

---

# **Simulation sozio-technischer Abhängigkeiten bei der Verbreitung dezentraler Anlagen der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer**

---

Dissertation

im Fach Angewandte Systemwissenschaften

Fachbereich Mathematik / Informatik

Universität Osnabrück

Institut für Umweltsystemforschung

vorgelegt von

**Silke Panebianco**

– Osnabrück, April 2008 –

---

---

## **Gutachter:**

Prof. Dr. Claudia Pahl-Wostl, Institut für Umweltsystemforschung, Lehrstuhl Stoffstrommanagement an der Universität Osnabrück

Prof. Dr. Dr. Sabine Kunst, Präsidentin der Universität Potsdam; vormals Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik, Leibniz Universität Hannover

Eingereicht am 17. April 2008

Verteidigt am 21. Oktober 2008

## **Danksagungen**

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Pahl-Wostl für die Möglichkeit zur Erstellung dieser Arbeit, für die Einbindung in ihre Arbeitsgruppe und für die wertvollen Anregungen und Diskussionen in bezug auf meine Dissertation. Ich danke auch Frau Prof. Sabine Kunst für die Übernahme des Zweitgutachtens und die hilfreichen Hinweise insbesondere aus dem Bereich der Siedlungswasserwirtschaft.

Ich danke allen meinen Gesprächs- und Interviewpartnern in Brandenburg für die Bereitschaft zur Mitarbeit und die Überlassung hilfreicher Informationen sowie allen Experten aus verschiedenen Bereichen, die mir Anregungen thematischer und inhaltlicher Art gegeben haben.

Besonders danken möchte ich Herrn Dipl.-Systemwissenschaftler Thorsten Schelhorn für die Implementierung des Simulationsmodells, die weit über den Rahmen seiner Diplomarbeit im Fach Angewandte Systemwissenschaft (April 2006) und eine begrenzte Weiterbeschäftigung als wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Umweltsystemforschung hinaus ging.

Schließlich danke ich meinen Kolleginnen und Kollegen für die anregenden Diskussionen und die praktische Hilfe beim Korrekturlesen und meiner Familie für die vielseitige Unterstützung.

Das Promotionsvorhaben wurde von November 2005 bis April 2006 als Stipendium aus Mitteln des Frauenförderungsplans der Universität Osnabrück gefördert. Vielen Dank auch dafür.

---

---

# Inhaltsübersicht

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Inhaltsübersicht.....</b>  | <b>I</b>    |
| <b>Inhaltsverzeichnis.....</b>  | <b>III</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>   | <b>IX</b>   |
| <b>Tabellenverzeichnis.....</b>   | <b>XIII</b> |
| <b>Formelverzeichnis .....</b>  | <b>XV</b>   |
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>  | <b>XVI</b>  |
| <b>1 Einleitung.....</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1 Einführung .....  | 1           |
| 1.2 Zielsetzung der Arbeit .....  | 4           |
| 1.3 Methodik.....   | 5           |
| 1.4 Aufbau der Arbeit .....   | 10          |
| <b>2 Erkenntnisse aus Theorie und abwasserbezogener Literatur .....</b>                                     | <b>13</b>   |
| 2.1 Einführung .....  | 13          |
| 2.2 Die Theorie der Großen Technischen Systeme .....  | 14          |
| 2.3 Die öffentliche Abwasserbeseitigung im Licht der Theorie Großer Technischer<br>Systeme.....             | 26          |
| 2.4 Theorie zur Diffusion von Innovationen .....  | 42          |
| 2.5 Die Diffusion von Innovationen in der Abwasserbeseitigung.....  | 51          |
| 2.6 Schlussfolgerungen für die Simulation.....  | 60          |
| <b>3 Die Entwicklung der Abwasserbeseitigung in Brandenburg – Einführung in die<br/>    Fallstudie.....</b> | <b>67</b>   |
| 3.1 Zustand der Abwasserbehandlung nach der Wiedervereinigung.....  | 67          |
| 3.2 Gesetzliche Anforderungen .....   | 68          |
| 3.3 Aufbau der öffentlichen Infrastruktur.....  | 69          |
| 3.4 Entstehende Probleme .....  | 71          |
| 3.5 Änderung der Ausrichtung der Abwasserbehandlung.....  | 78          |
| 3.6 Entwicklung dezentraler Anlagen.....  | 79          |

---

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>4</b> | <b>Modellkonzept</b> .....   | <b>83</b>  |
| 4.1      | Zielsetzung des Simulationsmodells .....   | 83         |
| 4.2      | Informationsgrundlagen .....   | 84         |
| 4.3      | Modellierungsansatz .....  | 86         |
| 4.4      | Räumliche Struktur im Modell .....   | 92         |
| 4.5      | Planung und Bau öffentlicher Infrastruktur .....                                     | 96         |
| 4.6      | Investitionsentscheidung der Wohneinheiten .....                                     | 103        |
| 4.7      | Abwasseranfall .....   | 110        |
| 4.8      | Opposition .....   | 115        |
| 4.9      | Technologien .....   | 118        |
| 4.10     | Kostenberechnung und Abgabenerhebung .....   | 130        |
| 4.11     | Behördliche Maßnahmen .....  | 136        |
| <b>5</b> | <b>Modellexploration</b> .....   | <b>143</b> |
| 5.1      | Implementierung .....  | 143        |
| 5.2      | Probleme der Konzeptionierung und Implementation .....                               | 144        |
| 5.3      | Erkundung des Modellverhaltens im Basisszenario .....                                | 145        |
| 5.4      | Erkundung alternativer Szenarien und Ableitung von Handlungsempfehlungen ...         | 161        |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....  | <b>197</b> |
| 6.1      | Zusammenfassung der Simulationsergebnisse .....                                      | 197        |
| 6.2      | Mögliche Verbesserungen des Modells .....  | 199        |
| 6.3      | Beteiligung von Stakeholdern bei der Modellerstellung und -anwendung .....           | 201        |
| 6.4      | Übertragbarkeit und Anwendbarkeit in anderen Kontexten .....                         | 203        |
|          | <b>Literaturverzeichnis</b> .....  | <b>205</b> |
|          | <b>Verzeichnis der Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen</b> .....           | <b>221</b> |
|          | <b>Verzeichnis der Interviews und Gespräche</b> .....                                | <b>223</b> |
|          | <b>Anhang 1: Liste der festzulegenden Parameter</b> .....                            | <b>225</b> |
|          | <b>Anhang 2: Parameterwerte des Basisszenarios</b> .....                             | <b>228</b> |
|          | <b>Anhang 3: abweichende Parameterwerte der Vergleichsszenarien</b> .....            | <b>233</b> |
|          | <b>Anhang 4: Verbreitungsgrade dezentraler Anlagen in einer Beispielregion</b> ..... | <b>237</b> |

---

# Inhaltsverzeichnis

|  |             |
|--|-------------|
| <b>Inhaltsübersicht.....</b>   | <b>I</b>    |
| <b>Inhaltsverzeichnis.....</b>   | <b>III</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis.....</b>  | <b>IX</b>   |
| <b>Tabellenverzeichnis.....</b>  | <b>XIII</b> |
| <b>Formelverzeichnis .....</b>   | <b>XV</b>   |
| <b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>   | <b>XVI</b>  |
| <b>1 Einleitung.....</b>   | <b>1</b>    |
| 1.1 Einführung .....   | 1           |
| 1.2 Zielsetzung der Arbeit .....   | 4           |
| 1.3 Methodik.....  | 5           |
| 1.3.1 Die Abwasserbeseitigung als komplexes System.....                                      | 5           |
| 1.3.2 Simulation als Forschungsmethode.....  | 6           |
| 1.3.3 Fallstudie .....   | 8           |
| 1.3.4 Akteursanalyse und partizipative Erhebung von Modellregeln.....                        | 9           |
| 1.4 Aufbau der Arbeit .....  | 10          |
| <b>2 Erkenntnisse aus Theorie und abwasserbezogener Literatur .....</b>                      | <b>13</b>   |
| 2.1 Einführung .....   | 13          |
| 2.2 Die Theorie der Großen Technischen Systeme .....   | 14          |
| 2.2.1 Definitiorische Merkmale Großer Technischer Systeme.....                               | 14          |
| 2.2.2 Entwicklungsphasen Großer Technischer Systeme.....                                     | 16          |
| 2.2.2.1 Establishment.....   | 16          |
| 2.2.2.2 Expansion.....   | 17          |
| 2.2.2.3 Stagnation.....  | 19          |
| 2.2.3 Beharrungsvermögen Großer Technischer Systeme .....                                    | 20          |
| 2.2.3.1 Technische Gründe.....   | 20          |
| 2.2.3.2 Ökonomische Gründe.....  | 21          |
| 2.2.3.3 Gesellschaftlich-institutionelle Gründe.....   | 22          |
| 2.2.4 Innovationen.....  | 23          |
| 2.3 Die öffentliche Abwasserbeseitigung im Licht der Theorie Großer Technischer Systeme..... | 26          |

---

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.3.1    | Gründungs- und Expansionsphase.....  | 27        |
| 2.3.2    | Das Beharrungsvermögen der öffentlichen Abwasserbeseitigung .....  | 28        |
| 2.3.2.1  | Technisch-ökonomische Aspekte des Beharrungsvermögens...   | 29        |
| 2.3.2.2  | Soziale und institutionelle Aspekte des Beharrungsvermögens.....   | 31        |
| 2.3.3    | Aktuelle Probleme und Veränderungen.....   | 34        |
| 2.3.3.1  | Kostenentwicklung.....   | 34        |
| 2.3.3.2  | Negative externe Effekte .....   | 35        |
| 2.3.3.3  | Konkurrierende Technologien.....   | 37        |
| 2.3.3.4  | Institutionelle Innovationen.....  | 38        |
| 2.3.4    | Ausblick.....  | 40        |
| 2.4      | Theorie zur Diffusion von Innovationen.....  | 42        |
| 2.4.1    | Begriffsbestimmungen und Muster der Diffusion von Innovationen .....   | 42        |
| 2.4.2    | Eigenschaften der Innovationen.....  | 44        |
| 2.4.3    | Der Entscheidungsprozess .....   | 45        |
| 2.4.4    | Der Kommunikationsprozess.....   | 47        |
| 2.4.5    | Bandwagon-Effekte .....  | 48        |
| 2.4.6    | Eigenschaften der potenziellen ‚adopter‘ .....   | 49        |
| 2.4.7    | Sozio-technische Rahmenbedingungen .....   | 50        |
| 2.5      | Die Diffusion von Innovationen in der Abwasserbeseitigung .....  | 51        |
| 2.5.1    | Innovationen in der Abwasserbeseitigung.....   | 52        |
| 2.5.2    | Die Bewertung technologischer Eigenschaften .....  | 53        |
| 2.5.2.1  | Klassische Bewertungsfaktoren von Technologien.....  | 53        |
| 2.5.2.2  | Situationsabhängigkeit der Kosten und Nutzen von Technologien.....   | 54        |
| 2.5.2.3  | Subjektivität der Bewertung von Technologien und weitere Bewertungsfaktoren.....   | 55        |
| 2.5.3    | Sozio-technische Rahmenbedingungen .....   | 57        |
| 2.5.4    | Der Entscheidungsprozess .....   | 58        |
| 2.5.5    | Kommunikationsprozesse.....  | 59        |
| 2.6      | Schlussfolgerungen für die Simulation.....   | 60        |
| 2.6.1    | Zusammenfassung der Ergebnisse im Hinblick auf die Entwicklung der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer ..... | 61        |
| 2.6.2    | In der Simulation zu berücksichtigende Aspekte.....  | 64        |
| <b>3</b> | <b>Die Entwicklung der Abwasserbeseitigung in Brandenburg – Einführung in die Fallstudie.....</b>                                      | <b>67</b> |



---

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.1      | Zustand der Abwasserbehandlung nach der Wiedervereinigung.....                                    | 67        |
| 3.2      | Gesetzliche Anforderungen .....   | 68        |
| 3.3      | Aufbau der öffentlichen Infrastruktur.....  | 69        |
| 3.4      | Entstehende Probleme .....  | 71        |
| 3.4.1    | Kosten der Infrastrukturerstellung im ländlichen Raum .....                                       | 71        |
| 3.4.2    | Bevölkerungsentwicklung.....  | 72        |
| 3.4.3    | Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls .....  | 73        |
| 3.4.4    | Gebührenentwicklung.....  | 74        |
| 3.4.5    | Überkapazitäten und Schulden der entsorgungspflichtigen Körperschaften .....                      | 76        |
| 3.4.6    | Opposition .....  | 78        |
| 3.5      | Änderung der Ausrichtung der Abwasserbehandlung .....   | 78        |
| 3.6      | Entwicklung dezentraler Anlagen.....  | 79        |
| <b>4</b> | <b>Modellkonzept.....</b>   | <b>83</b> |
| 4.1      | Zielsetzung des Simulationsmodells.....   | 83        |
| 4.2      | Informationsgrundlagen.....   | 84        |
| 4.3      | Modellierungsansatz .....   | 86        |
| 4.3.1    | Räumlicher und zeitlicher Modellrahmen .....  | 86        |
| 4.3.2    | Abzubildende Akteure.....   | 87        |
| 4.3.3    | Modellprozesse und -parameter .....   | 87        |
| 4.3.4    | Modellaufbau.....   | 89        |
| 4.3.5    | Repräsentation des Raumes .....   | 91        |
| 4.4      | Räumliche Struktur im Modell .....  | 92        |
| 4.4.1    | Siedlungsstruktur.....  | 92        |
| 4.4.2    | Bevölkerungsentwicklung .....   | 93        |
| 4.4.2.1  | Tatsächliche Entwicklung .....  | 94        |
| 4.4.2.2  | Bevölkerungsprognosen .....   | 95        |
| 4.5      | Planung und Bau öffentlicher Infrastruktur .....  | 96        |
| 4.5.1    | Planungsalgorithmus 1: Infrastrukturplanung mit Vorrang einer zentralen Entsorgung.....           | 97        |
| 4.5.2    | Planungsalgorithmus 2: Infrastrukturplanung nach Variantenvergleich ....                          | 98        |
| 4.5.3    | Planungsalgorithmus 3: Kombination aus Variantenvergleich und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung..... | 99        |
| 4.5.4    | Parameter für die Auswahl einer Anschlusskonstellation .....                                      | 100       |

---

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 4.5.4.1 | Sozialverträglicher Gebührensatz.....   | 100 |
| 4.5.4.2 | Betrachtungszeitraum.....   | 100 |
| 4.5.4.3 | Länge der potenziellen Kanalisation.....  | 100 |
| 4.5.4.4 | Einwohnerzahlen der Siedlungsgebiete.....   | 101 |
| 4.5.4.5 | Spezifischer Abwasseranfall.....  | 102 |
| 4.5.4.6 | Abfolge der Investitionen.....  | 102 |
| 4.5.5   | Bau der Infrastrukturanlagen.....   | 103 |
| 4.6     | Investitionsentscheidung der Wohneinheiten.....                                       | 103 |
| 4.6.1   | Entscheidungsalgorithmen.....   | 103 |
| 4.6.1.1 | Ökologische Bewertung der Investitionsalternativen.....                               | 104 |
| 4.6.1.2 | Finanzielle Bewertung der Investitionsalternativen.....                               | 105 |
| 4.6.1.3 | Bewertung des Verbreitungsgrades von Anlagen.....                                     | 106 |
| 4.6.2   | Initialisierung des Entscheidungsprozesses.....                                       | 106 |
| 4.6.3   | Verzögerung der Investition durch Wissens- und Bewusstseinsaspekte.....               | 107 |
| 4.6.4   | Beeinflussung der Investitionsentscheidung durch externe Maßnahmen.....               | 108 |
| 4.6.4.1 | Sanierungsanordnung.....  | 108 |
| 4.6.4.2 | Förderung.....  | 108 |
| 4.6.4.3 | Aufhebung einer Kanalisierungsplanung.....  | 109 |
| 4.6.5   | Ausgangszustand der Simulation.....   | 109 |
| 4.6.5.1 | Bestand dezentraler Anlagen bei Simulationsbeginn.....                                | 109 |
| 4.6.5.2 | Verteilung der Eigenschaften der Wohneinheiten.....                                   | 109 |
| 4.7     | Abwasseranfall.....   | 110 |
| 4.7.1   | Einflussfaktoren des Abwasseranfalls.....   | 111 |
| 4.7.2   | Algorithmus zur Berechnung des Abwasseranfalls der<br>kanalgebundenen Entsorgung..... | 112 |
| 4.7.2.1 | Abwasserpreis.....  | 112 |
| 4.7.2.2 | Gebührensatz und Wasserverbrauch im Basisjahr.....                                    | 113 |
| 4.7.2.3 | Preiselastizität.....   | 113 |
| 4.8     | Opposition.....   | 115 |
| 4.8.1   | Die Bildung bürgerschaftlicher Opposition der Wohneinheiten.....                      | 115 |
| 4.8.1.1 | Opposition gegen den Anschlusses eines Siedlungsgebietes<br>an die Kanalisation.....  | 115 |
| 4.8.1.2 | Opposition gegen die Gebührenhöhe.....  | 116 |
| 4.8.2   | Die Reaktion des Zweckverbandes auf bürgerschaftliche Opposition.....                 | 117 |
| 4.8.2.1 | Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes.....                                       | 117 |
| 4.8.2.2 | Festsetzung politischer Gebührensätze.....  | 117 |
| 4.9     | Technologien.....   | 118 |
| 4.9.1   | Dezentrale Anlagen.....   | 118 |

---

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 4.9.1.1  | Technologiespektrum.....   | 118        |
| 4.9.1.2  | Ökologische Parameter .....  | 119        |
| 4.9.1.3  | Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer.....   | 120        |
| 4.9.1.4  | Finanzielle Parameter.....   | 121        |
| 4.9.2    | Öffentliche Infrastruktur.....   | 125        |
| 4.9.2.1  | Öffentliche Infrastrukturanlagen.....  | 125        |
| 4.9.2.2  | Ökologische Parameter der öffentlichen<br>Abwasserbehandlung .....   | 125        |
| 4.9.2.3  | Kosten der Kläranlage.....   | 125        |
| 4.9.2.4  | Kosten der Kanalisation .....  | 128        |
| 4.9.2.5  | Kosten der mobilen Entsorgung.....   | 130        |
| 4.10     | Kostenberechnung und Abgabenerhebung .....   | 130        |
| 4.10.1   | Ablauf der Abgabenerhebung.....  | 131        |
| 4.10.2   | Kosten und Stückkosten der öffentlichen Abwasserbeseitigung.....   | 132        |
| 4.10.3   | Berücksichtigung von Fördermitteln – die ansatzfähigen Kosten und<br>der kostendeckende Gebührensatz ..... | 132        |
| 4.10.4   | Berücksichtigung von Überkapazitäten – der rechtlich zulässige<br>Gebührensatz.....                        | 133        |
| 4.10.5   | Festsetzung abweichender Gebühren .....  | 134        |
| 4.10.6   | Festsetzung von Grund- und verbrauchsabhängigen Gebühren .....   | 134        |
| 4.10.7   | Aufstellung von Einnahmen und Defiziten .....  | 135        |
| 4.11     | Behördliche Maßnahmen.....   | 136        |
| 4.11.1   | Wasserrechtliche Erlaubnis und Sanierungsanordnungen.....  | 136        |
| 4.11.2   | Förderung dezentraler Anlagen .....  | 137        |
| 4.11.3   | Förderung öffentlicher Infrastrukturanlagen .....  | 139        |
| <b>5</b> | <b>Modellexploration.....</b>  | <b>143</b> |
| 5.1      | Implementierung.....   | 143        |
| 5.2      | Probleme der Konzeptionierung und Implementation.....  | 144        |
| 5.3      | Erkundung des Modellverhaltens im Basisszenario .....  | 145        |
| 5.3.1    | Technologische Entwicklung insbesondere dezentraler Anlagen .....  | 145        |
| 5.3.2    | Behördliche Maßnahmen.....   | 148        |
| 5.3.3    | Ökologische Entwicklung .....  | 149        |
| 5.3.4    | Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung .....   | 151        |
| 5.3.5    | Gesamtgesellschaftliche Bewertung.....   | 156        |
| 5.3.6    | Interpretation der Ergebnisse und Überprüfung auf Plausibilität .....                                      | 159        |
| 5.4      | Erkundung alternativer Szenarien und Ableitung von Handlungsempfehlungen....                               | 161        |

---

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 5.4.1    | Entwicklung der grundstücksbezogenen Entsorgung .....                                | 162        |
| 5.4.1.1  | Einfluss von Kostenaspekten.....   | 163        |
| 5.4.1.2  | Einfluss des umweltbezogenen Engagements .....                                       | 165        |
| 5.4.1.3  | Einfluss der Imitation .....   | 168        |
| 5.4.1.4  | Einfluss der Bekanntmachung rechtlicher Veränderungen .....                          | 171        |
| 5.4.1.5  | Einfluss von Sanierungsanordnungen .....   | 173        |
| 5.4.1.6  | Einfluss der Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes ..                           | 175        |
| 5.4.2    | Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung .....                                     | 177        |
| 5.4.2.1  | Einfluss der Bevölkerungsentwicklung.....  | 177        |
| 5.4.2.2  | Einfluss des spezifischen Abwasseranfalls.....                                       | 179        |
| 5.4.2.3  | Einfluss der Siedlungsstruktur.....  | 184        |
| 5.4.2.4  | Einfluss des Umfangs der Anschlussplanung.....                                       | 185        |
| 5.4.2.5  | Einfluss der Förderquote .....   | 186        |
| 5.4.2.6  | Einfluss einer begrenzten Erhöhung des Gebührensatzes .....                          | 188        |
| 5.4.2.7  | Einfluss der Erhebung von Grundgebühren .....  | 192        |
| 5.4.3    | Zusammenfassung der Szenarien.....   | 194        |
| <b>6</b> | <b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>  | <b>197</b> |
| 6.1      | Zusammenfassung der Simulationsergebnisse.....                                       | 197        |
| 6.2      | Mögliche Verbesserungen des Modells .....  | 199        |
| 6.2.1    | Verbesserung der Datenbasis.....   | 199        |
| 6.2.2    | Inhaltliche Erweiterung .....  | 200        |
| 6.2.3    | Interaktivität.....  | 201        |
| 6.3      | Beteiligung von Stakeholdern bei der Modellerstellung und -anwendung .....           | 201        |
| 6.4      | Übertragbarkeit und Anwendbarkeit in anderen Kontexten .....                         | 203        |
|          | <b>Literaturverzeichnis.....</b>   | <b>205</b> |
|          | <b>Verzeichnis der Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen.....</b>            | <b>221</b> |
|          | <b>Verzeichnis der Interviews und Gespräche .....</b>                                | <b>223</b> |
|          | <b>Anhang 1: Liste der festzulegenden Parameter.....</b>                             | <b>225</b> |
|          | <b>Anhang 2: Parameterwerte des Basisszenarios .....</b>                             | <b>228</b> |
|          | <b>Anhang 3: abweichende Parameterwerte der Vergleichsszenarien.....</b>             | <b>233</b> |
|          | <b>Anhang 4: Verbreitungsgrade dezentraler Anlagen in einer Beispielregion .....</b> | <b>237</b> |

