maßnahmen im Kanalisationsbereich als auch im Abwasserbehandlungsbereich bis hin zu Maßnahmen der Reststoffentsorgung (siehe auch **Kapitel 7.1.1**).

Anforderungen können sich ändern, wie in den Jahrzehnten des Baus der Kläranlagen leicht nachzuvollziehen ist. Dies hat auch zu sich ständig wandelnden Verfahrenstechniken bzw. abwassertechnischen Komponenten geführt. Eine so verursachte Änderung der Kosten muß zu erhöhten Abwassergebühren führen, die aber, wenn der gesellschaftliche **Konsens** hergestellt ist, nicht vermeidbar, allenfalls optimierbar sind. Hierzu bedarf es eines allerdings vorhandenen vorbereitenden **Abstimmungsverfahrens**, bei welchem die **Akteure sich jetzt unter Einbeziehung des Gesetzgebers** verständigen.

Gelegentlich fallen Entscheidungen in diesem Zusammenhang kurzfristig, wie die Beschlüsse zur Verschärfung der Nährstoff-Eliminierung im Anschluß an das nicht damit zusammenhängende Robbensterben oder die Herausnahme des Grünlands z.B. bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Klärschlamm in der Folge der Dioxin-Diskussion. Hierbei entsteht das ökonomisch wirksame Problem, daß Entscheidungswege für die Verschärfung von Anforderungen zeitlich kürzer sind als die Lebensdauer bereits bestehender Anlagen. Als **Handlungsempfehlung** kann an dieser Stelle ausgesprochen werden, daß im Hinblick auf eine ökonomisch sinnvolle Kostenplanung entsprechend lange **Übergangsfristen** eingeräumt werden, so sie denn tolerierbar sind. Andererseits sind die Planungszeiträume abwassertechnischer Maßnahmen auch nicht gerade als kurz einzuschätzen. Der Betreiber der Anlagen weiß häufig über die Lebensdauer Bescheid und muß sich nach deren Ablauf auf eine Erneuerung einstellen. Immer wieder finden in solchen Zeiträumen Änderungen der rechtlichen Rahmenbedingungen statt. Hier sollte auch beim Betreiber genügend Flexibilität vorhanden sein, um sich auf solche neuen Anforderungen einzustellen.

Diese Überlegung leitet über in die Fragestellung einer **generellen Planungssicherheit**. Sie ist in Verbindung zu setzen mit der **Prognose** der Bevölkerungs- und Industrieentwicklung und hieraus

resultierend die entsprechenden Abwasserbelastungen. Wünschenswert ist es, bei allen solchen Planungsmaßnahmen sich, d.h. die jeweils Betroffenen rechtzeitig zum Informationsaustausch zusammenzusetzen, so daß eventuelle Fehlplanungen möglichst frühzeitig erkannt und somit auch vermieden werden können. Sind Entscheidungen in dieser Hinsicht getroffen, so empfiehlt es sich, über **vertragliche Bindungen ggf. finanzielle Absicherungen** zu schaffen. Immer werden solche Überlegungen begleitet sein müssen, wie die Kostenentstehung bei gegebenen Anforderungen vermieden werden bzw. der Kostenaufwand zu einem Minimum geführt werden kann.

An dieser Stelle muß erneut über eine Umlage der entstehenden Kosten nachgedacht werden. Ein „Normalzustand“ hat sich als Ausgangslage eingependelt (siehe auch **Kapitel 7.1.4**). Finden jedoch, wie in **Kapitel 7.2** insgesamt beschrieben, gravierende Änderungen statt, ist umso mehr Anlaß gegeben, über die Gebühreumlage nachzudenken und sie ggf. anzupassen.

Werden bei **Neuansiedlung von einem Industriebetrieb** Versickerungsmaßnahmen in größerem Umfang geplant (Sektor I), bedeutet dies eine Erhöhung der Investitionskosten vor Ort, bei gleichzeitiger Entlastung des Sektors II (Abwasserableitung) und des Sektors III (Abwasserreinigung). Hier könnten **Bonusregelungen** helfen, um beim Industriebetrieb nicht die vordergründig kostengünstigere Lösung der Ableitung der Abwässer ohne diese Maßnahme zu forcieren. Diese müßten und könnten in den beiden Umlagearten „Erschließungskosten“ oder „Abwassergebühren“ wirksam werden. Die Gesetzgebung sieht solche Regelungen vor, die Praxis läßt solche Lösungen erkennen, die Rechtsprechung ist jedoch uneinheitlich. Hier sollte über Gesetzgebung und Satzung mehr Transparenz und Einheitlichkeit geschaffen werden. Es muß möglich sein, zur Schaffung des volkswirtschaftlichen Optimums bei Einhaltung oder Verbesserung der Umweltstandards Kostenverteilungslösungen zu finden, die sich nicht immer an einem pauschalisierten Wahrscheinlichkeitsmaßstab orientieren, sondern in besonderen Fällen auf rechtlich sicherer Basis der tatsächlichen Verursachung oder auf die dem tatsächlichen Vorteil angepaßteren Kostenumlage der Einzelmaßnahmen zurückzugreifen.

