

Forschungs- und Entwicklungsvorhaben

"Weiterentwicklung und Eichung der Instrumente zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung am Beispiel einer Kommune in NRW"

Abschlussbericht

Mai 2005

**Forschungs- und
Entwicklungsvorhaben:**

„Weiterentwicklung und Eichung der Instrumente zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung am Beispiel einer Kommune in NRW“

Auftraggeber:

Ministerium für Umwelt und Naturschutz,
Landwirtschaft und Verbraucherschutz
des Landes Nordrhein-Westfalen (MUNLV)
Schwannstraße 3
40476 Düsseldorf

Auftragnehmer:

Fachhochschule Köln
Claudiusstraße 1
50678 Köln
Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Rainer Feldhaus

**mit den
Kooperationspartnern:**

IWB Gemeinnütziges Institut Wasser und Boden e.V.
Bonn – Sankt Augustin – Siegen
Oelgartenstraße 18
53757 Sankt Augustin
Projektleitung: Dr.-Ing. Jörg Strunkheide
Bearbeitung: Dipl.-Ing. Mario Seibert
Dipl.-Ing. Marcus Rasel

und dem

Ruhrverband
Kronprinzenstraße 37
45128 Essen
Technische Variantenplanung für die
Teileinzugsgebiete einer Kommune in NRW
Projektleitung: Dipl.-Ing. Peter Lemmel
Bearbeitung: Dipl.-Ing. Klaus Lenkewitz
Dipl.-Ing. Andreas Böhnen

Projektbegleitung:

Abwasserinitiative Südwestfalen

Sankt Augustin, den:

Dr.-Ing. Jörg Strunkheide
(Vorsitzender und Geschäftsführer des IWB)

Vorwort

Der vorliegende Abschlussbericht des neuen Vorhabens knüpft an das erste Projekt der Abwasserinitiative Südwestfalen

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

an, welches im Februar 2002 mit Abschlussbericht übergeben wurde.

Durch eine Analyse vorhandener sowie fiktiver Wirksysteme aus Abwasserproduzenten und Abwasserbeseitigungspflichtigen wurden dort theoretische Handlungsempfehlungen entworfen, die es hier an Praxisbeispielen zu erörtern und weiterzuentwickeln galt.

In Kooperation mit der Fachhochschule Köln, unter Leitung von Professor Dr.-Ing. Rainer Feldhaus, sowie dem Ruhrverband konnte eine Lösung auf der Grundlage von praxisnahen Fallbeispielen gemeinschaftlich erarbeitet werden.

Der Abschlussbericht wurde vom IWB Institut Wasser und Boden e.V. in Sankt Augustin unter Leitung von Dr.-Ing. Jörg Strunkheide erstellt. Ferner wurde das im Bericht vorgestellte Berechnungsmodul zusammen mit einem Anwendungsleitfaden hier entwickelt.

Begleitet wurde die Abwicklung des Projektes durch den Beirat der Abwasserinitiative Südwestfalen.

Allen Projektbeteiligten sowie den teilnehmenden Kommunen und Industriebetrieben sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung gedankt.

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

Sankt Augustin, im Mai 2005

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

Inhaltsverzeichnis

1	<i>Einleitung</i> _____	1
2	<i>Veranlassung und Zielsetzung</i> _____	1
2.1	Ausgangssituation _____	1
2.2	Abgrenzung und Zielsetzung des (Nachfolge-)Projektes _____	6
3	<i>Anwendung der Handlungsinstrumente auf die Problemstellung der Kommune 5</i> _____	7
4	<i>Grundlagen der Fallbeispiele und notwendige Modifikationen zur Anwendung des entwickelten Modells</i> _____	8
4.1	Grundlagendaten der Sektoren I bis III _____	8
4.1.1	Sektor I - Abwassererzeuger _____	8
4.1.2	Sektor II - Abwasserableiter: Kommune 5 _____	9
4.1.3	Sektor III – Abwasserbehandler: Abwasserverband _____	11
4.2	Notwendige Modifikationen der Ausgangssituation zur Anwendung des entwickelten Modells _____	12
4.2.1	Auflösung der aktuellen Infrastruktur der Abwasserbeseitigung und fiktive Rückführung des Zielgebietes auf den Zustand vor dem Anschluss an die Zentralkläranlage _____	12
4.2.2	Reduktion der Ausbaugröße der Zentralkläranlage A.3 auf einen fiktiven Ausgangszustand _____	13
5	<i>Untersuchung der Fallbeispiele getrennt nach den Projektabschnitten A und B</i> _____	14
5.1	Fallbeispiel A.1 Fleischverarbeitende Industrie 1 / Kommune 5 / Abwasserverband _____	14
5.1.1	Veränderung der Einflussgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien _____	15
5.1.2	Auswirkung der Impulsgabe auf die Sektoren II und III _____	19
5.1.3	Gesamtjahreskostenentwicklung _____	26
5.1.4	Handlungsempfehlungen _____	32
5.2	Fallbeispiel A.2 Einwohner / Kommune 5 / Abwasserverband _____	33
5.2.1	Veränderung von Einflussgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien _____	33
5.2.2	Auswirkungen der Impulsgabe auf die Sektoren II und III _____	34
5.2.3	Gebühren und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I _____	37
5.3	Fallbeispiel B.1 Fleischverarbeitende Industrie 1 / Kommune 5 / Abwasserverband _____	39
5.3.1	Veränderungen der Einflussgrößen im Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien _____	39
5.3.2	Auswirkung der Impulsgabe auf die Sektoren II und III _____	41
5.3.3	Gesamtjahreskostenentwicklung _____	45

5.3.4	Gebühren und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	46
5.3.5	Handlungsempfehlung	51
5.4	Fallbeispiel B.2 Einwohner / Kommune 5 / Abwasserverband	52
5.4.1	Veränderungen der Einflussgrößen im Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien	52
5.4.2	Auswirkung der Impulsgabe auf die Sektoren II und III	52
5.4.3	Gebühren und Beitragsentwicklung in den Sektoren II und III und deren Rückwirkung auf den Sektor I	56
6	<i>Darstellung und Beurteilung der Fallbeispiele im Vergleich von Projektabschnitt A und B und Interpretation im Hinblick auf den rechenmodellgestützten Anwendungsleitfaden</i>	58
6.1	Vergleichende Betrachtung	58
6.2	Interpretation der Ergebnisse der Fallbeispieluntersuchung im Hinblick auf den rechenmodellgestützten Anwendungsleitfaden	60
7	<i>Zusammenfassung und Ausblick</i>	61
	<i>Zusammenstellung der im Rahmen der Anonymisierung verwendeten Bezeichnungen</i>	64
	<i>Literaturverzeichnis</i>	69
	Anhang [CD]	

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2-1:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES WIRKSYSTEMS AUS ABWASSERPRODUZENTEN (SEKTOR I), ABWASSERABLEITER (SEKTOR II) UND ABWASSERBEHANDLER (SEKTOR III)	2
ABBILDUNG 2-2:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER FIXEN, QUASI-FIXEN UND VARIABLEN KOSTEN	3
ABBILDUNG 2-3:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINER SPRUNGFUNKTION	4
ABBILDUNG 2-4:	SCHEMATISCHE DARSTELLUNG EINER KOSTENFUNKTION MIT KNICK	5
ABBILDUNG 4-1:	GEPLANTE UND Z.T. REALISIERTE FLIEßWEGE IM WIRKSYSTEM ZUM ZEITPUNKT DER UNTERSUCHUNG	11
ABBILDUNG 4-2:	MODIFIZIERTER IST-ZUSTAND ALS AUSGANGSPUNKT FÜR DIE FALLBEISPIELUNTERSUCHUNG	13
ABBILDUNG 5-1:	FIXE UND QUASI-FIXE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 1	15
ABBILDUNG 5-2:	VARIABLE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 1	16
ABBILDUNG 5-3:	JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) – SZENARIO 1	16
ABBILDUNG 5-4:	FIXE UND QUASI-FIXE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 2	17
ABBILDUNG 5-5:	VARIABLE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 2	18
ABBILDUNG 5-6:	JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) – SZENARIO 2	18
ABBILDUNG 5-7:	FLIEßWEGE IM WIRKSYSTEM – FALLBEISPIEL 1, PROJEKTABSCHNITT A	19
ABBILDUNG 5-8:	FIXE UND QUASI-FIXE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN IM SEKTOR II - SZENARIO 1 UND 2.....	20
ABBILDUNG 5-9:	VARIABLE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN IM SEKTOR II - SZENARIO 1 UND 2	21
ABBILDUNG 5-10:	JAHRESKOSTEN IM SEKTOR II – SZENARIO 1 UND 2	21
ABBILDUNG 5-11:	FIXE UND QUASI-FIXE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 1	23
ABBILDUNG 5-12:	VARIABLE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 1	23
ABBILDUNG 5-13:	JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III – SZENARIO 1	24
ABBILDUNG 5-14:	FIXE UND QUASI-FIXE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 2	25
ABBILDUNG 5-15:	VARIABLE ANTEILE DER JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 2	25

ABBILDUNG 5-16: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III – SZENARIO 2	26
ABBILDUNG 5-17: GESAMTJAHRESKOSTEN DER SEKTOREN I – III OHNE RÜCKWIRKUNG – SZENARIO 1 UND 2	27
ABBILDUNG 5-18: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 – SZENARIO 1	28
ABBILDUNG 5-19: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 – SZENARIO 2	28
ABBILDUNG 5-20: UMLAGE AUF DEN BÜRGER - SZENARIO 1	29
ABBILDUNG 5-21: UMLAGE AUF DEN BÜRGER - SZENARIO 2	29
ABBILDUNG 5-22: UMLAGE AUF DIE FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE - SZENARIO 1	30
ABBILDUNG 5-23: UMLAGE AUF DIE FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE - SZENARIO 2	31
ABBILDUNG 5-24: GESAMTJAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (MIT GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 1 UND 2	31
ABBILDUNG 5-25: GESAMTJAHRESKOSTEN DER SEKTOREN I - III - SZENARIO 1 UND 2	32
ABBILDUNG 5-26: FLIEßWEGE IM WIRKSYSTEM – FALLBEISPIEL 2, PROJEKTABSCHNITT A	34
ABBILDUNG 5-27: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR II – SZENARIO 1	35
ABBILDUNG 5-28: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR II – SZENARIO 2	36
ABBILDUNG 5-29: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 1	37
ABBILDUNG 5-30: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 2	37
ABBILDUNG 5-31: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 - SZENARIO 1	38
ABBILDUNG 5-32: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 - SZENARIO 2	38
ABBILDUNG 5-33: JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 1	40
ABBILDUNG 5-34: JAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (OHNE GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 2	41
ABBILDUNG 5-35: FLIEßWEGE IM WIRKSYSTEM - FALLBEISPIEL 1, PROJEKTABSCHNITT B	42
ABBILDUNG 5-36: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR II - SZENARIO 1 UND 2	43
ABBILDUNG 5-37: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 1	44
ABBILDUNG 5-38: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 2	45
ABBILDUNG 5-39: GESAMTJAHRESKOSTEN DER SEKTOREN I – III OHNE RÜCKWIRKUNG – SZENARIO 1 UND 2	46
ABBILDUNG 5-40: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 - SZENARIO 1	47

ABBILDUNG 5-41: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 - SZENARIO 2.....	47
ABBILDUNG 5-42: UMLAGE AUF DIE BÜRGER - SZENARIO 1	48
ABBILDUNG 5-43: UMLAGE AUF DIE BÜRGER - SZENARIO 2	48
ABBILDUNG 5-44: UMLAGE AUF DIE FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE - SZENARIO 1.....	49
ABBILDUNG 5-45: UMLAGE AUF DIE FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE - SZENARIO 2.....	50
ABBILDUNG 5-46: GESAMTJAHRESKOSTEN DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE (MIT GEBÜHREN UND VERANLAGUNG) - SZENARIO 1 UND 2	50
ABBILDUNG 5-47: GESAMTJAHRESKOSTEN DER SEKTOREN I - III - SZENARIO 1 UND 2.....	51
ABBILDUNG 5-48: FLIEßWEGE IM WIRKSYSTEM - FALLBEISPIEL 2, PROJEKTABSCHNITT B.....	53
ABBILDUNG 5-49: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR II - SZENARIO 1 UND 2.....	54
ABBILDUNG 5-50: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 1.....	55
ABBILDUNG 5-51: JAHRESKOSTEN IM SEKTOR III - SZENARIO 2.....	55
ABBILDUNG 5-52: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 - SZENARIO 1.....	57
ABBILDUNG 5-53: GEBÜHRENENTWICKLUNG DER KOMMUNE 5 - SZENARIO 2.....	57
ABBILDUNG 6-1: GESAMTJAHRESKOSTEN DER SEKTOREN I-III, SZENARIO 1 – PROJEKTABSCHNITT A UND B	59
ABBILDUNG 6-2: GESAMTJAHRESKOSTEN DER SEKTOREN I-III, SZENARIO 2 – PROJEKTABSCHNITT A UND B	59

Tabellenverzeichnis

TABELLE 4-1:	ABLAUFKONZENTRATIONEN DER VORBEHANDELTEN ABWÄSSER DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE.....	9
TABELLE 4-2:	MISCHKONZENTRATIONEN DES ABWASSERS DER WERKE 1 UND 2 DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE.....	9
TABELLE 4-3:	KLÄRANLAGEN MIT ANGESCHLOSSENEN EINWOHNERWERTEN.....	12
TABELLE 5-1:	MISCHKONZENTRATIONEN DES ABWASSERS DER WERKE 1 UND 2 DER FLEISCHVERARBEITUNGS-INDUSTRIE IM ABLAUF DES NACHGESCHALTETEN TROPFKÖRPERS.....	17

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 [€/a]
$K^{II}(X_i)$	Jahreskosten im Sektor II (Abwasserableiter) als Funktion von X_i [€/a]
$K^{III}(X_i)$	Jahreskosten im Sektor III (Abwasserbehandler) als Funktion von X_i [€/a]
$K_{ges.}(X_i)$	Gesamtkosten ($K^I(X_i) + K^{II}(X_i) + K^{III}(X_i)$) als Funktion von X_i [€/a]
ΔK	Kostensprung [€/a]
FK	Fixkosten [€/a]
VK	variable Kosten [€/a]
SW	Schmutzwasser
RW	Regenwasser
A	Ausgangszustand
S	Schwellenwert
FKP	Fixkostenpauschale bei der Kostenumlage [€/a]
VKG	variable Kostenanteile bei der Kostenumlage [€/a]
VG	spezifische variable Gebühr [€/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 [€/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 [€/a]
$FK^{II}_{ges. SW,A}$	für die Schmutzwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende Fixkosten im Ausgangszustand [€/a]
$VK^{II}_{ges. SW,A}$	für die Schmutzwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende variable Kosten im Ausgangszustand [€/a]
$FK^{II}_{ges. RW,A}$	für die Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende Fixkosten im Ausgangszustand [€/a]
$VK^{II}_{ges. RW,A}$	für die Regenwasserableitung insgesamt (Industrie und Bürger) im Sektor II anzusetzende variable Kosten im Ausgangszustand [€/a]
$K^{III}_{ges.,i}$	für die Behandlung der industriellen Abwässer insgesamt im Sektor III anzusetzende Kosten [€/a]
$FK^{III}_{ges.,i}$	für die Abwasserbehandlung der Industrie anfallende Fixkosten [€/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 [€/a] im Sektor III als Funktion der emittierten Abwasserinhaltsstoffe (z.B. CSB-, N-, P-Fracht etc.)

1 EINLEITUNG

Mit der Entwicklung eines stärkeren Umweltbewusstseins und dem Versuch, die Belastung der Gewässer auf ein „unkritisches Maß“ zu reduzieren, wurde durch große Investitionen in den Bereichen Planung, Bau und Betrieb der Abwasserbeseitigungssysteme ein hoher Qualitätsstandard erreicht. Die vielfach isoliert durchgeführten Maßnahmen hatten einen Anstieg der Gebühren zur Folge und belasten in zunehmendem Maße sowohl öffentliche als auch private Haushalte. Dagegen kann, je nach Gewichtung, auch zeitlich durch einen höheren technischen Standard sogar ein Kostenminimum im Wirksystem aus Abwasserproduzenten, Abwasserableitern und Abwasserbehandlern erreicht werden. Inwieweit der technische Ausbaugrad eine hohe Abwassergebühr zur Folge hat, ist im Einzelfall unter Abwägung aller Einflussfaktoren zu prüfen. Grundvoraussetzung ist einerseits die genaue Kenntnis der möglichen Einflussnahme (Impulse), andererseits sind es auch die möglichen Auswirkungen auf die übrigen Beteiligten in dem System.

2 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

2.1 AUSGANGSSITUATION

Im Rahmen des F&E-Vorhabens „Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards“ (Berichtslegung Februar 2002) wurden die Wirkmechanismen und Interdependenzen unterschiedlicher Systeme aus Abwasserproduzenten, Abwasserableitern und Abwasserbehandlern untersucht. Ziel war es, ein ganzheitliches Analyse- und Planungsinstrument zur Abstimmung der denkbaren technischen Maßnahmen zu entwickeln, um die Abwasserkosten zu senken. Um einen möglichst großen Praxisbezug herzustellen, war die Untersuchung auf Fallbeispielen aufgebaut.

Erfassung des Ausgangszustandes

Ausgangspunkt der Untersuchung war die Erfassung der vorhandenen abwassertechnischen Anlagen und die sich daraus ergebenden Kostenstrukturen des Ist-Zustandes. Hierbei wurde nach Kostenarten unterschieden in:

- **Fixkosten:**
i.d.R. kalkulatorische Kosten, wie Aufwendungen für Abschreibung (AfA) und Zinsen
- **Variablen Kosten:**
Kosten, die beim Betrieb der Anlage entstehen.

Die variablen Kosten wurden weiter untergliedert in:

- **quasi-fixe variable Kosten:**
Kosten die einer kurzfristigen Änderung nicht zugänglich sind, wie etwa Personalkosten
- **echte variable Kosten:**
Kosten, die durch die fluktuierenden Einflussgrößen (s.u.) kurzfristig beeinflusst werden.

Die Daten hierzu lieferten der Abwasserverband, ausgewählte Kommunen (10.000 bis 200.000 EW) und industrielle Einleiter (Papier-, Galvanik- und Fleischverarbeitungs-Industrie).

Ermittlung des Wirkmodells

Nach der Erfassung des Ausgangszustandes erfolgte die Ermittlung der Wirkbereiche. Hier wurde grundsätzlich herausgearbeitet, inwieweit sich wasserwirtschaftliche Veränderungen in einem Sektor auf die übrigen Sektoren auswirken. Die Untersuchung führte letztlich zu dem in Abbildung 2-1 dargestellten Wirksystem. Ausgehend von Impulsen in den einzelnen Sektoren ergeben sich Veränderungen in den jeweils anderen oder auch im selben Sektor.

Beispielsweise investiert ein indirekteinleitender Industriebetrieb mit großem Wasserverbrauch in eine Prozesswasserkreislaufführung und spart dadurch Wasser- und Abwassergebühren. Die betrieblichen Investitionen führen aber nicht zu Einsparungen in vergleichbarer Höhe bei der zuständigen Abwasserkörperschaft, denn diese muss die hohen Fixkosten der vorhandenen Anlagenteile weiterhin in der Kalkulation berücksichtigen. Da diese Kosten auf eine geringere Wassermenge und ggf. Schadstofffracht umgelegt werden müssen, ergeben sich umgekehrt für die verbliebenen Leistungsnehmer und den Industriebetrieb selbst höhere Ableitungsbeiträge.

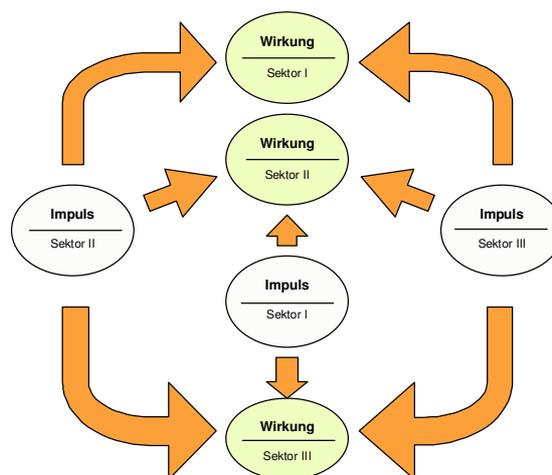


Abbildung 2-1: Schematische Darstellung des Wirksystems aus Abwasserproduzenten (Sektor I), Abwasserableiter (Sektor II) und Abwasserbehandler (Sektor III)

Ermittlung der Einflussgrößen

Im dargestellten Gefüge existiert, bedingt durch politische, strukturelle oder wirtschaftliche Vorgaben für die einzelnen Sektoren, eine Vielzahl von Schwellen und Zwängen. Veränderungen (Impulse) in den einzelnen Sektoren können dazu führen, dass diese Grenzen überschritten werden. Es galt nun herauszufinden, welche kostenwirksamen Einflüsse als Basis eines Optimierungsansatzes gelten konnten. Die Auswahl wurde letztlich auf die folgenden Größen begrenzt:

- die industrielle Wassermenge (X_{Qi})
- die angeschlossenen Einwohner (X_E)
- die abflusswirksame Fläche (X_{Ared})

Diese lassen sich als monetär bewertbare Einflussgrößen durch lineare Kostenfunktionen (s.u.) hinreichend genau abbilden.

Die funktional nicht darstellbaren Einflussgrößen, wie etwa Erwägungen hinsichtlich der Kanalnetzbe- wirtschaftung, wurden im Einzelfall in die Betrachtung mit aufgenommen, da sie zum Teil erhebliche Kosten verursachen können.

Definition der allgemeinen Kostenfunktionen

Die monetär bewertbaren Einflussgrößen lassen sich als Relation zu den Zahllasten durch eine Kostenfunktion im gesamten Variationsraum darstellen. Sie setzt sich zusammen aus den fixen und quasi-fixen Anteilen, deren Werte sich als konstante Funktion parallel zur Abszisse darstellen lassen, und den variablen Anteilen, die direkt abhängig von der Einflussgröße sind und mit ihr ansteigen/fallen (vgl. Abbildung 2-2). Der Graph der variablen Kosten verläuft stetig. Dahingegen kann die konstante Funktion entweder eine Unstetigkeitsstelle (Sprung) oder eine lokale Stetigkeit (Knick) aufweisen. Entsprechend werden die Funktionen bereichsweise definiert.

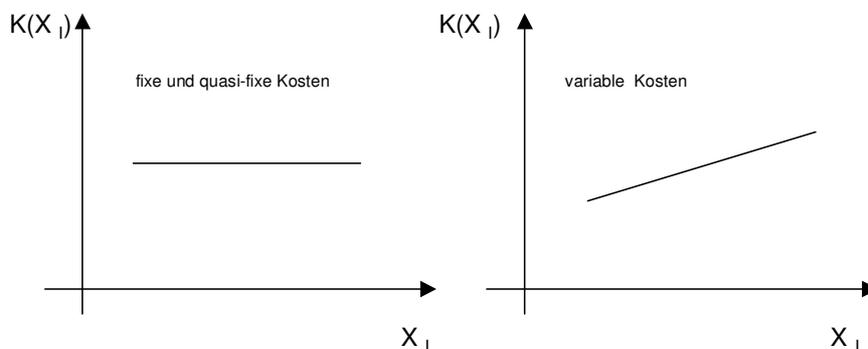


Abbildung 2-2: Schematische Darstellung der fixen, quasi-fixen und variablen Kosten

Je nach Ausgangssituation waren hier zwei unterschiedliche Varianten denkbar. Die eine Möglichkeit war, dass eine Impulsgabe in einem bestehenden System (z.B. durch Produktionsänderung oder Wegfall) erfolgte. Die zweite Möglichkeit war eine zusätzliche Belastung, wie sie etwa bei einer Betriebs- oder Einwohneransiedlung erfolgt. Entsprechend wurden im ursprünglichen Projekt zwei Fallbeispielgruppen untersucht.

- Fallbeispielgruppe A:

In dieser Fallbeispielgruppe wurden in vorhandenen Systemen die Auswirkungen von Impulsen abgeleitet. Die existierenden Randbedingungen haben durch eine meist auf einen Prognosezeitpunkt ausgelegte Anlagentechnik Reservekapazitäten. In diesen Grenzen konnte etwa die abgeleitete Industriewassermenge variieren, ohne dass in eine Anlagenerüchtigung investiert werden musste, sich also keine Änderung in den fixen und quasi-fixen Kosten ergab. Überschritt die geplante Produktionssteigerung die Schwellenwerte (hier der Ausbauzustand A), so trat infolge notwendiger Investitionsmaßnahmen ein Sprung in der jeweiligen Kostenkurve auf. In Abbildung 2-3 ist exemplarisch eine solche Funktion dargestellt.

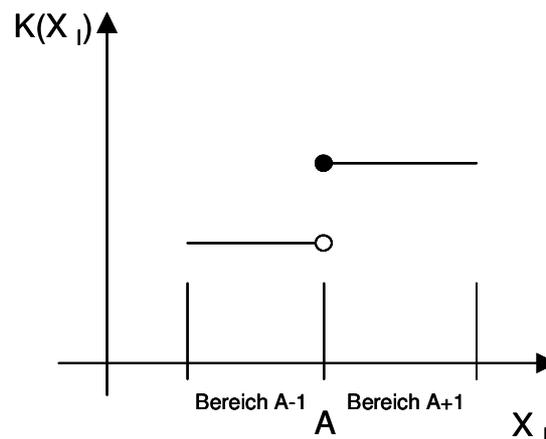


Abbildung 2-3: Schematische Darstellung einer Sprungfunktion

- Fallbeispielgruppe B:

In der Fallbeispielgruppe B wurden zusätzliche Belastungen simuliert, indem z.B. Betriebe fiktiv aus dem lokalen Zusammenhang herausgelöst und in ein anderes System eingebunden wurden. Für die Betrachtungen $X_{Qi} \rightarrow 0$ und $X_{Qi} \rightarrow \infty$ wurden mögliche Grenzstellen (bezogen auf den untersuchten Einflussfaktor) der Sektoren II und III ermittelt. Diese wurden als Stützstellen definiert und die Kosten separat für jede Funktionsstelle ermittelt. Die so ermittelten Punkte durften miteinander verbunden werden, da theoretisch beliebig viele Betriebe unterschiedlicher Wassermengen

aus dem gleichen Produktionszweig im Intervall zwischen zwei Funktionswerten hätten angesiedelt werden können. Durch evtl. erforderliche Ausbaumaßnahmen an den Stützstellen kann die Steigung der Geraden in den Intervallen unterschiedlich sein. Demzufolge kann an den Stützstellen ein Knick im Graphen entstehen (vgl. Abbildung 2-4).