---

# Abbildungsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 1: Beispiele für alternative Technologien der Abwasserbeseitigung:<br>Pflanzenkläranlage, Mikrofiltrationsanlage und Urinseparationstoilette .....   | 2   |
| Abbildung 2: Kostenstruktur der Abwasserbeseitigung in Deutschland 2002.....   | 31  |
| Abbildung 3: typischer Verlauf einer Diffusionskurve einer Innovation.....   | 43  |
| Abbildung 4: Entwicklung des Anschlussgrades in Brandenburg .....  | 70  |
| Abbildung 5: Übersicht über den Stand des Anschlusses an die Kanalisation in den<br>Gemeinden Brandenburgs im Jahr 2001 .....  | 80  |
| Abbildung 6: Anzahl der jährlich neu gemeldeten dezentralen Anlagen im Landkreis<br>Prignitz, differenziert in fünf Technologiegruppen.....  | 81  |
| Abbildung 7: Modellstruktur des Simulationsmodells.....  | 90  |
| Abbildung 8: Lage der Siedlungen im Siedlungsgebiet.....   | 93  |
| Abbildung 9: tatsächliche Entwicklung der Bevölkerung im äußeren Entwicklungsraum<br>von Brandenburg (bis 31.12.2003) und weitere Entwicklung gemäß der Prognose<br>2002-2020 (umgerechnet auf das Basisjahr 1990) sowie vorgeschlagene<br>Modellannahme im Basisszenario..... | 94  |
| Abbildung 10: Bevölkerungsprognosen des Landes Brandenburg. Prognostizierte<br>prozentuale Veränderung der Einwohnerzahlen bezogen auf das Basisjahr 1990.....   | 95  |
| Abbildung 11: Verlauf der potenziellen Kanalisation im Modell-Entsorgungsgebiet.....   | 97  |
| Abbildung 12: Struktur der Entscheidungspfade der Wohneinheiten für die Investition in<br>eine dezentrale Anlage .....   | 104 |
| Abbildung 13: ursachenbezogene Aufstellung der Einnahmen und Defizite des<br>Zweckverbandes.....   | 136 |
| Abbildung 14: Entwicklung der Entsorgungspfade nach Einwohnern im Basisszenario .....  | 146 |
| Abbildung 15: Entwicklung der Zahl der Inbetriebnahmen dezentraler Anlagen im<br>Basisszenario .....   | 147 |
| Abbildung 16: Entwicklung der Sanierungsanordnungen im Basisszenario .....   | 149 |
| Abbildung 17: Entwicklung der durchschnittlichen CSB-Reinigungsgrade der<br>Technologien im Basisszenario.....   | 150 |
| Abbildung 18: Entwicklung der CSB-Fracht im Basisszenario.....   | 151 |
| Abbildung 19: Anschlusskonzept für das Modell-Entsorgungsgebiet bei der Erstplanung<br>1990 und im Endausbau ab 1998 .....   | 152 |
| Abbildung 20: Entwicklung der kanalgebunden entsorgten Abwassermenge im<br>Basisszenario .....   | 152 |
| Abbildung 21: Entwicklung der Einwohnerzahlen und Prognose von 1990 im Basisszenario   | 153 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 22: Entwicklung von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall im Basisszenario .....   | 154 |
| Abbildung 23: Entwicklung der Kosten der kanalgebundenen Entsorgung im Basisszenario  | 154 |
| Abbildung 24: Entwicklung der mengenbezogenen Kosten und Gebühren im Basisszenario.   | 155 |
| Abbildung 25: Entwicklung der Einnahmen und Defizite im Basisszenario .....   | 156 |
| Abbildung 26: Entwicklung des durchschnittlichen Reinigungsgrades im Entsorgungsgebiet im Basisszenario .....   | 157 |
| Abbildung 27: Entwicklung der einwohnerspezifischen Jahreskosten nach Technologien im Basisszenario .....   | 157 |
| Abbildung 28: Entwicklung der gesamtgesellschaftlichen Kosten im Basisszenario .....  | 158 |
| Abbildung 29: Entwicklung der Opposition im Basisszenario .....   | 159 |
| Abbildung 30: Vergleich des Bestands dezentraler Anlagen bei höherem Kostendruck mit dem Basisszenario .....  | 164 |
| Abbildung 31: Vergleich der CSB-Reinigungsgrade dezentraler Anlagen bei höherem Kostendruck mit dem Basisszenario.....  | 164 |
| Abbildung 32: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei höherem umweltbezogenen Engagement mit dem Basisszenario.....   | 166 |
| Abbildung 33: Vergleich der durchschnittlichen Reinigungsgrades dezentraler Anlagen bei erhöhtem umweltbezogenen Engagement mit dem Basisszenario .....   | 167 |
| Abbildung 34: Vergleich der durchschnittlichen einwohnerspezifischen Jahreskosten dezentraler Anlagen bei höherem umweltbezogenen Engagement mit dem Basisszenario .....                                  | 167 |
| Abbildung 35: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei höherem Imitationsschwellenwert mit dem Basisszenario .....   | 169 |
| Abbildung 36: Vergleich der Ablaufrachten bei höherem Imitationsschwellenwert mit dem Basisszenario .....   | 169 |
| Abbildung 37: Vergleich durchschnittlichen einwohnerspezifischen Jahreskosten dezentraler Anlagen bei höherem Imitationsschwellenwert mit dem Basisszenario.....  | 170 |
| Abbildung 38: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei vorgezogener Bekanntmachung des Ablaufs der Ordnungsmäßigkeit mechanischer Anlagen mit dem Basisszenario..... | 172 |
| Abbildung 39: Vergleich des durchschnittlichen Reinigungsgrades dezentraler Anlagen bei vorgezogener Bekanntmachung des Ablaufs der Ordnungsmäßigkeit mechanischer Anlagen mit dem Basisszenario .....    | 172 |
| Abbildung 40: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei Verzicht auf Sanierungsanordnungen mit dem Basisszenario .....  | 174 |
| Abbildung 41: Vergleich des Anlagenbestands bei Verzicht auf Sanierungsanordnungen mit dem Basisszenario .....  | 174 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 42: Vergleich des durchschnittlichen CSB-Reinigungsgrades dezentraler Anlagen bei Verzicht auf Sanierungsanordnungen mit dem Basisszenario .....  | 175 |
| Abbildung 43: Vergleich der Inbetriebnahmen bei vorausschauender Planung mit dem Basisszenario .....  | 176 |
| Abbildung 44: Vergleich der gebauten und erwarteten Kläranlagenkapazität und der Durchschnittsgebühr der Erstplanung bei korrekter Bevölkerungsprognose mit dem Basisszenario .....                         | 177 |
| Abbildung 45: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei korrekter Bevölkerungsprognose mit dem Basisszenario .....  | 178 |
| Abbildung 46: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei gleich bleibender Bevölkerung mit dem Basisszenario.....  | 179 |
| Abbildung 47: Vergleich der gebauten und erwarteten Kläranlagenkapazität und der Durchschnittsgebühr der Erstplanung bei besserer Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls mit dem Basisszenario ..... | 180 |
| Abbildung 48: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei besserer Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls in Höhe von 100 l/(EW*d) mit dem Basisszenario.....            | 181 |
| Abbildung 49: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei besserer Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls in Höhe von 80 l/(EW*d) mit dem Basisszenario.....             | 181 |
| Abbildung 50: Vergleich von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall bei geringerer Preiselastizität und höherer Ausgangsgebühr mit dem Basisszenario .....   | 182 |
| Abbildung 51: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei geringerer Preiselastizität und höherer Ausgangsgebühr mit dem Basisszenario .....                                    | 183 |
| Abbildung 52: Vergleich der einwohnerspezifischen Jahreskosten nach Technologien bei geringerer Preiselastizität mit dem Basisszenario .....  | 183 |
| Abbildung 53: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei geringerer Kanalisationslänge mit dem Basisszenario .....   | 184 |
| Abbildung 54: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei Beschränkung der Anschlussplanung auf größere Siedlungen mit dem Basisszenario .....                                  | 185 |
| Abbildung 55: Vergleich von Einnahmen und Defiziten sowie des Anschlussgrades bei erhöhtem Fördersatz mit dem Basisszenario .....   | 186 |
| Abbildung 56: Vergleich von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall bei erhöhtem Fördersatz mit dem Basisszenario .....  | 187 |
| Abbildung 57: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei höherem Fördersatz mit dem Basisszenario .....  | 188 |
| Abbildung 58: Vergleich der einwohnerspezifischen Jahreskosten nach Technologien bei erhöhtem Fördersatz mit dem Basisszenario.....   | 188 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Abbildung 59: Vergleich von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz mit dem Basisszenario .....  | 189 |
| Abbildung 60: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz mit dem Basisszenario .....   | 190 |
| Abbildung 61: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz und erhöhtem Fördersatz mit einem Szenario mit erhöhtem Fördersatz .....                    | 191 |
| Abbildung 62: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz und verringerter Preiselastizität mit einem Szenario mit verringerter Preiselastizität..... | 191 |
| Abbildung 63: Vergleich der Kosten und Mindereinnahmen der kanalgebundenen Entsorgung bei Erhebung von Grundgebühren zur Deckung von 20% der Fixkosten mit dem Basisszenario .....  | 192 |
| Abbildung 64: Vergleich von Gebühren und spezifischem Abwasseranfall bei Erhebung von Grundgebühren zur Deckung von 20% der Fixkosten mit dem Basisszenario .....   | 193 |
| Abbildung 65: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei Erhebung von Grundgebühren zur Deckung von 20% der Fixkosten mit dem Basisszenario .....  | 193 |
| <br>  |     |
| Anhang - Abbildung 1: Lage der Siedlungsgebiete im Entsorgungsgebiet und Verlauf der potenziellen Kanalisation im Basisszenario .....   | 230 |
| Anhang - Abbildung 2: Altersverteilung der Sammelgruben im Basisszenario.....   | 231 |
| Anhang - Abbildung 3: Unterschiedliche Verteilung von Technologien in ausgewählten Gemeinden.....   | 237 |



---

## Tabellenverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Tabelle 1: Bewertungskriterien für Urbane Wasserinfrastrukturen .....  | 56  |
| Tabelle 2: Gemeindegrößenstruktur Brandenburgs 1990 .....  | 71  |
| Tabelle 3: Entwicklung der Kanalisation und der spezifischen Kanallängen 1990 bis 2003<br>in Brandenburg .....   | 72  |
| Tabelle 4: Bevölkerungsentwicklung in Brandenburg 1990 bis 2000 .....  | 73  |
| Tabelle 5: Entwicklung des Wasserverbrauchs .....  | 74  |
| Tabelle 6: Entwicklung der Wasser- und Abwasserpreise .....  | 75  |
| Tabelle 7: Abwasser-Entgeltbelastung in Deutschland, den neuen Bundesländern und<br>Brandenburg .....  | 76  |
| Tabelle 8: Durchschnittlicher Auslastungsgrad der Brandenburger Kläranlagen .....  | 77  |
| Tabelle 9: Gesprächspartner für Leitfrageninterviews in Brandenburg .....  | 86  |
| Tabelle 10: Übersicht über die zentralen Parameter, die im Modell simulierten dynamischen<br>Prozesse sowie die Output-Größen des Simulationsmodells ..... | 88  |
| Tabelle 11: Einwohnerzahlen der Siedlungsgebiete und Größe und Zahl der Wohneinheiten<br>im Modell-Entsorgungsgebiet .....                                 | 93  |
| Tabelle 12: spezifische (innerörtliche) Kanallänge in Abhängigkeit von der Gemeindegröße   | 101 |
| Tabelle 13: Länge der Ortskanalisationen in den Modell-Siedlungsgebieten .....   | 101 |
| Tabelle 14: Reihenfolge der potenziell anzuschließenden Siedlungsgebiete .....   | 102 |
| Tabelle 15: Verteilung von Kostenbewusstsein und umweltbezogenen Engagement auf die<br>Wohneinheiten .....   | 110 |
| Tabelle 16: Entwicklung des Wasserverbrauchs und der Wasser- und Abwasserpreise in<br>den Neuen Bundesländern .....  | 113 |
| Tabelle 17: Preiselastizitäten verschiedener Studien .....   | 113 |
| Tabelle 18: Preiselastizitäten des Wasserverbrauchs in den neuen Bundesländern (eigene<br>Berechnungen) .....  | 115 |
| Tabelle 19: Ablaufrachten der verschiedenen dezentralen Anlagentypen im Modell .....   | 119 |
| Tabelle 20: Angaben von Nutzungsdauern verschiedener Anlagentypen in der Literatur .....   | 121 |
| Tabelle 21: Investitionskosten der dezentralen Anlagen im Modell .....   | 122 |
| Tabelle 22: Investitionskosten vollbiologischer Kleinkläranlagen in der Literatur .....  | 122 |
| Tabelle 23: angenommene Betriebskosten der Investitionsalternativen im Modell .....  | 123 |
| Tabelle 24: Betriebskosten vollbiologischer Anlagen in der Literatur .....   | 124 |
| Tabelle 25: Kostenfunktionen für Investitionskosten von Kläranlagen .....  | 126 |
| Tabelle 26: Fördersätze der Förderrichtlinien für Kleinkläranlagen in Brandenburg .....  | 138 |

---

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 27: Fördermittel für Grundstückskleinkläranlagen in Brandenburg.....  | 139 |
| Tabelle 28: Fördersätze und -bedingungen für öffentliche Abwasserableitungs- und<br>-behandlungsanlagen in Brandenburg .....              | 140 |
| Tabelle 29: Fördermittel für öffentliche Infrastrukturanlagen in Brandenburg.....   | 141 |
| Tabelle 30: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Handlungsempfehlungen<br>der alternativen Szenarien .....                     | 194 |
| <br>  |     |
| Anhang – Tabelle 1: Liste der festzulegenden Parameter .....  | 225 |
| Anhang – Tabelle 2: allgemeine Parameter im Basisszenario .....   | 228 |
| Anhang - Tabelle 3: Siedlungsstruktur im Basisszenario.....   | 230 |
| Anhang - Tabelle 4: Verteilung der Präferenzstrukturen der Wohneinheiten im<br>Basisszenario .....  | 230 |
| Anhang - Tabelle 5: Parameterwerte dezentraler Anlagen im Basisszenario.....  | 231 |
| Anhang - Tabelle 6: Transitionen zwischen dezentralen Technologien bei Investitionen<br>oder Sanierungsanordnungen im Basisszenario ..... | 232 |

---

## Formelverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Formel 1: Berechnung der durchschnittlichen Jahreskosten als Vergleichsmaßstab der Investitionsalternativen .....   | 105 |
| Formel 2: Berechnung des Abwasseranfalls einer Wohneinheit.....   | 112 |
| Formel 3: Vergleich der Jahreskosten von zentraler und eigenständiger Entsorgung im Rahmen der Oppositionsbildung von Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein ... | 116 |
| Formel 4: Berechnung der Investitionskosten einer öffentlichen Kläranlage .....   | 127 |
| Formel 5: Betriebskosten einer öffentlichen Kläranlage.....   | 128 |
| Formel 6: Betriebskosten der Kanalisation .....   | 129 |

---

## Abkürzungsverzeichnis

|          |   |
|----------|---|
| AbwV     | Abwasserverordnung  |
| AbwAG    | Abwasserabgabengesetz   |
| BbgWG    | Brandenburgisches Wassergesetz                                  |
| BS       | Basisszenario   |
| CSB      | Chemischer Sauerstoffbedarf                                     |
| DIN      | Deutsches Institut für Normen                                   |
| DWA      | Deutscher Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall |
| EW       | Einwohner, Einwohnerwert  |
| gew.     | gewartet  |
| GTS      | Großes Technisches System                                       |
| i.d.R.   | in der Regel  |
| Int ...  | Interview (s. Verzeichnis der Interviews und Gespräche, S. 223) |
| KA       | Kläranlage  |
| KAG      | Kommunalabgabengesetz   |
| KKA      | Kleinkläranlage   |
| LAWA     | Länderarbeitsgemeinschaft Wasser                                |
| LTS      | Large Technical System  |
| mech.    | mechanisch  |
| ND       | Nutzungsdauer   |
| NWG      | Niedersächsisches Wassergesetz                                  |
| o.J.     | ohne Jahr   |
| s.       | siehe   |
| SG       | Sammelgrube   |
| s.o.     | siehe oben  |
| s.u.     | siehe unten   |
| u.a.     | unter anderem / unter anderen                                   |
| ungew.   | ungewartet  |
| UWB      | Untere Wasserbehörde  |
| v.a.     | vor allem   |
| vgl.     | vergleiche  |
| volbiol. | vollbiologisch  |
| VS       | Vergleichsszenario  |
| WHG      | Wasserhaushaltsgesetz   |
| z.T.     | zum Teil  |
| zit.     | zitiert   |
| ZV       | Zweckverband  |

---

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung

Seit mehr als 100 Jahren hat sich die zentrale Abwasserbeseitigung bestehend aus einer meist gebietskörperschaftlich organisierten Kläranlage und einer weit verzweigten Leitungsinfrastruktur zur dominierenden Entsorgungsart in Deutschland entwickelt. Dieses konventionelle System ist durch eine zentrale Struktur und eine aus Sicht der Abwasserproduzenten vollständige externe Entsorgung des Abwassers gekennzeichnet. Das Abwasser wird aus meist mehreren Siedlungsgebieten zusammengefasst und in größerer Entfernung vom Ort des Abwasseranfalls gemeinsam behandelt (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 4). Die Technologie wurde im Laufe der Entwicklung durch das Anfügen zusätzlicher Reinigungsstufen immer wieder wachsenden Anforderungen angepasst. Sie hat ohne Zweifel sowohl gravierende hygienische Probleme gelöst als auch zu weit reichenden ökologischen Verbesserungen geführt. Dennoch ist die zentrale Abwasserbeseitigung seit einiger Zeit aus verschiedenen Gründen in die Kritik geraten.

Zu den Kritikpunkten gehören in erster Linie ökologische Argumente. Selbst bei hoher Reinigungsleistung der Kläranlagen bleibt eine Restbelastung des Abwassers mit Nährstoffen bestehen. Andere, zum Teil auch erst in jüngerer Vergangenheit in ihrer Problematik erkannte schwer abbaubare und langlebige Stoffe wie toxische, kanzerogene und erbgutschädigende Substanzen aus der industriellen Produktion können nicht oder nur mit erheblichen Aufwand aus dem Abwasser entfernt werden. Durch die Einleitung in ein einzelnes Umweltmedium, das Gewässer und schließlich das Meer (bei undichten Kanälen auch den Boden), kommt es zu einer starken Be- oder Überlastung und einem Eindringen in den Nahrungskreislauf (vgl. etwa Böhm et al. 2002, S. 2; Wilderer et al. 2001, S. 6 f.; Monstadt et al. 2004, S. 26). Zudem steht das Durchflusssystem der konventionellen Wassernutzung und Abwasserbehandlung dem Nachhaltigkeitsprinzip der Kreislaufführung und des Ressourcenschutzes entgegen. Der hohe Wasserverbrauch führt zu einer starken Inanspruchnahme der Wasserressourcen und einem hohen Material- und Energieaufwand für Förderung, Aufbereitung, Transport und Abwasserbehandlung (vgl. Bringezu 1998, S. 15 ff.; Wilderer et al. 2001, S. 5 ff.). Natürliche Kreisläufe werden stofflich und räumlich stark verändert. Deutlich wird dies etwa an der Beeinflussung des Landschaftswasserhaushalts durch die räumliche Distanz zwischen Entnahmestelle und der Rückführung des Wassers in die Umwelt. Da alle in die Kanalisation eingeleiteten Abwasserarten und Stoffe zusammen mit dem Frischwasser für die Toilettenspülung vermischt werden, ist eine spätere Trennung der Stoffe mit erheblichem Aufwand verbunden und nur begrenzt möglich. Dies stellt etwa aufgrund der absehbaren Endlichkeit der weltweiten Phosphat-Reserven einen großen Nachteil dar. Daraus resultiert auch eine zunehmende Belastung des Klärschlammes mit problematischen Stoffen, die eine landwirtschaftliche Verwertung erschwert (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 1, 6; Böhm et al. 2002, S. 2; Wilderer et al. 2001, S. 6 ff.). Angesichts der ökologischen Kritikpunkte ist die zentrale Abwasserbeseitigung auch aus ökonomischer Sicht zu hinterfragen. Im zentralen System fallen durchschnittlich 80% der Gesamtkosten der Abwasserbeseitigung auf den Bereich des Abwassertransports, d.h. nur 20% der Mittel stehen tatsächlich für die eigentliche Abwasserreinigung zur Verfügung (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 2).

In den letzten Jahren haben das zunehmende Bewusstsein der Grenzen des konventionellen Systems sowie technologische Neu- und Weiterentwicklungen eine Diskussion über das Potenzial alternativer Konzepte für eine nachhaltigere Ausgestaltung der Abwasserbeseitigung ange-

regt. Solche alternativen Konzepte sind häufig durch eine kleinräumige und dezentralisierte Struktur sowie eine autarke und autonome Eigenentsorgung von Einzelgebäuden oder Gebäudegruppen gekennzeichnet. Die Abwasserbehandlung findet im Gegensatz zum konventionellen System in gesonderten Anlagen in unmittelbarer Nähe zum Ort des Abwasseranfalls statt (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 4; Wilderer et al. 1998, S. 3).

Diese Konzepte beinhalten eine breite Palette verschiedener Technologien (s. Abbildung 1). Dazu gehören zunächst Weiterentwicklungen bereits seit längerer Zeit bekannter, jedoch bisher in der breiten Anwendung nur wenig beachteter Technologien, insbesondere im Bereich von Kleinkläranlagen. Moderne vollbiologische Kleinkläranlagen naturnaher und technischer Art können heute durchaus die Anforderungen erfüllen, die an die Reinigungsleistung zentraler Kläranlagen gestellt werden (vgl. Brickwedde 2003, S. 2; Dorgeloh 2003, S. 86 ff.). Darüber hinaus erweitern einige Neuentwicklungen das Technologiespektrum. So können etwa Membranfiltrationsanlagen eine weit über die Anforderungen an zentrale Kläranlagen hinausgehende Reinigungsleistung sicherstellen und sind auch für kleinere Einheiten bis hin zur Haushaltsebene anwendbar (vgl. bspw. Günder et al. 1998). Diese Technologien bieten die Möglichkeit, unter Verzicht auf kostspielige Kanalisationsleitungen die Abwasserentsorgung dezentral zu organisieren, ohne die Anforderungen an die Reinigungsleistung deutlich absenken zu müssen. Neben einer Dezentralisierung der Abwasserbeseitigung können diese auch in Konzepte eingebunden werden, die im Gegensatz zur herkömmlichen end-of-pipe-Konzeption der konventionellen Abwasserbeseitigung explizit darauf abzielen, die verschiedenen im Abwasser enthaltenen Stoffflüsse an einer möglichst frühen Stufe gezielt und angepasst an deren besonderen Eigenschaften zu behandeln und einer Wiedernutzung zuzuführen.

**Abbildung 1: Beispiele für alternative Technologien der Abwasserbeseitigung: Pflanzenkläranlage, Mikrofiltrationsanlage und Urinseparationstoilette**



Quellen: (Wikipedia (website); BUSSE IS GmbH (website); EAWAG (website))

Durch Regen- und Grauwasser-Recyclinganlagen kann das häusliche Abwasser so gereinigt werden, dass es für bestimmte Funktionen wie Gartenbewässerung, Toilettenspülung oder Waschmaschine einsetzbar ist. Dies ermöglicht eine Senkung des Frischwasserbedarfs. Einige Konzepte beinhalten darüber hinaus eine Trennung verschiedener Stoffströme aus dem Haushalt und ermöglichen eine Wertstoff- und Energiegewinnung. Hierzu zählen beispielsweise Urinseparationstoiletten. Urin enthält einen Großteil der Mikroverunreinigungen sowie der Nährstoffe

des gesamten häuslichen Abwassers. Durch die getrennte Erfassung können die enthaltenen Mikroverunreinigungen gezielt abgebaut werden; die hoch konzentrierten Nährstoffe können zurück gewonnen und als Düngemittel genutzt werden. (vgl. Wilderer et al. 2001, S. 26 ff.; Lange et al. 1997, S. 112 ff.)

Trotz dieser Aspekte und im Gegensatz zum industriellen Bereich sind alternative Abwasserbeseitigungssysteme im häuslichen Bereich in Deutschland und vielen anderen westlichen Industrieländern bislang weitgehend eine Randerscheinung. Traditionell haben viele Akteure der Abwasserbeseitigung, insbesondere in den Umweltbehörden und der ingenieurtechnischen Fachdisziplin Bedenken gegenüber dezentralen Technologien. Zu den vorgebrachten Argumenten zählen beispielsweise hohe Kosten, geringe Nährstoffeliminationsraten, ungünstige Hygieneverhältnisse, eine mangelnde Betriebsstabilität, eine schwierig zu garantierende Überwachung und Wartung sowie Schwierigkeiten bei der Schlamm Entsorgung (vgl. bspw. Eckstädt 2004, S. 69; Fehr 1992, S. 39; Rudolph 1996, S. 22). Daher wurde deren Einsatz in der Vergangenheit restriktiv gehandhabt und in den Landeswassergesetzen auf Fälle beschränkt, in denen eine konventionelle Entsorgung technisch nicht möglich oder zu kostenintensiv wäre. Ihr Einsatz ist bisher vorwiegend auf Übergangslösungen, dünn besiedelte Gebiete sowie geographische oder hydrologische Sondersituationen begrenzt. Aufgrund technologischer Weiterentwicklungen und zahlreicher Untersuchungen finden dezentrale Anlagen jedoch mittlerweile zunehmend Anerkennung und Eingang in fachtechnische Normen. Auch der Gesetzgeber hat 1996 in einer Novellierung des § 18a Wasserhaushaltsgesetz (WHG)<sup>1</sup> festgelegt, dass die Beseitigung häuslichen Abwassers durch dezentrale Anlagen ebenso dem Wohl der Allgemeinheit entsprechen kann wie eine zentrale Entsorgung. Dennoch ist die Verwendung alternativer Konzepte bislang die Ausnahme. Über Sondersituationen und einfache Technologien etwa zur Regenwassernutzung für Bewässerungszwecke hinaus beschränken sich Ansätze stärker ambitionierter alternativer Konzepte weitgehend auf einige Neubauprojekte (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 8; Lange et al. 1997, S. 94). Eine weitergehende Verbreitung alternativer Technologien ist bislang noch nicht auszumachen. Dies ist heute kaum mehr mit grundsätzlich fehlenden oder mangelhaften technischen Möglichkeiten zu begründen (vgl. Wilderer et al. 2001, S. 28). Offenbar sind hier andere Einflüsse und Prozesse wirksam, die die Verbreitung von Innovationen in der Abwasserbeseitigung behindern.

Die Frage nach einer angemessenen technologischen Ausgestaltung der Abwasserbeseitigung stellt sich im ländlichen Raum der neuen Bundesländer besonders dringlich. Dies bezieht sich weniger auf die Umsetzung weit reichender Konzepte alternativer Technologien der Abwasserbeseitigung. Die politische Diskussion entzündet sich stattdessen im Wesentlichen bereits an dem Zentralitätsgrad, dem Gegensatz zwischen zentraler und dezentraler Abwasserbeseitigung. Mit der Wiedervereinigung zeigte sich in den neuen Bundesländern ein enormer Investitionsbedarf in der Abwasserbeseitigung. Öffentliche Infrastruktur war insbesondere im ländlichen Raum kaum vorhanden. Die auf Grundstücksebene vorherrschenden Sammelgruben waren stark sanierungsbedürftig; das häusliche Abwasser gelang weitgehend ungereinigt in die Umwelt. Um eine ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung auch im ländlichen Raum sicherzustellen, wurde daraufhin mit dem Aufbau zentraler Entsorgungsanlagen begonnen. Bereits nach wenigen Jahren entstanden Probleme in Form von Auslastungsdefiziten und steigenden Gebühren, woraufhin der Infrastrukturaufbau ins Stocken geriet. Eine Umorientierung auf alternative Ansätze wie

---

<sup>1</sup> Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz - WHG) vom 23. September 1986 (BGBl. I S. 1529, 1654).

dezentral zu betreibende Kleinkläranlagen, die von den Befürwortern als kostengünstige und flexible Alternative für periphere, dünn besiedelte Gebiete angesehen werden, erfolgte nur in eingeschränktem Umfang bzw. erst relativ spät. Noch heute zeigt sich, dass Sammelgruben gegenüber Kleinkläranlagen deutlich überwiegen und dass ein großer Teil der dezentralen Anlagen weiterhin in einem nicht zufrieden stellenden Zustand ist. Die ungenügende Reinigung des in diesen Regionen anfallenden häuslichen Abwassers in Verbindung mit hohen Gesamtkosten zeigt, dass die Entwicklung der Abwasserbeseitigung sowohl in ökologischer als auch in ökonomischer Hinsicht nicht optimal verlaufen ist. Die Gründe und Auswirkungen dieser unbefriedigenden Entwicklung und der nur schleppenden Verbesserung der dezentralen Entsorgung werden von den beteiligten und betroffenen Akteuren intensiv diskutiert. Die Diskussion scheint jedoch von mangelnder Sachlichkeit und wenig reflektierten Vorwürfen sowie von einer großen Verunsicherung hinsichtlich des weiteren Vorgehens zur Lösung der Abwasserproblematik geprägt zu sein (vgl. Cattien 1998, S. 1). Offenbar sind die tatsächlichen Zusammenhänge und Einflüsse schwer zu verstehen oder werden nur unzureichend kommuniziert. Festzuhalten bleibt, dass zwar zu Beginn der Entwicklung technische bzw. ökologische Argumente gegen eine dezentrale Organisation der Abwasserbeseitigung vorgebracht wurden, diese aufgrund technischer Weiterentwicklungen jedoch eine zunehmend geringere Rolle spielten. Auch hier scheinen nicht-technische Aspekte die technologische Entwicklung der Abwasserbeseitigung ebenso oder gar mehr geprägt zu haben als rein technische Argumente.