Literaturverzeichnis

- Abwasserverordnung (AbwVO) (1999):** Verordnung über Anforderungen an das Einleiten in Gewässer, Fassung vom 9. Februar 1999, BGBl. I 1999, S. 86
- ARA-BER:** AbwasserReinigungsAnlagen-Berechnung Bemessungsprogramm der RWTH Aachen
- ATV (1989)** Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichen für kommunales Abwasser
Arbeitsblatt ATV A 201, 1989
- ATV (1992):** Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen
Arbeitsblatt ATV A 128, April 1992
- ATV (1995):** ATV-Handbuch: Bau und Betrieb der Kanalisation, 4. Auflage
Ernst & Sohn Verlag, 1995
- ATV (1996):** Sicherstellung der Qualität und Wirtschaftlichkeit bei der Planung und Bauüberwachung von Anlagen zur Abwasser- und Abfallentsorgung
Merkblatt ATV-M 601, April 1996
- ATV (1998 a):** Durchgängige Kostenplanung und –steuerung bei kommunalen Kläranlagen
Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 8.1.1
„Kostenanalyse und –steuerung“
Korrespondenz Abwasser, 1998 (45), Nr. 3, S. 556-572
- ATV (1998 b):** Stand und Finanzierung der Abwasserentsorgung
Ergebnisse der ATV-Umfrage 1998
ATV-Schriftenreihe, Band 14
- ATV (1999):** Kostenstrukturen der Klärschlammbehandlung und –entsorgung
Arbeitsbericht der ATV-Arbeitsgruppe 3.1.5
„Kostenstrukturen der Klärschlammbehandlung und –entsorgung“
Korrespondenz Abwasser, 1999 (46), Nr. 5, S. 806-814
- ATV-DVWK (2001):** Kostenstrukturen bei der Abwasserentsorgung
Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe WI-1.1
„Kostenstrukturen in der Abwassertechnik“
Korrespondenz Abwasser, 2001 (48), Nr. 1, S. 102-103
- ATV-DVWK (2001 a):** Berücksichtigung abzugsfähiger Wassermengen bei der Abwassergebührenberechnung
Arbeitsbericht der ATV-DVWK-Arbeitsgruppe IG-4.1
„Technisch-wissenschaftliche Grundlagen der Gebührenermittlung für industrielle Benutzer öffentlicher Abwasseranlagen“
Korrespondenz Abwasser, 2001 (48) Nr. 5, S. 700-705
- Bäumer, K. A. (2000):** Erhaltungsaufwendungen für Kläranlagen unter dem Aspekt der Kostenminimierung
Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Band 177, S. 11/1-11/10
- Bode, H. (1998):** Anmerkungen zu den Kosten der Abwasserreinigung in Deutschland
Korrespondenz Abwasser, 1998 (45), Heft 10, S. 1937-1946
- Bornemann, C.,
Londong, J.,
Schmidt, M.,
Werthmann, U.,
Ries, T.,Kernalides, E.
(2001):** Nutzung von Synergieeffekten durch den Verbund einer industriellen und einer kommunalen Kläranlage
gwf Wasser/Abwasser, 2001 (142), Nr. 6, S. 423-428
- Doedens, H.,
Kettern, J. T. (1995):** Verursachergerechte Abwasser- und Abfallgebühren – Anspruch und Wirklichkeit
Erich Schmidt Verlag, 1995