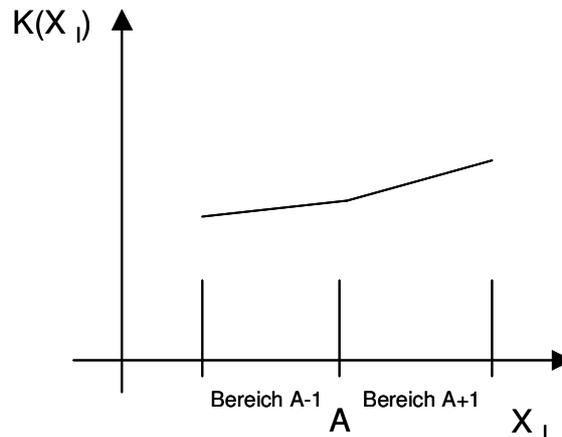


Abbildung 2-4: Schematische Darstellung einer Kostenfunktion mit Knick

Unabhängig davon ließen sich beide Kostenkurven vereinfacht aus dem idealisierten Ansatz

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

als Funktion erster Ordnung annehmen und stellen sich in folgender Form für jedes Intervall dar:

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

Fallbeispieluntersuchung - Eindimensionale Betrachtung

In zwei Projektphasen wurden die monetär bewertbaren Einflussgrößen im Wirksystem von Abwasserproduzenten (Sektor I), Abwasserableiter (Sektor II) und Abwasserbehandler (Sektor III) systematisch verändert und ihre Auswirkung auf das System bzw. ihre Rückwirkung auf den Impulsgeber ermittelt.

In der ersten Phase wurden in vorhandenen örtlichen Randbedingungen durch wasserwirtschaftliche Maßnahmen in der örtlichen Regenwasserbewirtschaftung bzw. relevante produktionsinterne Entscheidungen oder Maßnahmen im Sektor I die Auswirkungen auf die übrigen Beteiligten untersucht.

Hier wurde neben der Herausarbeitung der relevanten Einflussfaktoren im Wesentlichen deren Gewichtung innerhalb des Wirksystems geprüft.

In der zweiten Phase wurden Industriebetriebe fiktiv neu angesiedelt. Durch diese Neuansiedlung ergaben sich neue Problemfelder sowohl für die Kommunen als auch für die Industriebetriebe. So war etwa zu ermitteln, ob das bestehende Kanalnetz der neuen Anforderung genügen würde, oder ob die vorhandenen Abwasserbehandlungskapazitäten (Kommune/Abwasserverband) ausreichend wären.

Fallbeispieluntersuchung - Mehrdimensionale Betrachtung

Durch additive Verknüpfung der aus der eindimensionalen Betrachtung bereits bekannten Einflussgrößen ist im Rahmen einer mehrdimensionalen Betrachtung der wesentliche Untersuchungsparameter die zeitliche Komponente. Durch unterschiedliche zeitliche bzw. gleichzeitige Anordnung der Störimpulse aus den jeweiligen Sektoren ergibt sich entweder eine gegensätzliche oder eine gleichartige Wirkung auf das System. So können beispielsweise in einem System, in welchem die Entscheidung für oder wider eine Flächenabkopplung (Impuls Sektor II) zeitnah zu einer Produktionssteigerung in einem ansässigen Industriebetrieb (Impuls Sektor I) ansteht – beide Maßnahmen hätten eine Wirkung auf den Sektor II –, zunächst Reservekapazitäten im Kanalnetz durch die Flächenabkopplung bereitgestellt und der Zeitpunkt der Investition im Kanalnetz verzögert werden. Im umgekehrten Fall würde die Produktionssteigerung zu einer Erhöhung der kalkulatorischen Kosten im Sektor II durch den Ausbau des Kanalsystems führen. Damit würde sich eine theoretische Erhöhung der Gebühren ergeben. Wenn man nun die gedachten Flächen abkoppelte, würde die geringere abzuleitende Wassermenge obendrein zu einer Erhöhung der Abwassergebühren führen.

2.2 ABGRENZUNG UND ZIELSETZUNG DES (NACHFOLGE-)PROJEKTES

Diese, aus der theoretischen Analyse stammenden Handlungsabläufe und -instrumente galt es nun in dem vorliegenden Projekt an praktischen Problemstellungen zu eichen und weiterzuentwickeln. In der Fortsetzung des letzten Projektes wurden die anonymisierten Bezeichnungen, wie etwa Kommune 5, konsequent fortgesetzt. Eine Zusammenstellung der verwendeten Bezeichnungen befindet sich im letzten Abschnitt dieses Berichts.

Als Mitglied der Abwasserinitiative Südwestfalen hatte sich die Kommune 5 bereiterklärt, an der Eichtung und Weiterentwicklung der Instrumente zur ganzheitlichen Kostenoptimierung mitzuwirken.

Das Gebiet der Kommune mit seinen rund 67 km² weist topografisch bedingt neben dem Kerngebiet weitläufige Ortsteile und Streusiedlungen auf, die zum Teil an Ortsteilkläranlagen angeschlossen sind, oder in denen die Abwasserreinigung über kleine Kläranlagen und Kleinkläranlagen erfolgt. Der Kommune obliegt im Rahmen der Abwasserbeseitigung der Betrieb des Kanalisationsnetzes. Dieses um-

fasst eine Länge von ca. 100 km und ist als Misch- und Trennsystem verlegt. Die Abwasserreinigung erfolgt durch den Abwasserverband. Für die Kläranlagen, die rechtlich bedingt nicht in die Zuständigkeit des Abwasserverbandes fallen, existieren Überwachungsverträge.

Im Rahmen der Gebietsentwicklungsplanung stand nun die Entscheidung an, die dezentralen Entwässerungsstrukturen beizubehalten oder, wie auch letztlich erfolgt, die Abwässer im Rahmen des Zuleitungsausbaus zur Zentralkläranlage durch den Abwasserverband dorthin überzuleiten. Dies hatte im betrachteten Gebiet zu partiellen Umplanungen der Anschlüsse und zur Aufgabe vorhandener Kläranlagen und Betriebspunkte geführt, die zum Zeitpunkt der Projektarbeit teilweise bereits realisiert waren. Dennoch bietet das Projekt durch eine nachträgliche Betrachtung der Varianten die Möglichkeit des Nachweises für die Kommune 5, dass der Anschluss an die zentrale Kläranlage 1 eine wasserwirtschaftlich und ökonomisch sinnvolle Maßnahme in der integralen Betrachtungsweise unter Einbeziehung von Bevölkerungs-, Industrie- und Gewässerschutzbelangen darstellt. Der vorliegende Bericht beinhaltet im Wesentlichen die Ergebnisse dieser Untersuchung.

Die zusätzlichen Erkenntnisse aus dieser Untersuchung wurden gemeinsam mit den Handlungsinstrumenten des vorangegangenen Vorhabens (Fixkosten, variable Kosten, lineare Kostenfunktionen, Kostensprünge etc.) in ein Rechenmodell auf Datenbankbasis umgesetzt. Die Entwicklung dieses Modells inkl. des zugehörigen Anwendungsleitfadens bilden den Hauptteil der Projektarbeit. Dieser Leitfaden soll es außenstehenden Beteiligten im Zusammenhang mit dem erweiterten systemintegrierten Rechenmodell ermöglichen, ähnlich gelagerte wasserwirtschaftliche Problemstellungen zu bearbeiten.

3 ANWENDUNG DER HANDLUNGSMITTEL AUF DIE PROBLEMSTELLUNG DER KOMMUNE 5

Aus der Problemstellung der Kommune 5 ergab sich für die Projektentwicklung die Aufteilung der Fallbeispielbetrachtung in die Projektabschnitte A und B:

- **Projektabschnitt A:** Der Anschluss der Kommune 5 an die Zentralkläranlage A.3 wird realisiert.
- **Projektabschnitt B:** Die Abwasserreinigung erfolgt dezentral, etwa über Ortsteilkläranlagen.

Unter Einbeziehung der Nebenbestimmungen sowie der im (ergänzenden) Projektantrag formulierten Zielsetzung wurden zur Projektentwicklung die nachfolgend beschriebenen vier Fallbeispiele mit jeweils zwei Szenarien in jedem Projektabschnitt betrachtet.

- **Fallbeispiel 1:** Variation der Industrieableitungen – eindimensionale Betrachtung

- Szenario 1: Variation der Wassermengen bei konstanten Konzentrationen
- Szenario 2: Variation der Schmutzkonzentration durch Vorbehandlungsmaßnahmen
- **Fallbeispiel 2:** Variation der Ansiedlung von Einwohnern im Einzugsgebiet – eindimensionale Betrachtung
 - Szenario 1: Ansiedlung von Einwohnern ohne Regenwasserversickerung/-speicherung
 - Szenario 2: Ansiedlung von Einwohnern mit Regenwasserversickerung/-speicherung

Daraus ergab sich eine Matrix mit acht Varianten. Diese konnte

- (entsprechend dem Fallbeispielaufbau) **vertikal**, d.h.:
von Szenario 1, Fallbeispiel 1, im Projektabschnitt A
zu Szenario 2, Fallbeispiel 1, im Projektabschnitt A,
oder
- (im Sinne der Problemstellung der Kommune 5) **horizontal**, d.h.:
vom Szenario 1, Fallbeispiel 1, im Projektabschnitt A
zum Szenario 1, Fallbeispiel 1, im Projektabschnitt B

betrachtet werden.

Im Verlauf des Projektes wurden in den Fallbeispielbetrachtungen die Szenarien zunächst vertikal verglichen (s. Kapitel 5) und Handlungsempfehlungen abgeleitet. Im Anschluss daran wurden, bezogen auf die Problemstellung der Kommune 5, die Ergebnisse der Projektabschnitte A und B gegenübergestellt (s. Kapitel 6) und im Sinne der Handlungsanweisung interpretiert.

4 GRUNDLAGEN DER FALLBEISPIELE UND NOTWENDIGE MODIFIKATIONEN ZUR ANWENDUNG DES ENTWICKELTEN MODELLS

4.1 GRUNDLAGENDATEN DER SEKTOREN I BIS III

4.1.1 Sektor I - Abwassererzeuger

Im Rahmen der Ist-Zustandsaufnahme im Untersuchungsgebiet hat sich herausgestellt, dass in der Kommune 5 nur „Trockenbetriebe“ ansässig sind. Hiernach ist eine Variation der Industriewassermengen ($X_{Q,i}$) oder der Frachten ($X_{B,i}$) nicht möglich. Aus diesem Grund wurde ein aus dem vorangegangenen Projekt bekannter Industriebetrieb fiktiv im Siedlungsgebiet angesiedelt. Hierbei handelt es sich

um einen Betrieb der Fleischverarbeitungs-Industrie. Der Betrieb wurde mit zwei Werken in die Kommune 5 eingebunden. Im Werk 1 und 2 des Betriebes 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 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 Ablaufkonzentrationen der vorbehandelten Abwässer der Fleischverarbeitungs-Industrie sind in Tabelle 4-1 dargestellt.

Tabelle 4-1: Ablaufkonzentrationen der vorbehandelten Abwässer der Fleischverarbeitungs-Industrie

Parameter	CSB	BSB ₅	N _{ges}	P _{ges}	TS
Werk 1 [mg/l]	1.157	792	56	16	30
Werk 2 [mg/l]	1.763	906	117	17	66

Grundsätzlich wurden beide Werke unter Beibehaltung der genannten Vorbehandlung zu einem Werk zusammengefasst. Die sich ergebenden Mischkonzentrationen sind nachfolgend in Tabelle 4-2 aufgeführt.

Tabelle 4-2: Mischkonzentrationen des Abwassers der Werke 1 und 2 der Fleischverarbeitungs-Industrie

Parameter	CSB	BSB ₅	N _{ges}	P _{ges}	TS
Mischkonzentration [mg/l]	1.405	838	81	16	45

Die im Projektantrag vorgesehene Ansiedlung von Einwohnern im Untersuchungsgebiet erfolgte planmäßig.

4.1.2 Sektor II - Abwasserableiter: Kommune 5

Im Bereich der Kommune 5 ist eine Erweiterung der Industrieflächen vorgesehen. Industriefirmen sind bereits bekannt, die Ansiedlungswünsche haben. Ferner ist eine Erweiterung der Siedlungsgebiete, etwa im Bereich des Teileinzugsgebietes 4, geplant. Eine solche Erweiterung der Wohngebiete wäre in der derzeitigen Situation ohne weiteres nicht möglich.

Für die Untersuchungen war vorgesehen, den fleischverarbeitenden Industriebetrieb in den Fallbeispielen 1 der Projektabschnitte A und B sowie die zusätzlichen Einwohner der Fallbeispiele 2 der Projektabschnitte A und B im Außenbereich der Kommune 5 anzusiedeln.

Die fiktive Ansiedlung erfolgte im Außenbereich über einen noch zu errichtenden Kanal. Damit wurden abhängig von der Grundstücksfläche und der Geschoszahl, je nach Qualität der künftig eingeleiteten Abwässer (Schmutzwasser und Niederschlagswasser, nur Schmutzwasser, mit weitergehender Vorklärung, nur Niederschlagswasser) Anschlussgebühren fällig. Diese Gebühren fallen für alle Szenarien der Fallbeispiele 1 und 2 unabhängig vom Projektabschnitt an. Damit haben sie keinen Einfluss auf die betrachteten Szenarien und wurden somit im Folgenden nicht weiter betrachtet. In der Entwicklung des Modells wird dieser Punkt jedoch noch einmal aufgegriffen.

Die zusätzlichen industriellen bzw. kommunalen Abwässer sollten gemeinsam mit den Abwässern des Teileinzugsgebietes 5 (Hotelbetrieb mit ca. 30 EW) in das Kanalnetz des Teileinzugsgebietes 4 eingeleitet werden. Die Abbildung 4-1 zeigt einen Schemaplan des Kanalnetzes. Hier wurden die ursprünglich vorhandenen Gruppen- und Ortsteilkläranlagen sowie die kleinen Kläranlagen und Kleinkläranlagen zugunsten einer zentralen Abwasserreinigung aufgegeben.

Maßgeblich sind hier die Fließwege, die mit einer Volllinie dargestellt sind. In den strichpunktierten Abschnitten, wie etwa die Einleitungsstelle der Kommune 10, erfolgt der Anschluss weiterer Kommunen und Teileinzugsgebiete, die im Verlauf des Projektes ausschließlich als Grundbelastung für die Kläranlage A.3 betrachtet wurden. Eine weitere Einflussnahme durch diese Kommunen erfolgte nicht.

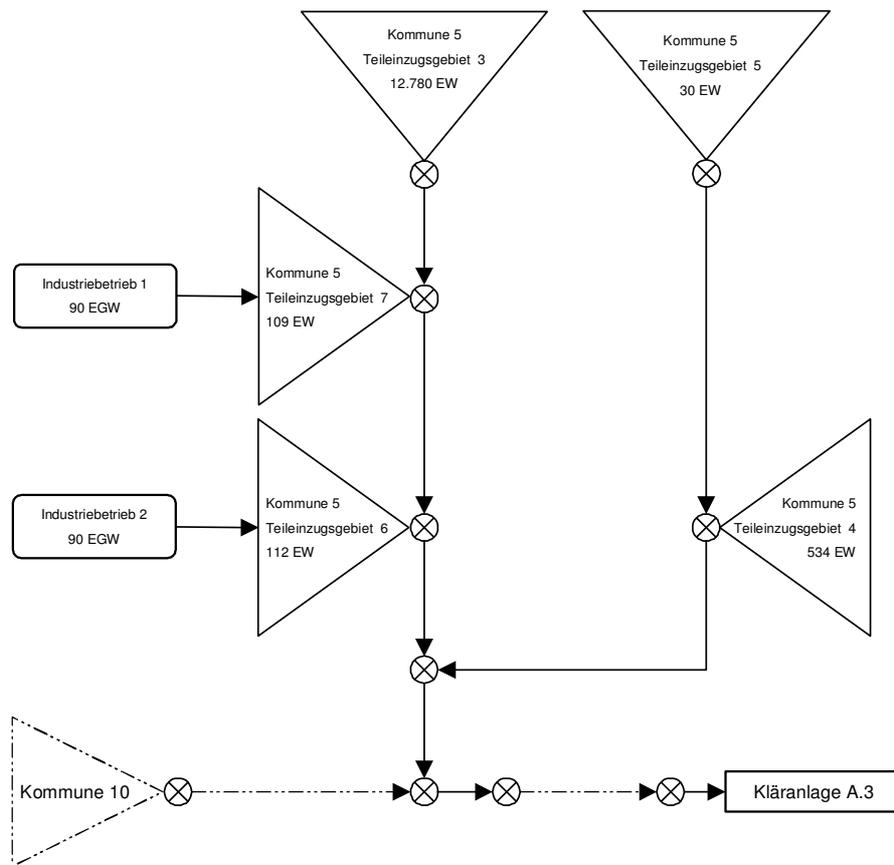


Abbildung 4-1: Geplante und z.T. realisierte Fließwege im Wirsystem zum Zeitpunkt der Untersuchung

4.1.3 Sektor III – Abwasserbehandler: Abwasserverband

Im Projektabschnitt A sollte das Abwasser des Untersuchungsgebietes zur Kläranlage A.3 übergeleitet werden. Für die Betrachtung wurde ein fiktiver Ist-Zustand definiert, da die realisierte Ausbaugröße bereits einen Teil der monetären Auswirkung des Impulses in den Fallbeispielen des Projektabschnittes A vorwegnimmt (s. Kapitel 4.2.2). Die Grundlast ergab sich aus den bislang angeschlossenen bzw. noch anzuschließenden Kläranlagen der Abwasserverbandes. Aus den mittleren Zulaufbelastungen für die Betriebsjahre 2001 bis 2003 der betroffenen Kläranlagen errechnete sich folgende Grundlast (EW_{B60} als 85-Perzentil):

Tabelle 4-3: Kläranlagen mit angeschlossenen Einwohnerwerten

betroffene Kläranlage	Einwohnerzahl
Kläranlage A.3	37.696 EW
Kläranlage der Kommune 10	21.700 EW
Kläranlage Ortslage A	3.506 EW
Kläranlage Ortslage B	1.245 EW
Kläranlage Ortslage C	2.888 EW
Kläranlage Ortslage D	386 EW
Gesamt	67.421 EW

Die Aufstellung enthält anonymisierte Kläranlagen-Namen. Die Bezeichnungen orientieren sich z.T. am vorangegangenen Projekt (z.B. Kläranlage A.3, Kommune 10). Die Kläranlagen der Ortslagen A-D wurden bisher nicht behandelt (siehe auch Zusammenstellung der Anonymisierungsdaten im letzten Abschnitt dieses Berichts).

4.2 NOTWENDIGE MODIFIKATIONEN DER AUSGANGSSITUATION ZUR ANWENDUNG DES ENTWICKELTEN MODELLS

Da zum Zeitpunkt der Untersuchung die Entscheidung für oder wider den Anschluss an die zentrale Kläranlage bereits zugunsten der zentralen Abwasserreinigung in Kläranlage A.3 gefallen war, waren bei der Variantenbetrachtung einige Modifikationen im Vorfeld erforderlich, um einen einheitlichen Ausgangszustand zu erreichen, die im Folgenden näher beschrieben werden.

4.2.1 Auflösung der aktuellen Infrastruktur der Abwasserbeseitigung und fiktive Rückführung des Zielgebietes auf den Zustand vor dem Anschluss an die Zentralkläranlage

In der Abbildung 4-1 sind die z.Zt. vorhandenen oder kurz vor der Fertigstellung befindlichen Fließwege dargestellt.

Die Umsetzung dieser Fließwege für die Kommune 5 waren jedoch Teil der Definition für die unter dem Projektabschnitt A (Sammler wird gebaut) betrachteten Fallbeispiele. Aus diesem Grund war es erforderlich, einen fiktiven Zustand der beteiligten Systeme vor dem Anschluss der Kommune 5 an den Sammler zu erzeugen. Die oben abgebildeten Fließwege wurden somit auf den Ursprungszustand zurückgeführt und stellten sich wie folgt dar:

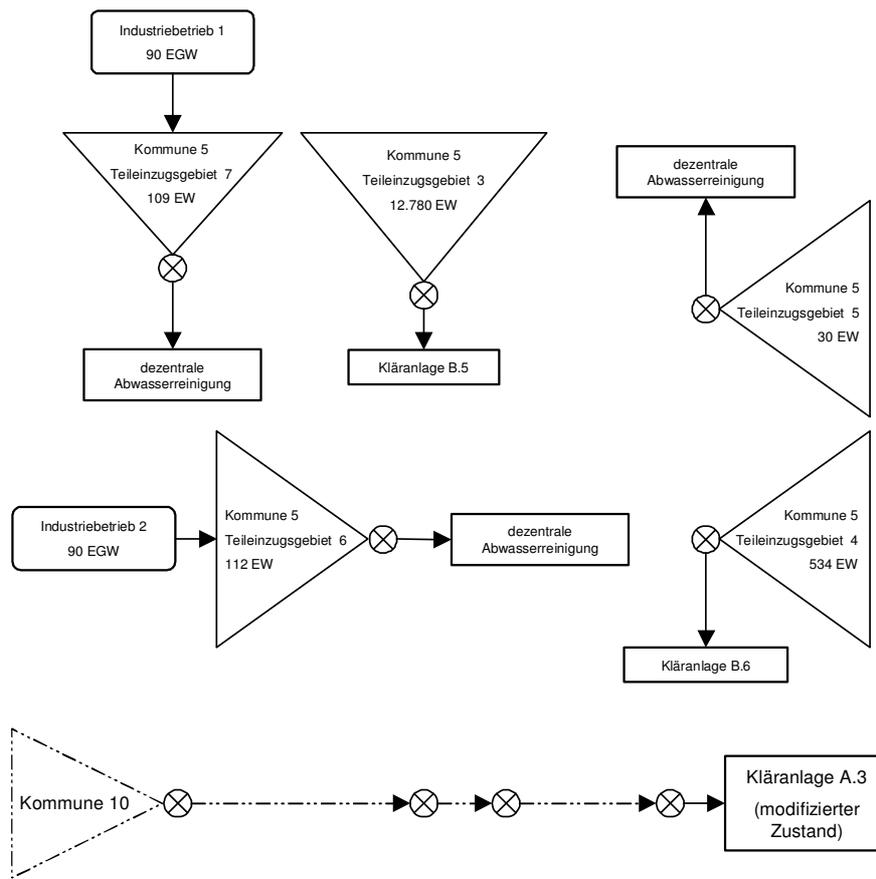


Abbildung 4-2: Modifizierter Ist-Zustand als Ausgangspunkt für die Fallbeispieluntersuchung

Dieser Gebietszustand entspricht der vorliegenden Kostenrechnung der Kommune 5, so dass bezogen auf die Kostenaufstellung keine Anpassung in Richtung eines fiktiven Ausgangszustandes erforderlich war.

4.2.2 Reduktion der Ausbaugröße der Zentralkläranlage A.3 auf einen fiktiven Ausgangszustand

Die Abwasserreinigungsanlage A.3 wurde seinerzeit für eine Belastungsgröße von 90.000 EW konzipiert. Während die Anlage schon in Betrieb genommen wurde, wurde das Leitungsnetz bis in die heutige Zeit ausgebaut. Mit der Fertigstellung werden drei kommunale und acht Kläranlagen des Abwasserverbandes außer Betrieb gehen.

Die Investitionskosten der Abwasserbehandlung für den Ist-Zustand resultierten aus dieser Ausbauplanung und schließen ca. 17.000 EW aus dem Untersuchungsgebiet als Anschlussbelastung mit ein. Die Aufgabenstellung erforderte es nun, diese maßgeblichen Mehrkosten für die Berücksichtigung der

zusätzlichen Kapazität zu ermitteln und in Abzug zu bringen. Die Kläranlage hätte somit eine Ausbaugröße von 73.000 EW.

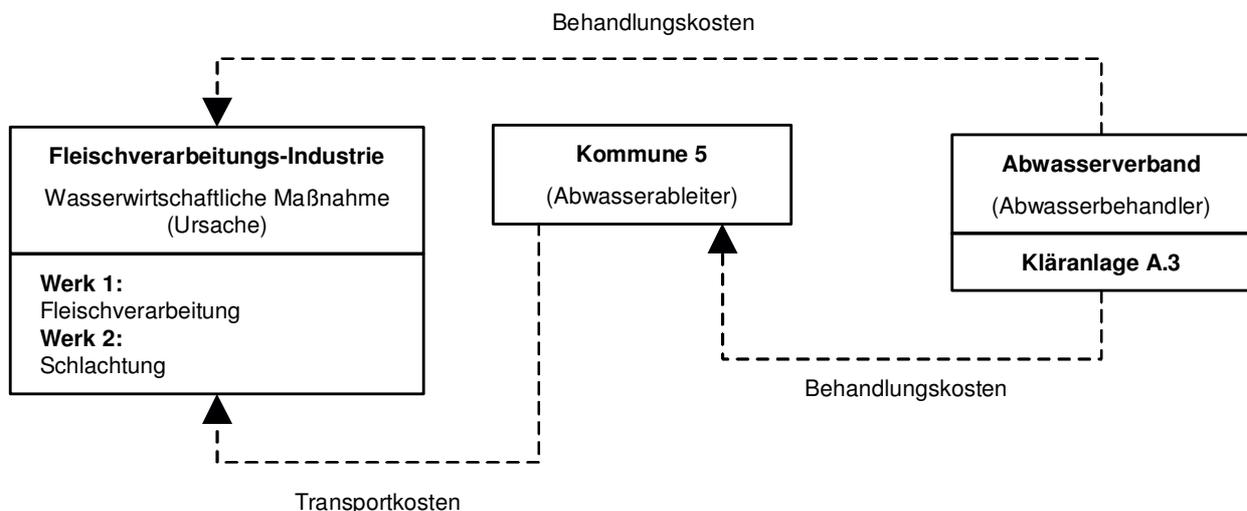
Für die Ermittlung der Baukosten einer Kläranlage mit der Ausbaugröße 73.000 EW wurde das Inventarverzeichnis der Kläranlage A.3 herangezogen. Die dort aufgeführten tatsächlichen Anschaffungs- und Herstellungskosten der Kläranlage bildeten die Grundlage für die Kostenschätzung. Bei den einzelnen Anlagenteilen des Inventarverzeichnisses war zu unterscheiden, ob deren Abmessungen und damit auch deren Wert abhängig von der Ausbaugröße in dem betrachteten Bereich ist. Die Abhängigkeit ist bei denjenigen Anlagenteilen gegeben, deren Größe maßgeblich von der zugeführten Schmutzfracht beeinflusst wird (z.B. Belebung, Nachklärung). Die Anschaffungs- und Herstellungskosten dieser Bauwerke gingen anteilig mit dem Faktor $73.000/90.000 \text{ EW} = 0,81$ in die Kostenberechnung ein. Dagegen hat die Bemessungsschmutzfracht auf Bauwerke wie Betriebs- und Sozialgebäude oder die Außenanlagen keinen Einfluss. Dies Anlagenteile gingen daher zu 100% in die Berechnung ein. Insgesamt ergaben sich Mehrkosten durch Anschluss der Kommune 5 am Standort der Kläranlage A.3 von

3.608.144 €.