## 1.2 Zielsetzung der Arbeit

Die Sicherstellung einer ordnungsgemäßen, ökologisch wirkungsvollen und ökonomisch effizienten Abwasserbeseitigung ist eine gesellschaftliche Aufgabe von großer Bedeutung. Sie dient nicht nur der allgemeinen Daseinsvorsorge, sondern stellt als Teil der gesellschaftlichen Infrastruktur eine „zentrale Schnittstelle zwischen Natur und moderner Gesellschaft“ dar (Monstadt et al. 2004, S. 17). Sicherlich sind auch alternative Systeme nicht in der Lage, alle Probleme, die mit der Reinigung des anfallenden Abwassers verbunden sind, zu lösen. Sie bieten jedoch ein technisches Potenzial, die Abwasserbeseitigung situationsabhängig in verschiedener Hinsicht ökonomisch und ökologisch nachhaltiger zu gestalten. Wie in Kapitel 1.1 dargestellt, konnte die Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer bisher nicht zufriedenstellend gelöst werden. Während die zentrale Entsorgung an ihre Grenzen gestoßen ist, erfolgte die Verbreitung von alternativen Systemen trotz eines großen Potenzials nur relativ zögerlich und in eingeschränktem Umfang. Die Sicherstellung einer ordnungsgemäßen und finanziell tragbaren Abwasserbeseitigung bleibt auch in Zukunft eine große Herausforderung. Insofern stellt die Aufarbeitung der Einflüsse, die die Entwicklung der Abwasserbeseitigung und die Verbreitung der in diesem Zusammenhang als Innovationen aufzufassenden dezentralen Technologien prägen, eine wichtige Aufgabe dar. Dies gilt umso mehr, als bestimmte Entwicklungen wie ein Rückgang des spezifischen Abwasseranfalls auch in den ländlichen, aber auch in städtischen Räumen westdeutscher Bundesländer zunehmend an Aktualität gewinnen. Darüber hinaus ist eine Verbesserung des Verständnisses der Prozesse, Abhängigkeiten und Unsicherheiten beim Aufbau eines Systems der Abwasserbeseitigung sowie der Schwierigkeiten einer Umorientierung auf alternative Systeme auch in anderen Ländern, insbesondere den Osterweiterungsländern der Europäischen Union von Interesse. Diese sehen sich heute und in den nächsten Jahren vor ähnliche Herausforderungen gestellt, wie sie in den neuen Bundesländern Anfang der 1990er-Jahre bestanden.



Die technologische Entwicklung der Abwasserbeseitigung ist nicht allein auf technische Aspekte zu reduzieren, sondern beinhaltet technische, ökologische, ökonomische und soziale Einflussfaktoren gleichermaßen. Die Abwasserbeseitigung kann als sozio-technisches System oder, wie Monstadt et al. für alle großen Infrastruktursysteme feststellen, als „Hybrid aus natürlichen, technischen und sozialen Systemkomponenten“ (Monstadt et al. 2004, S. 17) verstanden werden. Eine Untersuchung der Einflussfaktoren der technologischen Entwicklung der Abwasserbeseitigung darf daher nicht monokausal ausgerichtet sein, sondern muss die Breite der technischen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Wechselwirkungen im Blick behalten. Die Einflussfaktoren in ihren verschiedenen Dimensionen und Wechselwirkungen zu verstehen, steht im Mittelpunkt dieser Arbeit. Das Hauptanliegen dieser Arbeit besteht daher in der Untersuchung der Faktoren, die die ökologisch und ökonomisch unbefriedigende Entwicklung der Abwasserreinigung sowie insbesondere den geringen Standard dezentraler Anlagen im ländlichen Raum der neuen Bundesländer verursacht haben bzw. solche Probleme grundsätzlich auslösen können und wie darauf Einfluss genommen werden kann. Zu diesem Zweck soll ein Instrument erarbeitet werden, mit dem die Probleme und Einflüsse nachvollzogen, untersucht und für potenzielle Entscheidungsträger in diesem Bereich erkennbar gemacht werden können.

## **1.3 Methodik**

### **1.3.1 Die Abwasserbeseitigung als komplexes System**

Die menschliche Fähigkeit, komplexes Verhalten von Systemen zu durchschauen und angemessene Lösung für komplexe Probleme zu finden, ist begrenzt. Eine hohe Komplexität kann aus systemtheoretischer Sicht auf einen hohen Grad an Vernetztheit zwischen den Systemelementen, auf nicht-lineare, eigendynamische und irreversible Entwicklungen sowie auf Emergenzen und lange Totzeiten zurückgeführt werden. Sie ist häufig durch vielfältige Rückkopplungen, Fern- und Nebenwirkungen sowie divergierende Interessen zwischen beteiligten Akteuren gekennzeichnet. Zukünftige Folgen bestimmter Entwicklungen und Entscheidungen können daher in komplexen Situationen nur unangemessen antizipiert werden. Problemlösungsstrategien, die sich in alltäglichen Problemen als nützlich erweisen, können dann zu Komplikationen und Misserfolgen führen (vgl. Buerschaper 2000, S. 150 ff.; Gilbert et al. 1999, S. 8 ff.). Um die weitere Entwicklung des Gesamtsystems richtig einschätzen und steuern zu können, ist es daher entscheidend, die Zusammenhänge und Wechselwirkungen eines Systems zu verstehen und damit die Komplexität handhabbar zu machen.

Aufgrund der Vielfalt der technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Einflüsse stellt sich auch die Abwasserbeseitigung als komplexes System dar. So sind verschiedene Akteure auf mehreren Ebenen involviert, die je eigene Interessen und Handlungsmöglichkeiten haben, die einander widersprechen und anderen Akteuren verborgen sein können. Fehlentscheidungen sind aufgrund der Langlebigkeit und Kapitalintensität der technischen Anlagen nur schwer zu korrigieren und können sich bei verzögerten oder mangelnden Eingriffsmöglichkeiten zu Krisen auswachsen. Dabei können Fehlentwicklungen nicht nur technische, sondern aufgrund der Bedeutung der Abwasserbeseitigung für die Gewässergüte, die menschliche Gesundheit und die allgemeine Daseinsvorsorge auch ökologische, finanzielle und soziale Probleme auslösen. Gerade bei den langen Planungshorizonten in der Abwasserbeseitigung können Veränderungen in den Rahmenbedingungen wie etwa des zu erwartenden Abwasseranfalls drasti-

sche Auswirkungen haben. Hier bestehen große Unsicherheiten, die bei entsprechenden Entscheidungen bedacht werden müssen (vgl. Franz et al. 1998, S. 21; Winner 1999, S. 32; Hiessl et al. 2003, S. 24). Es ist daher für die Nachhaltigkeit von Entwicklungen in der Abwasserbeseitigung von großer Bedeutung, dass Entscheidungen getroffen werden, die robust gegenüber den Unwägbarkeiten zukünftiger Entwicklungen sind. Sich diese möglichen Entwicklungen und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Bewertung von Entscheidungsalternativen vor Augen zu führen, sollte Grundlage jeder strategischen Entscheidung sein. Für den Abwasserbereich wird in einer Veröffentlichung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung festgestellt, dass diese zwar mehr noch als andere netzgebundene Infrastrukturbereiche mit veränderten Rahmenbedingungen konfrontiert wird, die Tragweite dieser Veränderungen jedoch teilweise nur unzureichend erkannt wird (2006, S. 20 f.). Dies sei mit einer Problemverdrängung, mit kommunaler Finanznot, aber auch mit der hohen Komplexität der Aufgaben und einem fehlenden Wissen über Lösungswege zu begründen.

Da sich die Komplexität der Zusammenhänge einem spontanen Systemverständnis entzieht, bedarf es besonderer Methoden, diese zu erfassen, verständlich aufzubereiten und für weitere Untersuchungen zugänglich zu machen.

### **1.3.2 Simulation als Forschungsmethode**

Die Untersuchung der Entwicklung der Abwasserbeseitigung und deren weitere Prognose stützen sich in der Literatur in der Regel auf bestimmte Einzelaspekte. Zu nennen sind hier insbesondere Darstellungen der Entwicklungen anhand von allgemeinen Beschreibungen, statistischen Kennzahlen zum Verbreitungsgrad, rechtlicher Betrachtungen, Kostenvergleichen oder Bewertungen der ökonomischen und ökologischen Vor- und Nachteile von Technologien (vgl. bspw. Barjenbruch et al. 2004; Becker 1998; BKC Kommunal-Consult GmbH 2000a, 200b; Cattien 1998; Landesumweltamt Brandenburg 1992; Ministerium für ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg 2005; s. auch Kapitel 2.3 und 2.5). Die diesbezügliche Literatur zeigt häufig einen hohen Detaillierungsgrad, lässt jedoch zum Teil eine Integration der verschiedenen Aspekte und eine einfach nachvollziehbare Darstellung der Ergebnisse vermissen. In dieser Arbeit soll der Systemcharakter der Abwasserbeseitigung in den Mittelpunkt der Untersuchung und Darstellung gestellt werden. Die Einflussfaktoren sollen daher eher in der Breite als in der Tiefe untersucht werden. Zudem liegt ein Schwerpunkt in der nachvollziehbaren Aufbereitung der Systemzusammenhänge.

In der empirischen Sozialforschung wird häufig eine grundlegende Differenzierung zwischen quantitativen und qualitativen Methoden vorgenommen. Quantitative Methoden versuchen, im Vorhinein formulierte Hypothesen durch eine statistische Analyse auf der Grundlage etwa von Befragungen oder Inhaltsanalysen zu testen. Qualitative Methoden sind dagegen eher geeignet, mit einem induktiven Ansatz neue Hypothesen zu generieren, Zusammenhänge aufzudecken und Phänomene in ihrem Kontext zu betrachten (vgl. Gilbert 2004, S. 4). Mit dem Ziel, die Komplexität der Einflussfaktoren im Bereich der Abwasserbeseitigung zu erfassen, zu verstehen und anderen verständlich zu machen, scheinen sich zunächst eher qualitative Methoden anzubieten. Die Abwasserbeseitigung als sozio-technisches System zu untersuchen, ist ein relativ neuer Ansatz, der für eine standardisierte quantitative Erhebung noch nicht in ausreichendem Umfang und in ausreichender Detailschärfe Hypothesen hervorgebracht hat. Gerade die Wirkung der verschiedenen Einflussfaktoren und die aus deren Zusammenspiel resultierenden e-

mergenten Phänomene in der Gesamtentwicklung können durch qualitative Ansätze besser ermittelt und verstanden werden. Methodisch könnte damit auf qualitative Methoden wie Delphi-Verfahren, qualitative Interviews oder Dokumentenanalysen und eine text-basierte interpretative Darstellung der Ergebnisse zurückgegriffen werden. In der Tat spielen Experten-Interviews und Textanalysen eine große Rolle in der Arbeit. Die methodische Konzeption dieser Arbeit geht jedoch über diese Ansätze hinaus und verbindet gleichsam qualitative und quantitative Ansätze sowie eine induktive und deduktive Herangehensweise.

Wesentlicher methodischer Forschungsansatz dieser Arbeit ist die Simulation. Deren Kern ist die Bildung eines Modells, in dem die für den Untersuchungszweck wesentlichen Elemente und Zusammenhänge des abzubildenden Teils der Wirklichkeit in generalisierter Weise formalisiert werden (Geuting 2000, S. 30). Beim Durchlaufen des Programms werden die zugrunde liegenden Einzelprozesse sowie das Verhalten des Gesamtsystems im Zeitverlauf erzeugt und dargestellt (vgl. Gilbert et al. 1999, S. 5 ff.).

Gilbert (2001, 2004) bezeichnet die Simulation als „third way“ in der Dichotomie zwischen qualitativer und quantitativer Forschung. Sie entspricht insofern der Logik der quantitativen Forschung als sie auf Theorien und Hypothesen hinsichtlich der relevanten Zusammenhänge beruht, die anhand empirischer Daten getestet werden sollen. Gerade in der sozialen Simulation bedarf es jedoch einer Detailschärfe in der Definition des Verhaltens der sozialen Einheiten und deren Interaktion, die häufig nur durch qualitative Forschung erreicht werden kann. Schließlich erzeugt die Simulation Daten und Phänomene, die ihrerseits auf induktive Weise weiter untersucht werden können und die häufig eher qualitativ als quantitativ zu interpretieren sind. Die Anforderungen an die Repräsentativität der Eingangsdaten sind geringer als in der quantitativen Auswertung; im Gegenzug können auch komplexe und weniger gut zu quantifizierende Aspekte integriert werden. Die Anforderungen an die Eindeutigkeit der zu integrierenden Annahmen sind durch die Notwendigkeit zur Formalisierung dagegen höher als in qualitativen Analysen. In Verbindung mit der Generierung eindeutiger Simulationsergebnisse erleichtert und forciert dies eine kritische Auseinandersetzung mit den Annahmen und Folgerungen durch den Modellierer, andere Wissenschaftler sowie andere Modellanwender.

Simulationsmodelle können helfen, die in realen Systemen zu verzeichnende Komplexität handhabbar zu machen, indem das Verhalten des Gesamtsystems sowie die dem Modellverhalten zugrunde liegenden Zusammenhänge und Wechselwirkungen veranschaulicht und verständlich gemacht werden. Die Variierung von Parametern und Funktionszusammenhängen ermöglicht ein Experimentieren mit alternativen Entwicklungen, das im Wesentlichen dazu dient, Unsicherheiten in Entscheidungssituationen zu reduzieren oder transparent zu machen (vgl. Böhret et al. 2000, S. 212). Erkundet werden können damit die Bandbreite der möglichen Entwicklungen und daraus resultierende Konflikte, die Bedeutung mutmaßlicher Einflussfaktoren sowie Möglichkeiten der Beeinflussung des Systems durch gezielte Maßnahmen. Wo das Modell nicht in der Lage ist, bestimmte Aspekte zu integrieren, kann es zumindest eine Diskussion darüber anregen, unter welchen Voraussetzungen und Rahmenbedingungen das Modell seine Gültigkeit und Aussagekraft verliert und welche Aspekte in der Realität zusätzlich zu berücksichtigen wären (vgl. ebd., S. 226 f.).

Für die Untersuchung der Zusammenhänge bei der Entwicklung der Abwasserbeseitigung und der Verbreitung von Innovationen im ländlichen Raum der neuen Bundesländer bietet sich die agenten-basierte Simulation als spezielle Form der Simulation besonders an. Diese hat sich Anfang der 1990er-Jahre unter Einfluss der künstlichen Intelligenz und nicht-linearer Dynamik

entwickelt und stellt heute die dominierende Simulationstechnik dar. Agenten sind dabei autonom agierende Softwaresysteme, die in der sozialen Simulation häufig reale Einheiten – Individuen oder stärker aggregierte Organisationen – repräsentieren. Den Agenten werden dabei verschiedene Eigenschaften wie Ziele, Aktivitäten und Rationalitäten oder Heuristiken zugeordnet, die deren Verhalten in Verbindung mit sogenannten ‚condition-action rules‘ bestimmen. Verschiedene Typen von Agenten können verschiedene Akteure repräsentieren, sodass grundsätzlich unterschiedliche Gruppen von Akteuren ebenso abgebildet werden können wie die Heterogenität innerhalb einer Akteursgruppe. Die Agenten können mit ihrer Umwelt interagieren, etwa durch Kommunikation, die direkte Beeinflussung anderer Agenten oder Einwirkungen auf die Umgebung. Ebenso können technische Anlagen als Objekte integriert werden. (vgl. Gilbert et al. 1999, S. 158 ff.; Weiss 2000, S. 583 f.; Ferber 1999, S. 9 ff.)

Agenten-basierte Simulationen wurden in den letzten Jahren vermehrt dazu verwendet, Zusammenhänge und Auswirkungen in Mensch-Umwelt-Beziehungen zu untersuchen (vgl. etwa Parker et al. 2003; Moss et al. 2001; Gimblett 2002). Obwohl sich bisher nur wenige Ansätze direkt auf den Abwasserbereich beziehen (so wurden etwa verschiedene Modelle im Rahmen des EU-Projektes FIRMA - Freshwater Integrated Resource Management with Agents entwickelt, s. bspw. Tillman 2001; Downing et al. 2001), scheint die agenten-basierte Simulation aufgrund ihrer Eigenschaften besonders geeignet zu sein, Entwicklungen in der Abwasserbeseitigung zu formalisieren und abzubilden. So können die internen Abwägungen und Entscheidungsprozesse der Abwasserproduzenten bei der Entscheidung zur Annahme von Innovationen, die gegenseitige Beeinflussung zwischen Abwasserproduzenten und anderen Entscheidungsträgern, technische und ökonomische Einflüsse sowie ökologische Auswirkungen abgebildet werden. Daher wird im Rahmen dieser Arbeit ein agenten-basiertes Simulationsmodell erstellt, das wesentliche Zusammenhänge und Einflüsse bei der Entwicklung der Abwasserbeseitigung und der Verbreitung von Innovationen im ländlichen Raum der neuen Bundesländer beinhaltet.

### 1.3.3 Fallstudie

Sozio-technische Einflussfaktoren und deren Wirkungsweisen im System der Abwasserbeseitigung können am besten an einem realen Anschauungsobjekt untersucht werden. Dies erhöht einerseits die Anschaulichkeit, stellt andererseits auch einen Kontext zur Verfügung, aus dem die konkreten Merkmale des Simulationsmodells beispielsweise bezüglich der räumlichen Struktur und der abzubildenden Phänomene entwickelt werden. Zudem ist in den Fällen, in denen keine allgemeinen Informationen über bestimmte Einflussfaktoren vorliegen, die Beteiligung von Akteuren unerlässlich. Dies trifft beispielsweise auf verhaltensbezogene Aspekte zu. Zur Erleichterung des Verständnisses bei der Erhebung solcher Informationen und aus Konsistenzgründen ist es angebracht, die der Simulation zugrunde liegenden Daten aus einem einheitlichen räumlichen Kontext zu erheben. Daher wird das hier entwickelte Simulationsmodell aus einer Fallstudie abgeleitet werden. Da das Modell auf die Veranschaulichung von Wirkungsweisen und Zusammenhängen abzielt und nicht auf die Ableitung konkreter Politik- und Optimierungsempfehlungen, erhält das Modell einen mittleren Abstraktionsgrad. Es wird ein fiktiver Modellkontext entwickelt, der die Struktur und die Entwicklungen der Fallstudie weitgehend widerspiegelt, jedoch nicht einen realen Raum mit real vorhandenen Technologien und Akteuren repräsentiert. Anhand dieses aus der Fallstudie abgeleiteten fiktiven Modellkontextes können die Einflussfaktoren und Prozesse, die die technologische Entwicklung prägen, untersucht werden. Dieser fiktive Modellkontext basierend auf einem mittleren Abstraktionsniveau erleich-

tert auch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Regionen, sofern die prägenden Struktur- und Verhaltensmerkmale vergleichbar sind. Die Fallstudie dient nicht zuletzt dazu, die Simulationsergebnisse zu validieren. Anhand bestimmter Rahmenparameter kann überprüft werden, inwiefern die dem Modell zugrunde liegenden Prozesse die Entwicklung weitgehend korrekt erzeugen.

Für die Auswahl der Fallstudie ergeben sich daher folgende Kriterien:

- Die Fallstudie muss im ländlichen Raum der neuen Bundesländer liegen.
- In der Fallstudie müssen die für diesen Raum typischen Entwicklungen und Phänomene zu beobachten sein.
- Dezentrale Technologien sollen bereits einen gewissen Verbreitungsgrad gefunden haben, um eine Untersuchung dieser Entwicklung zu ermöglichen.
- Über die technologische Entwicklung in der Fallstudie, über technische, ökonomische, ökologische und soziale Aspekte sollten Informationen und Daten verfügbar sein.
- Wo die vorhandene Datenbasis für die Erstellung eines Simulationsmodells nicht ausreicht, ist die Bereitschaft von Akteuren zur Unterstützung des Projektes ein wichtiges Auswahlkriterium.

Die Auswahl der Fallstudie und eine Einführung in die für die Abwasserbeseitigung relevanten Entwicklungen erfolgt in Kapitel 3.

### **1.3.4 Akteursanalyse und partizipative Erhebung von Modellregeln**

Im Rahmen dieser Arbeit wird die Entwicklung der Abwasserbeseitigung, wie sie im ländlichen Raum der neuen Bundesländer zu beobachten war, als Resultat des Verhaltens verschiedener Akteure untersucht. Diese Perspektive entspricht in besonderer Weise dem Ansatz der „social simulation“ und den Möglichkeiten der agenten-basierten Modellierung. Hier beruht das Gesamtverhalten des betrachteten Systems auf dem Zusammenwirken der Aktivitäten einzelner Individuen. Damit rücken die Akteure und deren Verhaltensweisen in den Mittelpunkt der Untersuchung. Als Grundlage der Abbildung des Akteursverhaltens im Simulationsmodell ist daher eine Akteursanalyse durchzuführen.

„Stakeholder analysis is an approach, a tool or set of tools for generating knowledge about actors – individuals and organizations – so as to understand their behaviour, intentions, interrelations and interests; and for assessing the influence and resources they bring to bear on decision-making or implementation processes“ (Varvasovszky et al. 2000, S. 341).

Der Begriff ‘Akteursanalyse’ ist hinsichtlich des methodischen Vorgehens, der Inhalte und der Dokumentation nicht einheitlich definiert oder standardisiert. Der Analyseansatz richtet sich nach den Anforderungen der konkreten Untersuchungsziele. Im Rahmen dieser Arbeit dient die Akteursanalyse dazu, die für die Entwicklung der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer prägenden Faktoren zu identifizieren, die relevanten Akteure zu bestimmen sowie Entscheidungs- und Handlungsregeln zu ermitteln. Daher wird im Rahmen einer Akteursanalyse untersucht,

- welche Akteure und Faktoren auf die Entwicklung der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer Einfluss haben. Aus diesem Akteurspektrum wer-

den diejenigen Akteure und Faktoren ausgewählt, die direkt oder indirekt im Simulationsmodell abgebildet werden sollen.

- welche Ziele und Interessen die jeweiligen Akteure verfolgen, wie sie sich verhalten und welche Faktoren dieses Verhalten beeinflussen. Daraus werden Regeln abgeleitet, die das Verhalten der Akteure bzw. Agenten im Modell bestimmen. Daraus ergeben sich auch Kriterien für die Bewertung der Simulationsergebnisse.
- welche Interaktionen zwischen verschiedenen Akteuren bestehen. Hieraus wird abgeleitet, welche Auswirkungen das Verhalten der jeweiligen Akteure auf andere Systemelemente wie bspw. technische Anlagen, die Qualität des Abwassers oder das Verhalten anderer Akteure hat.

Erste Informationen über diese Untersuchungsfragen werden im Rahmen einer Literaturrecherche, durch die Sichtung von Materialien sowie im Rahmen von Expertengesprächen gewonnen. Hinweise auf zu berücksichtigende Zusammenhänge werden auch aus verschiedenen Theorieschulen abgeleitet (s. Kapitel 2.6). Darüber hinaus ist aber eine direkte Einbeziehung der Akteure vor Ort unerlässlich. Das Akteursverhalten ist wesentlich durch die ganz eigenen Sichtweisen der Akteure über die Problematik, die Struktur des Akteursnetzwerkes, die Interessen anderer Akteure und die eigenen Handlungsmöglichkeiten und -einflüsse geprägt. Zudem ist die Beteiligung der Akteure vor Ort Voraussetzung dafür, dass das zu erstellende Simulationsmodell tatsächlich die Aspekte beinhaltet, die nicht nur sachlich, sondern auch politisch relevant sind und die Grundlage für die Bewertung von Entwicklungen durch bestimmte Entscheidungsträger darstellen. „These tools [Modellierungstools, A.d.V.] can only effectively support public decision makers if they address the issues that are of importance in the political arena“ (Hermans 2001, S. 183). Daher sind Informationen über die relevanten Akteure, Einflussfaktoren, Zusammenhänge und Probleme, die die Entwicklung der Abwasserbeseitigung in der Fallstudie beeinflussen, direkt bei den Akteuren vor Ort zu erheben.

## 1.4 Aufbau der Arbeit

Die Arbeit gliedert sich im Folgenden in fünf Abschnitte.

In Kapitel 1 wird zunächst der bisherige Erkenntnisstand über Einflussfaktoren zur Verbreitung von Innovationen und die Entwicklung der Abwasserbeseitigung aufgearbeitet. Es werden zwei sich ergänzende Theorieschulen vorgestellt (Kapitel 2.2 und 2.4). Anhand der durch die Theorien vorgegebenen Systematik wird jeweils der Diskussionsstand in der abwasserbezogenen Literatur erörtert (Kapitel 2.3 und 2.5). Schließlich werden die aus der Theorie und der abwasserbezogenen Literatur gewonnenen Erkenntnisse für die Gestaltung des Simulationsmodells zusammengefasst (Kapitel 2.6).

Die Auswahl der Fallstudie und die Einführung in die dortige Problematik als Grundlage für die Entwicklung des Simulationsmodells erfolgt in Kapitel 3.

Kapitel 4 beschreibt die Entwicklung und die Bestandteile der Konzeption des Simulationsmodells. Nach einer überblickartigen Einführung in Zielsetzung, Informationsgrundlagen und Struktur des Modells (Kapitel 4.1 bis 4.3) wird in den Kapiteln 4.4 bis 4.11 das Modell im Detail vorgestellt. Enthalten sind sowohl Modellregeln als auch konkrete Parameterausprägungen, die aus der Fallstudie abgeleitet werden.

Die Anwendung des Modells wird in Kapitel 5 dargestellt. Hier wird anhand eines Basisszenarios und alternativer Szenarien die Aussagekraft des Simulationsmodells erkundet und das Verständnis von den Systemzusammenhängen vertieft. Daraus werden allgemeine Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Schließlich erfolgt in Kapitel 6 eine Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse der Simulation sowie ein Ausblick auf mögliche inhaltliche und methodische Erweiterungen des Modells und der Modellentwicklung und -anwendung.





---

## 2 Erkenntnisse aus Theorie und abwasserbezogener Literatur

### 2.1 Einführung

Die Untersuchung sozio-technischer Einflüsse von Entwicklungen und Innovationen im Abwasserbereich ist in der wissenschaftlichen Literatur erst in jüngster Zeit auf größeres Interesse gestoßen. In konventionellen Systemen der Abwasserbeseitigung wurden technische Neuerungen aufgrund einer starken formellen Institutionalisierung in Form der kommunalen Entsorgungspflicht sowie einer umfassenden umweltrechtlichen Regulierung und fachtechnischen Normung in einem engen Akteursrahmen beschlossen und umgesetzt. Innovationen wurden daher kaum in einem breiteren wissenschaftlichen Kontext zur Diskussion gestellt. Zudem fokussierte die Forschung weitgehend auf die Anbieterseite, d.h. in diesem Fall auf Entwicklungen bei der Bereitstellung der Entsorgungsleistung; die Verbreitung technologischer Innovationen auf Seiten der Abwasserproduzenten wurde weniger wahrgenommen, untersucht oder aktiv beeinflusst (vgl. Söderberg et al. 2002). Dass dieses Desinteresse seit einigen Jahren einer erhöhten Aufmerksamkeit weicht, liegt an der verstärkten Wahrnehmung der Grenzen des konventionellen Systems und der Potenziale alternativer Technologien. Dementsprechend ist die Zahl der Veröffentlichungen zur Diffusion von Innovationen im Abwasserbereich zwar noch gering, hat aber in den letzten Jahren deutlich zugenommen. Viele dieser Veröffentlichungen fokussieren dabei zunächst auf die Technologien selbst, deren technische Funktionsfähigkeit, ökologische Wirkung, Kosten und Rentabilität. Diese Untersuchungsschwerpunkte stellen sicherlich Voraussetzungen einer erfolgreichen Anwendung und Verbreitung von Innovationen dar, können die Bandbreite der Einflussfaktoren jedoch nicht vollständig erfassen. Gerade in jüngster Zeit versuchen einige Veröffentlichungen und Forschungsprojekte Entwicklungen in der Abwasserbeseitigung in einen größeren Bezugsrahmen zu stellen und untersuchen gezielter die sozio-ökonomischen und technologischen Rahmenbedingungen und Wechselwirkungen. In diesen Veröffentlichungen wird deutlich, dass zwei verschiedene Perspektiven für die Erklärung von Innovationsprozessen in der Abwasserbeseitigung herangezogen werden müssen.