- Europäisches Parlament (2000)** Richtlinie 2000/60 des Europäischen Parlaments und des Rates zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik
Abl. L 327/1 vom 22.12.2000
- Evers, P.
Grünebaum, T.
Wilde, J. (1999):** Leistungskennzahlen als Grundlage für vergleichende Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen in der Siedlungswasserwirtschaft
gwf Wasser/Abwasser, 140 (1999), Nr. 4, S. 253-258
- Grünebaum, T. (1993):** Stoffspezifische Kosten der kommunalen Abwasserreinigung
Gewässerschutz Wasser Abwasser, Band 139, S. 23/1-23/16
- Grünebaum, T. (2001):** Kostenstrukturen der Abwasserentsorgung – Abwägung von sektorbezogenen und ganzheitlichen Ansätzen zur Kostenminimierung
34. Essener Tagung, 2001
Gewässerschutz – Wasser – Abwasser, Band 184, S. 53/1-53/15
- IWB (2000):** Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards
Zwischenbericht an das Ministerium für Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (MUNLV) des Landes Nordrhein-Westfalen, erstellt vom IWB Gemeinnütziges Institut Wasser und Boden e.V., Bonn – Sankt Augustin – Siegen
- Halbach, U. (2001)** Preisindizes für Kläranlagen und Kanäle
wwt/awt, Heft 2/2001, S. 32
- Kaiser, R. (1999)** Ziele und Inhalt des ATV-Arbeitsblattes „Bemessungsgrundlagen für Abwasseranlagen“
Vortrag anlässlich des ATV-Seminars für die Abwasser- und Abfallpraxis am 29./30. November 1999 im BEW Essen
- Kommunalabgabengesetz (1969, 1991)** Kommunalabgabengesetz für das Land Nordrhein-Westfalen (KAG), vom 21.10.1969 (GV NW S. 610), z.g.d.G.v. 30.04.1991 (GV NW S. 214)
- Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) (1998):** Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien),
LAWA-Arbeitskreis Nutzen-Kosten-Untersuchungen in der Wasserwirtschaft,
Kulturbuchverlag Berlin GmbH
- Morgenschweis, G. (2000)** Wasserversorgung des Ballungsraumes Ruhrgebiet: Bisherige Entwicklung und gegenwärtige Struktur
aus: A. Hülster, K. Krämer & M. Lange (Hrsg.): Wasser – Nachhaltiges Management einer natürlichen Ressource
Ecomed-Verlag Landsberg 2000, S. 35-55
- MURL (1998):** Kosten der Abwasserreinigung im internationalen Vergleich
Studie im Auftrag des Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft (MURL) des Landes Nordrhein-Westfalen, vertreten durch den Bund für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V., durchgeführt von AEW-Plan GmbH, Köln
- N.N. (1991)** Allgemeine Güteanforderungen für Fließgewässer (AGA)
Entscheidungshilfe für die Wasserbehörden in wasserrechtlichen Erlaubnisverfahren
RdErl. D. Ministeriums für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 14.5.1991 – IV B 7 1571/11-30707,
Ministerialblatt für das Land NRW Nr. 42 v. 3. Juli 1991
- N. N. (1999):** Abwassergebühren in Europa
Dokumentation der Internationalen Konferenz am 26./27. Oktober 1999 in Berlin

- N.N (2000):** Statistisches Jahrbuch 2000, Fachserie 17, Reihe 7:
Preise für die Lebenshaltung
Herausgeber: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden;
Verlag: Metzler-Poerschel, Stuttgart
- N.N. (2001)** Entwicklung der Beiträge für die Wassermengenwirtschaft
Ausarbeitung des Veranlagungsbereiches des Ruhrverbandes Essen,
9.Januar 2001
- Pecher, K.-H. (1997):** Nutzungsdauer von Abwasseranlagen
FiW-Tagung am 7./8. Oktober 1997 in Aachen, Forschungsinstitut für Wasser- und Abfallwirtschaft an der RWTH Aachen e.V., S. 12/1-12/16
- Schöler, A.,
Rott, U. (2000)** Ermittlung von verschmutzungsabhängigen Abwassergebühren – Vergleich verschiedener Kalkulationsgrundlagen
Korrespondenz Abwasser, 2000 (47), Nr. 12, S. 1838-1845
- Schulze, D. (1997)** Die Vergleichskostenberechnung (Regiekostenberechnung) als Basis des Wettbewerbs
Korrespondenz Abwasser 1997 (44), Nr. 2, S. 278-281
- Wangenheim, U. von,
Kern, J. (1997)** Anwendung dynamischer Kalkulationsmethoden zur Ermittlung und Prognose kostendeckender Abwasserentgelte
Korrespondenz Abwasser 1997 (44), Nr. 2, S. 266-277
- Willmann, W. (2001)** Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards;
Vortrag anlässlich des 11. Siegener Kolloquiums Wasser und Abfalltechnik, 2.10.2001; Veröffentlichung in wwt/awt, Heft 1/2002
- Witte, H.,
Strunkheide, J.
(2000):** Kostenorientierte Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung
Vortrag anlässlich des 18. Bochumer Workshops Siedlungswasserwirtschaft am 21. September 2000, Ruhr-Universität Bochum
- Zippel, F. (1999):** Wasserhaushalt von Papierfabriken, 1. Auflage
Deutscher Fachverlag, 1999