5 UNTERSUCHUNG DER FALLBEISPIELE GETRENNT NACH DEN PROJEKTABSCHNITTEN A UND B

5.1 FALLBEISPIEL A.1

FLEISCHVERARBEITENDE INDUSTRIE 1 / KOMMUNE 5 / ABWASSERVERBAND



5.1.1 Veränderung der Einflussgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien

Im Fallbeispiel A.1 wurden in einer eindimensionalen Betrachtung die Auswirkungen infolge einer Impulsgabe im Sektor I durch die Ansiedlung der Fleischverarbeitungs-Industrie im Zielgebiet betrachtet. Außerdem sollte 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 wäre.

Szenario 1

Im Szenario 1 wurde die Abwassermenge des Industriebetriebes in den Grenzen von 75.000-430.000 m³/a variiert und der Betrieb mit den jeweiligen Abwassermengen fiktiv bei gleichbleibenden Konzentrationen neu angesiedelt. Die obere Grenze des Variationsraumes entspricht der doppelten Abwassermenge des Industriebetriebes. Die Vorbehandlungsanlagen verfügen über ausreichend Reservekapazitäten, so dass in den gewählten Grenzen keine zusätzlichen fixen und quasi-fixen Kosten anfallen. Damit ergab sich nachfolgend dargestellter Jahreskostenverlauf der Fleischverarbeitungs-Industrie für das Szenario 1. In Abbildung 5-1 sind dabei zunächst die fixen und quasi-fixen Kostenanteile und in Abbildung 5-2 die variablen Kostenanteile aufbereitet. In Abbildung 5-3 ist die summarische Kostenfunktion dargestellt. In den folgenden Fallbeispielbeschreibungen wird auf diese detaillierte Darstellung zugunsten einer besseren Lesbarkeit verzichtet. Es werden dann ausschließlich die summarischen Kostenfunktionen dargestellt. Die aufgeschlüsselten Jahreskostenanteile sind dem Anhang [CD] zu entnehmen.

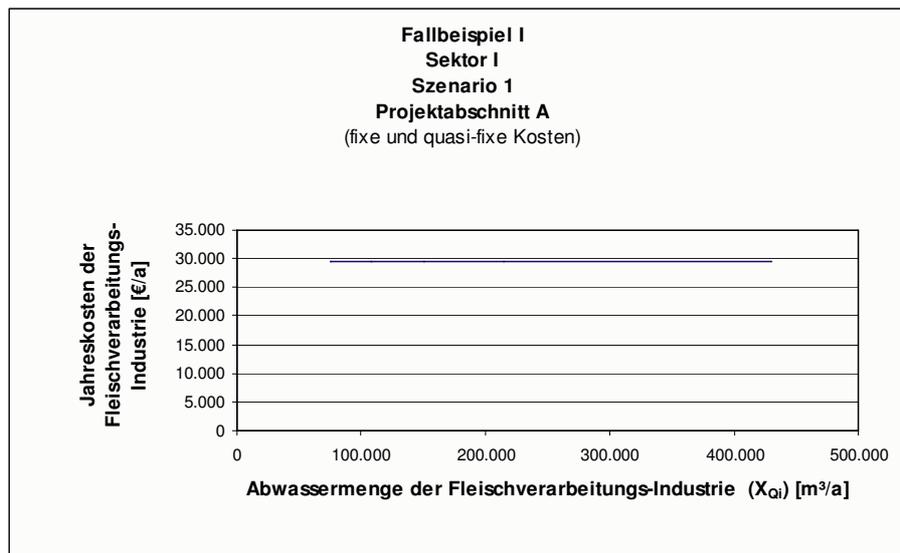


Abbildung 5-1: Fixe und quasi-fixe Anteile der Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) - Szenario 1

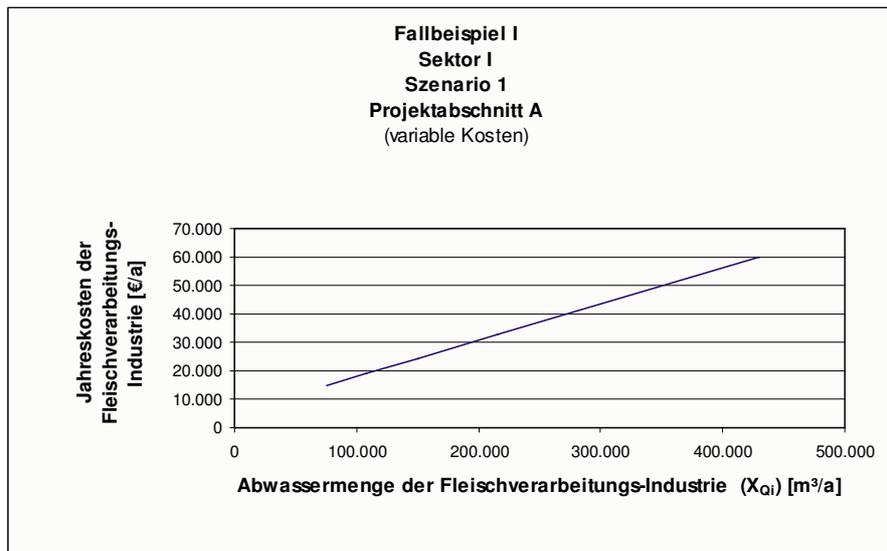
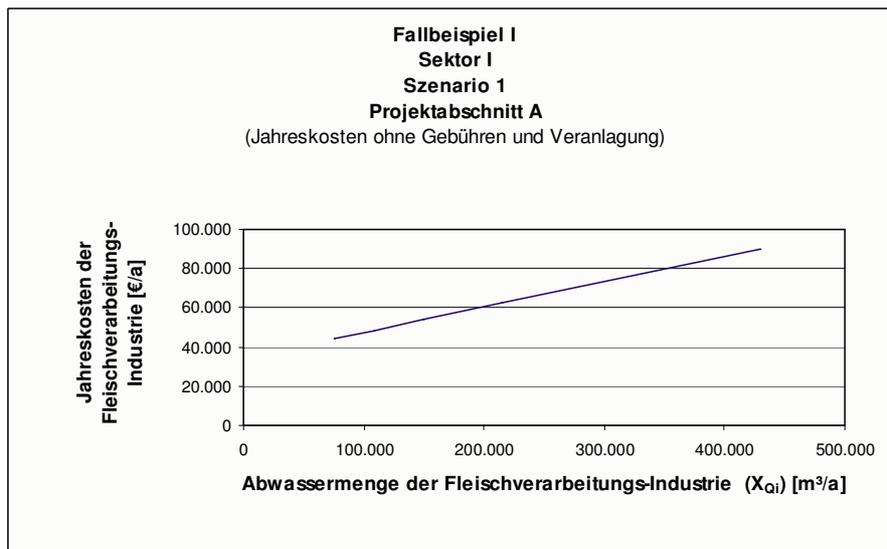


Abbildung 5-2: Variable Anteile der Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) - Szenario 1



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]

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

Szenario 2

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

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

ergaben sich die in nachfolgender Tabelle 5-1 aufgeführten Ablaufkonzentrationen.

Tabelle 5-1: Mischkonzentrationen des Abwassers der Werke 1 und 2 der Fleischverarbeitungs-Industrie im Ablauf des nachgeschalteten Tropfkörpers

Parameter	CSB	BSB ₅	N _{ges}	P _{ges}	TS
Mischkonzentration [mg/l]	702	419	81	13	22

Die Abwassermenge wurde wie im Szenario 1 in den Grenzen von 75.000-430.000 m³/a bei gleichbleibenden Konzentrationen variiert. Der Jahreskostenverlauf der Fleischverarbeitungs-Industrie für das Szenario 2 stellt sich wie folgt dar:

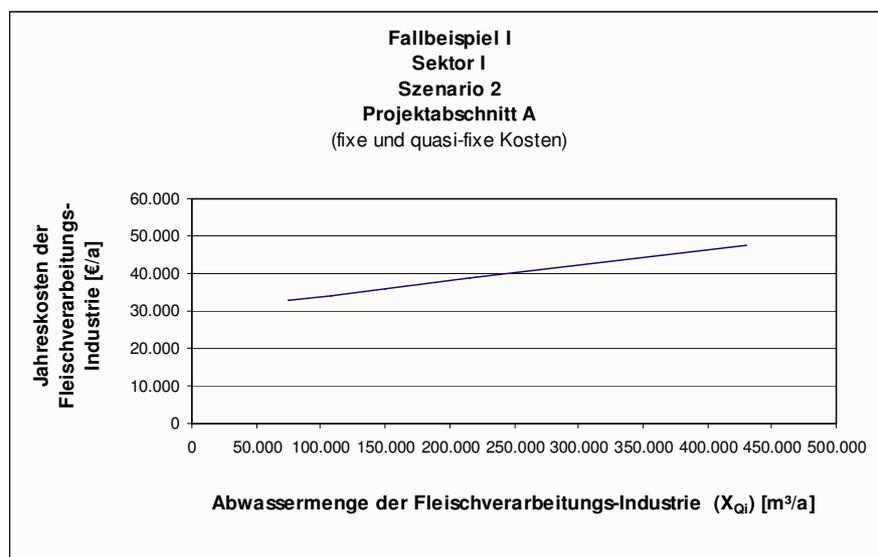


Abbildung 5-4: Fixe und quasi-fixe Anteile der Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) - Szenario 2

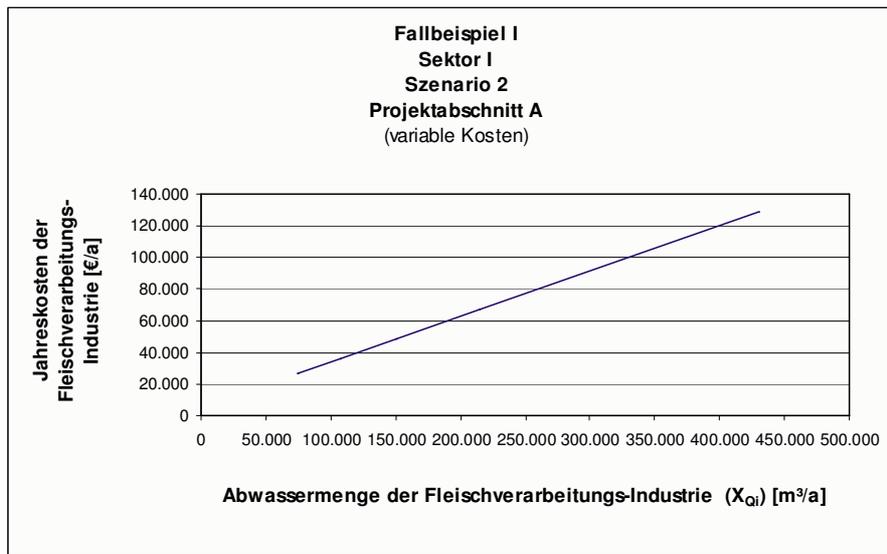
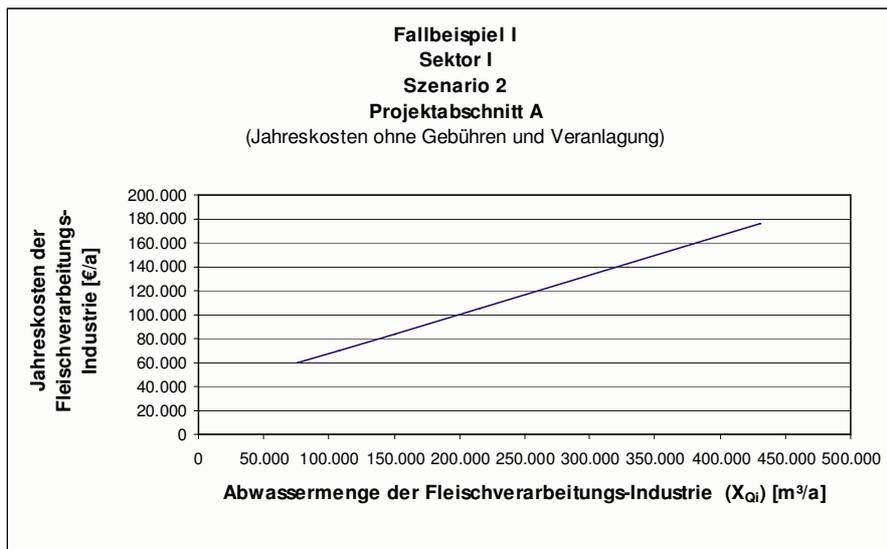


Abbildung 5-5: Variable Anteile der Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) - Szenario 2



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]

Abbildung 5-6: Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) – Szenario 2

5.1.2 Auswirkung der Impulsgebe auf die Sektoren II und III

5.1.2.1 Auswirkung auf den Sektor II (Abwasserableiter)

In den Fallbeispielen des Projektabschnitts A sollte die Abwasserreinigung zentral in der Kläranlage A.3 erfolgen. Die Abbildung 5-7 zeigt schematisch die geplanten Fließwege der Ausbauplanung des Zuleitungssystems. Das Untersuchungsgebiet sollte gemeinsam mit den Teileinzugsgebieten des Außenbereichs über einen Hauptsammler entwässert werden.

Im Sektor II wurde ausschließlich der Sammlerabschnitt bis zum Zusammenfluss der Abwässer mit denen der Kommune 10 betrachtet.

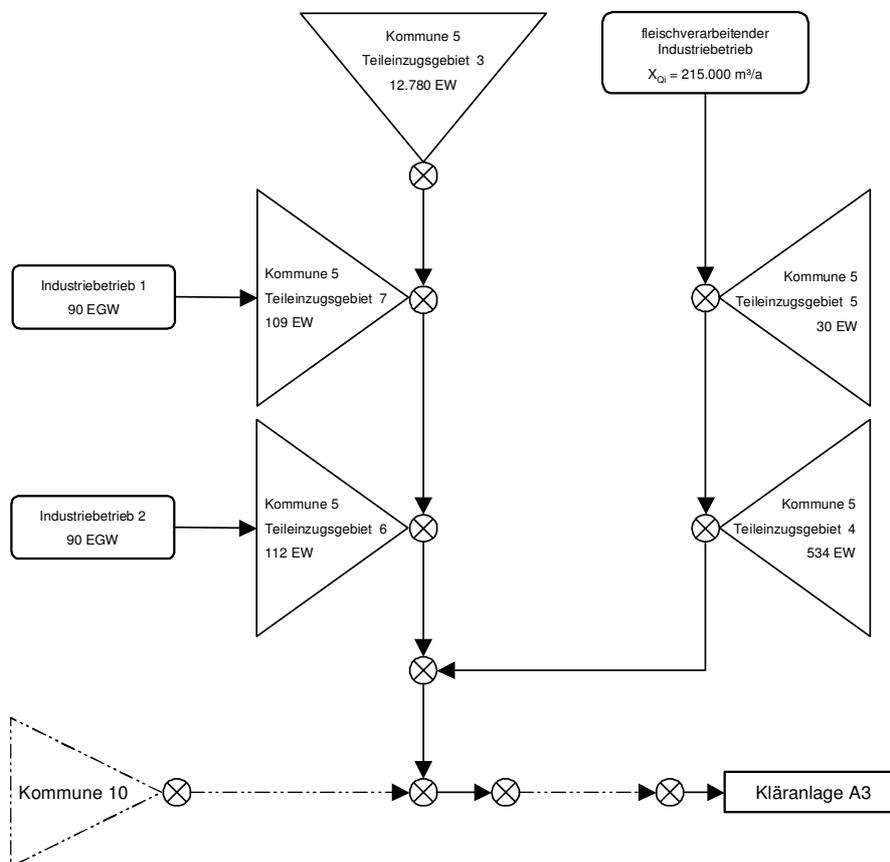


Abbildung 5-7: Fließwege im Wirksystem – Fallbeispiel 1, Projektabschnitt A

Szenario 1 und 2

Im Teileinzugsgebiet 4 leben z.Zt. ca. 460 Einwohner. Dazu kommen ca. 30 Einwohnerwerte (Hotel) aus dem Teileinzugsgebiet 5. Beide Gebiete entwässern im Trennsystem. Die Abwasserreinigung

erfolgte bisher dezentral in einer Kompaktkläranlage. Im Zuge der Ausbaumaßnahmen der Zuflussleitungen zur Zentralkläranlage A.3 wurde diese Anlage außer Betrieb genommen. Seither werden die Abwässer über einen ca. 875 m langen Anschlusskanal in einen Zentralsammler eingeleitet. Dieser Zentralsammler leitet das Abwasser des Kerngebietes (Teileinzugsgebiet 3), der Teileinzugsgebiete 6 und 7 sowie einiger Einzuleitungen schließlich aus dem Untersuchungsgebiet ab.

Für die Fallbeispieluntersuchung wurde der Betrieb im Bereich des Teileinzugsgebietes 4 angesiedelt. Die Abwässer sollten über einen neu zu errichtenden Kanal zum ehemaligen Standpunkt der Kompaktkläranlage und anschließend gemeinsam mit den Siedlungsabwässern über den 875 m langen Anschlusskanal abgeleitet werden.

Ausgehend vom fiktiven Ist-Zustand bedeutete die Ansiedlung eines Industriebetriebes im Bereich des Teileinzugsgebietes 4 einen Kostenzuwachs, da sowohl der 875 m lange Anschlusskanal als auch der Schmutzwasserkanal zur Überleitung der industriellen Abwässer zum Übergabepunkt an den Anschlusskanal errichtet werden mussten. Im Folgenden sind die Jahreskostenverläufe im Sektor II als Reaktion auf diese Impulsgröße dargestellt.

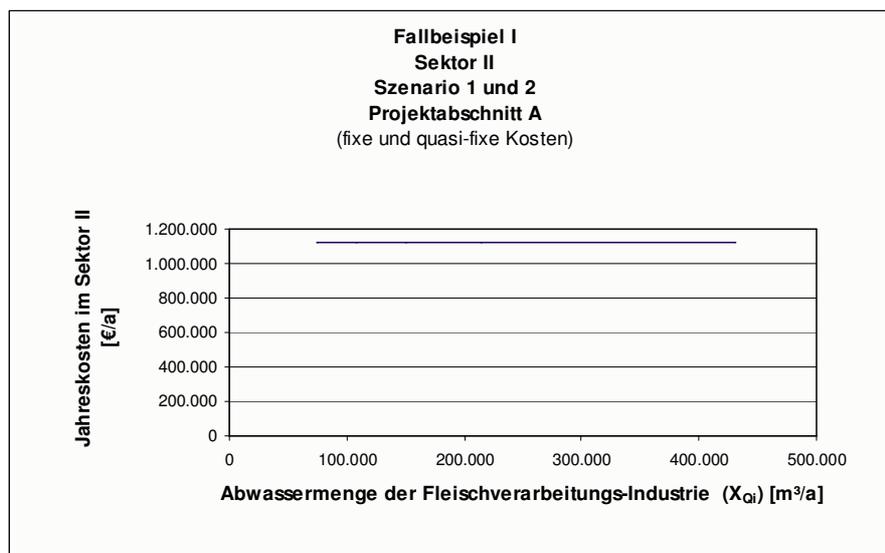


Abbildung 5-8: Fixe und quasi-fixe Anteile der Jahreskosten im Sektor II - Szenario 1 und 2

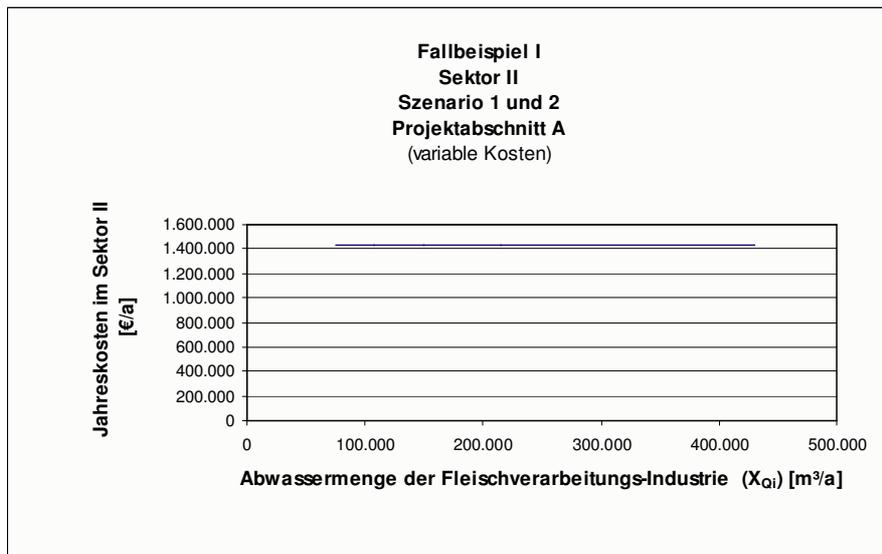
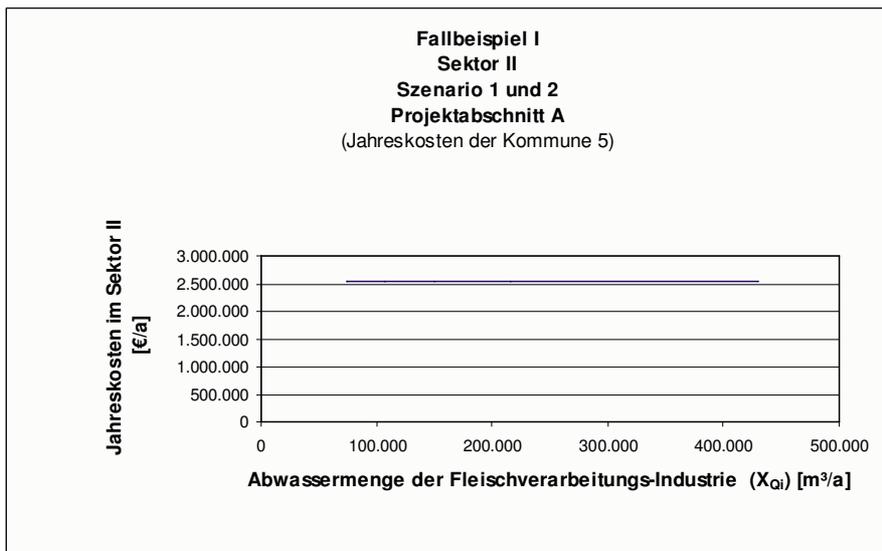


Abbildung 5-9: Variable Anteile der Jahreskosten im Sektor II - Szenario 1 und 2



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.548.862$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.548.862$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.548.862$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.548.862$ [€/a]

Abbildung 5-10: Jahreskosten im Sektor II – Szenario 1 und 2

5.1.2.2 Auswirkungen auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

In den Fallbeispielen des Projektabschnitts A sollte die Abwasserbehandlung in der zentralen Kläranlage A.3 erfolgen. Im fiktiven Ausgangszustand sollte die Kläranlage eine Ausbaugröße von 73.000 EW haben. Wie in Kapitel 4.1.3 bereits geschildert, ergibt sich für die Kläranlage aus den übrigen Kommunen eine Grundlast von 67.421 EW. Für den Projektabschnitt A war hier die Belastung aus dem Untersuchungsgebiet hinzuzuaddieren. Die Gesamtbelastung des Siedlungsgebietes - exkl. der sich aus den Fallbeispielen ergebenden Belastung - wurde mit 13.745 EW festgelegt. Hierin sind prozentuale Wachstumsraten der Einwohner von 0,5 % per anno bezogen auf 30 Jahre enthalten. Insgesamt ergab sich also eine Grundlast von 86.745 EW. Damit war die Kläranlage unabhängig von der zusätzlichen Belastung aus dem Fallbeispiel (hier industrielle Fracht) zunächst auf die (tatsächliche) Ausbaugröße von 90.000 EW zu erweitern.

Szenario 1

Die Ansiedlung des Industriebetriebes mit einer zusätzlichen Wassermenge von 215.000 m³/a führte zu einer frachtbezogenen Überlastung der Kläranlage. Infolgedessen war hier bereits ein Ausbau der Kläranlage notwendig. Die erforderliche Ausbaugröße wurde auf rund 93.500 EW festgelegt. Bei einer Wassermengenänderung auf 430.000 m³/a (obere Grenze der Variation) ist eine Ausbaugröße von 105.000 EW erforderlich. Die Erweiterung der Reinigungskapazität kann durch die Implementierung einer Anaerobstufe erzielt werden. Hierzu liegen im Verbandsgebiet Erfahrungen vor. Durch einen Investitionskostenvergleich mit anderen Kläranlagen, die vom Abwasserverband betreut werden, konnten die Investitionskosten für die Ausbaugröße von 105.000 EW zu 3.600.000 € ermittelt werden.

Insgesamt ergab sich also im Variationsraum nachfolgend dargestellter Zahllastverlauf. Hier werden ebenfalls zunächst die fixen, quasi-fixen und variablen Kosten aufgezeigt. Im Anschluss ist der summarische Jahreskostenverlauf grafisch aufbereitet.