Die erste Perspektive bewegt sich auf der Makroebene und fokussiert auf die Einbindung der Innovationen in einen technologischen Kontext. Die Verbreitung neuer Technologien im Abwasserbereich wird stark dadurch beeinflusst, inwiefern diese sich in den Rahmen einfügen können, der von dem bisher dominierenden System vorgegeben wird. Dabei spielen neben der technischen Kompatibilität auch Interessenskonflikte, Zuständigkeiten und Befugnisse sowie ökonomische Wechselwirkungen eine Rolle. Mit der beinahe flächendeckenden Anwendung der zentralen Abwasserbehandlung hat sich im Laufe der Zeit ein technologisches Paradigma herausgebildet, das durch eine materielle, rechtliche und organisatorische Struktur gekennzeichnet ist, die genau auf diese Form der Abwasserbehandlung zugeschnitten ist und besonders schwerfällig gegenüber Veränderungen zu sein scheint. Innovationen können aufgrund einer mangelnden Einpassung in diesen Rahmen Schwierigkeiten haben, verbreitete Anwendung zu finden. Im Gegenzug können technologische Innovationen jedoch auch Einfluss auf die Weiterentwicklung des bestehenden Systems nehmen. Daher ist die Verbreitung von Innovationen als Koevolution von bestehendem System und neuer Technologie zu verstehen. Mit diesem systemischen Verständnis der Zusammenhänge und Wechselwirkungen richtet sich der Blick nicht nur auf die

Verbreitung einzelner Technologien, sondern auf Veränderungen des Gesamtsystems der Abwasserbeseitigung.

Die zweite Perspektive untersucht die Verbreitung von Innovationen im Abwasserbereich als individuelle Entscheidung zur Annahme der Innovationen auf Mikroebene. Bei Innovationen im häuslichen Bereich liegt diese Innovationsentscheidung bei den Abwasserproduzenten (bzw. im Fall von vermieteten Objekten z.T. auch bei den Grundstückseigentümern). Obwohl diese bei der konventionellen Abwasserbeseitigung keinen Einfluss auf die grundsätzliche Wahl eines Abwassersystems haben, obliegt ihnen doch die Entscheidung, im Rahmen des rechtlich und technisch Möglichen bestimmte Innovationen als grundstücks- oder gebäudeinterne Technologien umzusetzen. Insbesondere aber bei Technologien, die die konventionelle Abwasserbeseitigung teilweise oder vollständig substituieren, werden die Abwasserproduzenten zum zentralen Akteur der Diffusion von Innovationen. In vielen alternativen Abwasserkonzepten sind diese sehr viel stärker als im konventionellen System involviert, entscheiden über die Verwendung von Technologien und tragen häufig eine größere, zumindest direktere Verantwortung für die Funktionsfähigkeit der Anlagen. Diese zentrale Funktion der Abwasserproduzenten muss daher ebenso im Mittelpunkt der Untersuchung der Verbreitung von Innovationen im Abwasserbereich stehen.

Aus diesen zwei Perspektiven ergeben sich zwei theoretische Ansätze für die Untersuchung und Erklärung der Diffusion von Innovationen im Abwasserbereich. Dies sind zum einen Theorien der Großen Technischen Systeme (GTS) oder „Large Technical Systems“ (LTS), zum anderen Theorien über die Diffusion von Innovationen. Beide Theorieschulen können in Ergänzung zueinander die Koevolution von zentraler und dezentraler Infrastruktur der Abwasserbehandlung erklären. Die Theorie der Großen Technischen Systeme kann dabei in erster Linie auf Schwierigkeiten der Diffusion dezentraler Systeme innerhalb eines zentral dominierten Systems angewendet werden. Theorien zur Diffusion von Innovationen können dagegen zur Erklärung und Beschreibung der Verbreitung dezentraler Anlagen als Resultat einer Innovationsentscheidung einzelner Entscheidungsträger beitragen. Diese theoretischen Ansätze werden daher im Folgenden skizziert (Kapitel 2.2 und 2.4) und auf die Abwasserbeseitigung übertragen werden (Kapitel 2.3 und 2.5). Darauf werden schließlich Schlussfolgerungen für die Gestaltung des Simulationsmodells abgeleitet (Kapitel 2.6).

## **2.2 Die Theorie der Großen Technischen Systeme**

### **2.2.1 Definitive Merkmale Großer Technischer Systeme**

Bei der Definition von Großen Technischen Systemen oder synonym von „Large Technical Systems“ wird häufig auf die Begriffsbestimmung von Joerges zurückgegriffen. Dieser bezeichnet „Large Technical Systems“ als “those complex and heterogeneous systems of physical structures and complex machineries which (1) are materially integrated, or “coupled” over large spans of space and time, quite irrespective of their particular cultural, political, economic and corporate make-up, and (2) support or sustain the functioning of very large number of other technical systems, whose organizations they thereby link” (Joerges 1988, S. 24). Konstituierender Kern Großer Technischer Systeme ist demnach ein System technischer Artefakte ist. Mayntz et al. bezeichnen diese als „spatially extended and functionally integrated socio-

technical networks" (1988, S.5); Joerges et al. als "umfangreiche Ensembles (oder Netzwerke) von miteinander verknüpften kleinen technischen Systemen" (1994, S. 21). Die Größe der Systeme resultiert dabei nicht aus der Größe einzelner Elemente wie bei so genannten „big technologies“ (etwa im Kraftwerksbau), sondern räumlich aus der weiträumigen materiellen oder sachtechnischen Vernetzung und inhaltlich aus dem Maß der gesellschaftlichen Operationen oder Funktionen, die die Systeme umfassen. Räumlich hat sich im Laufe der Entwicklung der Großen Technischen Systeme eine Ausbreitung in die Fläche vollzogen, die die Funktionen und Leistungen der Systeme beinahe ubiquitär verfügbar machen. GTS erfüllen häufig spezifische Infrastrukturfunktionen und haben daher eine große Bedeutung in Wirtschaft und Gesellschaft, insbesondere für die öffentliche Daseinsvorsorge. Typische GTS gewährleisten beispielsweise den Personen- und Gütertransport, die Versorgung mit Elektrizität, Gas und Wasser sowie die Abfall- und Abwasserentsorgung. (vgl. Joerges et al. 1994, S. 21 ff.; Monstadt et al. 2004, S. 9 f.; Hiessl et al. 2003, S. 128)

Wie in der Definition von Joerges (1988, s.o.) bereits deutlich wird, betten die Errichtung, Entwicklung und Nutzung von Großen Technischen Systemen diese in einen gesellschaftlichen Kontext ein. Sie sind sowohl gesellschaftsprägend als auch durch die Gesellschaft geprägt (society shaping und socially shaped / constructed - vgl. dazu etwa MacKenzie et al. 1999). Um den Doppelcharakter der Verknüpfung von technischem und sozialem System deutlich zu machen, werden sie auch als technische Sozialsysteme oder sozio-technische Systeme bezeichnet (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 11; Ewertsson 2001, S. 40; Hiessl et al. 2003, S. 128; Joerges 1988, S. 7). Dementsprechend legt etwa Ewertsson bei der Bestimmung der konstituierenden Merkmale im Verhältnis zu Joerges (1988) einen größeren Wert auf sozio-ökonomische Aspekte. Demnach beinhalten Große Technische Systeme „material technology components, a particular kind of flow, individuals and organizations, that develop, use, govern and control the operation of the system, as well as institutional elements such as ownership, organisational structure and regulatory framework, which embody cultural values and specialized professional know-how, and users of the system" (Ewertsson 2001, S. 24 f.). Sie sind nach Monstadt et al. organisatorisch und institutionell ausdifferenzierte Funktionssysteme mit einer eigenen Wissensbasis, spezifischen Normen und Berufsgruppen, großen formalen Organisationen und einem hohen Maß an interner Integration, Vernetzung und gesellschaftsweiter Etablierung. Aufgrund ihrer oft grundlegenden oder schwer substituierbaren Funktionen sind sie zumeist durch eine hohe Regulierungsdichte und eine große Staatsnähe geprägt, die sich in staatlich gesicherten Monopolen oder gar in öffentlicher Aufgabenwahrnehmung niederschlägt. Gleichzeitig zeigt sich bei den beteiligten nicht staatlich organisierten Organisationen wie großen Unternehmen oder Fachverbänden ein hoher Selbstorganisationsgrad, der eine Kontrolle und Einflussnahme durch die demokratisch legitimierte Organe erschwert (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 11 ff.). Gerade durch die Infrastrukturfunktion und die starke Durchdringung der Gesellschaft haben GTS ein großes Störpotenzial bei eventuellen Systemfehlern, Unterbrechungen oder externen Effekten (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 12; Kaijser 2004, S. 154 f.; Mayntz et al. 1988, S. 5).

In der Literatur werden z.T. noch andere Eigenschaften diskutiert (vgl. bspw. Ekhardt 1994, S. 167), die jedoch hier nicht als definatorische Merkmale aufgeführt werden sollen. Sie werden stattdessen in den folgenden Abschnitten als Phänomene behandelt, die während der Entwicklung von Großen Technischen Systemen zu beobachten sind und die die Verbreitung alternativer Systeme beeinflussen.

## 2.2.2 Entwicklungsphasen Großer Technischer Systeme

Die wissenschaftliche Beschäftigung mit den Besonderheiten Großer Technischer Systeme dürfte mit einer Untersuchung von Thomas P. Hughes Anfang der 1980er-Jahre zur Elektrifizierung verschiedener Länder begonnen haben. Hughes entwickelte dabei ein verallgemeinerbares Phasenmodell für die Entwicklung Großer Technischer Systeme, in dem typische Entwicklungsstadien und -dynamiken herausgearbeitet sind und das in der Forschung zur Entwicklung von GTS immer wieder aufgegriffen und verfeinert wurde. In Anlehnung an eine Phaseneinteilung nach Kaijser (2004), der ebenfalls auf die Systematik von Hughes aufbaut, werden im Folgenden die typischen Entwicklungsphasen von GTS dargestellt: das Establishment, die Expansions- sowie die Stagnationsphase. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die späten Phasen und die dabei auftretenden Phänomene gelegt, die für die Erklärung und Interpretation der zurzeit zu beobachtenden Entwicklungsdynamiken in der Abwasserbeseitigung besonders relevant erscheinen. Dabei ist zu beachten, dass die Phasen nicht notwendigerweise klar voneinander zu trennende Zeiträume und linear aufeinander folgende Schritte beinhalten. Tatsächlich ist die Entwicklung von GTS ein fortlaufender Prozess, bei dem es zu Überschneidungen, parallelen Entwicklungen oder Umkehrungen kommen kann, so dass es im Einzelfall schwer sein kann, die Phase zu identifizieren, in der sich ein bestimmtes GTS zu einem bestimmten Zeitpunkt befindet. Zudem kann der Entwicklungsprozess einzelner GTS unter besonderen Umständen deutlich von dem Modell abweichen bzw. gänzlich abbrechen, sofern die Voraussetzungen der einzelnen Phasen nicht erfüllt werden können (vgl. Ewertsson 2001, S. 40; Monstadt et al. 2004, S. 14; Joerges 1988, S. 15).

### 2.2.2.1 Establishment

Die Entstehung eines GTS nimmt seinen Ursprung in der Regel in radikalen technischen Innovationen. Ausgehend davon, dass alle wichtigen gesellschaftlichen Funktionen bereits in irgendeiner Form erfüllt werden, entwickeln sich die technischen Innovationen nicht völlig unabhängig und finden häufig zunächst in funktionalen Nischen Anwendung. Sie stellen jedoch ein gewisses Potenzial dar, bestehende Technologien durch die neuartige Lösung der Erfüllung der gesellschaftlichen Funktionen oder Leistungen zu verdrängen oder umzugestalten. Entsprechend groß können die Widerstände von Nutznießern der bestehenden Technologie sein. In der Begrifflichkeit von Hughes folgt nach der technischen Invention, der Erfindung im engeren Sinne, die Weiterentwicklung mit einer politischen und ökonomischen Einbettung bis hin zu einer effizienten Nutzung. Dabei sind zunächst große finanzielle Investitionen nötig. Diese Phase ist von großen Unsicherheiten bei Investoren, Institutionen und Nutzern geprägt, inwiefern die Innovation technisch praktikabel ist, effizient betrieben werden kann und sich gegenüber konkurrierenden Technologien durchsetzen wird. Häufig führen erst institutionelle Innovationen dazu, die Anwendung der Technologie ökonomisch tragfähig zu machen, indem ein Weg gefunden wird, den Nutzerkreis auszuweiten. Für die Durchsetzung solcher Veränderungen und die Anschubfinanzierung ist eine „alliance of powerful actors“ (Kaijser 2004, S. 156) nötig. In welcher Form das aufstrebende System institutionell eingebettet wird, ist nicht notwendigerweise technisch bedingt. Anforderungen einer Technologie können innerhalb eines mehr oder weniger breiten Spektrums institutioneller Formen realisiert werden. So kann beispielsweise die Kontrolle der Funktionsfähigkeit von Anlagen sowohl zentral als auch dezentral, durch öffentliche Institutionen sowie private Dienstleister erfolgen. Die Durchsetzung eines Großen Technischen Systems

hängt weniger von rational-funktionalen oder technischen Sachzwängen als von der Glaubhaftigkeit und Überzeugungskraft seiner Lösungsansätze sowie einer gewissen Begeisterungsfähigkeit der „system builder“ ab (vgl. Weyer 1994, S. 359 f.; Radkau 1994, S. 93; Joerges et al. 1994, S. 40). Räumlich kommt es dann in der Begrifflichkeit von Hughes zu einem Transfer, d.h. zu einer gewissen Ausbreitung der Anwendung der Innovationen auf andere Gebiete, in denen günstige Nachfragebedingungen herrschen, wobei die Technologie in technischer und institutioneller Hinsicht an die spezifischen lokalen Bedingungen angepasst wird. (Zur Phase des Establishment vgl. auch Joerges 1988, S. 12; Kaijser 2004, S. 155 f.; Hiessl et al. 2003, S. 130; Monstadt et al. 2004, S. 14)

### **2.2.2.2 Expansion**

Wenn die einem Großen Technischen System zugrunde liegende Innovation technisch und institutionell weitgehend ausgereift ist und eine gewisse kritische Größe in der Anwendung erreicht hat, tritt das System meist durch den Einsatz privater Unternehmen in eine Expansionsphase ein, die nach Hughes die Aspekte Wachstum, Wettbewerb und Konsolidierung beinhaltet. Erst in dieser Phase entwickeln sich technologische Innovationen zu Großen Technischen Systemen mit den für sie typischen Merkmalen.

#### *Wachstum*

Motor der Expansion sind starke ökonomische wie soziale Kräfte. Ökonomisch fördern generell sinkende Grenzkosten bei zunehmender Systemgröße ein weiteres Systemwachstum. Diese resultieren zum einen aus Skaleneffekten (economies of scale) auf der Anbieterseite. Insbesondere bei Technologien mit hohen Kapital- und Fixkosten, wie sie Große Technische Systeme darstellen, können die Stückkosten durch ein Systemwachstum deutlich gesenkt werden. Zum anderen erhöht die Ausweitung der Nutzungsmöglichkeiten die Attraktivität der Technologie und kann durch eine Vergleichmäßigung des Verbrauchs ebenfalls zu sinkenden Stückkosten beitragen (economies of scope). Die Bemühungen der in den Aufbau und Betrieb des technischen Systems involvierten Akteure („system builder“) um die Senkung der Stückkosten durch eine Erhöhung des Auslastungsgrades werden von Hughes als entscheidende Kraft für ein Systemwachstum angesehen. „Load factors is, probably, the major explanation for the growth of capital-intensive technological systems in capitalistic, interest-calculating societies“ (Hughes 1987, zitiert nach Joerges 1988, S. 14). Die Senkung der Stückkosten wird, soweit sie an die Verbraucher weitergegeben wird, insbesondere in strukturgünstigen Gebieten mit hoher Nachfragedichte und geringen Anschlusskosten die Nachfrage weiter erhöhen und somit zu einer weiteren Vergrößerung des Systems beitragen. Schließlich können economies of reach, d.h. Netzwerkexternalitäten generiert werden, wenn die Ausweitung des Nutzerkreises und die räumliche Ausdehnung an sich schon die Attraktivität des Systems für die Nutzer steigert. (Zu den ökonomischen Wachstumskräften vgl. Kaijser 2004, S. 157; Hiessl et al. 2003, S. 131 ff.; Monstadt et al. 2004, S. 15)

Die sozialen Kräfte eines Wachstums Großer Technischer Systeme können unter dem von Hughes geprägten Begriff des „momentum“ zusammengefasst werden. Demnach entwickelt das gesellschaftliche und institutionelle Gefüge, in das das Große Technische System eingebettet ist, eine gewisse Eigendynamik zum Systemwachstum. Die Akteure, die die angebotenen Funktionen des GTS steuern, haben aufgrund der bereits investierten Ressourcen und aufgrund der Möglichkeit, ihren Einfluss oder Profit zu sichern und zu steigern, ein Interesse an einem hohen

Auslastungsgrad und an einem weiteren Systemwachstum. Die Tendenz zum Wachstum wird auch auf Nutzerseite genährt. Da die Leistung des GTS im Laufe der Expansionsphase zunehmend günstiger, bequemer und verlässlicher wird, intensivieren bereits angeschlossene Kunden die Nutzung des Systems („inner expansion“). Noch nicht angeschlossene potenzielle Nutzer folgen dem technologischen Paradigma und streben ebenfalls einen Anschluss an das GTS an („outer expansion“). (Zu sozialen Wachstumskräften vgl. Hiessl et al. 2003, S. 131 ff.; Kaijser 2004, S. 153 ff.; Joerges 1988, S. 14).

#### *Wettbewerb und Konsolidierung*

Mit der Ausweitung des neuen Systems tritt der Wettbewerb mit bestehenden Technologien, die bisher bestimmte gesellschaftliche Funktionen erfüllt haben, voll zu Tage. Zunächst dürfte die bestehende Technologie häufig kostengünstiger, komfortabler, sicherer und hinsichtlich der Netzwerkeffekte attraktiver sein. Der Wettbewerb konzentriert sich auf Gebiete und Kundengruppen mit günstigen Nachfragebedingungen, häufig also auf städtische Räume mit zahlungskräftigen Einwohnern (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 15 f.). Inwiefern sich die neue Technologie im Wettbewerb durchsetzen kann, hängt nicht ausnahmslos von der technischen oder volkswirtschaftlichen Überlegenheit ab. Darüber hinaus spielen auch nicht rational-funktionale Aspekte eine Rolle, die aus der lokalen Geschichte der Verbreitung der Technologien, aus Interpretationen und Visionen der Anbieter- und Nutzerseite sowie Zufällen resultieren (vgl. MacKenzie et al. 1999, S. 19 f.; Arthur 1999, S. 106). Sofern auch verschiedene Ebenen der öffentlichen Hand von dem Nutzen des Systems überzeugt werden konnten, erfolgte historisch in der Regel eine Konsolidierung und Universalisierung der Großen Technischen Systeme durch politische Intervention. Mit der Absicherung des GTS durch Gebietsmonopole und öffentliche Unternehmen sowie staatliche Regulation geht die Übernahme der Funktion des GTS als öffentliche Aufgabe einher, die eine Erweiterung des Systems auch in Räume und für Personen vorsieht, die nicht ökonomisch rentabel angeschlossen werden können (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 16). Die staatliche Intervention erzeugt dementsprechend ein weiteres Systemwachstum sowohl in räumlicher als auch in institutionell-regulativer Hinsicht.

#### *„Reverse salients“ und inkrementelle Systeminnovationen*

Durch diese ökonomischen und sozialen Kräfte wird eine Wachstumsspirale angetrieben, bei der das GTS räumlich und bezüglich des Anschlussgrades immer weiter ausgebaut wird. Bei diesem Wachstum und insbesondere bei Maßstabsvergrößerungen stößt das GTS jedoch immer wieder auf Probleme bzw. erzeugt negative externe Effekte, die ein Hemmnis für dessen weiteres Wachstum bilden können. Diese Probleme können technischer, ökonomischer, organisatorischer oder politischer Art sein. Sie können etwa durch das Auftreten von technisch-apparativen Störfällen, durch die Identifikation bislang unbekannter Folgen oder auch durch das Auftreten von konkurrierenden technologischen Alternativen erzeugt werden (vgl. Weyer 1994, S. 365 ff.). Hughes nennt solche Probleme „reverse salients“ (militärisch: zurückliegende Frontabschnitte), ohne deren Lösung das gesamte System zu scheitern droht. Die an der Weiterentwicklung des Systems interessierten Akteure sind nun bemüht, durch technische oder institutionelle Innovationen die anstehenden Probleme zu lösen. Dies kann durch das Einfügen oder die Umgestaltung neuer Komponenten oder Subsysteme oder in begrenztem Maße sogar durch die Umgestaltung der Systemarchitektur erfolgen. Diese Verbesserungen und Anpassungen werden letztlich durch eine Vergrößerung des Systems im Sinne der Erweiterung der gesellschaftlichen Operationen und Funktionen (s. Definition der Größe von GTS s. Abschnitt 2.2.1) erreicht und

ermöglichen darüber hinaus die weitere Expansion des Systems. (Vgl. Monstadt et al. 2004, S. 14 f.; Kaijser 2004, S. 158; Hiessl et al. 2003, S. 131 f.; Joerges 1988, S. 13 f.)

### 2.2.2.3 Stagnation

Die Stagnationsphase eines Großen Technischen Systems wird geprägt durch eine Abschwächung und Sättigung der ökonomischen Kräfte, die das Wachstum verlangsamen oder zum Stillstand bringen. Economies of scale, scope und reach sind weitgehend ausgeschöpft. Die aus ökonomischer Sicht optimale Größe des Systems hinsichtlich der räumlichen Ausdehnung, der Anwendungsbereiche und in manchen Bereichen auch der Nutzungsdichte wird erreicht oder aufgrund politischer Vorgaben überschritten. Negative externe Effekte treten deutlich hervor und würden durch ein weiteres Systemwachstum verstärkt werden. So ist gerade die billige, komfortable und verlässliche Bereitstellung von Funktionen durch das GTS häufig Grundlage für Umweltprobleme und führt zu einer Verknappung von Ressourcen. Technische und institutionelle Problemlösungsansätze innerhalb des bestehenden Systems sind weitgehend ausgereizt und scheinen nicht geeignet, den auftretenden negativen externen Effekten angemessen begegnen zu können. (Vgl. Kaijser 2004, S. 153 ff.; Hiessl et al. 2003, S. 132 ff.; Grübler 1997, S. 37)

Eine Stagnation der Entwicklung von GTS kann auch durch einen Nutzungsrückgang gekennzeichnet sein, der etwa aus der Verlagerung der gesellschaftlichen Stoffströme, aus Verhaltensänderungen und Effizienzsteigerungen resultiert. Dies führt zu Auslastungsproblemen der Anlagen, da die Kapazitäten aufgrund des hoch komplexen und schwerfälligen institutionellen und technischen Apparates nicht flexibel an die relativ kurzfristig wechselnden Verbrauchsmuster der Nutzer des Systems angepasst werden können (vgl. Kaijser 2004, S. 159). Die durch die Kapitalintensität der Anlagen bedingten hohen Fixkosten führen dabei zu einer Erhöhung der Stückkosten. Der Auslastungsgrad von GTS scheint nach Joerges ein generelles und zentrales Problem von GTS in der Stagnationsphase zu sein: „(.) issues of load management run through the history of most LTN“ [Large Technical Networks] (Joerges 1988, S. 27). Da in einem solch komplexen System aus technischen, institutionellen und sozialen Komponenten alle Systemelemente für einen effizienten und störungsfreien Betrieb gut aufeinander abgestimmt und koordiniert sein müssen, können generell asynchrone Veränderungen zwischen verschiedenen Betriebselementen, zwischen Nutzergruppen oder zwischen Betrieb und Nutzern erhebliche Steuerungsprobleme hervorrufen. Die Flexibilität, auf veränderte Rahmenbedingungen zu reagieren, nimmt generell mit steigender Komplexität des Systems ab. (Vgl. Joerges 1988, S. 27 f.; Ewertsson 2001, S. 42; Radkau 1994, S. 97)

Stagnationsphasen bestehender Technologien gehen häufig auch mit dem Erstarken alternativer Technologien einher. Diese alternativen Technologien können auf neuartigen radikalen Innovationen beruhen, sind aber häufig auch Weiterentwicklungen oder Wiederentdeckungen bereits seit längerem bestehender Technologien, die bisher aufgrund der Dominanz des bestehenden Systems nur geringe Anwendung fanden. Insofern ist von einem Wechselspiel zwischen Entwicklung konkurrierender Technologien aufgrund der Probleme eines bestehenden GTS und der Stagnation eines GTS aufgrund der Entwicklung alternativer Technologien auszugehen. (Vgl. Kaijser 2004, S. 159; Hiessl et al. 2003, S. 132 ff.; Grübler 1997, S. 37)

### 2.2.3 Beharrungsvermögen Großer Technischer Systeme

Große Technische Systeme erweisen sich in ihrer Entwicklung als äußerst beständig und stabil. Sie entwickeln mit zunehmender Existenzdauer ein Beharrungsvermögen gegenüber grundlegenden Veränderungen, das dazu führt, dass es selbst in der Stagnationsphase trotz sinkender Effizienz und Nutzungsintensität schwierig ist, von bestehenden Großen Technischen Systemen abzugehen und grundsätzlich andere Wege der Bereitstellung der entsprechenden Leistungen einzuschlagen (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 136). Das Gesamtsystem der Leistungserbringung wird dadurch in einem suboptimalen Zustand „gefangen“ (Lock-In), selbst wenn alternative Systeme oder Systemvarianten potenziell zur Verfügung stehen. Wie kommt es zu diesem starken Beharrungsvermögen, das sich negativ auf die Effizienz der Leistungserbringung und die Möglichkeit der Einführung alternativer Systemvarianten auswirkt? Winner fasst dieses Phänomen wie folgt zusammen:

“Because choices tend to become strongly fixed in material equipment, economic investment, and social habit, the original flexibility vanishes for all practical purposes once the initial commitments are made. In that sense technological innovations are similar to legislative acts or political foundings that establish a framework for political order that will endure over many generations“ (Winner 1999, S. 32).