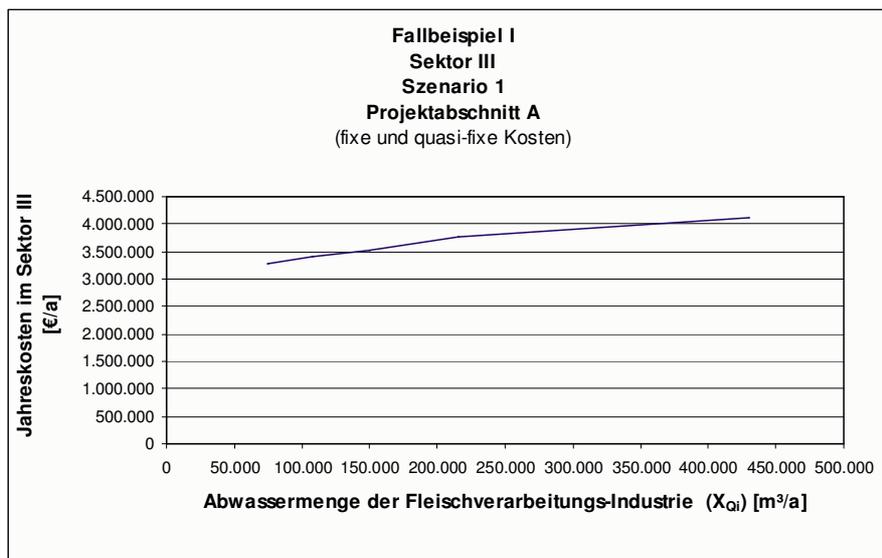


Abbildung 5-11: Fixe und quasi-fixe Anteile der Jahreskosten im Sektor III - Szenario 1

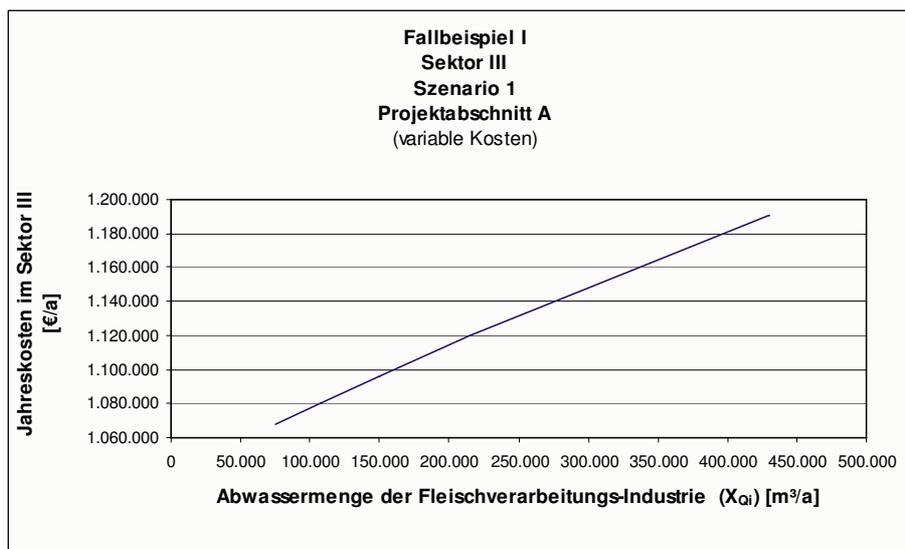
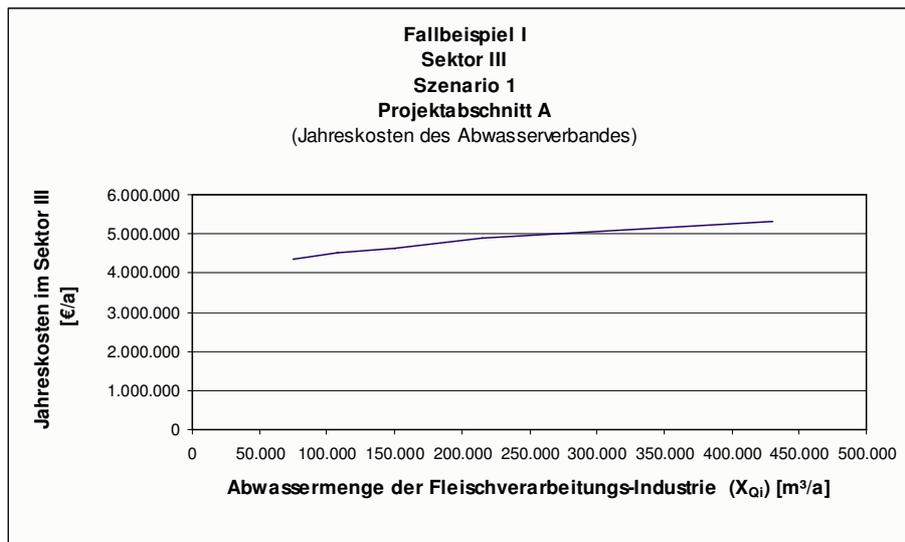


Abbildung 5-12: Variable Anteile der Jahreskosten im Sektor III - Szenario 1



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 4,896 \cdot X_{Qi} + 3.976.006$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,620 \cdot X_{Qi} + 4.220.608$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 4,068 \cdot X_{Qi} + 4.003.475$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,021 \cdot X_{Qi} + 4.443.643$ [€/a]

Abbildung 5-13: Jahreskosten im Sektor III – Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 wurde der Belastungszuwachs im Zulauf zur Kläranlage A.3 zunächst durch die Installation eines Tropfkörpers zur industriellen Abwasservorbehandlung gedämpft. Dennoch war im betrachteten Variationsraum der Ausbau der Kläranlage A.3 erforderlich. Die kritische Wassermenge lag hier oberhalb von 215.000 m³/a. Analog zu Szenario 1 wurde der Ausbau stufenweise bis 105.000 EW an der Stützstelle 430.000 m³/a (Grenzwassermenge) vorgenommen.

Die stufenweise Anpassung der Ausbaugröße ergab sich aus der Fallbeispieldefinition. Durch die fortlaufende Neuansiedlung eines Industriebes unterschiedlicher Wassermenge mussten für jede Stützstelle die Randbedingungen neu formuliert und übereinstimmend die Kosten neu aufgestellt werden. Die Ausbaugrößen wurden mit geringen Reserven so gewählt, dass sie einen hohen Auslastungsgrad der Abwasserbehandlungsanlage gewährleisten. Entsprechend stellt sich der Zahlungsverlauf im Variationsraum wie folgt dar:

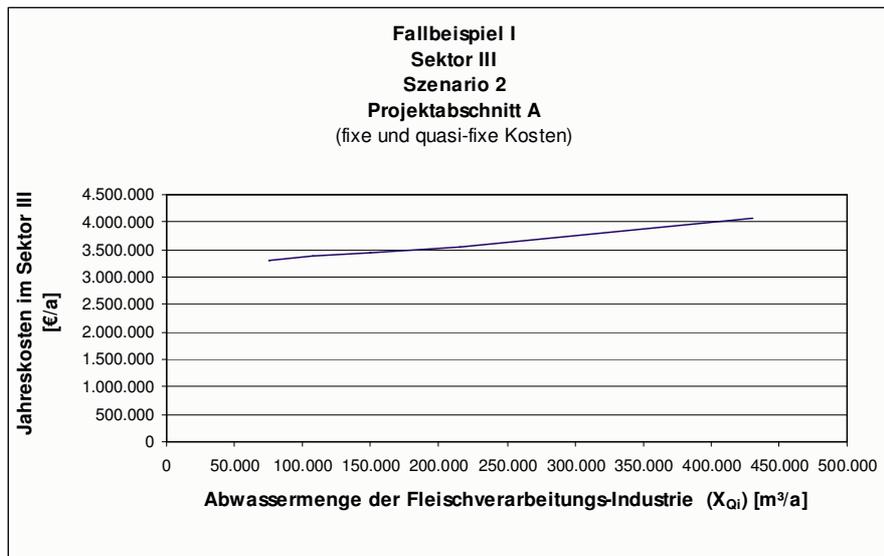


Abbildung 5-14: Fixe und quasi-fixe Anteile der Jahreskosten im Sektor III - Szenario 2

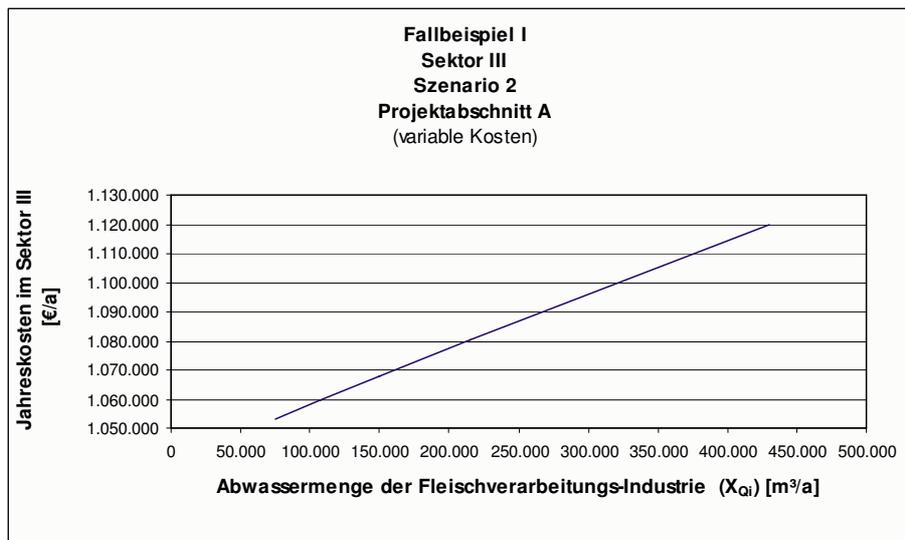
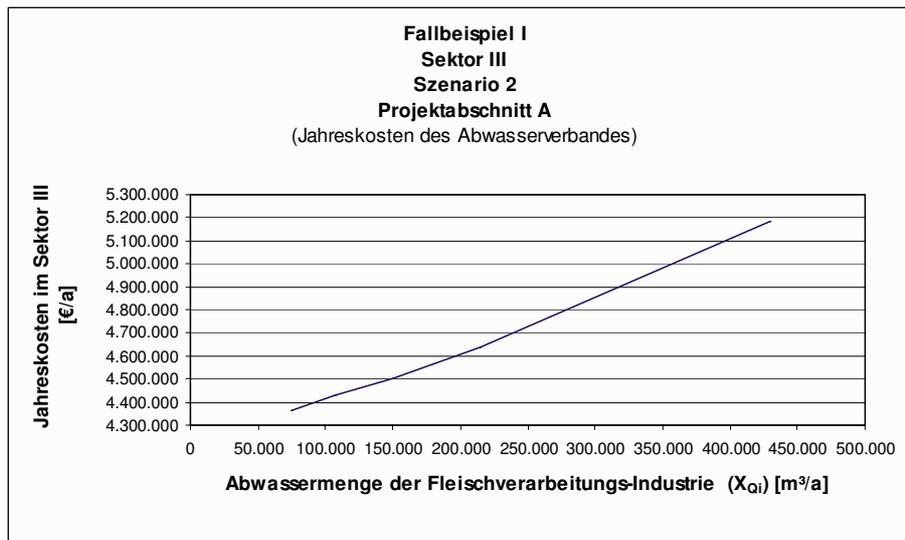


Abbildung 5-15: Variable Anteile der Jahreskosten im Sektor III - Szenario 2



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,073 \cdot X_{Qi} + 4.208.817$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,661 \cdot X_{Qi} + 4.253.123$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,058 \cdot X_{Qi} + 4.193.535$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,534 \cdot X_{Qi} + 4.091.131$ [€/a]

Abbildung 5-16: Jahreskosten im Sektor III – Szenario 2

5.1.3 Gesamtjahreskostenentwicklung

5.1.3.1 Gesamtjahreskosten ohne Rückwirkung

Die Gesamtjahreskostenentwicklung ergibt sich aus der Superposition der Jahreskosten aus den Sektoren I – III. In Abbildung 5-17 sind die superponierten Kosten für die Szenarien 1 und 2 dargestellt.

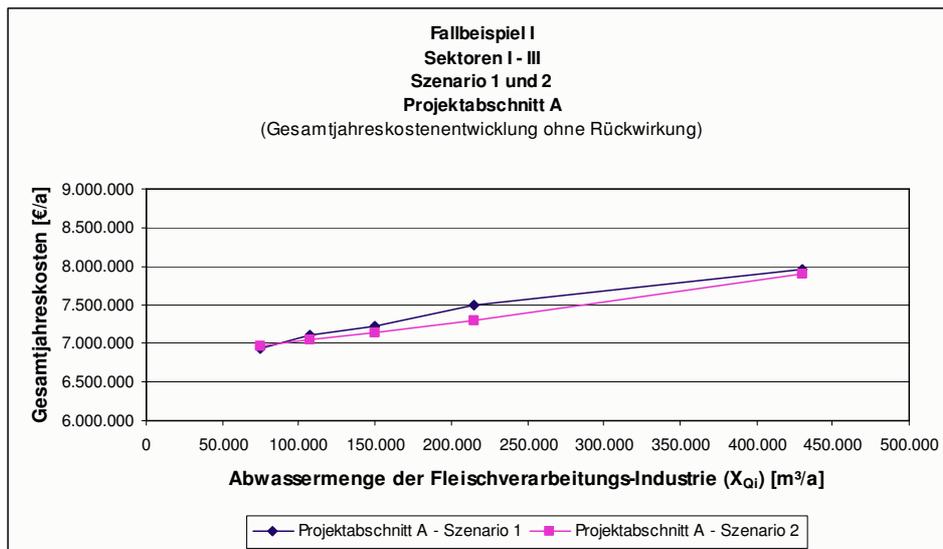


Abbildung 5-17: Gesamtjahreskosten der Sektoren I – III ohne Rückwirkung – Szenario 1 und 2

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

Die Erhebung der Transportgebühr im Sektor II erfolgt getrennt nach Hauptgebühr (für alle Kanalbenutzer einschließlich derjenigen, die unmittelbar Abwasserverbandsmitglied sind) und Nebengebühr (ausschließlich für diejenigen Kanalbenutzer, die nicht Abwasserverbandsmitglied sind). Innerhalb der jeweiligen Gebührenanteile wird weiterhin unterschieden in:

- Vollanschluss (Schmutzwasser und Niederschlagswasser),
- Teilanschluss 1 (nur Schmutzwasser oder mit Vorklärung),
- Teilanschluss 2 (nur Niederschlagswassereinleitung).

Die Ermittlung der spez. Beitragssätze 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 Wassermenge (Divisor).

Durch die Ansiedlung des fleischverarbeitenden Industriebetriebes wurde der Divisor verändert; das bedeutet, dass bei steigender Abwassermenge der spez. Kubikmeterpreis sank. Dabei bestand ein Unterschied zwischen den in Sektor II anfallenden Jahreskosten und den tatsächlich gebührenwirksamen Kosten der Kommune 5, da Teile des Zuleitungsnetzes für die Kläranlage A.3 vom Abwasserverband errichtet wurden bzw. werden. Somit hat die Kommune nur einen Teil der kalkulatorischen Kosten (Kosten für die Ortsnetze), jedoch die Betriebskosten vollständig zu tragen.

In Abbildung 5-18 und Abbildung 5-19 ist die Entwicklung der Gesamtgebühr (Summe aus Haupt- und Nebengebühr) im Vergleich zum Ist-Zustand und in Abbildung 5-20 und Abbildung 5-21 sind die Gebührenverläufe getrennt nach Haupt- und Nebengebühr für einen Vollanschluss dargestellt.

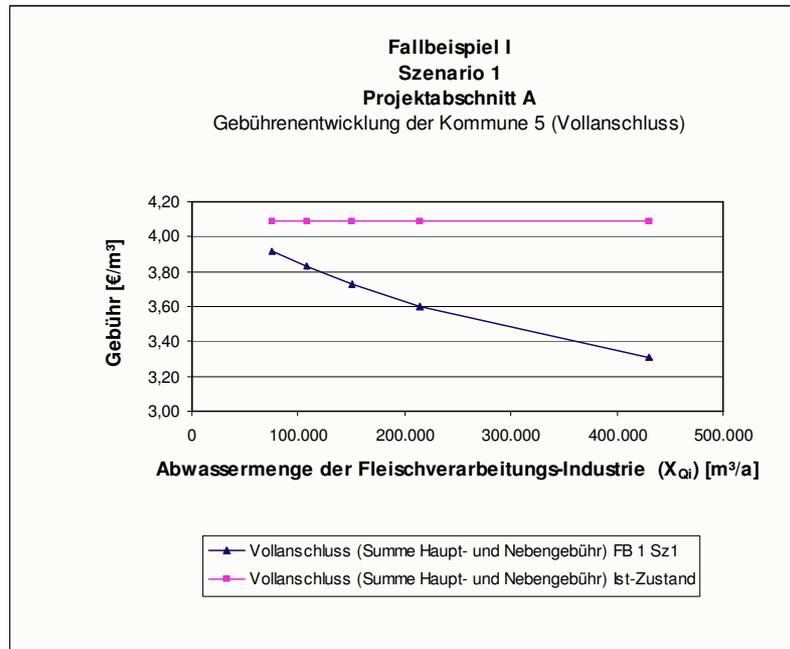


Abbildung 5-18: Gebührentwicklung der Kommune 5 – Szenario 1

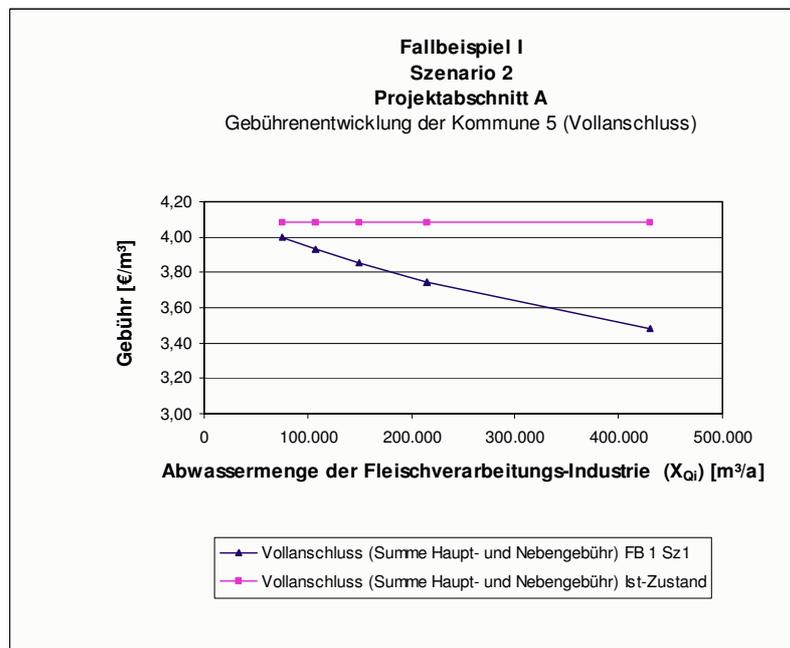


Abbildung 5-19: Gebührentwicklung der Kommune 5 – Szenario 2

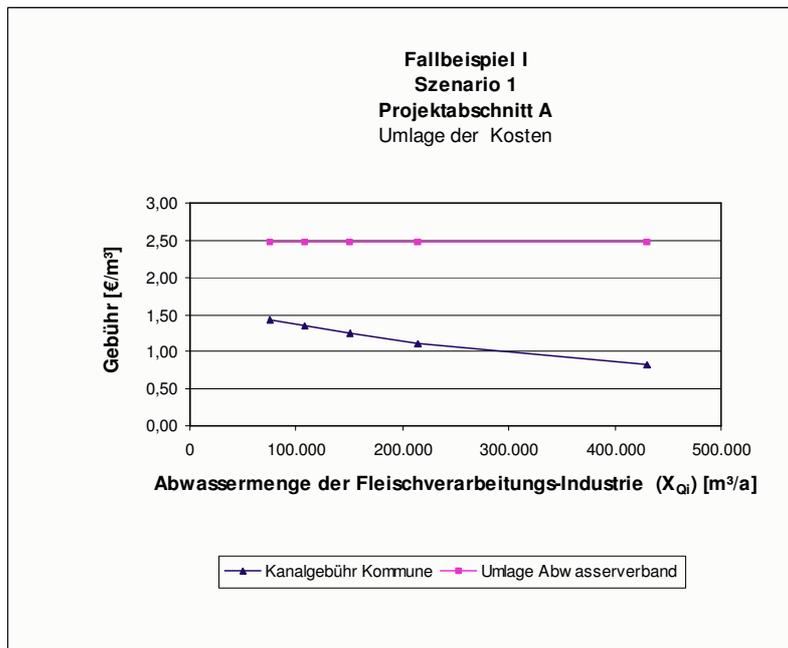


Abbildung 5-20: Umlage auf den Bürger - Szenario 1

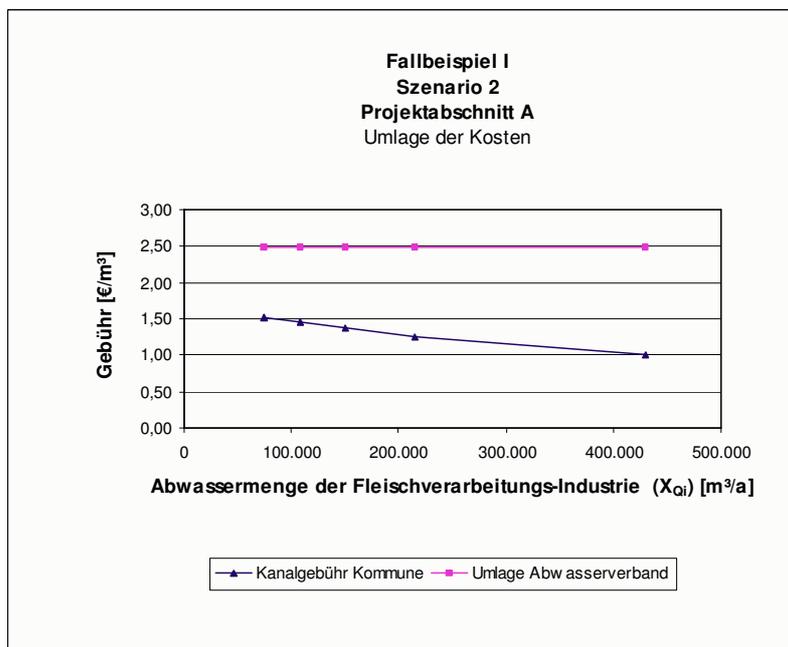


Abbildung 5-21: Umlage auf den Bürger - Szenario 2

Die abgebildeten spez. Preise entsprechen den Gesamtgebühren für die Fleischverarbeitungs-Industrie im Szenario 1. Im Szenario 2 wurde der Anschluss des Betriebes infolge der Tropfkörperinstallation als Teilanschluss 1 (nur Schmutzwasser oder Vorklärung) gewertet. Hierdurch ergab sich für den Betrieb ein spez. Kubikmeterpreis von 1,26 €/m³. Damit erhöhten sich die spez. Kosten im Vergleich zum Szenario 1 um 0,15 €/m³.

Die Veranlagung des fleischverarbeitenden Industriebetriebes durch den Abwasserverband wurde konstant mit 61,87 €/BE für den Klärkostenbeitrag bzw. mit 6,32 €/BE für die Umlage der Abwasserabgabe angesetzt. Damit ergaben sich für die Fleischverarbeitungs-Industrie in den Szenarien 1 und 2 die nachfolgend dargestellten zusätzlichen Kosten aus der Abgabe an den Abwasserverband respektive der Kommune 5.

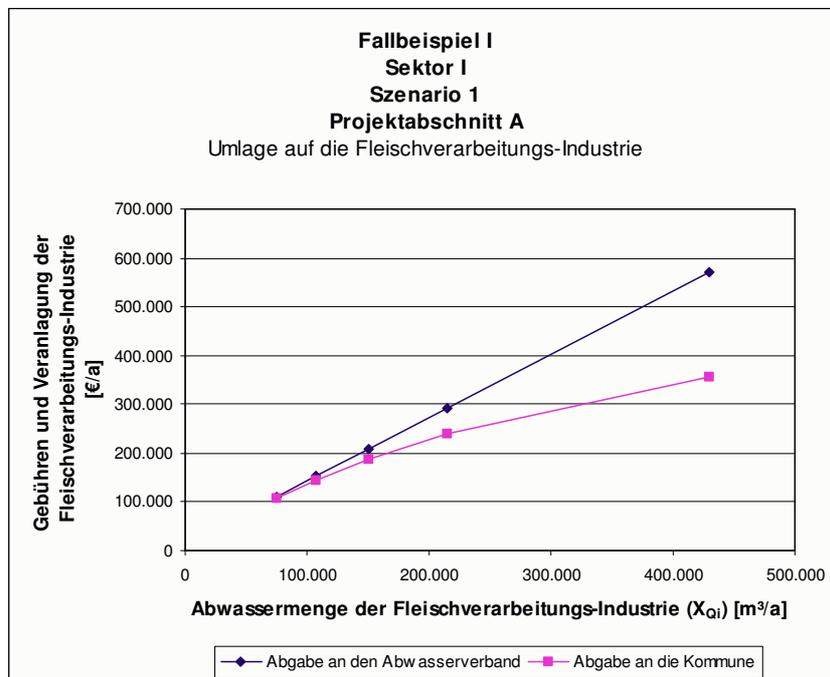


Abbildung 5-22: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 1

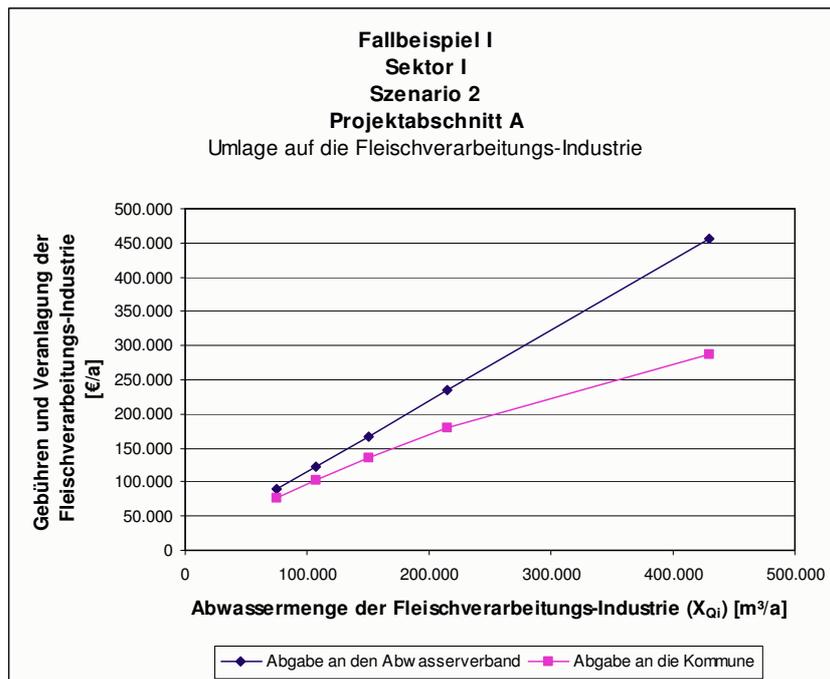


Abbildung 5-23: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 2

In der Summe ergaben sich damit folgende Gesamtjahreskostenverläufe für die Fleischverarbeitungs-Industrie.

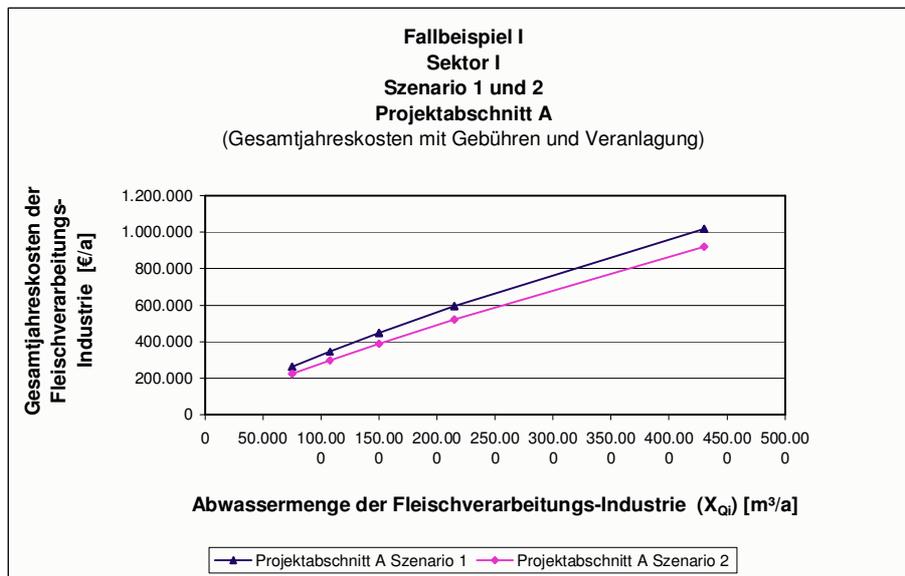


Abbildung 5-24: Gesamtjahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (mit Gebühren und Veranlagung) - Szenario 1 und 2

5.1.3.3 Gesamtjahreskosten inkl. Rückwirkung auf den Sektor I

Ergänzt wurden die Gesamtjahreskosten um die Gebühren und Veranlagung. So ergab sich nachfolgend dargestellter Kostenverlauf.

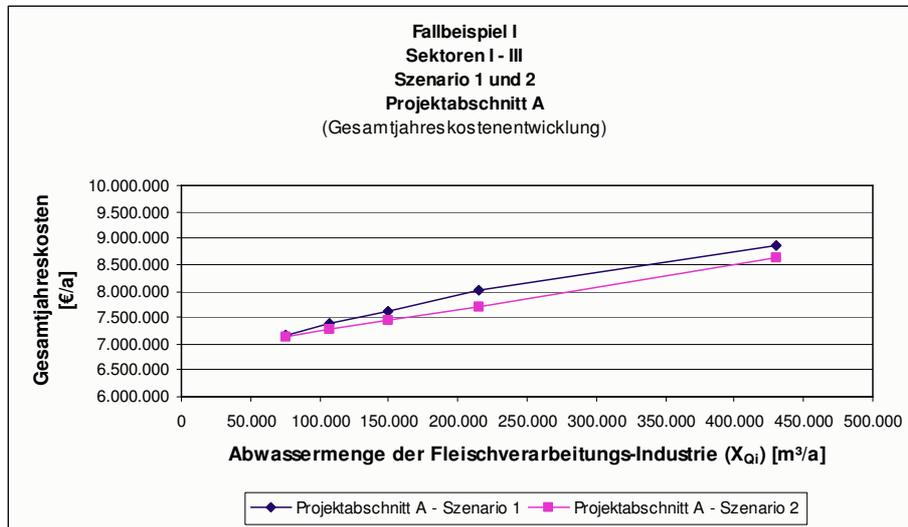


Abbildung 5-25: Gesamtjahreskosten der Sektoren I - III - Szenario 1 und 2

Durch die Berücksichtigung der Kosten aus Gebühren und Veranlagung ergab sich keine Änderung der Aussage. Die Kosten des Szenarios 1 (ohne Vorbehandlung) lagen weiterhin über denen des Szenarios 2, nur war die Schere etwas weiter geöffnet.

5.1.4 Handlungsempfehlungen

Betrachtet man die Gesamtjahreskosten inkl. Gebühren und Veranlagung der Fleischverarbeitungs-Industrie für die beiden untersuchten Szenarien 1 (Druckentspannungsflotation) und 2 (Druckentspannungsflotation und Hochlast-Tropfkörper), so ist festzustellen, dass die Gesamtjahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie im Szenario 2 stets unterhalb denen des Szenarios 1 liegen. Die Entscheidungsträger der Fleischverarbeitungs-Industrie würden sich aus dieser isolierten Betrachtungsweise heraus für eine Ansiedlung im Einzugsgebiet der Kläranlage A.3 – mit Zuschaltung einer weiteren Vorbehandlungsstufe in Form eines Festbettreaktors – entscheiden. Dass diese Entscheidung auch vor dem Hintergrund der sektorübergreifenden Gesamtkostenbetrachtung sinnvoll ist, bestätigt Abbildung 5-25. Aus Sicht der Gebührenentwicklung der Kommune 5 ist entsprechend Abbildung 5-18 und Abbildung 5-19 die Ansiedlung des Industriebetriebes ohne Erweiterung der Vorklärung sinnvoll. Beide Gebührenverläufe weisen einen degressiven Charakter auf und liegen, mit einem leichten Vorteil für Szenario 1, unterhalb der Gebühren ohne Industrieabwassereinleitung. Der Kostenvorteil ist

jedoch marginal, so dass eine Entscheidung für eine weitergehende Behandlung industriellen Abwassers empfohlen werden kann.

5.2 FALLBEISPIEL A.2 EINWOHNER / KOMMUNE 5 / ABWASSERVERBAND

Im Fallbeispiel A.2 wurden in einer eindimensionalen Betrachtung die Auswirkungen infolge einer fiktiven Variation der Anzahl der Einwohner (X_E) und der abflusswirksamen Fläche X_{Ared} in der Kommune 5 untersucht.

5.2.1 Veränderung von Einflussgrößen in Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien

Szenario 1

Im Szenario 1 wurde durch die Ansiedlung von 500, 1.000 und 2.000 EW die häusliche Schmutzwassermenge um 109.500 m³/a auf 346.500 m³/a erhöht. Der geplante Siedlungsraum war in der Außenlage und damit eher ländlich geprägt. Bei einer Erschließung eines neuen Siedlungsraumes in Kommune 5 wurde bei der Berechnung der spezifischen Siedlungsdichte angenommen, dass die durchschnittliche Grundstücksgröße einschließlich der öffentlichen Straßen und Wege rund 800 m² beträgt. Daraus ergeben sich 12,5 Grundstücke pro Hektar. Jedem Grundstück wurde ein Einfamilienhaus mit 4 Einwohnern zugeordnet. Damit ergibt sich bei 500 neuen Einwohnern eine spez. Siedlungsdichte von 50 E/ha. Bei steigender Zahl der anzusiedelnden Personen auf 1.000 oder 2.000 wurde von einer intensiveren Nutzung der zur Verfügung stehenden Siedlungsfläche ausgegangen, so dass die spez. Siedlungsdichte ansteigen würde. Der Befestigungsgrad von 25 % wurde aus der Schmutzfrachtberechnung für das Einzugsgebiet der Kläranlage A.3 übernommen. Damit ergab sich eine zusätzlich abflusswirksame Fläche von ca. 8,33 ha.

Szenario 2

Im Szenario 2 erfolgte analog zum Szenario 1 die Ansiedlung von 500, 1.000 und 2.000 EW im Untersuchungsgebiet. In diesem Fallbeispiel wurde aber zusätzlich die abflusswirksame Fläche, welche zum Grundsystem hinzukommen würde, durch Entsiegelungsmaßnahmen reduziert. Dadurch ergab sich bei Ansiedlung von 2.000 EW eine zusätzliche abflusswirksame Fläche von ca. 5 ha.

5.2.2 Auswirkungen der Impulsgebe auf die Sektoren II und III

5.2.2.1 Auswirkungen auf den Sektor II (Abwasserableiter)

Szenario 1 und 2

Für die Untersuchung im Fallbeispiel 2 (Ansiedlung von Einwohnern im Zielgebiet) wurde die Erweiterung der Siedlungsflächen ebenfalls im Außenbereich der Kommune 5 geplant. Die Entwässerung sollte über ein neu zu errichtendes Kanalnetz (Trennsystem) erfolgen. Die Schmutzwässer sollten zum ehemaligen Standort der Kläranlage des Teileinzugsgebietes 4 übergeleitet und anschließend gemeinsam mit denen des Teileinzugsgebietes 4 und 5 abgeleitet werden. Das Niederschlagswasser aus diesem Gebiet sollte nach einer Zwischenspeicherung gedrosselt in die Talsperre eingeleitet werden. Die nachfolgende Abbildung skizziert die geplanten Fließwege im Untersuchungsgebiet.

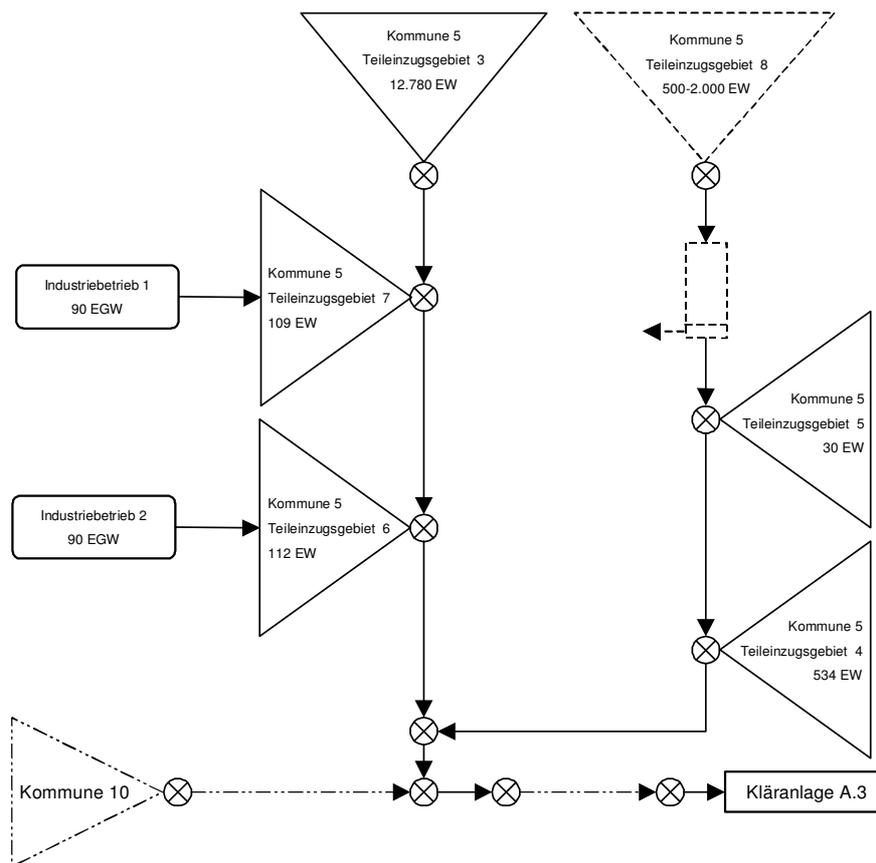
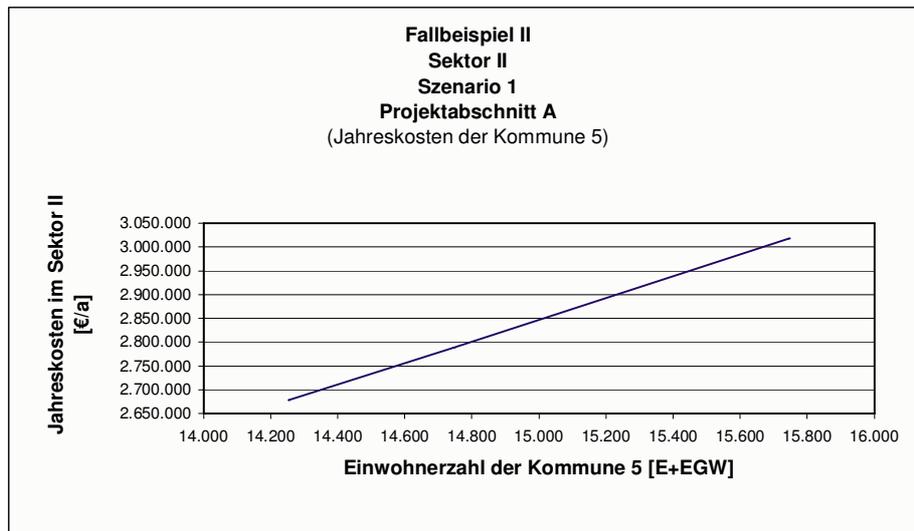


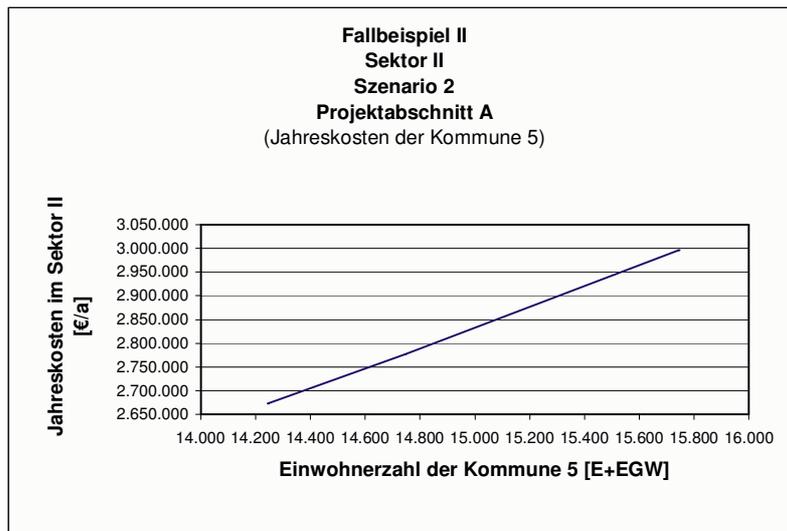
Abbildung 5-26: Fließwege im WIRKS-System – Fallbeispiel 2, Projektabschnitt A

Durch die Ansiedlung der Einwohner ergab sich aus dem notwendigen Leitungsbau eine Erhöhung der Kosten im Sektor II. Um die entstehenden Wassermengen für 500 – 2.000 EW (Grenzen der Variation) schadlos abführen zu können, ist durchgängig ein Leitungsdurchmesser von DN 250 erforderlich. Damit ergibt sich der in Abbildung 5-27 bzw. Abbildung 5-28 dargestellte Jahreskostenverlauf für Szenario 1 bzw. Szenario 2.



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(14.245-14.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 223,500 \cdot X_E + -507.367$ [€/a]
(14.745-15.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 230,008 \cdot X_E + -603.334$ [€/a]

Abbildung 5-27: Jahreskosten im Sektor II – Szenario 1



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(14.245-14.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 208,399 \cdot X_E + -295.783$ [€/a]
(14.745-15.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 218,930 \cdot X_E + -451.068$ [€/a]

Abbildung 5-28: Jahreskosten im Sektor II – Szenario 2

5.2.2.2 Auswirkungen in Sektor III (Abwasserbehandler)

Szenario 1 und 2

Durch die Ansiedlung und den damit verbundenen Zuwachs der abflusswirksamen Fläche war eine Erhöhung des Behandlungsvolumens (Regenbecken) erforderlich. Bei der Ermittlung der Regenwassermengen wurde eine Regenspende von 125 l/(s · ha) für den Bereich der Kommune 5 angenommen. Unter der Prämisse, dass jeder Regentropfen sofort abflusswirksam ist und nicht zeitlich verzögert im Kanal ankommt, ermittelte sich das notwendige Behandlungsvolumen mittels eines 10-minütigen Regens. Das Volumen sollte vollständig zwischengespeichert und anschließend über eine DN 250-Leitung zur Talsperre abgeführt werden. Abhängig vom betrachteten Szenario ergaben sich verschiedenartige erforderliche Volumina. In der Folge differierten die Kosten für die Errichtung in den Szenarien, mit einem leichten Vorteil für das Szenario 2.

Die zentrale Kläranlage war, ausgehend vom fiktiven Ist-Zustand (Ausbaugröße = 73.000 EW), durch den Anschluss der Kommune 5 inkl. aller übrigen Teileinzugsgebiete von 73.000 auf 90.000 EW zu erweitern. Die zusätzliche Belastung durch die Ansiedlungsmaßnahmen bedeutete dann jedoch keine frachtartige oder hydraulische Überlastung. Somit ergaben sich nachfolgend dargestellte Kostenverläufe für den Sektor III.

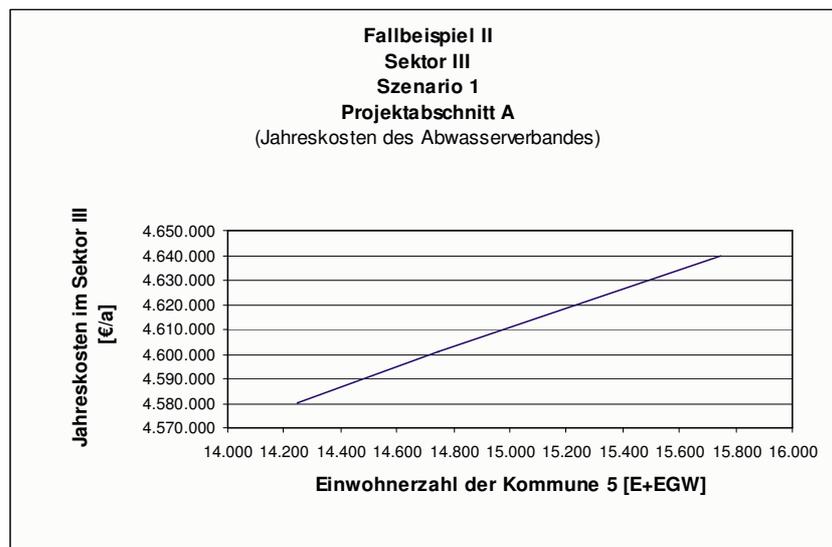


Abbildung 5-29: Jahreskosten im Sektor III - Szenario 1

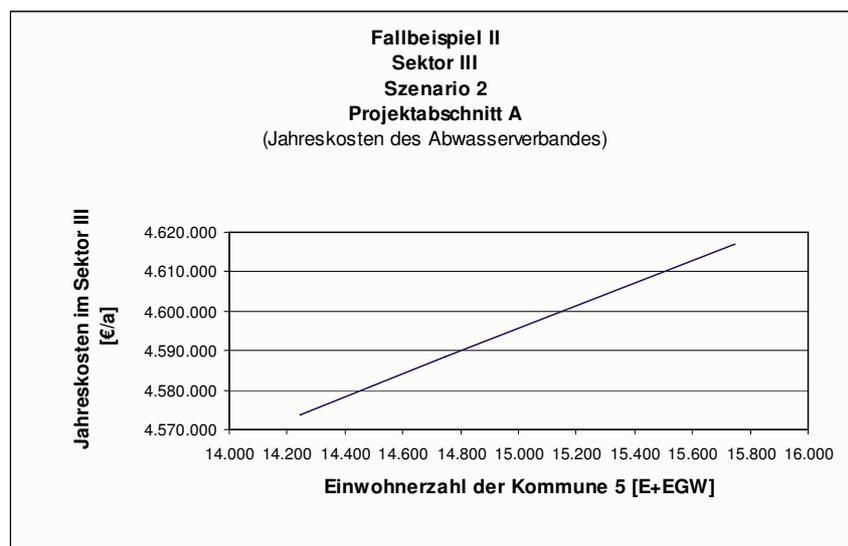


Abbildung 5-30: Jahreskosten im Sektor III - Szenario 2

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

Die Gebührenumlage im Sektor II erfolgt über die Division des Deckungsbedarfs (Dividend) und der abgeleiteten Abwassermenge (Divisor). Aufgrund der Erweiterung des Kanalnetzes, die mit der Ansiedlung der Einwohner im Außenbereich einherging, stieg der Deckungsbedarf der Kommune 5. Zum einen erhöhten sich die Jahreskosten aus dem Bau (fixe Kosten: AfA und Zins) und dem Betrieb (vari-

able Kosten: quasi-fixe und echte variable Kosten), zum anderen stiegen die Abgaben an den Abwasserverband durch den Zuwachs an zu veranlagenden Einwohnern. Gleichzeitig stieg jedoch auch die Abwassermenge. Insgesamt war der Gradient des Dividenden höher, so dass letztendlich die Gebühr stieg. Abbildung 5-31 und Abbildung 5-32 zeigen den entsprechenden Gebührenverlauf der Kommune 5.

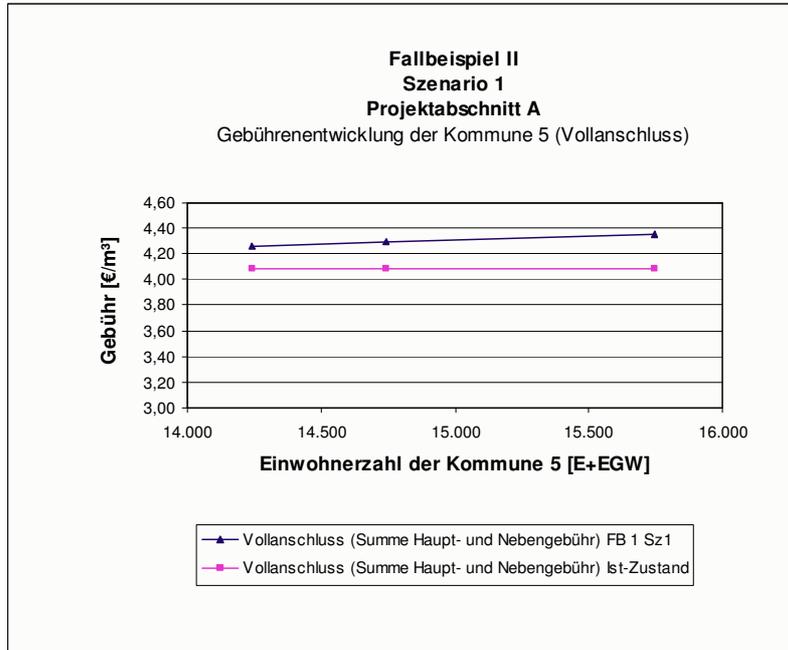


Abbildung 5-31: Gebührentwicklung der Kommune 5 - Szenario 1

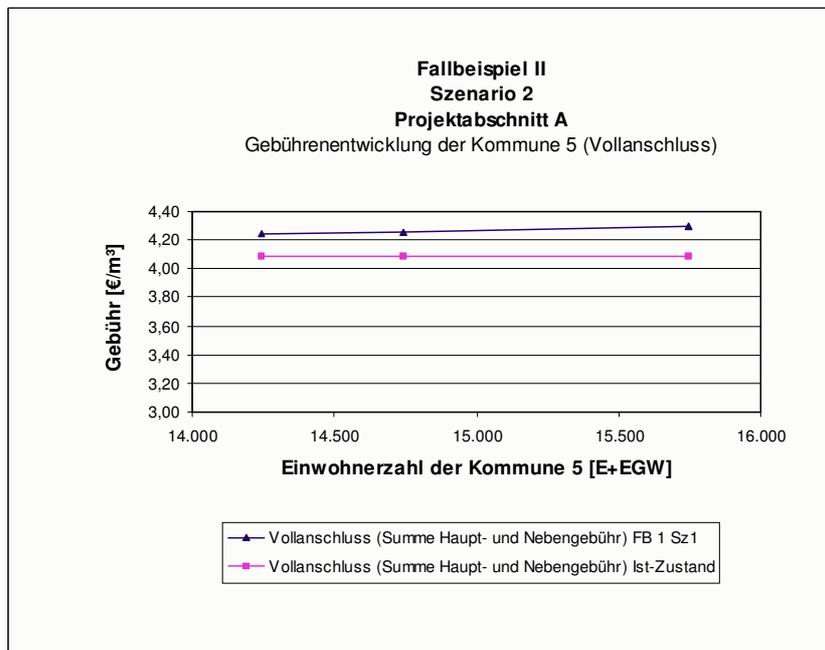
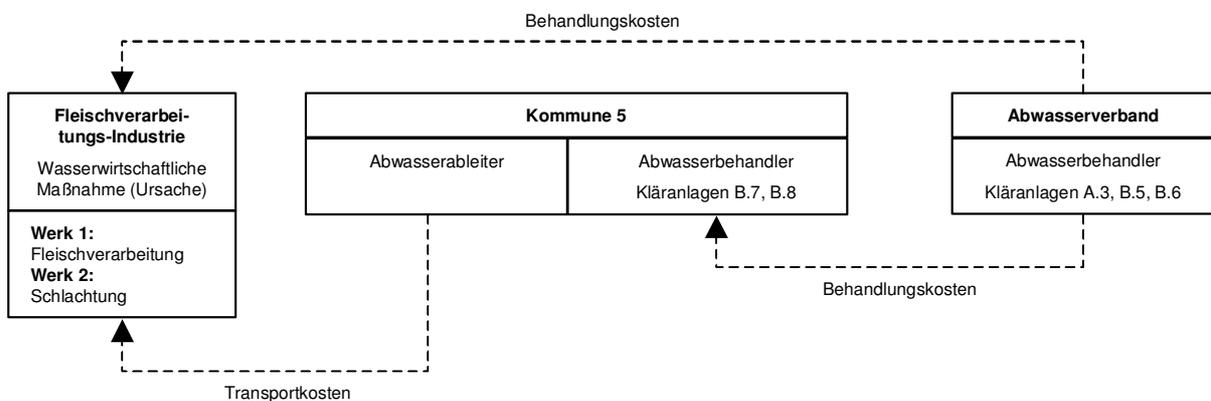


Abbildung 5-32: Gebührentwicklung der Kommune 5 - Szenario 2

Einschränkend ist hier zu sagen, dass die ermittelten Ergebnisse nur bedingt aussagekräftig sind. In den Fallbeispielen 2 der Projektabschnitte A und B konnte der Anteil der Niederschlagswasserableitung nicht berücksichtigt werden. Nach Auskunft der Kommune 5 erfolgt die Ermittlung über eine N-A-Modell-Berechnung und lag für diese Planspiele nicht vor. Entsprechend wird hier auf die Ableitung einer Handlungsempfehlung verzichtet.