Hier werden drei Gründe für das Beharrungsvermögen deutlich, die im Folgenden näher erläutert werden.

#### 2.2.3.1 Technische Gründe

Auf technischer Seite ist es in erster Linie die Langlebigkeit der technischen Artefakte, die dazu führt, dass Veränderungen nur sehr langfristig umgesetzt werden können. Insbesondere Anlagen des Tiefbaus, etwa Schienen- und Straßenbauten, Leitungen und Kanalisationen sind langlebige Güter, deren Lage, Eigenschaft und Dimensionierung nur mit großem Aufwand zu verändern ist. Umbaumaßnahmen werden zumeist im Rahmen von Sanierungsmaßnahmen getätigt, die in der Regel erst mit Ablauf der häufig hohen Nutzungsdauer der Anlagen vorgenommen werden. Da der Aufbau des Systems meist stufenweise erfolgt und die Lebensdauer der einzelnen Anlagen variiert, fallen Sanierungsmaßnahmen nicht gleichzeitig an, was einen Umbau in einem Schritt erschwert und stattdessen einen gestaffelten Umbauprozess nahe legt. Andererseits ist die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems davon abhängig, dass die einzelnen Komponenten technisch kompatibel, angemessen dimensioniert und im Betrieb aufeinander abgestimmt sind (vgl. Ewertsson 2001, S. 42). Daher können einzelne Elemente, insbesondere wenn diese nicht an End-, sondern an Knotenpunkten eines Netzes liegen, nur in eingeschränktem Umfang ausgetauscht oder umgestaltet werden, ohne die Funktionsfähigkeit des Systems zu gefährden. Eine schrittweise Umgestaltung ist daher nur begrenzt möglich. Eine umfassende Umgestaltung des gesamten Systems wäre jedoch allein wegen der Masse der zu verändernden Anlagen eine langwierige Aufgabe. (Vgl. Monstadt et al. 2004, S. 18; Ekhardt 1994, S. 167; Joerges et al. 1994, S. 31; Grübler 1997, S. 28 f., 38; Hiessl et al. 2003, S. 136 ff.)

Verzögernd wirkt auch der hohe Zeitbedarf für die Planung und die Erstellung der Infrastrukturbauten. Entscheidungen etwa über Systemvarianten, über die zur Verfügung zu stellenden Funktionen und über Kapazitäten werden auf der Grundlage einer bestimmten Wissensbasis und gesellschaftlicher Wertvorstellung getroffen, die bei der Fertigstellung der Infrastrukturanlagen



bereits veraltet sein können. Insofern sind bautechnische Artefakte bereits bei ihrer Fertigstellung materialisierte Formen konservativer Planung (vgl. Ekhardt 1994, S. 167, 201).

Eng verbunden mit der Langlebigkeit der bautechnischen Anlagen und der daraus resultierenden Inflexibilität einer Anpassung an geänderte Rahmenbedingungen ist die zumeist großzügige Einplanung von Kapazitätsreserven, die kostenträchtige Erweiterungen verhindern sollen (vgl. Libbe et al. 2004, S. 45 f.; Monstadt et al. 2004, S.21 f.). Einmal geschaffene Kapazitätsreserven jedoch erhöhen aus ökonomischen Gründen den Druck einer tatsächlichen Inanspruchnahme.

Schließlich erfordern bautechnische Anlagen allein durch ihre Existenz die Fortschreibung des einmal beschrittenen Entwicklungspfades. Die Anwendung bestimmter Technologien wird schon deshalb ausgeschlossen, weil diese technisch nicht mit dem bestehenden System kompatibel sind oder deren innerer Funktionsweise zuwiderlaufen. Dies führt auch dazu, dass alternative, mit dem bestehenden System nicht kompatible oder kontraproduktive Technologien häufig gar nicht erst entwickelt werden. Eine räumliche oder funktionale Erweiterung wird in der Regel nicht durch den Aufbau einer doppelten, parallelen technischen Infrastruktur, sondern durch den Ausbau der vorhandenen Technik vollzogen (vgl. Ekhardt 1994, S. 167). „Artefaktsysteme lassen sich nicht beliebig miteinander verknüpfen, einmal beschrittene Entwicklungspfade lassen sich nicht mehr zurückgehen, nicht einmal ohne weiteres verlassen“ (Weingart 1989 zitiert nach Monstadt et al. 2004, S. 11 f.).

### **2.2.3.2 Ökonomische Gründe**

Große Technische Systeme sind zumeist durch eine hohe Kapitalintensität und lange Amortisationszeiträume geprägt (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 16; Ekhardt 1994, S. 167). Das Interesse der Investoren richtet sich daher auf eine möglichst lange Nutzung der Anlagen. Ein Systemwechsel würde den Verlust von Abschreibungsmöglichkeiten, eine geringere Rendite des eingesetzten Kapitals oder auch absolute Verluste bedeuten. Insbesondere bei Tiefbaumaßnahmen stellen einmal getätigte Investitionen so genannte „sunk costs“ dar, die nicht zurückgewonnen werden können (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 136 ff.; Kluge et al. 2003b, S. 18 f.). Unter marktwirtschaftlichen Bedingungen können konkurrierende Technologien vom Markt verdrängt werden, indem die sunk costs kurzfristig aus der Kalkulation der Nutzungsentgelte herausgenommen werden. Bei einer gebührenrechtlichen Finanzierung, wie sie oft bei Infrastruktursystemen zu finden ist, können die Gebührenzahler nicht mit Kosten nicht mehr verwendeter Anlagen belastet werden, so dass ein Aufgeben bestehender Anlagen den Interessen der Betreiber entgegensteht.

Die Expansionsphase eines Großen Technischen Systems ist geprägt durch zunehmende Gewinne bei steigender Systemgröße aufgrund von economies of scale, scope und reach (s. Abschnitt 2.2.2.2). Durch diese selbst verstärkenden Effekte entstehen Pfadabhängigkeiten und Lock-in Effekte selbst dann, wenn sich in der Stagnationsphase die economies of scale, scope und reach abschwächen und sogar negative externe Effekte auftreten. Da schon gewisse Anlagen existieren, kann es zu jedem Zeitpunkt aus Sicht einzelner Akteure ökonomisch rational sein, das System durch kleinteilige Reparaturen oder Erweiterungen beizubehalten, obwohl langfristig oder gesamtgesellschaftlich andere Systeme vorteilhafter wären. Dies gilt insbesondere für relativ ausgewachsene Große Technische Systeme, bei denen es im Normalfall günstiger ist, neue Nutzer oder Funktionen an das bestehende System anzuschließen als hohe Fixkosten für den Aufbau einer neuen, parallel verlaufenden Infrastruktur in Kauf zu nehmen. Damit

kann der Erhalt eines Systems zwar letztlich ineffizient, aber dennoch im Einzelnen rational sein. Dieses Phänomen stellt eine Barriere für die Verbreitung anderer Technologien oder den Aufbau eines alternativen Systems dar, für deren Überwindung hohe Investitionskosten nötig sind.

„Self-reinforcement, almost by definition, means that a particular outcome or equilibrium possesses or has accumulated an economic advantage. This advantage forms a potential barrier. We can say that the particular equilibrium is locked in to a degree measurable by the minimum cost to effect changeover to an alternative equilibrium. (...) Self-reinforcement can lock a single, rational economic agent in to one activity, but not necessarily the one with the best long-run potential“ (Arthur 1999, S. 115 f.; vgl. auch ebd. S. 106 ff.; MacKenzie et al. 1999, S. 19 f.).

### 2.2.3.3 Gesellschaftlich-institutionelle Gründe

Aufgrund der Komplexität des Großen Technischen Systems entstehen in der Expansionsphase, wie bereits in Abschnitt 2.2.1 erwähnt, spezifische Berufsgruppen, Organisationen und Fachverbände in Verbindung mit einer spezifischen Wissensbasis etwa in Form technischer Regelwerke. Innerhalb dieses Expertentums entwickeln sich gleiche Werte und Sichtweisen hinsichtlich der weiteren Entwicklung des Systems (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 16; Kaijser 2004, S. 158; Ewertsson 2001, S. 47). Dementsprechend wird bei neuen Investitionsmaßnahmen die bestehende Entwicklungslinie des GTS gemäß dem herrschenden technologischen Paradigma weiter verfolgen. Ekhardt macht deutlich, dass gerade die planenden Ingenieure bei der konkreten Planung einzelner Teile des GTS durch die „normative Infrastruktur“ des technischen Regelwerks in ihrer Planung auf vorgegebene Wege gelenkt werden (1994, S. 186 ff.). Gleichzeitig herrscht aufgrund der Komplexität der Aufgaben für den Bau, Erhalt und Betrieb des GTS eine feinteilige Arbeitsteilung zwischen einer großen Zahl von Akteuren mit unterschiedlichen Interessen und Zeithorizonten. Diese Arbeitsteilung erweist sich insofern als Nachteil, als es keine Akteure gibt, die Entscheidungen zur weiteren Entwicklung des GTS auf der Grundlage eines vollständigen Überblicks über das Gesamtsystem treffen und durchsetzen könnten (vgl. Ekhardt 1994, S. 167, 202; Radkau 1994, S. 98; Hiessl et al. 2003, S. 136 ff.). Alternative Entwicklungsmöglichkeiten, die vom bisherigen Entwicklungspfad abweichen, werden auf diese Weise kaum wahrgenommen oder sogar unterdrückt, sofern diese die Bestandsinteressen der Akteure des bestehenden technologischen Regimes bedrohen. Das Expertentum stellt sich damit als eine konservierende Kraft und Barriere für grundsätzliche Veränderungen dar (vgl. Radkau 1994, S. 78; Ewertsson 2001, S. 47; Hiessl et al. 2003, S. 130). Hinzu kommt, dass alle Akteure während der Expansionsphase die Erfahrung eines dauerhaften Wachstums gemacht haben. Daher fällt es insbesondere bei langen Expansionsphasen schwer, Stagnation und Schrumpfung zu antizipieren, zu akzeptieren und im Management angemessen darauf zu reagieren (vgl. Kaijser 2004, S. 161 f.).

Darüber hinaus weist Ekhardt auf ein Legitimationsproblem als typisches Merkmal Großer Technischer Systeme hin: Während die Einführung eines grundsätzlich neuen Systems häufig durch ausführliche Debatten in Politik und Öffentlichkeit begleitet und legitimiert wird, wird im Folgenden die Verantwortung für das GTS auf mehr oder weniger selbständige Organisationen übertragen. Weitere Entscheidungen insbesondere bezüglich des Erhalts und der Erweiterung des Systems werden nun kaum noch innerhalb politischer Gremien, sondern im Wesentlichen innerhalb der geschaffenen Organisationen getroffen (vgl. Ekhardt 1994, S. 167).

Auf Seiten der Nutzer sind die Wahlmöglichkeiten für alternative Technologien relativ gering. Häufig sind institutionelle Regelungen geschaffen, durch die die Nutzer als „gefangene Kunden“ (Monstadt et al. 2004, S. 22) an das einmal installierte System gebunden sind, so dass die Wahl einer grundsätzlich anderen Technologie nicht oder nur in Ausnahmefällen möglich ist. Ergänzende Technologien, die sich in das bestehende System einfügen lassen, sind zwar möglich, ökonomisch jedoch nur wenig attraktiv, da die Kosten des bestehenden Systems sich häufig nur geringfügig verringern lassen. Darüber hinaus werden die Existenz der Systeme und deren Leistungen von den Nutzern häufig als selbstverständlich betrachtet. Bereits investierte Ressourcen für den Anschluss an das GTS und Gewöhnungseffekte erzeugen ein Beharrungsvermögen, das die Wahl alternativer Technologien, selbst wenn diese zur Verfügung stünden und deren Implementierung zulässig wäre, unwahrscheinlich macht. Alternative Systeme erfordern häufig eine Veränderung von Routinen und eingespielten Handlungs- und Denkweisen, die nur schwer und eher langfristig zu verändern sind (vgl. Kaijser 2004, S. 157). Zudem wirkt die geschaffene Bautechnik als gesellschaftsprägende Kraft und erzeugt durch indirekte Wirkungen beispielsweise auf Siedlungsstrukturen, Mobilitätsverhalten und Lebensstile die Notwendigkeit ihrer eigenen Existenz. Insbesondere die Tatsache, dass sich ein Großes Technisches System gegenüber dem Nutzer als „cheap, convenient and reliable“ (Kaijser 2004, S. 153) darstellt, fördert Verhaltensweisen und Einstellungen, die eng mit den spezifischen Eigenschaften des speziellen GTS verbunden sind und mit alternativen Technologien häufig nicht kompatibel sind.

## **2.2.4 Innovationen**

Aufgrund des starken Beharrungsvermögens werden Große Technische Systeme in der öffentlichen Diskussion häufig mit Begriffen wie „technology out-of-control“ oder „deterministic power“ bezeichnet. Diese Begriffe machen deutlich, dass sich ausgewachsene GTS aufgrund systemimmanenter Gesetzmäßigkeiten einer Steuerung zu entziehen scheinen und grundsätzliche Änderungen in der Art und Weise der Leistungserbringung kaum möglich sind. Zahlreiche Autoren betonen jedoch, dass die Entwicklung von GTS keinesfalls einem technologischen Determinismus folgt und durchaus Veränderungen der Entwicklungspfade möglich sind (s. z.B. Ewertsson 2001, S. 47; Joerges 1988, S. 14; MacKenzie et al. 1999, S. 9 f.).

Bereits im Abschnitt 2.2.2.2 wurde im Zusammenhang mit „reverse salients“ darauf hingewiesen, dass GTS in ihrer Expansion häufiger durch kleinere Veränderungen an gewisse Bedingungen angepasst werden. Insofern als die Grundstruktur des bestehenden Systems dabei nicht angetastet wird, handelt es sich dabei um inkrementelle Innovationen, d.h. Verbesserungen innerhalb des bestehenden Systems. „Conservative inventions, or improvements occur when critical technical problems are identified and solved by the engineering expertise of the system’s managing organizations“ (Joerges 1988, S. 13). Darüber hinaus können jedoch auch Probleme auftreten, die nicht innerhalb des bestehenden Systems gelöst werden können, da die mangelnde Flexibilität eines GTS keine adäquate Anpassung an die neuen Herausforderungen zulässt. Solche Probleme können etwa aus externen Effekten des bestehenden GTS, aus politischen und gesellschaftlichen Umbrüchen oder aus einer erstarkenden Konkurrenz durch technologische Innovationen resultieren, wie sie bereits als typische Phänomene der Stagnationsphase (Abschnitt 2.2.2.3.) angedeutet wurden. Zudem kann die Legitimität des Systems infrage gestellt werden, wenn beispielsweise zentrale Nutzungsfunktionen, die wesentlicher Grund für den Aufbau des Systems gewesen sind, durch einen Rückgang der Nutzung nicht mehr oder nur noch in sehr geringem Maße benötigt werden. Auch finanzielle Aspekte wie ein hoher Erhal-

tungs- und Sanierungsaufwand oder deutlich gestiegene Stückkosten erfordern eine Abwägung zwischen Kosten- und Nutzenaspekten. Desgleichen führen extreme Störfälle, die sich aufgrund des Netzcharakters häufig im gesamten System oder in größeren Systemabschnitten bemerkbar machen, dazu, dass ehemals als selbstverständlich vorausgesetzte Systeme in ihrer Problematik neu diskutiert werden (vgl. Radkau 1994, S. 56 ff.; Joerges 1988, S. 26 f. - ein Beispiel für die Auswirkung von Störfällen in einem Infrastrukturnetz ist der Stromausfall in verschiedenen Regionen Westeuropas am 4.11.2006). In einer solchen Situation können von Akteuren außerhalb des bestehenden Systems technische oder institutionelle Lösungen angeboten werden, die radikale Veränderungen oder sogar einen grundsätzlichen Systemwechsel auf alternative Techniksysteme beinhalten. Ob es sich bei den auftretenden Problemen letztlich um „reverse salients“ handelt, die durch technische oder institutionelle Innovationen innerhalb des bestehenden Systems gelöst werden können und daher eher der Expansionsphase zuzuordnen sind, oder ob sich alternative Systementwürfe durchsetzen, wird in einem „battle of the systems“, einem Wettbewerb zwischen dem bestehenden und einem alternativen Techniksystem entschieden, bei dem neben technischen Rationalitäten auch aktuelle gesellschaftliche Rahmenbedingungen wie Machtkonstellationen, Interessenlagen oder der Zeitgeist eine Rolle spielen (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 15; Weyer 1994, S. 361). Etwas differenzierter als diese Zweiteilung in inkrementelle und radikale Innovationen anhand der Tatsache, inwiefern „reverse salients“ innerhalb oder außerhalb des bestehenden Systems gelöst werden, ist eine graduelle Einstufung von Innovationen, wie sie etwa Grübler vorgeschlagen hat. Demnach können Innovationen in der Art und Weise, wie gesellschaftliche Leistungen erbracht werden, konzeptionell nach der Reichweite der Veränderungen differenziert werden. Grübler, der sich nicht speziell mit Großen Technischen Systemen, sondern allgemeiner mit der Diffusion von Innovationen befasst, unterscheidet hier vier Stufen (Grübler 1997, S. 25):

1. „incremental improvements“
2. „radical changes in individual technologies and artifacts“
3. “changes in technology systems, that is, combinations of radical changes in technologies combined with organizational and managerial changes”
4. “changes in clusters and families of technologies and in associated organizational and institutional settings”

Zwischen den einzelnen Stufen bestehen fließende Übergänge. Höhere Stufen beinhalten generell ein höheres Maß von Veränderungen auch des institutionellen Gefüges. Bei einer radikalen Veränderung des Systems der Leistungserbringung gesellschaftlicher Funktionen, bei der es zu einer umfassenden Umgestaltung von Beziehungen und Elementen und damit einer Neudefinition des Systems kommt, spricht man von einer Transformation oder Systeminnovation (vgl. Schramm 2005, S. 6; Hiessl et al. 2003, S. 134). Nach Hiessl et al. (ebd.) sind Systeminnovationen (synonym auch Regimewechsel oder Systemtransformationen) durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Multi-Akteurs-Eigenschaft: Die gesamte Akteurskonstellation des technologischen Regimes wird verändert.
- Multidimensionalität: Verschiedene Subsysteme und Komponenten werden durch inkrementelle und radikale Innovationen in technologischer, institutioneller und organisatorischer Hinsicht verändert.

- Neuorientierungsbedarf: Technologische, institutionelle und organisatorische Blockaden werden aufgebrochen. Neue Konstellationen eröffnen neue Handlungsspielräume auf Ebene der individuellen Akteure, des technologischen Regimes und grundlegender gesellschaftlicher Trends. Die Akteure müssen sich entsprechend neu orientieren.
- zeitlich-räumlicher Koordinierungsbedarf: Der Innovationsprozess erstreckt sich über einen langen Zeitraum und erfordert die Koordination verschiedener Zielsetzungen mit unterschiedlichen zeitlichen Planungshorizonten sowie, insbesondere im Infrastrukturbereich, die räumliche Koordinierung von Teil-Innovationen für eine schrittweise Umsetzung.

Diese Merkmale machen deutlich, dass Systeminnovationen in Großen Technischen Systemen komplexe Vorgänge sind. Wird die Durchsetzung von Systeminnovationen als politisches Ziel verfolgt, müssen die besonderen Eigenschaften dieser Systeme berücksichtigt werden. Die Entwicklung technischer Innovationen muss durch institutionelle Innovationen flankiert werden, um das starke Beharrungsvermögen bestehender Systeme zu überwinden. Hier gilt wie bereits in der Etablierungsphase des bestehenden Systems, dass die Durchsetzung radikalerer Veränderungen von einer „alliance of powerful actors“ abhängt, die ausreichend „mächtig, durchsetzungsstark und ausdauernd“ (Hiessl et al. 2003, S. 134) sein muss, um die notwendigen politischen, gesellschaftlichen, institutionellen und finanziellen Voraussetzungen zu schaffen (vgl. auch Kaijser 2004, S. 156 ff.).

Welcher Art die Innovationen sein werden, die sich gegenwärtig bei Großen Technischen Systemen ankündigen, wird in der Literatur unterschiedlich eingeschätzt. Braun fasst die Diskussion in zwei gegensätzlichen Thesen zusammen:

„Entweder vertritt man die These, die Zeit der technischen Dinosaurier sei vorbei, ‚groß-technische‘ Einrichtungen und weiträumig technisch vernetzte Systeme seien an ihre Entwicklungsgrenzen gelangt oder gar langfristig zum Aussterben verdammt, da sie gegenüber maßstäblich kleineren Technikgebilden ökologisch, ökonomisch, politisch, kulturell und letztlich eben auch technisch, d.h. unter schlichten Machbarkeitsgesichtspunkten, immer mehr ins Hintertreffen gerieten. Oder man vertritt die Auffassung, die Entwicklung großer technischer Systeme ‚schreite voran‘. Danach werden bestehende GTS ausgebaut, und neue GTS kommen hinzu, da sie nicht nur unentbehrlich für die meisten maßstäblich kleineren Technikgebilde sind, sondern weil allein schon ihre Vernachlässigung einen Rattenschwanz unerwünschter politischer, ökonomischer und insbesondere ökologischer Folgen nach sich zöge.“ (Braun 1994, S. 448; zur zweiten These vgl. auch Joerges 1988, S. 26 f.)

Braun selbst hält den Rückbau von Großen Technischen Systemen zugunsten von „vorgeblich überschaubaren“ technischen Lösungen für eher unwahrscheinlich und bezeichnet den vermeintlichen Trend zur Dematerialisierung und Dezentralisierung von Aufgaben zumindest in technischer Hinsicht als Mythos, da ein Großteil der technischen Elemente der Infrastruktur der Öffentlichkeit weitgehend verborgen sei und dezentrale Technologien wohl zumindest institutionell auf übergreifende Infrastrukturnetze angewiesen blieben (s. Braun 1994, S. 448). Joerges et al. weisen darauf hin, dass es historisch insgesamt nur wenige Große Technische Systeme gegeben habe, die vollständig aufgegeben wurden. Dazu gehören etwa das Mittelenglische Kanalnetz sowie die Rohrpost. Zudem seien diese nicht etwa von kleineren, sondern von größeren Systemen ersetzt worden (s. Joerges et al. 1994, S. 32).

Bei der Diskussion um das Verhältnis zwischen der weiteren Entwicklung bestehender Großer Technischer Systeme und alternativen Technologien ist zu beachten, dass Innovationen sich

nicht notwendigerweise als ein Ablösen eines Techniksystems durch ein anderes Techniksystem darstellen, wie die Begrifflichkeit vom „battle of the systems“ suggeriert. Weyer betont denn auch, dass die biologistische Vorstellung von Wachstum und Stagnation nach Hughes problematisch sei, weil sie die evolutorische Entwicklung von Systemen nicht adäquat berücksichtigt. Stattdessen gibt es eine Fülle verschiedener Ausprägungen von Systeminnovationen Großer Technischer Systeme. So können Systeme sich einander ablösen, einen Maßstabssprung vollziehen, vollständig neue Systeme evolutorisch hervorbringen oder sich mit anderen Systemen zu neuen Systemen verbinden. Möglich ist auch die Koexistenz verschiedener Techniksysteme (s. Weyer 1994, S. 373; vgl. auch Ewertsson 2001, S. 41 ff.; Joerges 1988, S. 13 f.). Die genaue Ausprägung der Innovation äußert sich dabei im Detail. So ist es etwa denkbar, dass zwar radikale technologische Innovationen die radikale Umgestaltung des Systems in technischer Hinsicht ermöglichen, diese jedoch von den bestehenden Akteuren angeboten sowie rechtlich und institutionell verankert werden. Andererseits kann auch die bestehende Bautechnik durch ein institutionell verändertes Akteursgefüge genutzt und betrieben werden, wie es beispielsweise bei den zunächst rein institutionellen Fragen der Privatisierung und Deregulierung möglich wäre. In den letzten Jahren stellt sich in einigen Infrastrukturbereichen insbesondere die Frage der Dezentralisierung von Ver- und Entsorgungsfunktionen.

## **2.3 Die öffentliche Abwasserbeseitigung im Licht der Theorie Großer Technischer Systeme**

Die bestehende Form der öffentlichen Abwasserbeseitigung kann gemäß den definitorischen Merkmalen relativ eindeutig als Großes Technisches System bezeichnet werden. Kanalisation und Kläranlagen, aber auch die Sanitäreanlagen in den Haushalten stellen den technischen Kern des Systems dar. In Abhängigkeit von der Fragestellung kann das System auch weiter gefasst werden und Subsysteme wie Regenwassernutzung und -beseitigung oder Schlamm Entsorgung beinhalten oder sogar zusammen mit der Trinkwasserversorgung als ein System aufgefasst werden. Das öffentliche und private Leitungsnetz bildet das technisch-materiell vernetzende Element. Da bei der Abwasserbeseitigung im Gegensatz etwa zur Stromversorgung und in Ansätzen auch zur Trinkwasserversorgung keine überregionale, großräumige Vernetzung existiert, handelt es sich hier in Abgrenzung zu „large interconnected networks“ um „local networks working in an isolated way in an urban area and being confounded with this territory“ (Differenzierung nach Lorraine 1995, zitiert nach Monstadt et al. 2004, S. 26). Als öffentliche Daseinsvorsorge, bei der Aspekte der Hygiene und des Gewässerschutzes kombiniert sind, erfüllt die Abwasserbeseitigung grundlegende Infrastrukturfunktionen. Institutionell wird die Abwasserbeseitigung in Verantwortung kommunaler Gebietskörperschaften betrieben, von staatlicher Seite insbesondere durch die Umweltgesetzgebung reguliert und von Gebührenzahlern finanziert. Eine umfangreiche Ingenieur- und Verfahrenstechnische Normung durch Fachverbände prägt die technische Realisierung.

Im Folgenden sollen die zuvor dargelegten Erkenntnisse aus der Theorie der Großen Technischen Systeme für das System der Abwasserbeseitigung fruchtbar gemacht werden. Dies beinhaltet neben einer kurzen Darstellung der bisherigen Entwicklung der Gründungs- und Expansionsphase (Kapitel 2.3.1) insbesondere eine Diskussion der Aspekte, die das starke Beharrungsvermögen des Systems ausmachen (Kapitel 2.3.2). Heute zeigen sich Anzeichen einer Stagnati-

on und bestimmte Veränderungen, die in gewissem Maße eine Systeminnovation beinhalten (Kapitel 2.3.3).