5.3 FALLBEISPIEL B.1

FLEISCHVERARBEITENDE INDUSTRIE 1 / KOMMUNE 5 / ABWASSERVERBAND



5.3.1 Veränderungen der Einflussgrößen im Sektor I (Impulsgebung) in zwei Szenarien

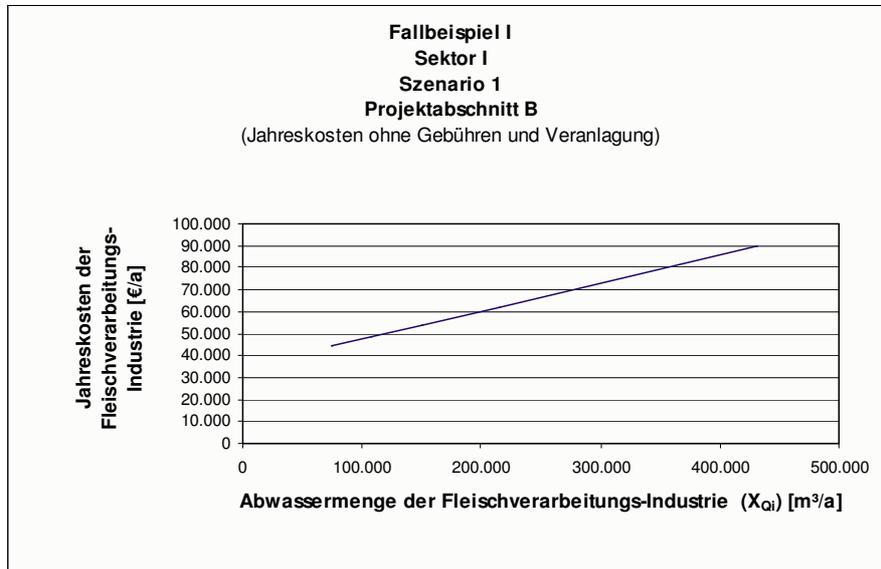
Im Fallbeispiel B.1 wurden analog zum Fallbeispiel A.1 in einer eindimensionalen Betrachtung die Auswirkungen infolge einer Impulsgebung im Sektor I durch die Ansiedlung der Fleischverarbeitungs-Industrie im Zielgebiet betrachtet. Außerdem sollte untersucht werden, inwieweit ein Ausbau der Vorbehandlungsanlage des Betriebs eine ökonomisch sinnvolle Maßnahme für das Wirksystem darstellt.

Entsprechend der Aufgabenstellung des Praxisfallbeispiels sollte die Abwasserreinigung entgegen dem Projektabschnitt A dezentral in Ortsteil- oder Gruppenkläranlagen erfolgen.

Szenario 1

Im Szenario I wurde die Wassermenge analog zum Szenario I des Projektabschnitts A in den Grenzen von 75.000-430.000 m³/a variiert und der Betrieb mit den jeweiligen Abwassermengen fiktiv bei gleichbleibenden Konzentrationen neu angesiedelt. Die Vorbehandlungsanlage verfügte im gesamten

Variationsraum über genügend Reserven, so dass hier keine zusätzlichen Investitionskosten erforderlich waren. Damit stellt sich der summarische Jahreskostenverlauf wie folgt dar:



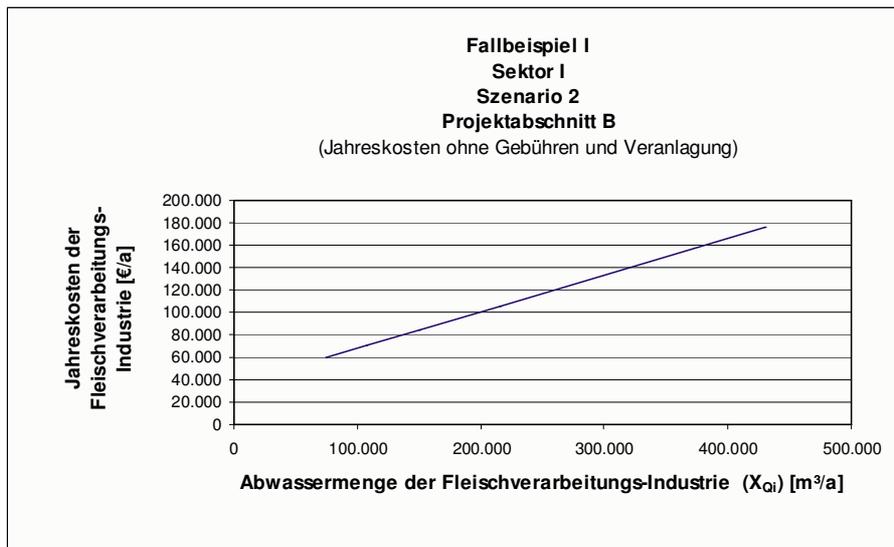
Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,128 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]

Abbildung 5-33: Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) - Szenario 1

Szenario 2

Im Szenario 2 wurde entsprechend dem Szenario 2 des Projektabschnitts A ein Tropfkörper zur weitergehenden Vorbehandlung der industriellen Abwässer installiert. Die Ablaufkonzentrationen des Industriebetriebes ergaben sich entsprechend der Tabelle 5-1.

Die Abwassermenge wurde in den Grenzen von 75.000-430.000 m³/a bei gleichbleibenden Konzentrationen variiert. Der Verlauf der Zahllasten ist nachfolgend grafisch aufbereitet.



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,330 \cdot X_{Qi} + 34.671$ [€/a]

Abbildung 5-34: Jahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (ohne Gebühren und Veranlagung) - Szenario 2

5.3.2 Auswirkung der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.3.2.1 Auswirkung auf den Sektor II (Abwasserableiter)

Für die Fallbeispieluntersuchung wurde der Industriebetrieb analog zum Fallbeispiel A.1 im Bereich des Teileinzugsgebietes 4 angesiedelt. Die Überleitung der Abwässer zur Kläranlage des Teileinzugsgebietes sollte über einen neu zu errichtenden Kanal erfolgen. Die nachfolgende Abbildung skizziert die geplanten Fließwege und Lage der Abwasserreinigungsanlagen.

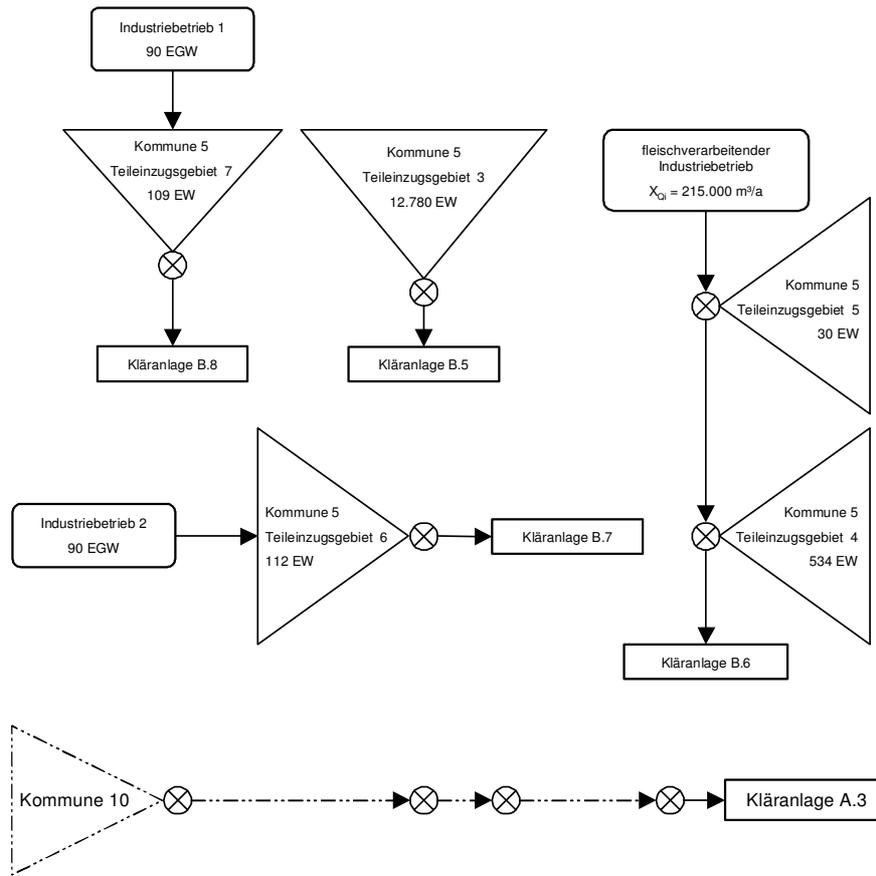
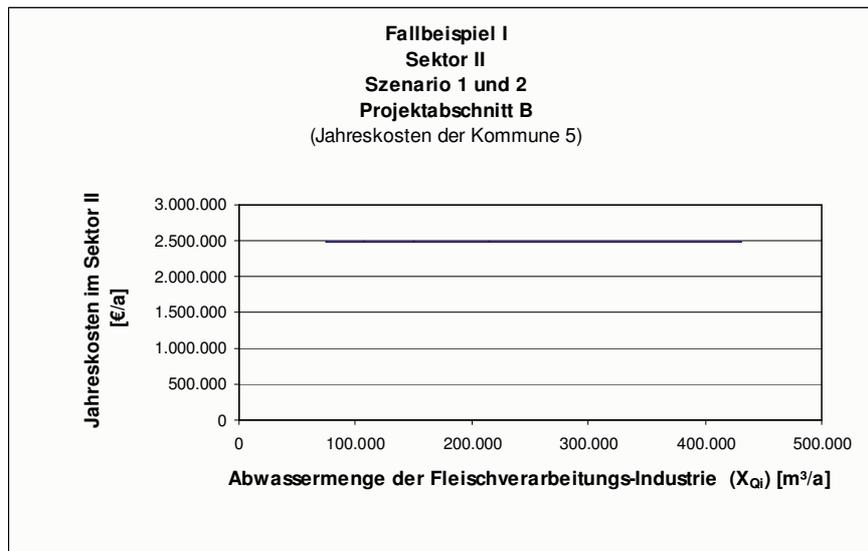


Abbildung 5-35: Fließwege im Wirksystem - Fallbeispiel 1, Projektabschnitt B

Da in den Fallbeispielen des Projektabschnitts B die Abwasserbehandlung dezentral in der Kommune 5 erfolgen sollte, entfielen die Kosten für den Hauptsammler sowie die Anschlussleitungen. Eine weitergehende Modifikation der Ortsnetze war nicht erforderlich. Damit ergaben sich nachfolgend dargestellte Zahllastverläufe für die Szenarien 1 und 2 im Sektor II.



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.473.452$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.473.452$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.473.452$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 0,000 \cdot X_{Qi} + 2.473.452$ [€/a]

Abbildung 5-36: Jahreskosten im Sektor II - Szenario 1 und 2

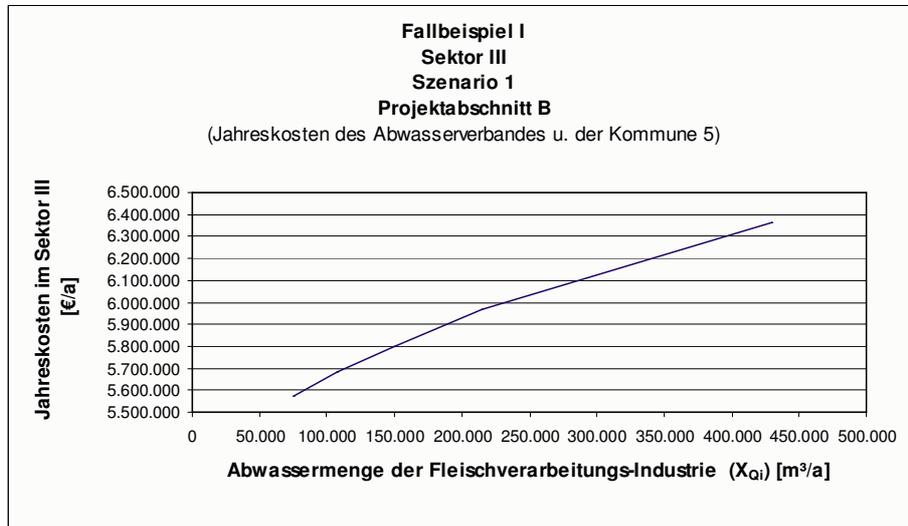
5.3.2.2 Auswirkung auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

In den Fallbeispielen des Projektabschnittes B sollte die Abwasserreinigung der Teileinzugsgebiete analog zum fiktiven Ist-Zustand bzw. dem Abwasserbehandlungssystem vor der Ausbaumaßnahme des Abwasserverbandes dezentral in Gruppen- oder Ortsteilkläranlagen erfolgen. Es war vorgesehen, die Abwässer des Teileinzugsgebietes 3 (Kerngebiet der Kommune 5) in der vorhandenen Kläranlage B.5 zu behandeln. Aufgrund des prognostizierten Einwohnerzuwachses war eine Erweiterung der Kläranlage durch eine Stickstoff- und Phosphatelimination erforderlich.

Die Abwässer der Teileinzugsgebiete 4 und 5 sollten in der vorhandenen Kläranlage B.6 gereinigt werden. Auch hier war eine Ertüchtigung der Anlage durch die prognostizierte Mehrbelastung erforderlich.

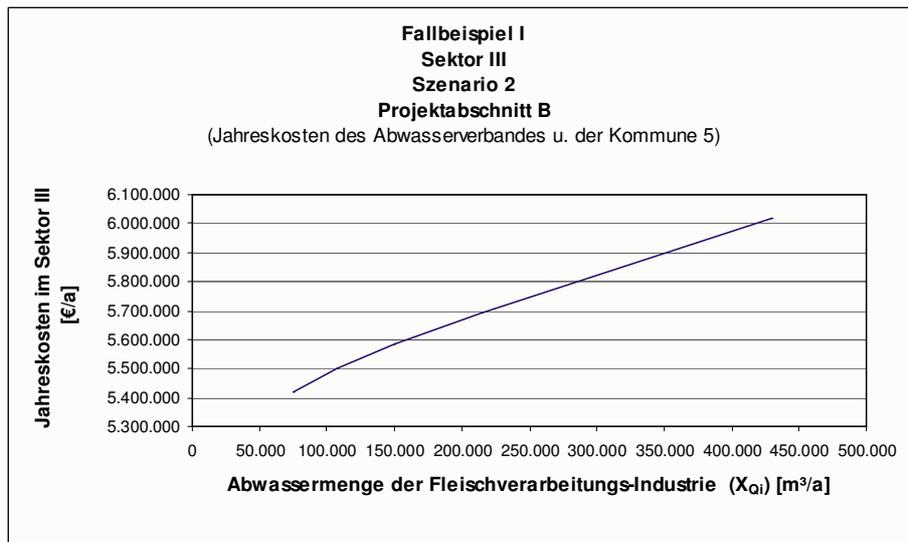
Die Abwässer der Teileinzugsgebiete 6 und 7 wurden bis zur Erweiterungsmaßnahme der Kläranlage A.3 (entspricht dem modifizierten Ist-Zustand) über kleine bzw. Kleinkläranlagen behandelt. Hier sollten zwei Teichanlagen die Abwasserreinigung übernehmen.

Diese Neu- bzw. Ausbaumaßnahmen führten insgesamt zu einer Anhebung der Zahlkosten im Sektor III. Die Kostenverläufe für die Szenarien 1 und 2 sind nachfolgend grafisch aufbereitet.



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 3,288 \cdot X_{Qi} + 5.330.439$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,743 \cdot X_{Qi} + 5.389.049$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,639 \cdot X_{Qi} + 5.404.628$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,812 \cdot X_{Qi} + 5.582.502$ [€/a]

Abbildung 5-37: Jahreskosten im Sektor III - Szenario 1



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(75.000-107.500) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,506 \cdot X_{Qi} + 5.229.771$ [€/a]
(107.500-150.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 2,008 \cdot X_{Qi} + 5.283.396$ [€/a]
(150.000-215.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,686 \cdot X_{Qi} + 5.331.576$ [€/a]
(215.000-430.000) [m³/a]	$K(X_{Qi}) = 1,507 \cdot X_{Qi} + 5.370.132$ [€/a]

Abbildung 5-38: Jahreskosten im Sektor III - Szenario 2

5.3.3 Gesamtjahreskostenentwicklung

Um das Gesamtjahreskosten-Optimum identifizieren zu können, wurden die oben angeführten sektoral anfallenden Jahreskosten aufaddiert. Getrennt nach Szenarien war so eine ganzheitliche Kostenbetrachtung möglich. Die sich ergebenden additiven Verknüpfungen sind nachfolgend abgebildet.

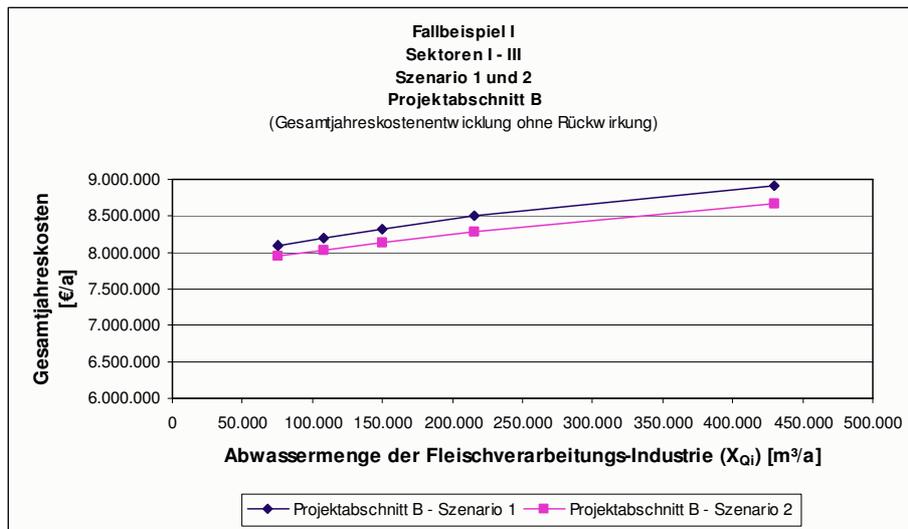


Abbildung 5-39: Gesamtjahreskosten der Sektoren I – III ohne Rückwirkung – Szenario 1 und 2

Wie auch im Fallbeispiel 1 des Projektabschnittes A lagen die Kosten des Szenarios 2 unter denen des Szenarios 1.

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

Die für das Fallbeispiel relevanten Gebührensätze sind im 18. Nachtrag zur Ortssatzung der Kommune 5 vom 16.12.1983 festgeschrieben. Dabei werden alle angeschlossenen Bürger sowie Industriebetriebe, sofern sie nicht über eine eigene Vorklärung verfügen oder nur Niederschlagswasser einleiten, mit Gebühren in Höhe von 3,66 €/m³ beaufschlagt. Zur Deckung des Klärkostenbeitrags an den Abwasserverband haben die angeschlossenen Bürger zusätzlich eine Gebühr in Höhe von 1,62 €/m³ zu entrichten.

Die Ansiedlung des Industriebetriebes hatte Einfluss auf den Deckungsbedarf der Kommune 5. Zum einen stiegen die kalkulatorischen Kosten (AfA und Zins) durch den Neu- bzw. Ausbau des Leitungsnetzes (Ortsentwässerung), zum anderen erhöhten sich die Abgaben an den Abwasserverband. Durch die Erweiterung der Kläranlage B.6 fiel diese in die Zuständigkeit des Abwasserverbandes gemäß Landeswassergesetz NW in der aktuellen Fassung. In der Folge änderten sich aufgrund der Veranlagungsrichtlinie die Berechnungsgrundlagen durch Einführung eines neuen Übergabepunktes. In Abbildung 5-40 und Abbildung 5-41 sind die Gebührenentwicklungen für die Szenarien 1 und 2 im Vergleich zum Ist-Zustand für einen Vollanschluss dargestellt. Es zeigte sich, dass die Gebühren bei

Variation der industriellen Wassermenge in Richtung des unteren Limits (75.000 m³/a) über den heutigen Sätzen liegen würden. Je weiter die industrielle Wassermenge anstieg, umso stärker sanken die spez. Kosten bis sie schließlich an der Stützstelle 430.000 m³/a eine Höhe von 3,62 €/m³ im Szenario 1 bzw. 3,81 €/m³ im Szenario 2 erreichten.

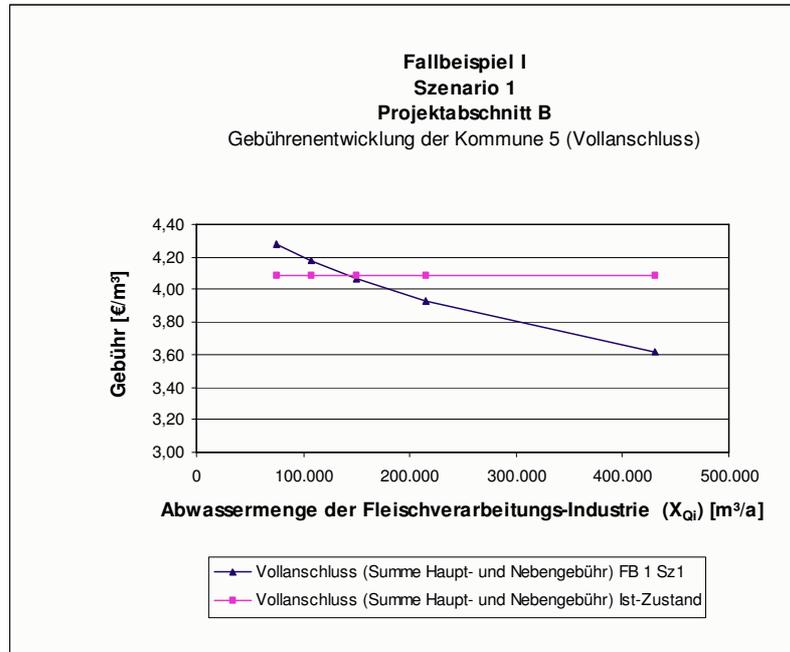


Abbildung 5-40: Gebührentwicklung der Kommune 5 - Szenario 1

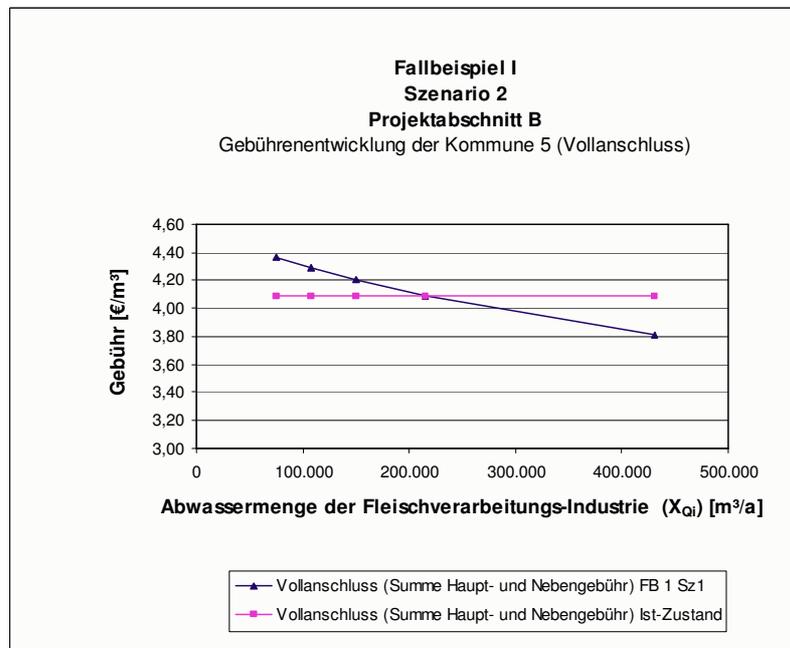


Abbildung 5-41: Gebührentwicklung der Kommune 5 - Szenario 2

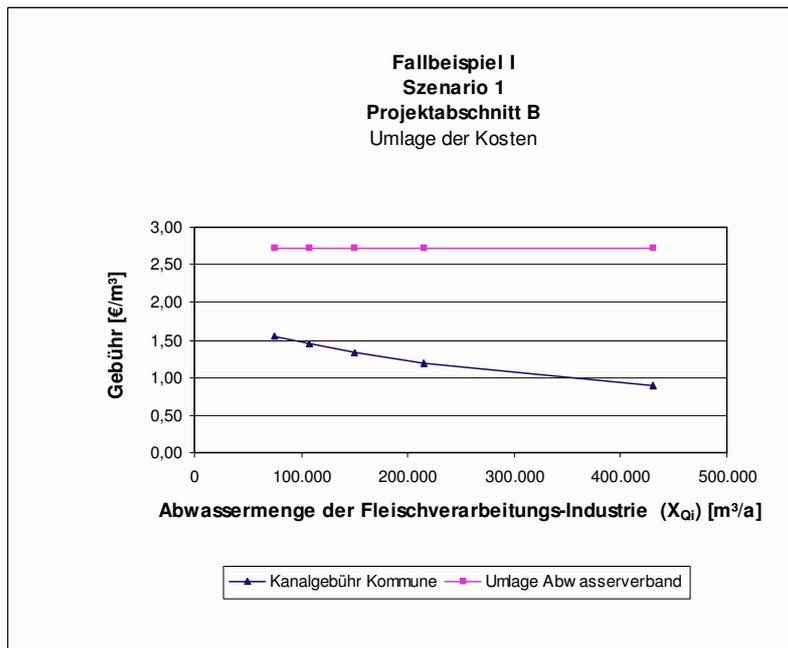


Abbildung 5-42: Umlage auf die Bürger - Szenario 1

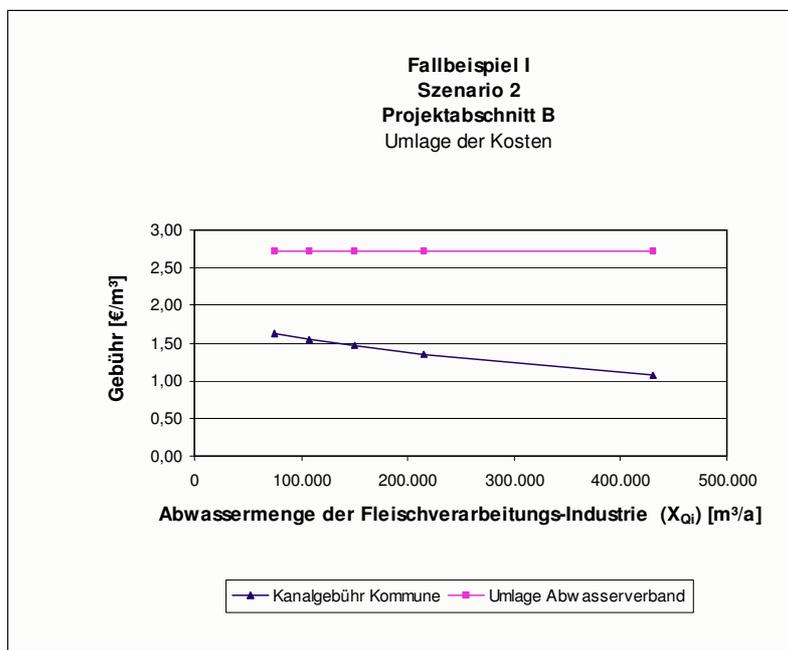


Abbildung 5-43: Umlage auf die Bürger - Szenario 2

Industriebetriebe, welche über eine eigene Vorklärung verfügen, erhalten eine Ermäßigung um $33 \frac{1}{3} \%$. Die Reinigung hat dabei weiter zu gehen als bis zu dem Zustand, „der Voraussetzung für die Zulässigkeit der Einleitung in die öffentliche Abwasseranlage ist“. Dies bedeutete, dass durch die Erweiterung der Vorklärung im Szenario 2 die Transportgebühren nach den Bedingungen eines Teilan schlusses erhoben werden konnten.