### **2.3.1 Gründungs- und Expansionsphase**

Die Entwicklung des Abwassersektors folgt weitgehend den Entwicklungsphasen Großer Technischer Systeme. Die der heutigen Abwasserbeseitigung zugrunde liegenden technischen Inventionen liegen im Gegensatz zu Inventionen, auf denen viele andere GTS basieren, weit zurück. Bereits in der Antike existierten gewisse Entsorgungsstrukturen mit Kanalisationsnetzen, mit denen das Abwasser aus den Städten geleitet wurde. Die Wiederentdeckung dieses Systems nach dem Mittelalter aufgrund von starken hygienischen Problemen in Städten, die Anpassung an die Bedingungen der Neuzeit sowie die verbreitete Anwendung vollzog sich im Zuge der Urbanisierung und Industrialisierung im 19. und 20. Jahrhundert. Das System der kanalgebundenen Entsorgung musste sich dabei zunächst gegen alternative Entsorgungskonzepte wie den Abtransport von Urin und Fäkalien mittels Pferdekutschen mit einer nachfolgenden landwirtschaftlichen Verwertung durchsetzen. Die Einführung der zentralen Wasserversorgung und die Erfindung des Siphons können als ergänzende radikale Innovationen angesehen werden, die letztlich die Durchsetzung der kanalgebundenen Entsorgung in Verbindung mit dem Spülklosett stark befördert haben. Die kanalgebundene Abwasserableitung aus den Siedlungsgebieten wurde aufgrund einer starken Gewässerbelastung und weiter bestehender hygienischer Probleme relativ bald durch eine anschließende Abwasserreinigung ergänzt, deren Verbesserung und Erweiterung bis in die heutige Zeit anhält. Zunächst wurde ein kanalgebundenes Abwasserbeseitigungssystem in einzelnen größeren Städten installiert. Aufgrund starker Gemeinwohlintressen des Gesundheits- und Seuchenschutzes wurde die Abwasserbeseitigung, stärker noch als die Trinkwasserversorgung, als natürliches Monopol angesehen. Daher erfolgte die Konsolidierung durch staatliche Intervention bereits relativ frühzeitig. Dazu gehörte die Definition als Aufgabe der Daseinsvorsorge, die Kommunalisierung der Aufgaben, die Schaffung einer Finanzierungsbasis durch das Gebührenrecht und die Festlegung von Qualitätsstandards. Damit erfolgte eine starke Ausweitung des Systems auf andere Städte und auch auf kleinere Siedlungsgebiete. (Vgl. Lehn 2004, S. 181 ff.; Otto 2000, S. 4 ff.; Nilsson 2006)

Die economies of scale waren aufgrund der Kapitalintensität der Anlagen in Verbindung mit einer hohen Nutzungsdichte so groß, dass trotz langer Transportwege sehr umfangreiche Entsorgungsgebiete entstanden sind. Nach Kluge et al. wird in Deutschland 90% des Abwassers in Kläranlagen mit mehr als 10.000 Einwohnerwerten behandelt, über 50% des Abwassers gar in Anlagen mit mehr als 100.000 Einwohnerwerten (2003a, S. A14). In ökologischer Hinsicht bestehen economies of scale darin, dass größere Anlagen aufgrund einer gleichmäßigeren Auslastung sowie einer höheren Rentabilität aufwendigerer Reinigungstechniken eine bessere Qualität der Abwasserreinigung sicherstellen können. Ebenso wie es für die öffentliche Wasserversorgung von Vorteil war, dass sie Wasser für verschiedene Anwendungsbereiche zur Verfügung stellen konnte (vgl. Hallström 2002, zitiert nach Kaijser 2004, S. 156), kann die öffentliche Abwasserbeseitigung ‚economies of scope‘ generieren, indem sie das in verschiedenen Bereichen anfallende Abwasser aus Haushalten, Industrie und Gewerbe sowie von Niederschlägen zusammenfasst. ‚Economies of reach‘ könnten im Abwasserbereich etwa darin gesehen werden, dass aufgrund der Einheitlichkeit der Funktionsfähigkeit der typischen Wassertoiletten in diesem eher intimen Bereich Unsicherheiten in der Nutzung vermieden werden.

Durch das Verständnis der öffentlichen Abwasserbeseitigung als Aufgabe der Daseinsvorsorge und dem Ziel gleichwertiger Lebensverhältnisse in allen Teilräumen des Landes wurden auch periphere Regionen mit einer öffentlichen Kanalisation und Abwasserreinigung ausgestattet. Die Finanzierung des damit verbundenen Aufwandes wurde unterstützt durch ein „System der internen Subventionierung“. Dabei konnten durch die Vereinigung mehrerer Daseinsfunktionen unter einem Dach in kommunaler Hand sowie durch die Größe der Entsorgungsgebiete Kosten zwischen verschiedenen Sektoren und Nutzergruppen (etwa zwischen Bewohnern dichter und weniger dicht besiedelter Gebieten) verteilt werden. Die Expansionsphase der zentral orientierten öffentlichen Abwasserbeseitigung war insgesamt geprägt durch einen steigenden Wasserverbrauch und damit auch einen wachsenden Abwasseranfall. Unter dieser Voraussetzung und der Annahme weiter steigender Nachfrage war die Ausweitung des Systems finanziell relativ unproblematisch (vgl. Kluge et al. 2003b, S. 6 f.).

Die Expansion des Systems der öffentlichen Abwasserbeseitigung ging einher mit einer starken Institutionalisierung. Dazu gehören insbesondere die Definition der Abwasserbeseitigung als Aufgabe der öffentlichen Daseinsvorsorge im Aufgabenbereich der Kommunen, die Überlassungspflicht bzw. der Anschluss- und Benutzungszwang sowie die ingenieurtechnische Normung. Diese Aspekte werden in Kapitel 2.3.2.2 als institutionelle Gründe des Beharrungsvermögens der öffentlichen Abwasserbeseitigung erläutert.

Im Laufe der Expansion stieß das System der öffentlichen Abwasserbehandlung mehrfach auf Probleme, „reverse salients“, die jedoch durch Anpassungsmaßnahmen gelöst werden konnten. So konnte die zunehmende Gewässerbelastung mit Nährstoffen und anderen Stoffen aus der industriellen Produktion und die daraus resultierenden Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die aquatische Umwelt durch das Anfügen zusätzlicher Reinigungsstufen wieder reduziert werden. Die Erhöhung der Reinigungskosten war durch den sukzessiven Aufbau, eine umfangreiche staatliche Förderung und Verbrauchssteigerungen begrenzt und wurde auch aufgrund einer allgemeinen Wohlstandssteigerung von den Gebührenzahlern hingenommen. Folge der entstandenen Probleme war auch die Erweiterung der staatlichen Regulierung in Form von Emissionswerten, Überwachungsvorschriften und Regelungen zur Reduzierung von Gefahren. Neue Technologien etwa auf Seiten der Haushaltstechnologien konnten relativ einfach in das System eingebaut werden. Dazu gehörte etwa die Einführung von Wasch- und Spülmaschinen, modernen Sanitärarmaturen oder neuen Komponenten wie der Regenwassernutzung. Diese inkrementellen Innovationen waren technisch einfach zu realisieren und hatten angesichts des steigenden Verbrauchs zunächst keine negativen Auswirkungen auf das bestehende System. Insofern hat sich das System durch inkrementelle Innovationen und eine Umgestaltung über einen längeren Zeitraum an veränderte Rahmenbedingungen anpassen können und ist dabei sowohl räumlich als auch funktional gewachsen (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 134 f.; Kluge et al. 2003a, S. A14 f.).

### **2.3.2 Das Beharrungsvermögen der öffentlichen Abwasserbeseitigung**

Im System der öffentlichen Abwasserbeseitigung zeigt sich ein deutlich ausgeprägtes Beharrungsvermögen. Dieses resultiert wie für Große Technische Systeme typisch aus einem Konglomerat technischer, ökonomischer und institutioneller Aspekte. Aufgrund der langen Expansionsphase der öffentlichen Abwasserbehandlung von mehr als 100 Jahren ist das Beharrungsvermögen gegenüber umfassenderen Systemveränderungen oder gar einem Systemwechsel rela-



tiv stark ausgeprägt. Einige wesentliche Aspekte dieses Beharrungsvermögens der öffentlichen Abwasserbeseitigung sollen im Folgenden erläutert werden.

### 2.3.2.1 Technisch-ökonomische Aspekte des Beharrungsvermögens

#### *Langlebigkeit*

Die für Große Technische Systeme typische Langlebigkeit der baulichen Anlagen trifft auch für das System der Abwasserbeseitigung zu. Insbesondere die Kanalisation mit einer gewöhnlichen Nutzungsdauer von 50 bis 100 Jahren ist hier ausschlaggebend. Da diese im Erdreich verborgen ist und eine mangelnde Funktionsfähigkeit relativ schwierig festzustellen ist bzw. nur bei oberflächlichen Störfällen offensichtlich wird, wird sie häufig weit über den Abschreibungszeitraum hinaus durch kleinteilige Reparaturen oder einfaches Tolerieren etwa von Leckagen weiter genutzt (vgl. Herz 2001). Da eine Veränderung der bautechnischen Anlagen aufgrund des hohen Aufwandes zumeist nur im Rahmen von ohnehin anfallenden Reparatur- oder Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden, verlangsamt allein die Langlebigkeit der Anlagen einen etwaigen Umgestaltungsprozess erheblich (vgl. Böhm et al. 2002, S. 3). Dies wird verschärft durch Abhängigkeiten von anderen, ebenfalls langlebigen Infrastrukturbereichen, wenn etwa eine umfassende Sanierung der Kanalisation nur im Zusammenhang mit Straßenbaumaßnahmen erfolgt.

#### *Ungleichzeitigkeit des Erneuerungsbedarfs der verschiedenen Systemelemente*

Die einzelnen technischen Elemente der öffentlichen Abwasserbeseitigungsinfrastruktur haben im Allgemeinen hohe, aber doch divergierende Nutzungsdauern. Zudem zieht sich die Errichtung der Anlagen in einer Kommune oder Region über einen längeren Zeitraum hin. So erfordert bereits die Verlegung der Ortskanalisation von beispielsweise 400 Kilometern Kanal für eine Stadt mit 100.000 Einwohnern eine gewisse Zeit (vgl. Lüderitz et al. 1999, S. 448). In einem größeren zeitlichen Rahmen folgt der Aufbau der Kanalisation der Erweiterung der Städte, die sich häufig in Entwicklungsschüben, etwa in der Gründerzeit, dem Geschosswohnungsbau der Nachkriegszeit und aktuellen Suburbanisierungsprozessen vollzieht. Die einzelnen Systemelemente müssen aus diesen Gründen zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgetauscht oder erneuert werden (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 138). Es gibt daher in der Regel keinen einheitlichen Lebenszyklus des Gesamtsystems in einem Entsorgungsgebiet, nach dessen Durchschreiten ein Systemwechsel einfach durchzuführen sein könnte. Dadurch wird eine Konstellation begünstigt, in der zu jedem Zeitpunkt die Beibehaltung des Systems durch kleinteilige Reparaturen und Ergänzungen kurzfristig bzw. aus Sicht der Akteure ökonomisch rational ist, während ein umfassender Umbau des Systems nur aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive oder langfristig rational erscheint.

#### *Hoher Zeitbedarf und großer Koordinationsaufwand für Umbaumaßnahmen*

Die einzelnen technischen Elemente sind in ihrer Funktionsfähigkeit eng aufeinander abgestimmt. Veränderungen an bestimmten Elementen haben daher häufig Auswirkungen auch auf andere Elemente. So können etwa Querschnittsverringerungen in bestimmten Kanalisationsabschnitten nur vorgenommen werden, wenn die technische und hydraulische Kompatibilität mit vorhergehenden und nachfolgenden Abschnitten gewährleistet ist. Da die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems aufgrund der besonderen Bedeutung der Abwasserbeseitigung als Aufgabe der Daseinsvorsorge ständig und dauerhaft gewährleistet sein muss, sind Veränderungen nur in begrenztem Umfang möglich. Unter Umständen wäre auch eine Bereitstellung von parallelen

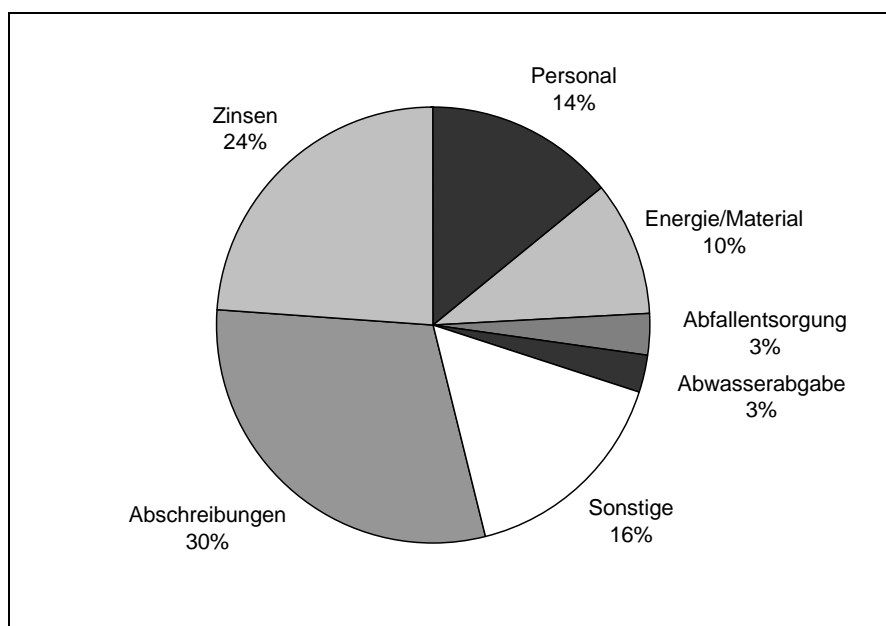
Strukturen über einen gewissen Zeitraum notwendig. So bedarf es beispielsweise für die Einführung eines zentralen Systems zur Separierung von Urins für die Herstellung von Dünger in Ergänzung zur Beseitigung des Grau- und Schwarzwassers nicht nur der Installation entsprechender Sanitärarmaturen in einer Vielzahl von Haushalten, sondern auch der Errichtung von Annahmestationen oder von parallelen Leitungen für eine kanalgebundene Entsorgung (vgl. Wilderer et al. 2001, S. 27). Allein durch die Vielzahl der technischen Elemente und der räumlichen Ausdehnung des Systems würde daher eine gezielte und umfassende Umgestaltung nur schrittweise und langsam vonstatten gehen können. Daher muss sich das Maß der Umgestaltung einzelner Elemente an dem Fortschreiten der Umgestaltung des Gesamtsystems orientieren. Diese Aspekte machen einen Umbau des Systems zu einem langfristigen und aufwendigen Vorhaben, das ein hohes Maß an Koordination der räumlichen und zeitlichen Umbaumaßnahmen erfordert (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 138). Zudem kann sich die positive Wirkung bestimmter Umbaumaßnahmen erst voll entfalten, wenn alle anderen Elemente an die Veränderungen angepasst wurden.

#### *Hohe sunk costs*

Zu den typischen Merkmalen eines Großen Technischen Systems gehören auch die hohen sunk costs der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Die Errichtung der baulichen Anlagen, insbesondere der Kanalisation ist äußerst kostenintensiv und macht gegenüber den Betriebskosten einen deutlich höheren Anteil an den Gesamtkosten aus. Gemäß einer Umfrage vom Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW) und der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (ATV-DVWK) aus dem Jahr 2002 betragen die Kapitalkosten bestehend aus Zinsen und Abschreibungen in Deutschland insgesamt durchschnittlich 54% der Gesamtkosten (s. Abbildung 2). Diese Kosten fallen unabhängig von der tatsächlichen Nutzung der technischen Anlagen an und können daher auch nach einem Umbau des Systems, der die Nutzungsintensität dieser Anlagen reduzieren würde, nicht eingespart werden. Aus diesem Grund ist ein Umbau des bestehenden Systems für die Betreiber ökonomisch nur dann sinnvoll, wenn die neue Systemstruktur sehr viel effizienter ist und die Kostenverluste kompensieren kann. Die investierten Ressourcen stellen einen großen Anreiz dar, die geschaffenen Kapazitäten tatsächlich zu nutzen. Werden alternative Technologien oder Systemarchitekturen von anderen Akteuren (etwa Unternehmen, Verbrauchergruppen oder Wissenschaftlern) eingebracht, dürfte dies auf einen großen Widerstand der Interessensgruppen des bestehenden Systems stoßen.

#### *Existenz technischer Alternativen*

Ein Grund für die bisherige Dominanz und das Beharrungsvermögen der kanalgebundenen Entsorgung lag in der Vergangenheit auch im Fehlen technischer Alternativen. Kluge et al. stellen fest, dass es während eines langen Zeitraums in der Expansionsphase keine Technologiesprünge gegeben hat, die die Organisationsstrukturen oder die ökonomischen Grundlagen infrage gestellt hätten (2003b, S. 7). Eine Abwasserreinigung mittels Kleinkläranlagen wurde nicht als adäquate Alternative angesehen, da Reinigungsleistung und Betriebsstabilität solcher Anlagen in den einschlägigen Fachkreisen und den Umweltbehörden im Allgemeinen als zu gering eingeschätzt wurden (vgl. Fehr 1992, S. 39; Rudolph 1996, S. 22).

**Abbildung 2: Kostenstruktur der Abwasserbeseitigung in Deutschland 2002**

Quelle: eigene Darstellung nach Coburg et al. (o.J., S. 4)

### 2.3.2.2 Soziale und institutionelle Aspekte des Beharrungsvermögens

#### *Entsorgungspflicht und Anschluss- und Benutzungszwang*

Nach §18a WHG ist Abwasser so zu beseitigen, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Der unbestimmte Rechtsbegriff „Wohl der Allgemeinheit“ dürfte insbesondere Aspekte des Gewässerschutzes, des Schutzes von Natur und Landschaft sowie des Gesundheitsschutzes umfassen (vgl. Becker 1998, S. 18). Die Zuständigkeit für die Abwasserbeseitigung liegt nach Regelung der Länder in der Hand kommunaler Gebietskörperschaften, d.h. in der Regel bei Kommunen oder kommunalen Zweckverbänden. Diese sind verpflichtet, eine ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung sicherzustellen. Obwohl im WHG nicht näher spezifiziert wird, in welcher Form dies zu erfolgen hat, ist die Bereitstellung eines öffentlichen Kanalisationsnetzes und einer Abwasserreinigung in einer zentralen Kläranlage der Regelfall. Nach Auffassung von Becker legt bereits die kommunale Zuständigkeit eine zentralisierte Struktur der Abwasserbeseitigung nahe, „weil diese Körperschaften eine Abwasserbehandlung wegen der fehlenden Einwirkungsmöglichkeiten auf private Grundstücke nicht bei jedem einzelnen Abwasserproduzenten durchführen können“ (1998, S. 28). Auch wenn hier prinzipiell andere Regelungen wie etwa eine satzungsbasierte Verpflichtung der Abwasserproduzenten denkbar wären, wurde eine zentrale Lösung der Aufgabe in organisatorischer Hinsicht in der Regel für praktikabler gehalten.

In den meisten Bundesländern besteht eine gesetzliche Verpflichtung für die Grundstückseigentümer, das anfallende Abwasser dem Abwasserbeseitigungspflichtigen zu überlassen. In den anderen Ländern (Nordrhein-Westfalen, Brandenburg, Berlin) hat der Erlass eines Anschluss- und Benutzungszwanges die gleiche Wirkung (vgl. Becker 1998, S. 31). Die Regelungen dienen der Sicherung einer ordnungsgemäßen Abwasserbeseitigung und sollen dort, wo eine öffentliche Abwasserbeseitigung zur Verfügung gestellt wird, deren Benutzung aus Gründen des öffentlichen Wohls verbindlich vorschreiben und eine anderweitige Entsorgung des Abwassers durch den Abwasserproduzenten verhindern (vgl. Kluge et al. 2003a, S. A4). Die Überlassungs-

pflicht der Grundstücksnutzer bzw. der damit vergleichbare Anschluss- und Benutzungszwang schränken den Einsatz alternativer Technologien auf dezentraler Ebene stark ein und stellen daher einen bedeutsamen Aspekt des Beharrungsvermögens der öffentlichen Abwasserbeseitigung dar.

Die Landeswassergesetze erlauben in unterschiedlichem Maß eine Befreiung von der kommunalen Entsorgungspflicht bzw. eine Ausnahme vom Anschluss- und Benutzungszwang. Hier ist v.a. die Übertragung der Abwasserbeseitigungspflicht auf den Abwasserproduzenten relevant. Bei industriellem und gewerblichem Abwasser ist dies möglich, wenn eine gemeinsame Ableitung und Behandlung mit dem sonstigen kommunalen Abwasser nicht zweckmäßig ist und eine getrennte Behandlung aufgrund der Art oder Menge des Abwassers sinnvoller wäre. Tatsächlich wird industrielles Abwasser häufig und mit zunehmender Tendenz durch interne Reinigungsverfahren für die öffentliche Abwasserbeseitigung vorgereinigt oder für eine betriebsinterne Wiedernutzung aufbereitet. Bei häuslichem Abwasser ist eine Übertragung der Abwasserbeseitigungspflicht auf den Grundstücksnutzer dann möglich, wenn ein Anschluss an die Kanalisation aufgrund technischer Schwierigkeiten oder einem unverhältnismäßig hohen Aufwand nicht erfolgt. Dies ist in einigen Ländern auf Grundstücke im Außenbereich begrenzt. Technische Schwierigkeiten sind nur in geographischen Sondersituationen, etwa in Bergregionen zu erwarten. Bei welchen Kosten der Aufwand für den Anschluss von Grundstücken an die zentrale Abwasserbeseitigung unverhältnismäßig hoch ist, ist nicht klar definiert. In einigen Bundesländern wurden Orientierungswerte festgelegt, bis zu deren Höhe ein Anschluss an die Kanalisation pauschal als verhältnismäßig gilt. In Sachsen etwa ist nach einer Verwaltungsvorschrift von 1994 bei Investitionskosten bis zu 7.500 DM/EW der Anschluss an die Kanalisation vorzuziehen; in Baden-Württemberg sind Kosten, die 50% über den Investitionskosten einer Kleinkläranlagen liegen, zu akzeptieren (vgl. Otto 2000, S. 17). Insgesamt sind durch diese Regelungen sowohl den Kommunen als auch den Abwasserproduzenten für die Entscheidung zwischen zentraler und dezentraler Entsorgung enge Grenzen gesetzt (vgl. Becker 1998, S. 36 f.).

Diese Regelungen führen dazu, dass alternative Technologien, die eine dezentrale Reinigung des Abwassers beinhalten, bislang nur in räumlichen und zeitlichen Nischen als Ausnahmefälle existieren (vgl. Lange et al. 1997; Londong et al. 2004, S. 1385). Dezentrale Technologien, die in Ergänzung zum zentralen System eingesetzt werden können, sind zwar unter Umständen rechtlich möglich, jedoch ökonomisch wenig rentabel, wenn beide Infrastruktursysteme parallel finanziert werden müssen. Aufgrund dieses begrenzten Marktpotenzials alternativer dezentraler Anlagen war das Interesse der Anlagenhersteller an der Weiterentwicklung solcher Technologien bisher relativ gering. MacKenzie et al. machen deutlich, dass eine mangelhafte Funktionsfähigkeit oder Effizienz alternativer Technologien zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht notwendigerweise aus den diesen Technologien inhärenten Eigenschaften resultieren, sondern auch mit der Geschichte ihrer Entwicklung in Zusammenspiel mit anderen Technologien zu begründen ist (1999, S. 22).

### *Technische Normen*

Auf technischer Ebene ist die Abwasserbeseitigung durch eine umfangreiche Ingenieur- und Verfahrenstechnische Normung durch Fachverbände geprägt. Technische Normen (hier synonym für Normen, Regelwerke und Richtlinien) werden von verschiedenen Institutionen, vor allem vom Deutschen Institut für Normung und von der Deutschen Vereinigung für Wasser-

wirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA, ehem. ATV-DVWK) definiert und dienen u.a. der Spezifizierung von unbestimmten Rechtsbegriffen wie dem Stand der Technik.

Die Existenz einer spezifischen Wissensbasis und einer spezifischen Fachdisziplin spielt, wie für Große Technische Systeme typisch (s. Abschnitt 2.2.3), auch im Bereich der öffentlichen Abwasserbeseitigung für das Beharrungsvermögen eine große Rolle. Die Wirkung von Normen auf die Innovationsfähigkeit der Abwasserbeseitigung war Gegenstand einer Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung (vgl. Böhm et al. 1999). Danach existieren insgesamt 227 Normen mit abwasserspezifischen Inhalten. Obwohl die Anwendung der Normen bei den Ingenieurbüros, Auftraggebern und Behörden laut Normgeber ausdrücklich nicht verpflichtend ist und eine Abweichung insbesondere dann sinnvoll ist, wenn andere Lösungen in der tatsächlichen Situation vor Ort zweckmäßiger sind, zeigt sich doch in der Praxis ein enormer Einfluss dieser Regelwerke. Dies liegt zum einen daran, dass ein Abweichen von der Norm eine intensive Grundlagenermittlung der planenden Ingenieure etwa hinsichtlich des Bestands und der Prognose des Wasserbedarfs voraussetzt. Solche ausführlichen Voruntersuchungen sind für die Ingenieurbüros relativ unattraktiv, weil die Honorarordnung für Architekten und Ingenieure keine angemessene Vergütung vorsieht. Daher wird bei der Planung vielfach auf die in den Regelwerken empfohlenen Bemessungswerte und Technologien zurückgegriffen. Seit einigen Jahren ist jedoch eine sog. Erfolgsvergütung möglich, die die Umsetzung kostengünstiger Lösungen unterstützen soll. Technische Normen werden auch deshalb als Planungsgrundlage herangezogen, weil sie Rechtssicherheit geben. Werden technische Lösungen gewählt, die nicht in den Normen erfasst sind, geht der Planer ein weitaus höheres Haftungsrisiko ein. Eine Befreiung des Planers vom Haftungsrisiko durch den Auftraggeber ist möglich. Jedoch erhöht die Existenz von Normen auf der anderen Seite das Sicherheitsbedürfnis von Auftraggebern, Anwendern und Genehmigungsbehörden (vgl. auch Franz et al. 1998, S. 87; Preuß et al. 2001).

Technische Normen beinhalten nur solche Technologien, deren Zuverlässigkeit im Betrieb nachgewiesen ist. Technologische Neuerungen und innovative Lösungen finden dadurch erst sehr verspätet Eingang in die Regelwerke. Diese zeitliche Verzögerung wird verstärkt durch lange Überarbeitungszeiträume der Normen und die eher konservative Besetzung der Normungsgremien. Zudem ist der Detaillierungsgrad der Beschreibungen so groß, dass die von den Normungsgremien als Beispiel aufgeführten Technologien von den planenden Ingenieuren als alternativlose Lösungen interpretiert werden. Obwohl technische Normen auch positive Wirkungen haben (beispielsweise die Tatsache, dass einmal in die Normen eingegangene Technologien einer schnellen Verbreitung offen stehen), überwiegen laut der Studie von Böhm et al. (1999) bei innovativen Technologien die negativen Effekte. Dies liege letztlich nicht notwendigerweise an den tatsächlichen Inhalten der Normen, sondern auch an der engen Interpretation der Nutzer.