Die Veranlagung der Industriebetriebe durch den Abwasserverband wurde konstant mit 61,87 €/BE für den Klärkostenbeitrag bzw. mit 6,32 €/BE für die Umlage der Abwasserabgabe angesetzt. Somit ergaben sich aus der Rückwirkung aus den Sektoren II und III im Sektor I folgende zusätzliche Jahreskosten.

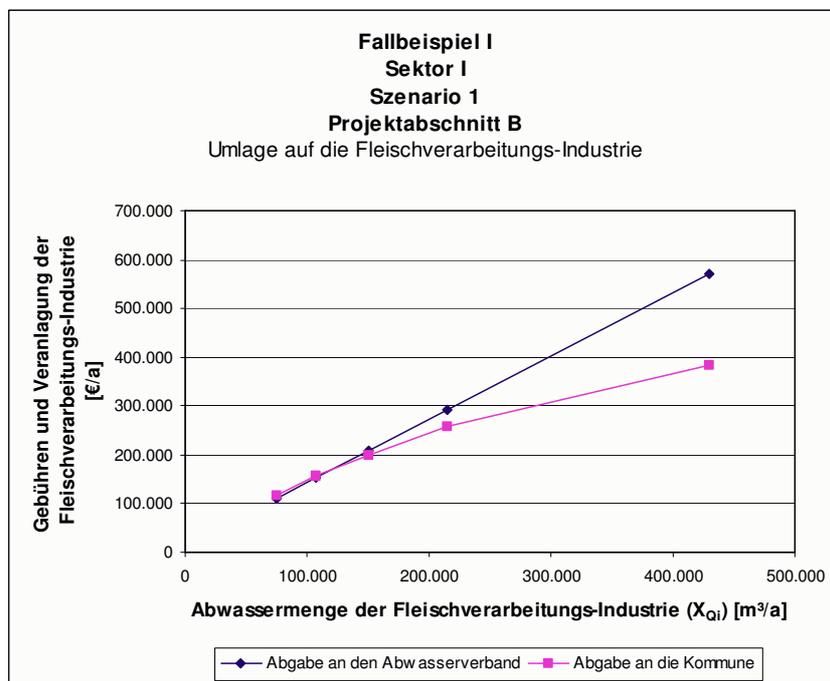


Abbildung 5-44: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 1

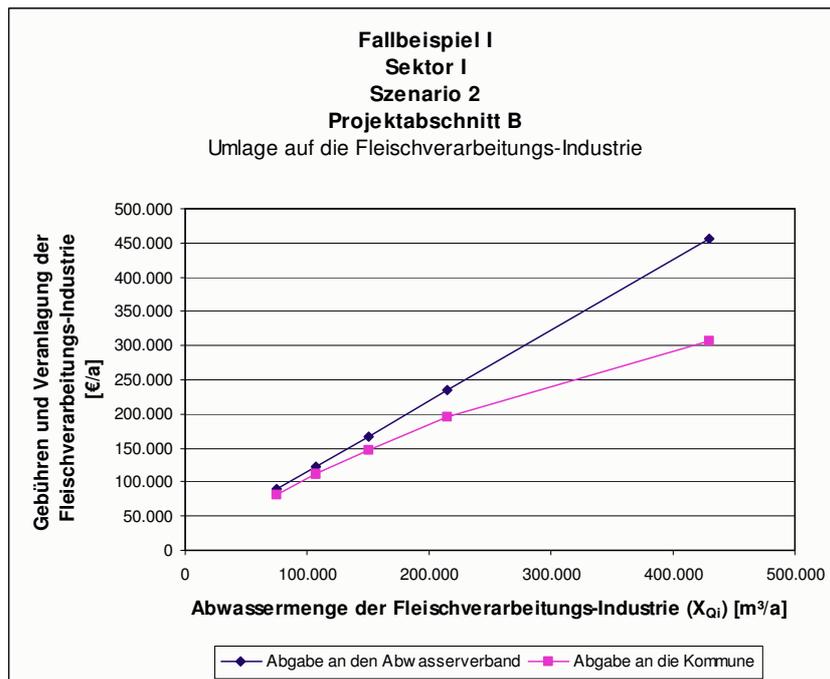


Abbildung 5-45: Umlage auf die Fleischverarbeitungs-Industrie - Szenario 2

In Addition zu den kalkulatorischen und betrieblichen Kosten ergab sich für den Industriebetrieb folgende Gesamtkostenaufstellung.

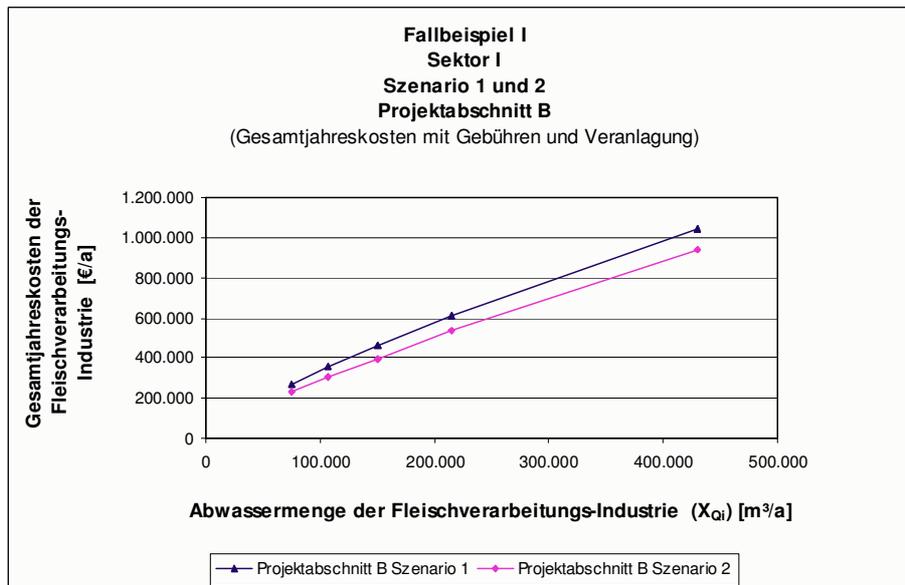


Abbildung 5-46: Gesamtjahreskosten der Fleischverarbeitungs-Industrie (mit Gebühren und Veranlagung) - Szenario 1 und 2

Nimmt man die Kosten aus Gebühren und Veranlagung in die Betrachtung der Gesamtjahreskosten auf, so ergibt sich der nachfolgend dargestellte Verlauf für die Szenarien 1 und 2.

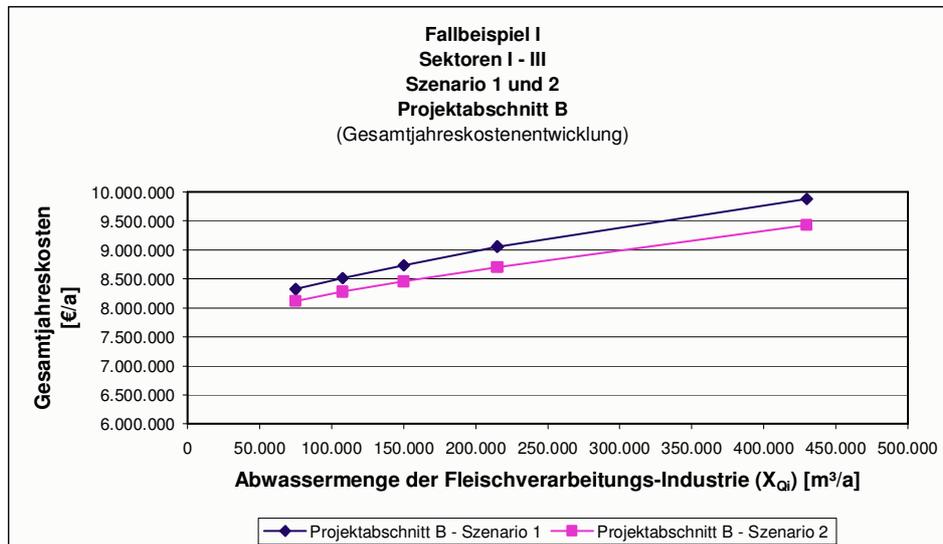


Abbildung 5-47: Gesamtjahreskosten der Sektoren I - III - Szenario 1 und 2

Wie schon im Fallbeispiel 1, Projektabschnitt A, ändert sich die grundsätzliche Aussage nicht. Die Kosten des Szenarios 2 liegen unter denen des Szenarios 1.

5.3.5 Handlungsempfehlung

Ebenso wie in Fallbeispiel 1 des Projektabschnittes A zeigt sich am Gesamtjahreskostenverlauf des Industriebetriebes, dass sich die Installation einer Vorbehandlungsstufe wirtschaftlich rechnet. Auch hier wird diese Entscheidung durch die sektorübergreifende Betrachtung unterstützt. Demgegenüber steht die Gebührenentwicklung, die – ähnlich wie im Projektabschnitt A – im Szenario 1 geringer ausfällt als im Szenario 2. In beiden Szenarien ist der Gebührenverlauf degressiv. Dabei fällt die Gebühr bei steigender industrieller Wassermenge. Nutznießer dieser Entwicklung wären die Bürger, obwohl diese nicht als Verursacher anzusehen sind. In der Folge wird hier ebenso wie in Fallbeispiel 1 des Projektabschnittes A empfohlen, eine weitergehende Behandlung zu installieren.

Der dargestellte Verlauf der Gebühren infolge des Wassermengenanstiegs im Abwasserableitungssystem wurde als charakteristisch identifiziert. Ein Lösungsansatz für diese Thematik ist im Abschlussbericht des vorangegangenen Projektes entwickelt worden.

5.4 FALLBEISPIEL B.2

EINWOHNER / KOMMUNE 5 / ABWASSERVERBAND

5.4.1 Veränderungen der Einflussgrößen im Sektor I (Impulsgabe) in zwei Szenarien

Im Fallbeispiel B.2 wurden in Analogie zum Fallbeispiel A.2 die Auswirkungen einer Einwohneransiedlung im Untersuchungsgebiet simuliert.

Szenario 1

Im Szenario 1 wurde durch die Ansiedlung von 500-2.000 Einwohnern die zu behandelnde Abwassermenge um maximal 364.000 m³ erhöht. Die Ansiedlung sollte im Einzugsbereich der ursprünglich vorhandenen Kläranlage für die Teileinzugsgebiete 4 und 5 der Kommune 5 erfolgen.

Durch die Ansiedlung ergibt sich maximal eine zusätzliche abflusswirksame Fläche von 8,33 ha für 2.000 EW. Die Niederschlagswasserableitung über einen Zwischenspeicher in die Talsperre blieb entsprechend der Planung in Kapitel 5.2 bestehen.

Szenario 2

Im Szenario 2 wurde ebenfalls die Ansiedlung von 500-2.000 Einwohnern im Untersuchungsgebiet simuliert. In diesem Fallbeispiel wurde aber zusätzlich die abflusswirksame Fläche durch Entsiegelungsmaßnahmen auf 5 ha bei 2.000 EW reduziert.

5.4.2 Auswirkung der Impulsgabe auf die Sektoren II und III

5.4.2.1 Auswirkung auf den Sektor II (Abwasserableiter)

Die Ansiedlung der Einwohner im Zielgebiet erfolgte analog zum Fallbeispiel 2 im Projektabschnitt A. Die dort getroffenen Annahmen zum Entwässerungssystem galten hier entsprechend. Lediglich die erforderlichen Anschlussleitungen vom Ortsnetz zum Zentralsammler entfielen durch die dezentrale Abwasserreinigung. Abbildung 5-48 zeigt die geplanten Fließwege sowie die geplanten Kläranlagenstandorte.

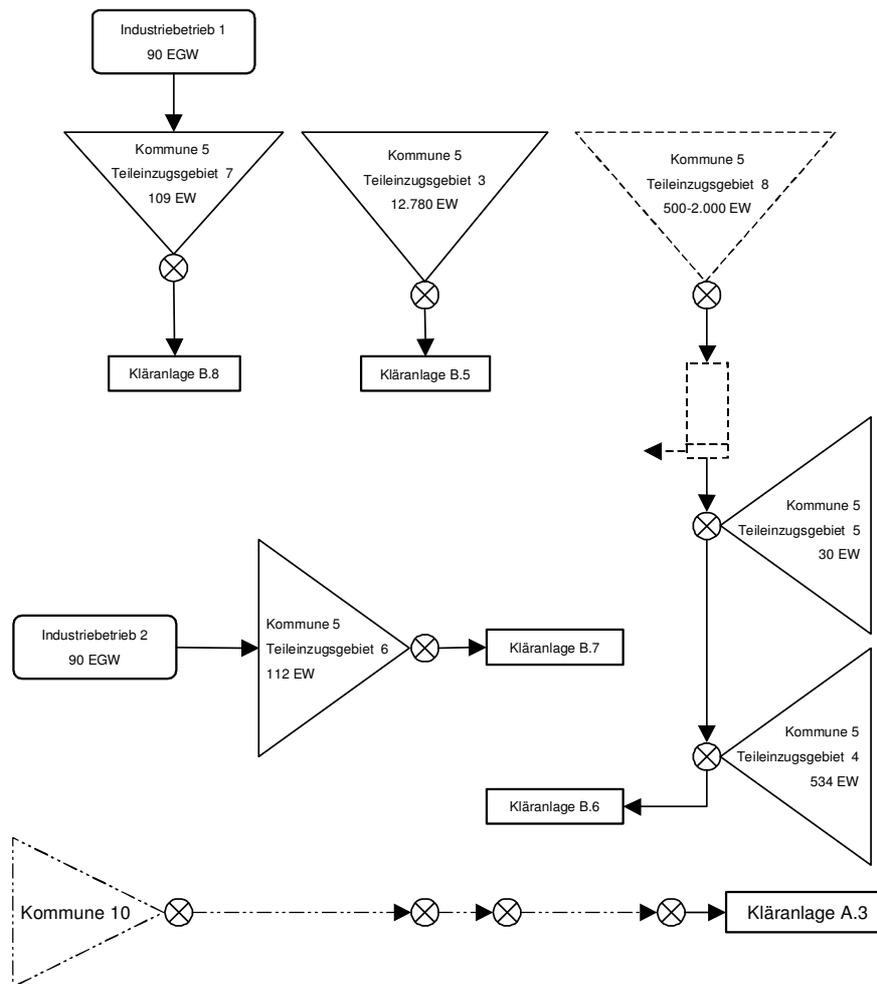


Abbildung 5-48: Fließwege im Wirksystem - Fallbeispiel 2, Projektabschnitt B

Durch die Ansiedlung der Einwohner ergaben sich notwendige Erweiterungsmaßnahmen des Abwasserableitungsnetzes. Diese technischen Ausbaumaßnahmen waren kostenwirksam und erhöhten die Zahlkosten im Sektor II. Diese stellten sich in der Folge wie in Abbildung 5-49 gezeigt dar.

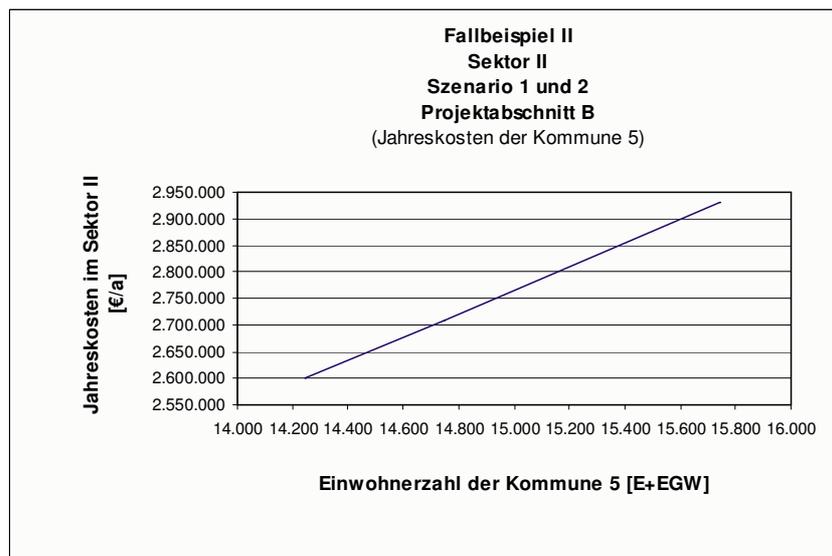


Abbildung 5-49: Jahreskosten im Sektor II - Szenario 1 und 2

5.4.2.2 Auswirkung auf den Sektor III (Abwasserbehandler)

Ebenso, wie in Kapitel 5.2.2.2 beschrieben, ergab sich für die Ansiedlung der Einwohner und den damit verbundenen Zuwachs der abflusswirksamen Fläche eine Erhöhung der erforderlichen Behandlungsvolumina (Regenbecken). Das anfallende Volumen sollte nach einer vollständigen Zwischenspeicherung gedrosselt über eine DN-250-Leitung in die Talsperre eingeleitet werden.

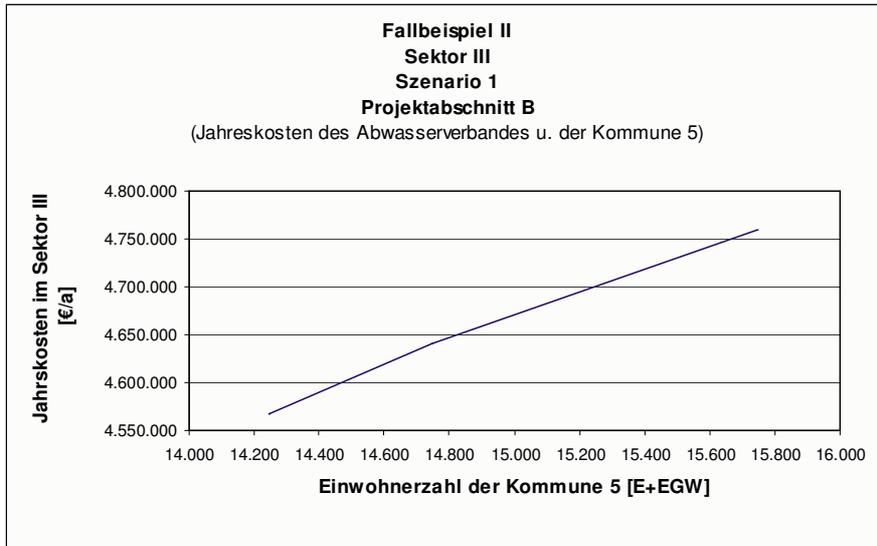
Die Abwasserreinigung erfolgte entgegen den Fallbeispielen in Projektabschnitt A in den Fallbeispielen des Projektabschnitts B dezentral.

Die Einwohner sollten im Einzugsgebiet der vorhandenen Kläranlage B.6 angesiedelt werden. Durch die Mehrbelastung wäre eine Ertüchtigung dieser Anlage erforderlich.

Infolge der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung im Kerngebiet der Kommune 5 wäre die vorhandene Kläranlage B.5 um eine Stickstoff- und Phosphatelimination zu erweitern.

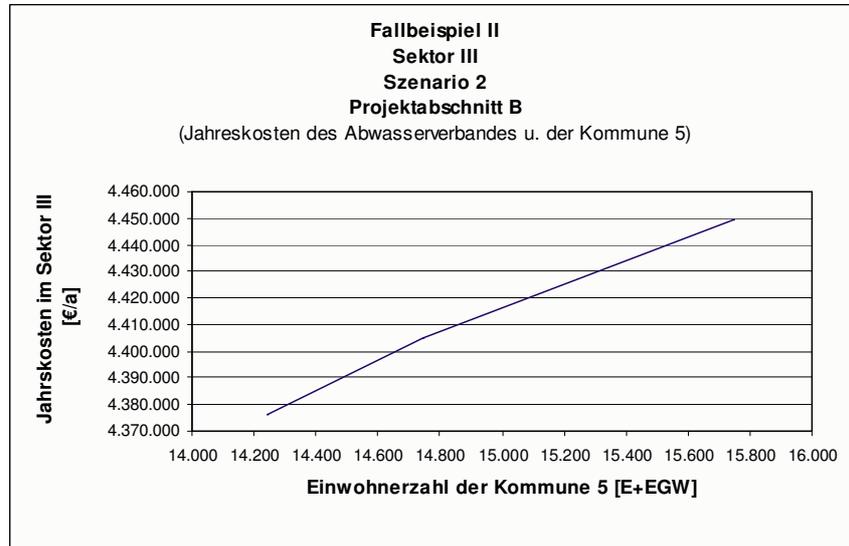
Die Abwässer der Teileinzugsgebiete 6 und 7 sollten in dieser Variante über eine neu zu errichtende Teichkläranlage gereinigt werden.

Die technisch notwendigen Maßnahmen infolge der Einwohneransiedlung waren im Sektor III kostenwirksam und führten zu nachfolgend dargestellten Kostenverläufen im Variationsraum.



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(14.245-14.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 41,261 \cdot X_E + 3.992.668$ [€/a]
(14.745-15.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 38,935 \cdot X_E + 4.026.958$ [€/a]

Abbildung 5-50: Jahreskosten im Sektor III - Szenario 1



Definitionsbereiche	Kostenfunktion
(14.245-14.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 41,261 \cdot X_E + 3.992.668$ [€/a]
(14.745-15.745) [E+EGW]	$K(X_E) = 38,935 \cdot X_E + 4.026.958$ [€/a]

Abbildung 5-51: Jahreskosten im Sektor III - Szenario 2

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

In der Kommune 5 erfolgt die Ermittlung der Transportgebühren über die Quotientenbildung aus den anrechenbaren Jahreskosten (Dividend) und der abgeleiteten Wassermenge (Divisor). Dabei wird unterschieden zwischen anrechenbaren Jahreskosten für die Haupt- und Nebengebühr.

Die anrechenbaren Jahreskosten für die Hauptgebühr werden auf alle Kanalbenutzer umgelegt, einschließlich derjenigen, die unmittelbar Verbandsmitglieder sind. Sie enthalten die kalkulatorischen Kosten (AfA und Zins) sowie die Betriebskosten (ohne Verbands- (Klärkosten-)beitrag und die Umlage der Abwasserabgabe für Schmutzwasser).

Durch die Um- und Ausbaumaßnahmen in Sektor II (Abwasserableitungsnetz) und Sektor III (Teichkläranlage < 500 EW) infolge der Ansiedlung der Einwohner würden sich die anrechenbaren Jahreskosten für die Hauptgebühr erhöhen.

Im Rahmen der Nebengebühr werden der Verbands- (Klärkosten-)beitrag und die Umlage der Abwasserabgabe, wie sie vom Abwasserverband erhoben werden, auf die Kanalbenutzer umgelegt, die nicht Verbandsmitglieder sind.

Die Veranlagung der Gemeinde durch den Abwasserverband erfolgt anhand der Einwohnerzahl und ist an festgelegte Übergabebedingungen (sog. Übergabepunkte) gebunden. Durch die Ansiedlung würde sich nun die Zahl der zu veranlagenden Einwohner und durch die Standortwahl und die dadurch auszubauende Kläranlage B.6 (s. Kapitel 5.4.2.2) gleichzeitig die Zahl der Übergabepunkte erhöhen. Dies würde insgesamt zu einer Erhöhung der Nebengebühr führen.

Durch die Ansiedlung der Bürger würden also die anrechenbaren Jahreskosten für die Haupt- und Nebengebühr wachsen. Der resultierende Verlauf aus der stufenweisen Erhöhung der Einwohnerzahl stellt sich wie folgt dar.