#### *Verhaltensweisen der Nutzer*

Der Kontakt der Bürger mit dem Abwasser ist im konventionellen Abwasserbehandlungssystem auf ein Minimum beschränkt. Das Abwasser wird durch die nicht sichtbare Kanalisation auf schnellstem Wege (auf Knopfdruck) abgeleitet, in der zumeist abgelegenen Kläranlage behandelt und – für viele schon nicht mehr im Bewusstsein – in ein Gewässer eingeleitet. Auch die Verwertung oder Entsorgung des Klärschlammes ist aus dem Sichtfeld der Öffentlichkeit weitgehend verschwunden. Dieser Umgang mit dem Abwasser wird in der westlichen Kultur allgemein mit Hygiene assoziiert. Über die Finanzierung über Gebühren und Beiträge hinaus trägt

der Bürger keine offensichtliche Verantwortung. Die Funktionsfähigkeit der öffentlichen Abwasserbeseitigung wird als selbstverständlich vorausgesetzt. Eine öffentliche Diskussion über die Wahl dieses Systems oder die Einführung alternativer Systeme findet nicht statt (vgl. Lehn 2004, S. 183). Manche alternative Systeme der Abwasserwirtschaft erscheinen in ihrer Technik eher rückwärtsgewandt und werden daher mit hygienischen Risiken und einem Komfortverlust assoziiert (vgl. Larsen et al. 2003, S. 11). Bei manchen Konzepten ist der Bürger sehr viel stärker involviert und trägt eine größere, zumindest direktere Verantwortung für deren Funktionsfähigkeit. Gerade weil diese Technologien gegenüber dem konventionellen System häufig einen anderen Umgang mit den Stoffen und andere Strukturen beinhalten, ist eine Entwicklung in diese Richtung kaum ohne eine Umorientierung der Werte und Normen sowie Verhaltensänderungen der davon betroffenen Akteure möglich. Eine mangelnde Akzeptanz und eine unsachgemäße Nutzung der Anlagen können die Anwendbarkeit innovativer Technologien gefährden. So ist beispielsweise für die wirksame Nutzung von Urin-Separationstoiletten eine Bewusstseinsänderung nötig, die insbesondere bei den Männern auch dazu führen muss, sich beim Urinieren hinzusetzen (zu diesem Aspekt vgl. Hiessl et al. 2001, S. 13/15; Wilderer et al. 2001, S. 26 ff., 65, 85 f.).

### **2.3.3 Aktuelle Probleme und Veränderungen**

#### **2.3.3.1 Kostenentwicklung**

In den letzten Jahren und Jahrzehnten sind zunehmend Phänomene zu erkennen, die als Indizien einer Stagnationsphase gewertet werden können. Zunächst ist das System der öffentlichen Abwasserbeseitigung so weit ausgedehnt worden, dass räumlich kaum weitere Wachstumspotenziale vorhanden sind. Mit zunehmenden Anschluss auch dünn besiedelter Gebiete an die Kanalisation sind aufgrund der langen Kanalisationsstränge Kostensteigerungen eingetreten (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 132 ff.). Nach Berger et al. können die spezifischen Kanallängen in ländlichen Bereich bis zu 20 m/EW erreichen, während sie in städtischen Gebieten nur etwa 2 m/EW betragen (o.J., S. 5). Herz et al. gehen mit neun bis 12 m/EW in ländlichen Siedlungen von etwas geringeren, gegenüber 3 m/EW in Großstädten aber immer noch deutlich erhöhten spezifischen Kanallängen aus (2002b, S. 3). Dieses Kostenverhältnis führt dazu, dass im ländlichen Raum etwa 70 bis 90% der Gesamtkosten der zentralen Abwasserbeseitigung für die Kanalisation anfallen (vgl. Birle 1997, S. 28/2; Maus 2004, S. 17; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 10; Wilderer et al. 2001, S. 8). Diese erhöhten Kosten schlagen sich deutlich in den Stückkosten nieder.

Das Problem steigender Stückkosten resultiert auch aus einem Rückgang der Abwassermengen. Durch den Übergang von der Industrie- zur Dienstleistungs- und Informationsgesellschaft, die Einführung produktionsinterner Wasserkreisläufe und Wasser sparender Produktionsweisen hat sich der Abwasseranfall im industriellen Bereich deutlich verringert. Im häuslichen Bereich hat die Erhöhung des Umweltbewusstseins, die Förderung umweltschonender Technologien und ein höherer ökonomischer Druck der Haushalte zu einer Modernisierung von Sanitäreinrichtungen und Verbrauchsgeräten sowie zu Wasser sparenden Verhaltensweisen geführt (vgl. Kluge et al. 2003b, S. 10 f.). So ist der durchschnittliche Wasserverbrauch von Haushalten und Kleingewerben in Deutschland allein in den 1990er-Jahren von etwa 145 auf 130 l pro Einwohner und Tag zurückgegangen (vgl. Neumüller 2000, Anhang S. 26; Schönback et al. 2003, S. 397; Statisti-

ches Bundesamt 2003, S. 15). Entsprechend gesunken sind auch die anfallenden Abwassermengen. In Zukunft dürfte auch ein Rückgang der Bevölkerungszahlen nicht nur in den östlichen Bundesländern das Problem steigender Stückkosten verschärfen (vgl. Kluge et al. 2003b, S. 9). Da in der Vergangenheit über Jahrzehnte hinweg Wachstumsbedingungen herrschten und die Anlagen für einen steigenden Abwasseranfall ausgelegt wurden, war und ist es für alle Akteure wie Politiker, Entsorgungsträger, Ingenieurbüros oder Normenausschüsse schwierig, diese erst relativ neuen Schrumpfungsprozesse zu antizipieren und geeignete Strategien zur Anpassung des Systems an die veränderten Rahmenbedingungen zu finden (vgl. Kluge et al. 2003b, S. 10 f.; Libbe et al. 2004, S. 45 f.).

Hier zeigt sich die Problematik eines asymmetrischen Verhältnisses zwischen relativ kurzfristig wechselnden Verbrauchsmustern und einem langlebigen, in seiner Kapazität und seinen Kosten nur schwer zu ändernden technischen System sowie der für Große Technische Systeme typischen Auslastungsprobleme (s. Abschnitt 2.2.2). Während auf der einen Seite eine Vielzahl von Abwasserproduzenten mit kurz- bis mittelfristiger Handlungsausrichtung und einer hoher Innovationsgeschwindigkeit die für den Auslastungsgrad des Systems zentrale Größe des Abwasseranfalls steuert, kann die äußerst langlebige Infrastruktur nicht angemessen schnell an die Veränderungen angepasst werden (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 21 f.).

Wie in Abbildung 2 (S. 30) dargestellt, machen die Kapitalkosten mit durchschnittlich 54% den weitaus größten Teil der Gesamtkosten der öffentlichen Abwasserbeseitigung aus. Neben diesen typischen Fixkosten sind auch Teile der Betriebskosten, insbesondere die Personalkosten, kaum variabel. Dementsprechend können die Fixkosten insgesamt bei 75-85% liegen (vgl. Coburg et al. o.J., S. 4 f.; Herz et al. 2002b, S. 4; Seiler et al. 2003). Daher schlägt sich ein geringerer Abwasseranfall nur marginal in geringeren Kosten nieder. Bei einem stärkeren Rückgang der Abwassermengen können sogar gewisse Zusatzkosten entstehen. So verringern zu geringe Wassermengen die Fließgeschwindigkeit in der Kanalisation, was Ablagerungen, Geruchs- und Gasbildung, Korrosion und Materialverschleiß sowie eine Vorverlagerung von Abbauprozessen aus der Kläranlage in die Kanalisation hervorruft. Um dies zu verhindern, werden zusätzliche betriebstechnische Maßnahmen an Kanalisation und Pumpwerken, insbesondere Spülungen mit Frischwasser sowie chemisch-biologische Maßnahmen vorgenommen (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 3; Herz et al. 2002b, S. 5 f.; Leist 2003, S. 17).

Die mit der räumlichen Ausweitung und geringen Auslastung des Systems verbundenen steigenden Kosten führen zu einem deutlichen Anstieg der Stückkosten und schließlich der Gebührensätze. Es hat sich gezeigt, dass die Akzeptanz solcher Gebührenerhöhungen seitens der Gebührenzahlern durchaus begrenzt ist und soziale Verwerfungen nicht auszuschließen sind (vgl. Kluge et al. 2003b, S. 9; Libbe et al. 2004, S. 47 f.).

### **2.3.3.2 Negative externe Effekte**

Neben den beschriebenen ökonomischen Problemen werden vermehrt auch negative externe Effekte im Umweltbereich wahrgenommen. Diese sind bereits in der Einleitung dieser Arbeit (s. Kapitel 1.1) ausgeführt worden und sollen deshalb hier nur nochmals in der Begrifflichkeit der Theorie der Großen Technischen Systeme kurz umrissen werden.

Die öffentliche Abwasserbeseitigung bietet in der Tat eine komfortable, verlässliche und im Allgemeinen auch kostengünstige Entsorgung der häuslichen und gewerblichen Abwässer. Zwar ist Wasser sparendes Verbrauchsverhalten in Deutschland mittlerweile recht verbreitet.

Jedoch werden auch aufgrund der geringen Wasser- und Abwasserkosten Potenziale zur weiteren Verringerung des Wasserverbrauchs etwa durch Recyclingtechnologien zumindest im häuslichen Bereich kaum genutzt. Das Bewusstsein über weitere Umweltfolgen etwa hinsichtlich der Übernutzung von Grundwasservorräten oder der Belastung von Gewässern scheint eher gering zu sein. Da die Gebührenerhebung beim häuslichen Abwasser nicht von der Abwasserbelastung abhängt, wird das Verursacherprinzip nur beschränkt angewandt (vgl. Dorgeloh 2003, S. 93). Die Abwasserbeseitigung wird auch dann weitgehend unbedarft genutzt, wenn die Belastung des Abwassers die Möglichkeiten der Abwasserreinigung übersteigt, wie etwa bei der Diskussion um Medikamentenrückstände im Abwasser deutlich wird (vgl. Kluge et al. 2003a, S. A17 f.).

Die vormals als Vorteil empfundene Vermischung und gemeinsame Reinigung verschiedener Abwässer stellt sich zunehmend als ‚diseconomy of scope‘ dar. Das Abwasser wird unabhängig vom Verschmutzungsgrad in die Kanalisation eingeleitet und muss aufgrund der Vermischung mit Abwässern aus anderen Quellen alle Reinigungsstufen durchlaufen. Die Vermischung und gemeinsame Behandlung unterschiedlicher Abwässer erschwert darüber hinaus die Wiederverwertung von Ressourcen (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 1, 6). Schließlich führt die Integration des Niederschlagswassers im Mischwassersystem dazu, dass bei starken Regenereignissen Kläranlagen hydraulisch überlastet werden und ein Teil der Abwässer ungeklärt in die Gewässer fließt. Solche „Entlastungsfälle“ erzeugen einen nicht unerheblichen Teil der gesamten Gewässerbelastung (vgl. Kluge et al. 2003a, S. A5 ff.).

Externe Effekte resultieren insbesondere auch aus der flächenhaften Ausbreitung der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Mit der Erschließung auch peripherer und gering verdichteter Regionen steigt der ökonomische und ökologische Aufwand für die Bereitstellung der Infrastruktur und die Reinigung des Abwassers deutlich. So zeigt Bringezu mit Hilfe einer Materialintensitäts-Analyse, dass der Material-, Energie- und Flächeneinsatz der öffentlichen Abwasserbeseitigung „von der Wiege bis zur Bahre“ im ländlichen Raum über dem alternativer Systeme liegen kann (1998, S. 18 ff.). Insbesondere der Aufwand von abiotischem Material ist aufgrund des hohen Anteils der Kanalisation beim kommunalen System mit Abstand am höchsten.

Negative Umweltwirkungen resultieren nicht nur aus einer intensiven Nutzung des Systems, sondern auch aus einer Unternutzung. Bei einer Verringerung des Auslastungsgrades aufgrund veränderter gesellschaftlicher Rahmenbedingungen, wie sie für die Stagnationsphase Großer Technischer Systeme typisch ist, sind zusätzliche Spülungen mit Frischwasser und die Zugabe von Chemischen Mitteln erforderlich, um Ablagerungen, Korrosion und Geruchsbelastungen zu verhindern. Dadurch „entsteht ein Spannungsverhältnis zwischen umweltpolitischen Zielen und den Erfordernissen der technischen Infrastruktur. Letzteres wird zu einem Medium der Verschwendung der Ressource Wasser“ (Naumann et al. 2006, S. 54).

Neben diesen externen Effekten im Umweltbereich heben Naumann et al. auch negative soziale Effekte hervor. Obwohl die Universalisierung, d.h. die flächendeckende Bereitstellung einer öffentlichen Abwasserbeseitigung auf die Beseitigung räumlicher Ungleichheit abzielt, deuten sich doch heute gegenteilige Wirkungen an. In Gebieten mit sinkendem Auslastungsgrad der Kanalisation treten zunehmend Probleme mit der Trübung und geschmacklichen Veränderung von Trinkwasser sowie Geruchsbelästigungen aus Abwasserkanälen auf. Diese Beeinträchtigungen der Versorgungs- und Lebensqualität wirken räumlich und sozial selektiv. Sie treffen die neuen Bundesländer stärker als die alten Länder, ärmere Haushalte in entleerten Plattenbaugebieten, Innenstadtrandgebieten und ländlichen Räumen stärker als wohlhabendere Bewohner in suburbanen Räumen mit hohem Bevölkerungsdruck. Diese Phänomene lassen befürchten,



dass es zu einer symbolischen Beeinträchtigung der betroffenen Räume kommt, in denen der sozio-ökonomische Niedergang auch in der Infrastruktur wahrnehmbar ist. Dies könnte Auswirkungen auf die Attraktivität als Wirtschaftsstandort haben und zu einer Politisierung in sozialen Konflikten führen. Gerade in schrumpfenden Räumen mit sinkendem Auslastungsgrad wird der Handlungsspielraum der politischen Entscheidungsträger zunehmend durch gebundene Finanzmittel und Defizite aus der Bereitstellung der öffentlichen Infrastruktur eingeschränkt. Dies schränkt auch die Möglichkeiten zur Gestaltung etwa sozialverträglicher Gebührensätze oder zur Durchsetzung ökologischer Zielsetzung gegenüber den Infrastrukturunternehmen ein. Wenn die Wirkung politischer Entscheidungen nicht ausreicht, bestehende Probleme zu lösen, führt dies zu politischer Machtlosigkeit und einer Aushöhlung der Institutionen lokaler Demokratie (vgl. Naumann et al. 2006, S. 51 ff.).

### **2.3.3.3 Konkurrierende Technologien**

Parallel zur stärkeren Wahrnehmung der ökonomischen Probleme und negativen externen Effekte des konventionellen Systems der öffentlichen Abwasserbehandlung kann die Entwicklung von radikalen Innovationen beobachtet werden, die unter gewissen Bedingungen in verschiedener Hinsicht ökologisch, ökonomisch und sozial vorteilhafter sein können als das konventionelle System der öffentlichen Abwasserbeseitigung. Das Spektrum dieser innovativen Technologien ist bereits in der Einleitung vorgestellt worden (s. Kapitel 1.1). Solche Technologien können die Funktionen der zentralen Abwasserbeseitigung ganz oder teilweise ersetzen, bieten unter Umständen weitere Funktionen an und haben daher das Potenzial, dem zentralen System die Legitimationsbasis zu entziehen.

Ein entscheidender Vorteil insbesondere dezentraler Technologien gegenüber dem konventionellen System liegt darin, dass sie grundsätzlich andere Strukturen der Abwasserbeseitigung ermöglichen. Da sie als eigenständige Einheiten die Reinigung häuslichen Abwasser sicherstellen, können sie direkt am Ort des Abwasseranfalls eingesetzt werden. Auf kostenintensive Kanalisationsanlagen kann z.T. vollständig verzichtet werden. Aus diesen Gründen bieten sie insbesondere in dünn besiedelten Räumen eine gegenüber der zentralen Entsorgung kostengünstige Alternative. Positive Skaleneffekte werden hier nicht durch die gemeinsame Behandlung einer möglichst großen Abwassermenge generiert, sondern durch die hohe Zahl der Anlagen. Eine industrielle Serienfertigung solcher Anlagen dürfte die heutigen Investitionskosten noch weiter senken (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 6). Der Vorteil liegt aber besonders in der Verhinderung negativer Skaleneffekte durch den Verzicht auf eine Ausweitung von Kanalisationsnetzen in unrentable Gebiete. Die dezentrale Struktur kann nicht nur ökonomisch vorteilhafter sein, sondern auch den Material-, Energie- und Flächenverbrauch gegenüber der zentralen Entsorgung verringern (vgl. Bringezu 1998, S. 18 ff.).

Mit dem Verzicht auf eine Kanalisation entfallen auch die ökologischen und ökonomischen Folgen einer Unterauslastung. Dezentrale Anlagen scheinen diesbezüglich flexibler zu sein. Zwar steigen bei abnehmendem Abwasseranfall auch bei dezentralen Anlagen die Stückkosten. Es entstehen jedoch keine zusätzlichen Kosten zur Verhinderung von Ablagerungen und Korrosion in Kanalisationssträngen. Ein Zusammenhang zwischen einem geringen Auslastungsgrad und der Reinigungsleistung dezentraler Anlagen kann nach Flasche nicht nachgewiesen werden (2002, S. 42 f.). Lediglich bei kurzfristigen Belastungsschwankungen nimmt die Reinigungsleistung einiger Anlagentypen vorübergehend ab, bis sich die Biologie wieder eingespielt hat. Überlastungen können in einem gewissen Rahmen häufig durch die Steuerung der Belüftung

aufgefangen werden. Zudem ist eine Erweiterung auch durch das Anfügen weiterer Reinigungsmodule möglich. In dieser Hinsicht beinhalten sie gemäß dem Reversibilitätsprinzip (Umkehrbarkeit von Folgen einer Entscheidung und flexible Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen) gerade bei stärkeren Unsicherheiten beispielsweise bezüglich der weiteren Entwicklung des Abwasseranfalls eine geringere Festlegung zukünftiger Generationen (vgl. Weigert et al. 2001; Wilderer et al. 2001; Hiessl et al. 2003, S. 101).

Grundsätzlich entsprechen dezentrale Anlagen stärker dem Verursacherprinzip und ermöglichen angepasste Lösungen für verschiedene Nutzungsanforderungen. Bei jedem Abwasserproduzenten kommen entsprechend des jeweiligen Verschmutzungsgrades des Abwassers unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Bei häuslichem Abwasser kann auf relativ einfache Verfahren zurückgegriffen werden. Da keine Vermischung mit stärker belasteten Abwässern aus der industriellen Produktion erfolgt, kann beispielsweise auf Verfahren zur Reinigung von Schwermetallen verzichtet werden. Darüber hinaus ist eine Wiedergewinnung und -nutzung bestimmter Ressourcen aus dem häuslichen bzw. industriellen Abwasser bei dezentralen Technologien relativ einfach zu verwirklichen. Der Einsatz solcher Technologien am Ort des Abwasseranfalls ermöglicht eine frühzeitige Trennung und gezielte Behandlung von Stoffströmen. Dies schont die natürlichen Ressourcen und verringert die Kosten bzw. bietet zusätzlich finanzielle Einnahmequellen, wenn beispielsweise Klärschlämme oder separierte Nährstoffe als Düngemittel in der Landwirtschaft eingesetzt werden können. Durch die Kombination alternativer Technologien kann die Dezentralisierung potenziell so weit getrieben werden, dass beinahe vollständig autonome Einheiten der Ver- und Entsorgung von Wasser, Energie und Abfall geschaffen werden können (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 70 ff.). Dies ermöglicht eine ganz andere Qualität von ‚economies of scope‘, als das konventionelle System sie bietet.

Dennoch gibt es auch gegenteilige Argumente. So weisen Marr et al. darauf hin, dass ein Nutzungswechsel etwa von einer Wohnnutzung auf eine gewerbliche Nutzung unter Umständen auch einen Wechsel der Reinigungsanlage erfordert. Ebenso könne eine Erhöhung der Zahl der Abwasserproduzenten eines Grundstücks aufgrund eines begrenzten Puffers und einer begrenzten Anpassungsfähigkeit einer dezentralen Anlage eine Neuanschaffung erforderlich machen (Marr et al. 1998, S. 43). Zudem scheint es unwahrscheinlich, dass etwa bei rückgängigen Bevölkerungszahlen dezentrale Abwasseranlagen an anderer Stelle oder zu anderen Zwecken weitergenutzt werden, so dass auch hier nicht genutzte Anlagen entstehen. Durchaus ambivalente Bedeutung hat das Argument der Sicherheit bzw. des Risikos. Auf der einen Seite wird von Kritikern befürchtet, dass die Reinigungsleistung dezentraler Anlagen aus verschiedenen Gründen sehr viel schlechter als bei zentralen Anlagen kontrolliert und sichergestellt werden kann. Zu den Gründen gehört die Vermutung, dass Bürger weder ein ausreichendes Wissen noch ein entsprechendes Interesse an einer ordnungsgemäßen Betriebsführung der Anlagen haben. Zudem ist die Aufrüstung und Kontrolle allein wegen der Anzahl der Anlagen und Verantwortlichen schwerer zu handhaben (vgl. auch Rudolph et al. 2001, S. 95). Auf der anderen Seite wird gerade in neueren Veröffentlichungen häufiger darauf hingewiesen, dass das Schadenspotenzial der einzelnen Anlage und damit auch die Anfälligkeit gegenüber terroristischen Akten sehr viel geringer sei als bei zentralen Anlagen (vgl. bspw. Hiessl et al. 2003, S. 101).

#### **2.3.3.4 Institutionelle Innovationen**

Im Jahr 1996 hat die dezentrale Abwasserbeseitigung insofern eine Bestätigung und Aufwertung gefunden, als bei einer Novellierung des WHG der §18a durch eine Klarstellung ergänzt

wurde, nach der dem Wohl der Allgemeinheit die Beseitigung häuslichen Abwassers auch durch dezentrale Anlagen entsprechen kann. Die Änderung wurde aufgrund einer Empfehlung des Ausschusses für Umwelt, Natur und Reaktorsicherheit eingeführt, nach der „der Satz für die praxisgerechte Durchführung der Abwasserbeseitigung eine wichtige Klarstellung enthalte, die den Kommunen mehr Spielraum für die Optimierung ihrer Entsorgungskonzepte eröffne, da dezentrale Entsorgungseinrichtungen kostensparender als zentrale System mit langen Kanalnetzen sein könnten und die umweltrechtlichen Anforderungen ebenfalls erfüllen können“ (Becker 1998, S. 14, 18). Diese Klarstellung wird von manchen Autoren als eine Gleichstellung von zentraler und dezentraler Abwasserbeseitigung interpretiert (so etwa Dorgeloh 2004, S. 149). Zumindest dürfte die Selbstverständlichkeit der Bevorzugung der kanalgebundenen Entsorgung auf diese Weise reduziert worden sein und den Kommunen, die alternative Systeme in Erwägung ziehen, damit die Möglichkeit gegeben werden, dies gegenüber den Befürwortern des konventionellen Systems zu vertreten. In Folge der Änderung des WHG wurden weitere Regelungen etwa in den Landeswassergesetzen oder Förderrichtlinien angepasst (s. Kapitel 3.5).

Die potenzielle Schlagkraft solcher institutioneller Veränderungen zeigt sich in ersten Ansätzen politischer Diskussionen und rechtlichen Auseinandersetzungen um die Auslegung des Anschluss- und Benutzungszwanges. Die Rechtsprechung variiert bisher von einer recht restriktiven Interpretation mit einer Pflicht zur Überlassung des gesamten, am Entstehungsort anfallenden Abwassers (Andienungspflicht) bis hin zu einigen aktuellen Rechtsprechungen, nach denen geschlossene Wasseraufbereitungs- und Wiederverwendungskreisläufe erlaubt sind. Demnach ist der Betrieb von Nutzwasseranlagen bis hin zum „abwasserfreien Grundstück“ möglich, nicht jedoch das Verbringen von gereinigtem Abwasser in die Umwelt (vgl. o.A. 2003; Niedersächsisches Oberverwaltungsgericht 2003). Anschlussbeiträge und Grundgebühren für die zentrale Kanalisation fallen dabei jedoch zusätzlich an. In einer rechtswissenschaftlichen Arbeit stellt Becker infrage, inwiefern angesichts des auch im Vergleich zu zentralen Anlagen hohen Umweltstandards einiger dezentraler Anlagen und der rechtlichen Aufwertung im Wasserhaushaltsgesetz der mit einem Eingriff in die grundgesetzlich garantierte allgemeine Handlungsfreiheit verbundene Anschluss- und Benutzungszwang noch legitimierbar ist. Gerade das häufig angeführte Argument, dass eine eigenständige Abwasserentsorgung einzelner die Kosten für die weiterhin an die öffentliche Abwasserentsorgung angeschlossenen Einwohner erhöhe, sei verfassungsrechtlich fraglich (1998, S. 64 ff.). Sollte es in Zukunft zu einer Aufhebung oder deutlichen Abschwächung des Anschluss- und Benutzungszwanges kommen, würden innovative Technologien leichter Verbreitung finden (vgl. Londong et al. 2004, S. 1385); die Bürger könnten stärker zwischen einer zentralen oder eigenverantwortlichen Abwasserbeseitigung entscheiden. Dies würde die Planungssicherheit der Betreiber des zentralen Entsorgungssystems erheblich verringern und das ökonomische Risiko von Investitionen erhöhen.

Darüber hinaus gibt es seit einigen Jahren Diskussionen über institutionelle Innovationen in verschiedenen Infrastruktursektoren, die ein gewisses Potenzial haben, das System der Abwasserbeseitigung zu verändern. Dazu gehören insbesondere Überlegungen in Richtung einer Privatisierung und Liberalisierung der Infrastruktur, um gewissen Tendenzen ökonomischer Ineffizienz der Monopolbetriebe zu entgegnen und privates Kapital für die anstehenden Aufgaben wie etwa die Sanierung der technischen Anlagen einzuholen. Im Gegensatz zu anderen Bereichen wie der Stromversorgung und dem öffentlichen Nah- und Fernverkehr werden solche weitreichenden Innovationen im Wasser- und Abwasserbereich bislang eher zurückhaltend angegangen. Aufgrund von technischen Schwierigkeiten z.B. bezüglich der Durchleitung und der hohen Fixkostenanteile scheinen einem Wettbewerb enge Grenzen gesetzt, so dass hier vor al-

lem abgeschwächte Wettbewerbsinstrumente wie zeitliche befristete Konzessionsrechte und Benchmarking-Ansätze wahrscheinlich sind (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 19 f.; Kluge et al. 2003b, S. 18 f.). Dennoch könnte sich die Stellung der Entsorgungsträger gegenüber alternativen Systemen in Zukunft verändern, wenn unter dem Druck finanzieller Engpässe der Kommunen die bestehenden Liberalisierungs- und Privatisierungsmöglichkeiten genutzt werden und Systementscheidungen nicht in erster Linie auf der Grundlage des technisch Machbaren, sondern stärker anhand von Rentabilitätskriterien getroffen werden (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 21 f., 48).