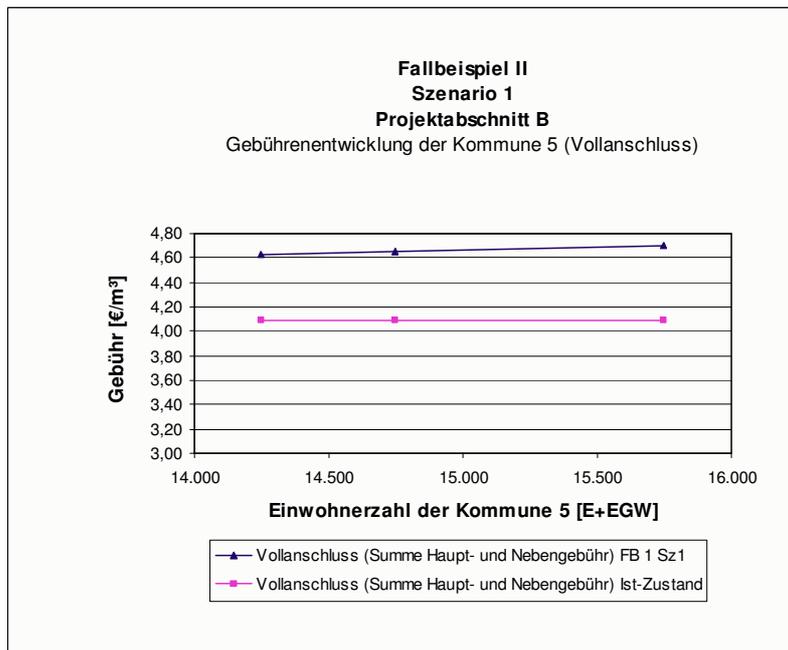


Abbildung 5-52: Gebührentwicklung der Kommune 5 - Szenario 1

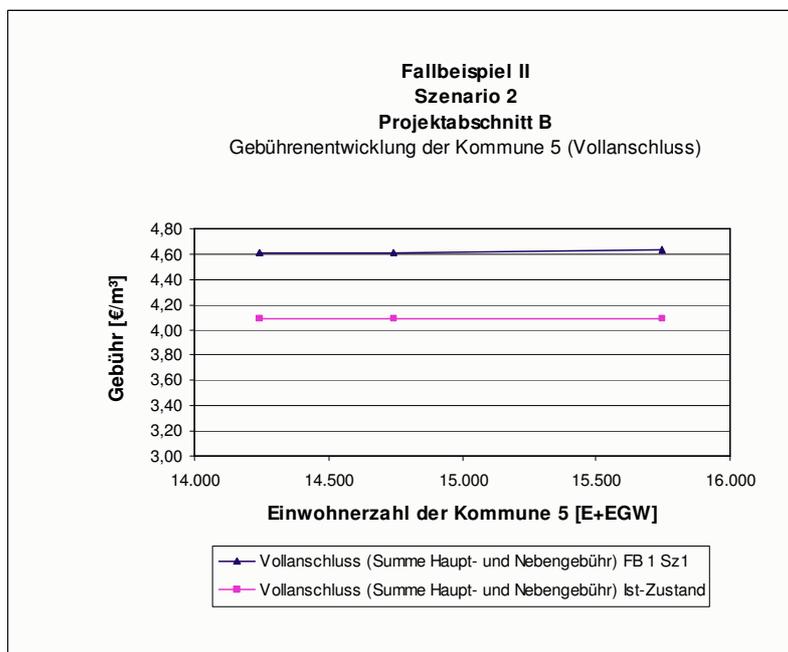


Abbildung 5-53: Gebührentwicklung der Kommune 5 - Szenario 2

Ebenso wie in Fallbeispiel A.2 ist hier einschränkend zu sagen, dass die Ergebnisse aufgrund der fehlenden Niederschlagswasserberechnung nur eingeschränkt aussagekräftig sind. Es wird daher auf eine Handlungsempfehlung verzichtet.

6 DARSTELLUNG UND BEURTEILUNG DER FALLBEISPIELE IM VERGLEICH VON PROJEKTABSCHNITT A UND B UND INTERPRETATION IM HINBLICK AUF DEN RECHENMODELLGESTÜTZTEN ANWENDUNGSLEITFADEN

6.1 VERGLEICHENDE BETRACHTUNG

Die Betrachtung wurde auf die Variation der Industriewassermenge beschränkt, da die Berechnungen zu den Fallbeispielen 2 aufgrund der fehlenden Berücksichtigung des Niederschlagswassers kaum belastbare Ergebnisse lieferten.

Bisher wurden die Szenarien des Fallbeispiels 1 getrennt nach den Projektabschnitten A und B analysiert und spezifische Handlungsempfehlungen abgeleitet. In beiden Fällen hatte sich die Errichtung einer Vorbehandlungsanlage in Sektor I, sowohl isoliert für den Industriebetrieb als auch gesamtwirtschaftlich betrachtet, als ökonomisch sinnvoll erwiesen. Lediglich die Gebühren lagen, obwohl insgesamt mit steigenden Abwassermengen in Sektor I fallend, im Szenario 1 (ohne Vorbehandlung) niedriger als im Szenario 2 (mit Vorbehandlung).

Zur Entscheidungsfindung im Praxisbeispiel werden die Szenarien im Folgenden projektabschnittübergreifend verglichen. In Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2 sind die Gesamtjahreskosten (inkl. Gebühren und Beträge) der Projektabschnitte A und B getrennt nach den Szenarien 1 und 2 (Summe Sektor I bis III) gegenübergestellt.

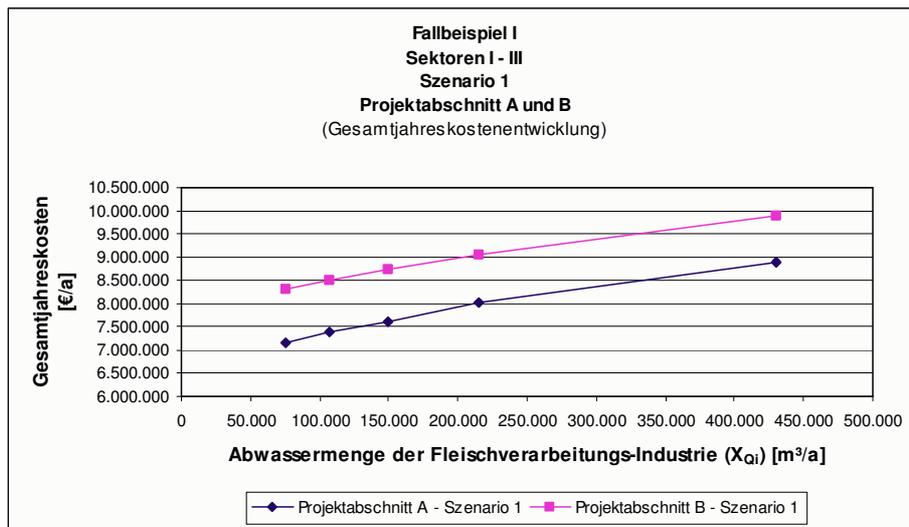


Abbildung 6-1: Gesamtjahreskosten der Sektoren I-III, Szenario 1 – Projektabschnitt A und B

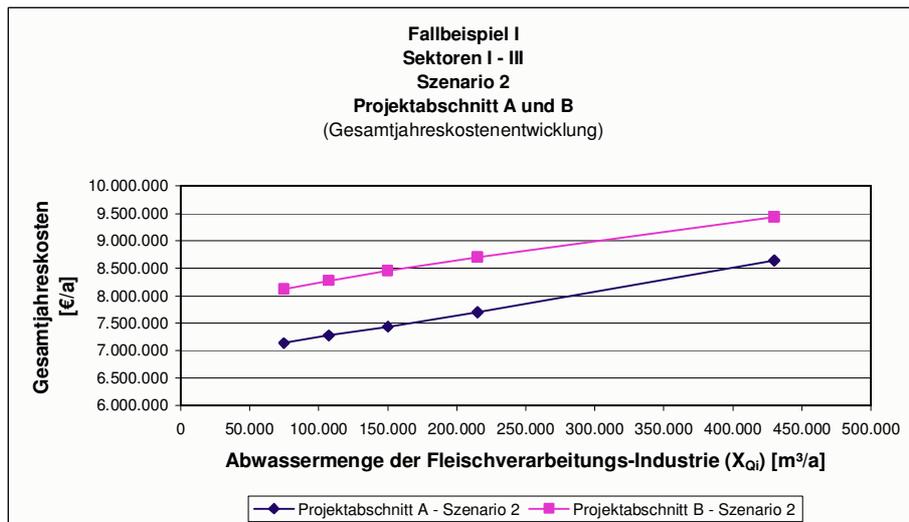


Abbildung 6-2: Gesamtjahreskosten der Sektoren I-III, Szenario 2 – Projektabschnitt A und B

Es zeigte sich für beide Szenarien, dass die Kosten, mit einem leichten Vorteil für Szenario 2, im Projektabschnitt B im gesamten Variationsraum über denen des Projektabschnitts A lagen. Damit hatte sich der Schritt der Kommune in Richtung einer zentralen Abwasserreinigung unter Einbeziehung von Bevölkerungs-, Industrie- und Gewässerschutzbelangen nachträglich als wasserwirtschaftlich und ökonomisch sinnvolle Maßnahme herausgestellt.

6.2 INTERPRETATION DER ERGEBNISSE DER FALLBEISPIELUNTERSUCHUNG IM HINBLICK AUF DEN RECHENMODELLGESTÜTZTEN ANWENDUNGSLEITFADEN

Die Anwendung der im vorangegangenen F&E-Vorhaben „Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards“ (Berichtslegung Februar 2002) aufgestellten Instrumente auf die praktische Problemstellung der Kommune 5 in den Projektabschnitten A und B dieses Projektes hat gezeigt, dass die seinerzeit entwickelte Vorgehensweise zur Bearbeitung wasserwirtschaftlicher Problemstellungen grundsätzlich übertragbar ist. Auf der Basis von Prognosen können so modellhaft die Kostenänderungen bei Variation wasserwirtschaftlicher Parameter abgebildet werden. Dabei wird die Kostenwirksamkeit infolge dieser Variationen umso leichter zu ermitteln sein, je genauer solche Prognosen ausfallen. Abhängig von der gewählten Tiefe der Aufgabenstellung wird es bei dieser Vorgehensweise jedoch immer wieder erforderlich sein, Teile eines Kanalnetzes zu simulieren oder Kläranlagen auszulegen.

Im Rahmen dieses Vorhabens konnte es jedoch nicht möglich sein, solche Programme in ein Kalkulationsmodell einzubinden. Aus diesem Grund stellte sich die Frage, wie diese externen Berechnungsschritte mit dem ausgearbeiteten Modell verwoben werden sollten.

Unter Berücksichtigung einer transparenten Verarbeitungsmöglichkeit für externe Beteiligte führten die Überlegungen letztlich zu dem separat ausgearbeiteten rechenmodellgestützten Anwendungsleitfaden, der zwei Komponenten enthält:

1. die Führung des Anwenders durch die notwendigen externen Bearbeitungsschritte in den Teilschritten Datenerhebung und –aufbereitung bei gleichzeitiger Erläuterung der Schnittstellen mit dem Kalkulationsmodell;
2. das Rechenmodell SIKHMA (Systemintegriertes Kosten- und Handlungmodell der Abwasserbeseitigung) – Aufbau des Rechenmodells, Eingabemasken, (Zwischen-)Ergebnisse etc..

Das vorhandene Kalkulationsmodell wurde von einem Tabellenkalkulationsprogramm auf eine Datenbankapplikation übertragen und deutlich erweitert. Mittels einer überschaubaren Anzahl von Eingabemasken wird der außenstehende Beteiligte über die Menüstruktur entlang der nahezu linearen Berechnung geführt. Der zugehörige Leitfaden erläutert hierbei die Schnittstellen zu den externen Berechnungsschritten. Durch Kalkulationshilfen, die vereinfachte Kostenschätzungen für die Bereiche Abwasserableitung und Abwasserreinigung ermöglichen und separat oder gemeinsam mit den ausführlichen externen Berechnungen eingesetzt werden können, sind so eindimensionale Berechnungen der Kostenfunktionen möglich. Die sektoral aufgestellten Jahreskosten können im Sinne einer Gesamtkostendarstellung superponiert werden. Die ermittelten Zahllastverläufe werden sowohl ohne als auch mit Rückwirkungen dargestellt. Die Rückwirkungen sind:

- Veranlagung des Industriebetriebes durch den Abwasserverband – hier ist ausschließlich eine Veranlagungsvariante hinterlegt.
- Verbands- (Klärkosten-)beitrag und Umlage der Abwasserabgabe – hier ist ausschließlich eine Veranlagungsvariante hinterlegt.
- Transportgebühr für die Abwasserableitung – hier sind zunächst zwei Gebührenmodelle hinterlegt.

In Berichtsform sind anhand der Ausgabeformulare mit den ermittelten Kostenfunktionen Rückschlüsse auf die Zahllastentwicklung im Rahmen einer mehrdimensionalen Betrachtung denkbar.

7 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Abwassersysteme sind dynamische Gebilde, die sich aus Abwasserproduzent, Abwasserableiter und Abwasserbehandler zusammensetzen. Jeder dieser Akteure versucht, isoliert für seinen Bereich ein Kostenoptimum zu erzeugen. In der derzeitigen Struktur der Abwasserbeseitigung werden aus diesem Grund vielfach isolierte Entscheidungen getroffen, die vor dem Hintergrund eines Gesamtkostenoptimums für alle Beteiligten häufig nicht zielführend sind. Im F&E-Vorhaben „Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards“ (Berichtslegung Februar 2002) wurden die Auswirkungen solcher isolierten Entscheidungen untersucht und Handlungsinstrumente entwickelt, die einen ersten Schritt in Richtung eines ganzheitlichen Analyse- und Planungsinstrumentes bedeuten.

Die entwickelten theoretischen Ansätze wurden im Rahmen dieses Forschungsprojektes an einem bestehenden Praxisproblem geeicht und weiterentwickelt. Das methodische Vorgehen sowie die notwendigen Handlungsinstrumente wurden in Kapitel 2.1 skizziert. Besonders herauszustellen waren hier:

- die Kostenaufteilung in fixe, quasi-fixe und variable Kosten, getrennt nach den am Abwassergeschehen Beteiligten (Abwasserproduzent: Sektor I, Abwasserableiter: Sektor II, Abwasserbehandler: Sektor III)
- die Darstellung der Kostenentwicklung infolge wasserwirtschaftlicher Veränderungen in erster Näherung als lineare Zusammenhänge.

Im Kapitel 3 wurde erläutert, wie dieses Vorgehen auf das Praxisbeispiel übertragen werden kann. Hierzu waren einige Modifikationen des untersuchten Systems erforderlich. Durch die zeitliche Anordnung der Untersuchung (nachträgliche Betrachtung) waren Teile des Systems bereits umgebaut. Um

nachträglich eine Rechtfertigung dieser wasserwirtschaftlichen und ökonomischen Maßnahmen geben zu können, war es notwendig, den Ursprungszustand fiktiv wieder herzustellen. Diese erforderlichen Modifikationen können jedoch aufgrund des Untersuchungszeitpunktes als spezifisch angesehen werden.

Für die praktische Bearbeitung wurden zwei Varianten entworfen, die in zwei Projektabschnitten nacheinander untersucht wurden:

- Projektabschnitt A: Die Abwasserreinigung erfolgt zentral in der Kläranlage B.3.
- Projektabschnitt B: Die Abwasserreinigung erfolgt dezentral in Ortsteil- oder Gruppenkläranlagen.

Dabei wurde auch dargestellt, dass sich aus der Fallbeispielstruktur zwei Betrachtungsrichtungen ergeben:

- vertikal: begrenzt auf einen Projektabschnitt und ein Fallbeispiel,
- horizontal: projektabschnittübergreifende Betrachtung der entworfenen Szenarien.

Nach der notwendigen Erstellung eines fiktiven Ausgangszustandes erfolgte zunächst ein Vergleich der entworfenen Varianten (Szenarien), begrenzt auf das Fallbeispiel, getrennt nach den Projektabschnitten A und B (vertikale Betrachtung). Dadurch war es möglich, die Systemreaktionen bei Veränderung der Einflussgrößen separat für eine zentrale (Projektabschnitt A) bzw. eine dezentrale (Projektabschnitt B) Entwässerungsstruktur zu ermitteln.

Für den Nachweis im Praxisbeispiel war nun noch ein projektabschnittübergreifender Vergleich erforderlich. Das Ergebnis wurde in Kapitel 6.1 geschildert. Aus der Gegenüberstellung der jeweiligen Systemreaktionen bei gleicher Einflussnahme konnte so nachgewiesen werden, dass bei einer Betrachtung der Problemstellung auf der Grundlage vereinfachter linearer Kostenfunktionen die Aufgabe der dezentralen Entwässerungsstrukturen zugunsten einer zentralen Abwasserreinigung für die Kommune 5 eine wasserwirtschaftlich und ökonomisch sinnvolle Entscheidung darstellt.

Für die Entwicklung des Modells bedeutete dieses Ergebnis, dass die entwickelten Instrumente und der methodische Ansatz geeignet sind, modellhaft die Kostenwirksamkeit wasserwirtschaftlicher Entscheidungen in der Normalentwicklung, aber auch in den Extrema zu prognostizieren.

Mit der Entwicklung des rechenmodellgestützten Leitfadens ist damit ein weiterer Schritt getan, „marktferne“ Unternehmungen wie z.B. die öffentliche Siedlungswasserwirtschaft in ihrer langfristigen Entwicklung einzuschätzen. Damit ist die Aufgabe jedoch nicht abgeschlossen. Immer noch sind viele Teile stark vereinfacht abgebildet, die einer eingehenden Betrachtung bedürfen. So werden beispiels-

weise Anlagen bestimmter Ausbaugrößen als grundsätzlich gleichartig angenommen, ohne dass Aussagen zu Prozesszielen vorgenommen werden, die hierbei die Kosten erheblich beeinflussen können.

Wünschenswert wäre hier eine Vergleichbarkeit auf der Ebene von Prozessen, Methoden oder Produkten, wie sie im Bereich des Benchmarking gebräuchlich sind. Ein solcher Abstraktionsgrad ist nur mit einem quantitativ deutlich höheren und qualitativ fein granulierten Datenpool möglich.

Zusammenstellung der im Rahmen der Anonymisierung verwendeten Bezeichnungen

Unternehmen	Beschreibung	Projektzuordnung ¹⁾
Galvanik-Industrie 1 (Indirekteinleiter)	<ul style="list-style-type: none"> • Lohngalvanik • Abwasseranfall: ca. 60.000 m³/a • Jahreskosten der Abwasserbehandlung: ca. 0,7 Mio. €/a 	Projekt 1
Galvanik-Industrie 2 (Indirekteinleiter)	<ul style="list-style-type: none"> • Armaturenfabrik • Abwasseranfall: ca. 700 m³/a • Jahreskosten der Abwasserbehandlung: ca. 0,15 Mio. €/a 	Projekt 1
Papier-Industrie 1 (Direkteinleiter)	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung von gestrichenem Druckpapier • Abwasseranfall: Ablauf ARA ca. 9,2 Mio. m³/a • Jahreskosten der Abwasserbehandlung: ca. 2,6 Mio. €/a 	Projekt 1
Papier-Industrie 2 (Indirekteinleiter)	<ul style="list-style-type: none"> • Produktion von einseitig glatten Verpackungspapieren zur Herstellung von Servicepackungen für den Lebensmittelkontakt • Abwasseranfall: ca. 170.000 m³/a • Jahreskosten der Abwasserbehandlung: ca. 0,5 Mio. €/a 	Projekt 1
Fleischverarbeitungs- Industrie 1 (Indirekteinleiter)	<ul style="list-style-type: none"> • Schlachtung und Fleischverarbeitung • Abwasseranfall: 215.000 m³/a • Jahreskosten der Abwasserbehandlung: ca. 0,6 Mio. €/a 	Projekt 1 / Projekt 2
Industriebetrieb 1	<ul style="list-style-type: none"> • Bohrtechnikfirma • Abwasseranfall: trockenproduzierend; Sozialabwasser – ca. 90 EW 	Projekt 2
Industriebetrieb 2	<ul style="list-style-type: none"> • Abwasseranfall: trockenproduzierend; Sozialabwasser – ca. 90 EW 	Projekt 2

¹⁾ Projekt 1: F&E-Vorhaben „Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards“

Projekt 2: F&E-Vorhaben „Weiterentwicklung und Eichung der Instrumente zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung am Beispiel einer Kommune in Nordrhein-Westfalen“

Stadt/Gemeinde	Beschreibung	Projektzuordnung ¹⁾
Kommune 1	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerzahl: 208.304 • Gebührenmaßstab: gesplittet • verbandsgebunden 	Projekt 1
Kommune 2	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerzahl: 24.126 • Gebührenmaßstab: gemeinsame Berechnung nach Frischwassermaßstab • verbandsgebunden 	Projekt 1
Kommune 3	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerzahl: 13.280 • Gebührenmaßstab: gemeinsame Berechnung nach Frischwassermaßstab • verbandsgebunden 	Projekt 1
Kommune 4	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerzahl: 18.505 • Gebührenmaßstab: gemeinsame Berechnung nach mod. Frischwassermaßstab • verbandsgebunden 	Projekt 1
Kommune 5	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerzahl: 12.218 • Gebührenmaßstab: gemeinsame Berechnung nach Frischwassermaßstab • verbandsgebunden 	Projekt 1 / Projekt 2
Kommune 6	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerzahl: 22.253 • Gebührenmaßstab: Frischwassermaßstab sowie Grundgebühr • verbandsfrei 	Projekt 1
Kommune 7	<ul style="list-style-type: none"> • Einwohnerzahl: 16.249 • Gebührenmaßstab: gemeinsame Berechnung nach Frischwassermaßstab • verbandsfrei 	Projekt 1
Kommune 8	<ul style="list-style-type: none"> • keine weitere Teilnahme am Projekt 	Projekt 1
Kommune 9	<ul style="list-style-type: none"> • keine weitere Teilnahme am Projekt 	Projekt 1
Kommune 10	<ul style="list-style-type: none"> • keine weitere Teilnahme am Projekt 	Projekt 1 / Projekt 2

¹⁾ Projekt 1: F&E-Vorhaben „Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards“

Projekt 2: F&E-Vorhaben „Weiterentwicklung und Eichung der Instrumente zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung am Beispiel einer Kommune in Nordrhein-Westfalen“

Teileinzugsgebiet ¹⁾	Beschreibung	Projektzuordnung ²⁾
Teileinzugsgebiet 1	<ul style="list-style-type: none"> • Wohngebiet im Kerngebiet der Kommune 5 • 123 E 	Projekt 1
Industriegebiet Teileinzugsgebiet 1	<ul style="list-style-type: none"> • Gewerbegebiet im Kerngebiet der Kommune 5 • Fläche: ca. 13,6 ha • Abflusswirksame Fläche: 3,83 ha 	Projekt 1
Teileinzugsgebiet 2	<ul style="list-style-type: none"> • Wohngebiet im Kerngebiet der Kommune 5 • 465 E 	Projekt 1
Teileinzugsgebiet 3	<ul style="list-style-type: none"> • Kerngebiet der Kommune 5 • Misch- und Trennkanalisation • 12.780 E 	Projekt 1 / Projekt 2
Teileinzugsgebiet 4	<ul style="list-style-type: none"> • Siedlungsgebiet im Außenbereich der Kommune 5 • Trennkanalisation • 534 E 	Projekt 2
Teileinzugsgebiet 5	<ul style="list-style-type: none"> • Hotelbetrieb mit Umland • Trennkanalisation • 30 EGW 	Projekt 2
Teileinzugsgebiet 6	<ul style="list-style-type: none"> • Wohngebiet und Industriebetrieb • 112 E + 90 EGW 	Projekt 2
Teileinzugsgebiet 7	<ul style="list-style-type: none"> • Wohngebiet und Industriebetrieb • 109 E + 90 EGW 	Projekt 2

¹⁾ Die Aufstellung ist beschränkt auf die Teileinzugsgebiete der Kommune 5

²⁾ Projekt 1: F&E-Vorhaben „Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards“

Projekt 2: F&E-Vorhaben „Weiterentwicklung und Eichung der Instrumente zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung am Beispiel einer Kommune in Nordrhein-Westfalen“

Kläranlage	Beschreibung	Projektzuordnung ¹⁾
Kläranlage A.1	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer eines Teileinzugsgebietes der Kommune 1 • Ausbaugröße: 44.500 EW 	Projekt 1
Kläranlage A.2	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer der Kommune 1 und 8 • Ausbaugröße: 440.000 EW 	Projekt 1
Kläranlage A.3	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt nach dem Ausbau die Abwässer mehrerer Kommunen ³⁾ • Ausbaugröße 90.000 EW 	Projekt 1 / Projekt 2
Kläranlage A.4	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer der Kommune 3 • Ausbaugröße: 38.150 EW 	Projekt 1
Kläranlage A.5	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer der Kommune 4 • Ausbaugröße: 26.700 	Projekt 1
Kläranlage B.2	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer der Teileinzugsgebiete 1 und 2 sowie des Industriegebietes TEG 1 der Kommune 5 • Ausbaugröße: 1.250 EW 	Projekt 1
Kläranlage B.3	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer der Kommune 6 • Ausbaugröße: 8.500 EW 	Projekt 1
Kläranlage B.4	<ul style="list-style-type: none"> • Ausbaugröße: 40.000 EW 	Projekt 1
Kläranlage B.5	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer des Teileinzugsgebietes 3 der Kommune 5 • Ausbaugröße: 11.000 EW 	Projekt 2
Kläranlage B.6	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer der Teileinzugsgebiete 4 und 5 der Kommune 5 • Ausbaugröße: 460 EW 	Projekt 2
Kläranlage B.7	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer des Teileinzugsgebietes 6 der Kommune 5 • Ausbaugröße: 200 EW 	Projekt 2
Kläranlage B.8	<ul style="list-style-type: none"> • behandelt die Abwässer des Teileinzugsgebietes 7 der Kommune 5 • Ausbaugröße: 200 EW 	Projekt 2

Kläranlage	Beschreibung	Projektzuordnung ¹⁾
ARA Papier-Industrie 1	<ul style="list-style-type: none">• behandelt die Abwässer der Papier-Industrie 1 sowie das Abwasser aus Teileinzugsgebieten der Kommune 1	Projekt 1
Benachbarte Kläranlage	<ul style="list-style-type: none">• behandelt das Abwasser aus Teileinzugsgebieten der Kommune 6• Ausbaugröße: 16.000 EW	Projekt 1

¹⁾ Projekt 1: F&E-Vorhaben „Handlungsmöglichkeiten zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung unter Berücksichtigung der geltenden Umweltstandards“

Projekt 2: F&E-Vorhaben „Weiterentwicklung und Eichung der Instrumente zur kostenorientierten Optimierung der öffentlichen und industriellen Abwasserbeseitigung am Beispiel einer Kommune in Nordrhein-Westfalen“

³⁾ Die Ortslagen A – D sind ausschließlich durch ihre Einwohnerzahl bekannt. Sie sind zur Erläuterung der Grundlast der Kläranlage A.3 notwendig. Für den weiteren Projektverlauf sind sie dennoch unmaßgeblich.

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 (2001a):** 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., Kemalides, 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