Zudem können durch die Öffnung der Abwasserbeseitigung für andere Akteure neue Angebotsformen entstehen, die das Potenzial haben, die tatsächliche Realisierung von technologischen Innovationen bei den Abwasserproduzenten zu forcieren. Dazu gehören insbesondere die aus dem Energiebereich stammenden Modelle des Contracting, Leasing und der privatwirtschaftlichen Dienstleistungen (vgl. Monstadt et al. 2004, S. 21 f.). Diese Ansätze können flexibel gestaltet werden und sind auf verschiedenen Ebenen anwendbar – von einer umfassenden Ver- und Entsorgungsleistung bis hin zu Kleinsttechnologien. Sie sind besonders interessant für technologische Innovationen, die aufgrund hoher Investitionskosten und langer Amortisierungszeiträume für den Kunden ohne entsprechende Angebotsmodelle unattraktiv wären. Als Beispiele können hier die Ersetzung von Sammelgruben durch Kleinkläranlagen oder die Einführung von Nutzwasseranlagen genannt werden. Diese Modelle haben den Vorteil, dass der unternehmerische Vertragspartner durch die Gewinnbeteiligung ein starkes eigenes Interesse an der tatsächlichen Realisierung von Einspareffekten hat und damit ein Anreiz für kreative Lösungen gegeben ist. So ist es beispielsweise auch denkbar, dass zusätzliche Gewinne durch die Wiedergewinnung von Nährstoffen aus der Abwasserbehandlung generiert werden können. Alle diese Ansätze bieten die Vorteile, dass die Kosten für die privaten Haushalte zeitlich gestreckt und damit finanzierbar werden, fachliches know-how der Privatwirtschaft integriert wird und ein Wettbewerb im Bereich der Abwasserbehandlung entstehen kann, der Kostensenkungen und technologische Innovationen fördert. Die Potenziale werden in einigen Veröffentlichungen sehr hoch eingeschätzt, so z.B. in einem Forschungsbericht des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung. Hier wird unter dem Stichwort kleinräumiger Stoffkreisläufe ein Szenario entworfen, das die Bildung kleinräumiger, privatwirtschaftlich organisierter und von großräumigen Strukturen weitgehend autarker Einheiten vorsieht, in denen modernste Ver- und Entsorgungstechnologien von Haustechnik-Dienstleistern im Contracting-Verfahren betrieben werden (vgl. Hiessl et al. 2001, S. 13/8 f.). Geerlings et al. betonen jedoch, dass der mit dem Prozess der Liberalisierung, Privatisierung und auch Dezentralisierung einhergehende Gewinn an Entscheidungsfreiheit hinsichtlich der Durchführung der Aufgaben und der Nutzung bestimmter Technologien keinesfalls unproblematisch ist. Die individuellen Ziele der Akteure können dem Ziel einer aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive ökonomisch und ökologisch effizienten Leistungserbringung durchaus zuwiderlaufen (1997, S. 394 f.).

### **2.3.4 Ausblick**

Wie das System der Abwasserbeseitigung der Zukunft aussehen wird, ist schwer zu prognostizieren. So ist es bisher nicht abzusehen, inwieweit die aktuellen Probleme im Rahmen des herkömmlichen Systems durch inkrementelle Innovationen oder Erweiterungen des konventionellen Systems wie etwa die Einführung einer weiteren Reinigungsstufe als end-of-pipe-Technologie gelöst werden können oder ob tatsächlich eine größere Umgestaltung des Abwas-

serbeseitigungssysteme nötig ist. Auch das Potenzial der derzeit diskutierten radikalen technischen Innovationen, eine weitgehende Umgestaltung des bisherigen Systems auszulösen, wird unterschiedlich eingeschätzt. Während etwa Kluge et al. diesen Technologien „zumindest theoretisch bisher ungeahnte Dezentralisierungspotenziale“ zusprechen (2003b, S. 11; vgl. auch Monstadt et al. 2004, S. 48), sieht Braun deren Einsatzbereich allenfalls in der Ergänzung kommunaler Wasserentsorgungssysteme (1994, S. 449). Zumindest ergeben sich aus dem Zusammentreffen ökonomischer und ökologischer Probleme des Systems der öffentlichen Abwasserbeseitigung und von Entwicklungen technologischer Innovationen für alternative Systemkonzepte so genannte „windows of opportunity“, Zeiträume mit günstigen Gelegenheiten, das Beharrungsvermögen des bestehenden Systems zu überwinden.

Letztlich dürfte sich eine Transformation der Abwasserbeseitigung nicht in der Form einer Ablösung eines Techniksystems durch ein anderes vollziehen, sondern in der Ergänzung bestehender Strukturen und in einer räumlichen Differenzierung. Alternative Systeme können insbesondere dort relevant werden, wo aus ökonomischen Zwängen heraus der Aufbau oder der Erhalt des konventionellen Systems für Kommunen und Betreiber problematisch ist (vgl. Kluge et al. 2003a, S. A15). Anlass für ein grundsätzliches Überdenken der Entsorgungsstruktur in konkreten Fällen können etwa hydraulische Überlastungen, die nach Böhm et al. in Deutschland etwa 20% der Kanalisation betreffen (2002, S. 35), oder ein hoher Sanierungsbedarf sein, der kurz- bis mittelfristig in Deutschland ebenfalls Investitionssummen in mehrstelliger Milliardenhöhe erfordern würde (vgl. Berger et al. o.J.; Hiessl et al. 2003, S. 2; Brösel 1998, S. 9 f.).

Während in städtischen Gebieten die kanalgebundene Abwasserbeseitigung weiterhin die dominierende Lösung sein dürfte, könnte sich diese in Regionen mit geringer Nutzungsdichte langfristig als ökonomisch nicht tragfähig erweisen. Für solche Bereiche sind dezentrale Technologien und Insellösungen in Form von dezentralen Abwasserbehandlungs- und Wasseraufbereitungstechnologien geeignet. Diese Differenzierung ist nach Monstadt et al. keinesfalls nur negativ im Sinne einer Polarisierung zwischen Regionen zu sehen. Stattdessen können sich durch eine solche Spezialisierung „regional angepasste und ökonomisch effizientere Raumstrukturen der Infrastrukturversorgung herausbilden“ (Monstadt et al. 2004, S. 37, vgl. auch S. 48). Auch Kaijser betont die komplementäre Rolle verschiedener Techniksysteme, die aufgrund unterschiedlicher Effizienzcharakteristika unterschiedliche Bereiche abdecken (2004, S. 159 f.; vgl. auch Heinze et al. 1988, S: 128).

Doch auch, wo das System der öffentlichen Abwasserbeseitigung grundsätzlich erhalten bleibt, können weiter reichende Innovationen technischer und institutioneller Art eine Umgestaltung des Systems hervorrufen. So können aus Erfahrungen und Weiterentwicklungen dezentraler innovativer Technologien Anregungen für die Verbesserung des konventionellen Systems gewonnen werden. Nach Kaijser hat ein Wettbewerb zwischen Systemen häufig Verbesserungen auf beiden Seiten angeregt. Externe Effekte im Umweltbereich können sich zu „reverse salients“ entwickeln, die etwa durch gesetzliche Regelungen oder finanzielle Anreize Systeminnovationen hervorrufen (vgl. Kaijser 2004, S. 159 ff.). Hiessl et al. heben hervor, dass eine solche Umgestaltung aufgrund der Größe des Systems sowie der Vielzahl der Akteure mit unterschiedlichen Interessen, Zeithorizonten und unterschiedlichen Einflüssen im System der Abwasserbeseitigung lange Übergangszeiten und gute Übergangsstrategien erfordert, bei der die rechtlichen, institutionellen und technischen Veränderungen aufeinander abgestimmt werden müssen (2003, S. 136 ff.). Zudem betont Kaijser, dass bei der gezielten Umgestaltung eines Systems die Entwicklungsphasen berücksichtigt werden müssen (2004, S. 161 f.). Neue Technologien brauchen beispielsweise zu Beginn erhebliche Unterstützung in finanzieller und insti-

tutioneller Hinsicht, um die mit der Entwicklung verbundenen Unsicherheiten und das Beharrungsvermögen des bestehenden Systems zu überwinden (vgl. auch Arthur 1999, S. 111; Weyer 1994, S. 373).

Inwiefern die infolge eines Transformationsprozesses veränderte Systemarchitektur der Abwasserbeseitigung eine höhere Flexibilität gegenüber zukünftigen Veränderungen aufweist, ist sicher von der genauen Ausgestaltung abhängig. Bei einer weit gehenden Dezentralisierung der Abwasserreinigung und einer kleinräumigen Wiedernutzung von Stoffen ist der Grad der technischen großräumigen Vernetzung sehr gering. Damit verliert das System in dem betreffenden Gebiet zumindest in technischer Hinsicht den Charakter eines Großen Technischen Systems. Bestimmte Probleme wie etwa der Auslastung werden ebenso wie technische Pfadabhängigen dann auf wesentlich kleinerer Ebene wirksam und sind daher auch leichter zu überwinden. Jedoch wird auch eine auf dezentralen Technologien beruhende Abwasserbeseitigung in ein institutionelles Gefüge von rechtlichen und finanziellen Regelungen und einer Wissensbasis eingebettet sein. Sofern die Durchführung der Abwasserbeseitigung stärker bei privaten Akteuren liegt, ist sogar mit einem höheren Regulierungsbedarf zu rechnen. Insgesamt dürften zum Teil neue Akteure, etwa Anbieter und Betreiber der Technologien zum bisherigen Akteurspektrum hinzutreten. Zum Teil dürften aber auch neue Aspekte in die Arbeit bestehender Akteure und Organisationen integriert werden. Weyer nennt als Indizien für ein hohes Wachstumspotenzial von Technologien deren Flexibilität, deren Rekombinierbarkeit und deren Regenerierbarkeit, betont jedoch auch, dass diese Aspekte ein Wachstum nicht garantieren können, da jedes auftretende Problem die Problemlösungskapazität der Technologie überfordern könne (1994, S. 364). Auch wenn dezentrale und innovative Techniksysteme im Abwasserbereich in mancher Hinsicht eher diesen Eigenschaften gerecht werden als das konventionelle System, muss daher eine Prognose mit Zurückhaltung getroffen werden. Zumindest beinhaltet die parallele Verwendung verschiedener Technologien eine Diversifizierung des Gesamtsystems der Abwasserbeseitigung, so dass bei sich ändernden Rahmenbedingungen aus einem breiteren Spektrum an Möglichkeiten geschöpft werden kann.

## **2.4 Theorie zur Diffusion von Innovationen**

Dieses Kapitel erörtert die theoretische Basis der zweiten Perspektive, die für die Erklärung der Verbreitung alternativer Technologien im Abwasserbereich relevant ist. Sie behandelt die Theorie zur Diffusion von Innovationen und fokussiert auf die Entscheidung einzelner Individuen zur Annahme von Innovationen.

### **2.4.1 Begriffsbestimmungen und Muster der Diffusion von Innovationen**

Innovationen können nach Rogers definiert werden als „an idea, practice, or object that is perceived as new by an individual or another unit of adoption“ (Rogers 1995, S. 11). In dieser Definition wird deutlich, dass eine Innovation aus der Perspektive einzelner Subjekte – im Englischen ‚adopter‘<sup>2</sup> - zu verstehen ist. Inwiefern die Innovation aus objektiver Sicht tatsächlich neu

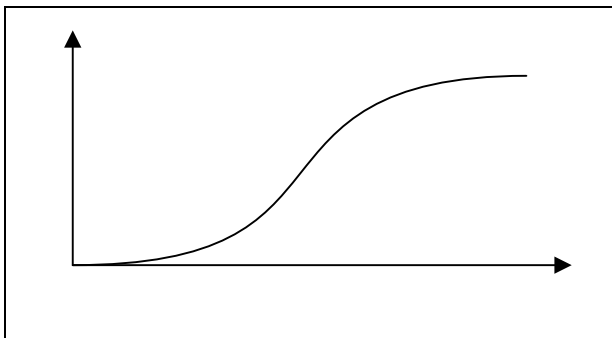
---

<sup>2</sup> In Ermangelung eines deutschsprachigen Begriffs, wird in dieser Arbeit generell der englische Begriff ‚adopter‘ für diejenige Person oder Einheit verwendet, die über die Annahme einer Innovation entscheidet.

ist oder ob die Existenz der Innovation dem potenziellen ‚adopter‘ bereits vor einer bewussten Auseinandersetzung mit der Möglichkeit der eigenen Annahme bekannt ist, ist dabei unerheblich (ebd.). Der Begriff der Innovation ist weit gefasst und beinhaltet neben materiellen auch immaterielle Neuerungen. Da in dieser Arbeit der Fokus auf technologischen Innovationen liegt und der Begriff der Technologie gleichfalls sowohl technische als auch institutionelle Aspekte beinhaltet, soll hier der Begriff der Technologien synonym für die Bandbreite der möglichen Formen von Innovationen, also für ‚ideas‘, ‚practices‘ und ‚objects‘ verwendet werden. Innovationen können neben grundsätzlichen Neuerscheinungen auch die Substitution oder die Umgestaltungen bestehender Technologien beinhalten.

Der Ausdruck der ‚Diffusion von Innovationen‘ beschreibt die Ausbreitung der Übernahme von Innovationen in einem sozialen System, also den Vorgang, bei dem Technologien „tatsächlich in der Gesellschaft Raum finden“ (Grübler 1997, S. 22). Die Diffusion ist als Prozess zu verstehen, der sich über einen längeren Zeitraum hinzieht. Bei der Verbreitung von Innovationen ist empirisch immer wieder ein bestimmtes Muster festzustellen: Nachdem eine Innovation zu Beginn der Diffusion von nur wenigen ‚adoptern‘ angenommen wird, folgt eine Phase mit einem schnellen Wachstum, bis sich das Wachstum schließlich wieder verlangsamt und eine Sättigung eintritt. Der Anteil der Subjekte, die zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Innovation übernehmen, folgt typischerweise einer Normalverteilung. Daraus resultiert eine S-Kurve der kumulierten Werte über die Gesamtdauer der Diffusion (vgl. Grübler 1997, S. 19 f., 38; Rogers 1995, S. 22 f.) (s. Abbildung 3).

**Abbildung 3: typischer Verlauf einer Diffusionskurve einer Innovation**



Quelle: eigene Darstellung

Der exakte Verlauf der S-Kurve und die Steigung der Diffusionsraten sind abhängig von den Besonderheiten der Innovation und des sozialen Systems, in dem sich die Innovation ausbreitet. In Einzelfällen kann der Diffusionsprozess auch stärker von der idealtypischen Form abweichen. Dies gilt beispielsweise, wenn besondere Wachstumshemmnisse wie soziale Normen den Diffusionsprozess hemmen. Zudem können auch nach Durchlaufen eines Diffusionsprozesses weitere Wachstums- oder Schrumpfungsprozesse folgen (vgl. Rogers 1995, S. 257 ff.; Grübler 1997, S. 19 f.). Daher ist die Diffusion von Innovationen kaum ex ante zu prognostizieren und bedarf einer empirischen Bestimmung. „The shape of the adopter distribution for an innovation ought to be regarded as an open question, to be determined empirically“ (Rogers 1995, S. 261). Empirisch zu bestimmen ist nicht zuletzt auch, welchen Verbreitungsgrad die Innovation nach Vollendung des Diffusionsprozesses insgesamt erreichen kann. Obwohl erfolgreiche Innovationen den Schwerpunkt der wissenschaftlichen Untersuchung von Diffusionsprozessen bilden, stellt Grübler fest: „In truth, a realistic history of social and technological innovations would consist mostly of nonstarters. The overwhelming share of inventions are ignored“ (Grübler 1997, S. 22; vgl. auch Rogers 1995, S. 105). Zwischen einer vollständigen Innovation, die in

einem sozialen System einen Verbreitungsgrad von 100% erreicht, und einer gescheiterten Innovation, die möglicherweise nach ersten Anwendungsversuchen einiger weniger vollständig vom Markt verschwindet, liegt eine weite Bandbreite von möglichen Verbreitungsgraden.

Um den auf der Makroebene zu beobachtenden Diffusionsprozess nachvollziehen und erklären zu können, muss auf der Mikroebene das Verhalten der Subjekte betrachtet werden, die eine Innovation annehmen oder ablehnen. Hiermit wird das Feld der Entscheidungstheorien berührt. Für die Erklärung der Innovationsentscheidung sind rational-choice Ansätze nicht ausreichend. Empirisch beobachtbare Phänomene wie die unvollständige Verbreitung aus wissenschaftlicher oder ökonomischer Sicht sinnvoller Innovationen (vgl. Abrahamson 1993, S. 489) legen die Relevanz von bounded-rationality Ansätzen nahe, die Aspekte wie unvollständiges Wissen, persönliche Präferenzen, sozialen Druck oder Entscheidungsheuristiken beinhalten (vgl. bspw. Gigerenzer et al. 2001). Das Verständnis dieser individuellen Entscheidungen und der dabei relevanten Aspekte ist daher unumgänglich für die Erklärung von Diffusionsprozessen. Im Folgenden sollen die wesentlichen Aspekte, die bei dieser Innovationsentscheidung eine Rolle spielen, näher beleuchtet werden. Die Ausführungen beruhen im Wesentlichen auf einem Standardwerk der Diffusionsliteratur von Rogers, das einen umfassenden Überblick über die Forschungsergebnisse zur Diffusion von Innovationen aus verschiedenen Bereichen gibt. In Einzelfällen wird auch auf andere Publikationen verwiesen, wenn diese einzelne Aspekte besonders deutlich hervorheben.

## 2.4.2 Eigenschaften der Innovationen

Die Entscheidung eines potenziellen ‚adopters‘, eine Innovation anzunehmen oder abzulehnen, beruht im Wesentlichen auf einer Bewertung der Eigenschaften der Innovation. Es wurde festgestellt, dass bestimmte Eigenschaften von Innovationen die Wahrscheinlichkeit einer Übernahme erhöhen können. Die wichtigsten Eigenschaften, die nach empirischen Befunden in der Diffusionsforschung insgesamt 50 bis 90% der Varianz der Diffusionsraten von Innovationen erklären (vgl. Rogers 1995, S. 206), können in folgenden Kategorien zusammengefasst werden:

- ‘Relative advantage‘, definiert als “degree to which an innovation is perceived as better than the idea it supersedes“ (Rogers 1995, S. 212). Das Maß der Vor- und Nachteile gegenüber der bestehenden Technologie und anderen möglichen Alternativen ist wesentlicher Inhalt der Informationssuche und wesentliches Kriterium der Innovationsentscheidung eines potenziellen ‚adopters‘. Der relative Vorteil einer Innovation wird zum einen durch Kostenaspekte geprägt, die in der klassischen rational-choice Theorie eine große Rolle spielen. Zu nennen sind hier hohe Profitraten, geringe Investitionskosten, geringe Betriebskosten, kurze Amortisationszeiträume sowie ein geringes finanzielles Risiko bei einem möglichen Scheitern der Innovation. Der relative Vorteil wird darüber hinaus aber auch durch andere Aspekte wie Komfort, Zeitersparnis oder soziale Anerkennung geprägt (vgl. Rogers 1995, S. 216; Miller et al. 2000, S. 456 f.).
- ‘Compatibility‘, definiert als “degree to which an innovation is perceived as being consistent with the existing values, past experiences, and need of potential adopters“ (Rogers 1995, S. 224). Eine Technologie, die sich gut in die bestehende Lebenssituation des potenziellen ‚adopters‘ einfügt, dessen besondere Bedürfnisse anspricht und den bestehenden Erfahrungen und Routinen nicht entgegensteht, wird mit höherer Wahrscheinlichkeit angenommen als andersgeartete Technologien. Auch Greenhuizen et al.



beobachten die Relevanz der Kompatibilität von Innovationen im wirtschaftlichen Kontext: Indem Lösungen in Abhängigkeit von den bisherigen Technologien, Fähigkeiten, Routinen, Kontaktnetzen und dem akkumulierten Wissen gewählt werden, entstehen Pfadabhängigkeiten der Entwicklung (1997, S. 279).

- ‘Complexity’, definiert als “degree to which an innovation is perceived as difficult to understand and use” (Rogers 1995, S. 242). Eine hohe Komplexität einer Innovation erhöht die Unsicherheit, inwiefern die Technologie tatsächlich geeignet ist, Probleme zu lösen. Sie steht damit einer schnellen Annahme der Innovation entgegen.
- ‘Triability’, definiert als “degree to which an innovation may be experimented with on a limited basis“ (Rogers 1995, S. 243). Die Unsicherheit der potenziellen ‘adopters’, ob eine Innovation tatsächlich die vermuteten Eigenschaften besitzt, kann verringert werden, wenn die Technologie zeitlich begrenzt ganz oder teilweise ausprobiert werden kann. Die Hemmschwelle für Technologien, die nur vollständig und ohne nachträgliche Rücktrittsmöglichkeit angenommen werden können, ist wesentlich größer (vgl. Rogers 1995, S. 171 f.; Miller et al. 2000, S. 453).
- ‘Observability’, definiert als “degree to which the results of an innovation are visible to others“ (Rogers 1995, S. 244). Innovationen, die gut sichtbar oder einfach erklärbar sind, haben im Allgemeinen hohe Diffusionsraten. So werden etwa vorbeugende Innovationen, deren Vorteil lediglich in der Verhinderung von Problemen liegt, Innovationen im privaten Bereich, abstrakte Ideen oder institutionelle Innovationen weniger schnell angenommen als handfeste Artefakte, Innovationen, die im öffentlichen Raum für jeden sichtbar genutzt werden oder die eine sofortige Wirkung zeigen.

Im Laufe des Diffusionsprozesse werden Innovationen häufig weiter verbessert und angepasst („re-invention“) (vgl. Rogers 1995, S. 17). Die Eigenschaften der Innovationen können bei diesem Prozess so weit verändert werden, dass die Bewertung der potenziellen ‚adopter‘ beeinflusst wird. So können Technologien aufgrund einer größeren Verbreitung durch eine Massenproduktion kostengünstiger und damit für mehr Personen erschwinglich oder profitabel werden. Re-inventionen zielen auf eine Vergrößerung des Marktpotenzials und sind damit ein Grund für die mit fortschreitender Diffusionsdauer steigende Diffusionsrate (vgl. Miller et al. 2000, S. 452).

### **2.4.3 Der Entscheidungsprozess**

Die Umsetzung einer neu auf dem Markt erscheinenden Innovation erfolgt in der Regel nicht ad-hoc, sondern bedarf eines mehr oder weniger langen Prozesses von der Wahrnehmung der neuen Technologie bis hin zur dauerhaften Annahme. Dieser Prozess kann als Entscheidungsprozess gedeutet werden, bei dem es wesentlich um die Verringerung von Unsicherheiten geht. Einerseits erzeugen bestehende oder antizipierte Probleme Unsicherheiten, die den eigentlichen Grund für die Auseinandersetzung mit Innovationen darstellen. Andererseits ist zunächst unsicher, inwieweit die anstehende Innovation diese Probleme tatsächlich lösen kann. Im Zuge des Entscheidungsprozesses wird zunehmend Klarheit darüber gewonnen, inwiefern die Innovation in dieser Hinsicht besser als die bisherige Technologie und besser als ebenfalls zur Verfügung stehende Technologien einzustufen ist (vgl. Rogers 1995, S. 6, 13). Nach Rogers kann der Entscheidungsprozess zur Annahme einer Innovation in fünf Stufen eingeteilt werden (ebd., S. 161 ff.):

1. knowledge stage
2. persuasion stage
3. decision stage
4. implementation stage
5. confirmation stage

Auf jeder dieser Stufen kann der Entscheidungsprozess über einen längeren Zeitraum aufgehalten oder ganz abgebrochen werden. Hier kommt ein Zeitaspekt ins Spiel, der ein weiterer Grund dafür ist, dass verschiedene Individuen eine Innovation zu verschiedenen Zeitpunkten annehmen.

Die ‚knowledge stage‘ beinhaltet erste grundlegende Voraussetzungen für die Annahme einer Innovation: das Wissen des potenziellen ‚adopters‘ um die Existenz der neuen Technologie und deren Eigenschaften, das Bewusstsein eigener Probleme und Bedürfnisse sowie die Annahme, dass diese Innovation eine mögliche Lösung für diese Probleme und Bedürfnisse bietet. Erst diese gedankliche Verknüpfung von Innovation und Problem lässt eine nähere Auseinandersetzung mit gerade dieser Innovation angebracht erscheinen. Dabei kann sowohl das von außen herangetragene Wissen um eine Innovation Bedürfnisse wecken, wie auch bestehende Bedürfnisse die Suche nach einer Innovation auslösen können. Das Wissen um eine Innovation und deren Eigenschaften kann ebenso wie die Wahrnehmung von Problemen über verschiedene Kommunikationswege erzeugt und verstärkt werden. Da dieser Kommunikationsprozess auf verschiedenen Stufen relevant ist, soll dies an gesonderter Stelle im Abschnitt 2.4.4 näher ausgeführt werden.

In der ‚persuasion stage‘ erfolgt anhand weiterer Informationen eine Bewertung der Innovation. Nur wenn sich der potenzielle ‚adopter‘ von einer positiven Wirkung der Innovation überzeugen kann, wird die Innovation weiter verfolgt. Dabei werden im Wesentlichen die Eigenschaften der Innovation, insbesondere der relative Vorteil gegenüber bestehenden oder anderen Alternativen bewertet. Darüber hinaus werden aber auch soziale Aspekte wirksam, wie sie in Abschnitt 2.4.5 erläutert werden. Die Innovation wird dabei nicht im Allgemeinen, sondern in der konkreten Situation des potenziellen ‚adopters‘ mit seinen individuellen Problemen, Einstellungen, Routinen, Ressourcen und bisherigen Erfahrungen bewertet (vgl. Rogers 1995, S. 163) (s. Abschnitt 2.4.6). Da die Bewertung immer subjektiv, aus der Sicht des entscheidenden Individuums erfolgt, kann sie von einer „objektiven“ oder wissenschaftlichen Bewertung deutlich abweichen.

Die ‚decision stage‘ beinhaltet die eigentliche Entscheidung, ob die Innovation angenommen werden soll oder nicht. „Adoption is a decision to make full use of an innovation as the best course of action available“ (Rogers 1995, S. 171). Die Entscheidung umfasst eine Abwägung aller entscheidungsrelevanten Kriterien im Vergleich mit anderen technologischen Alternativen. Hier können weitere Aspekte wirksam werden, die dazu führen, dass trotz einer positiven Grundeinstellung keine Innovationsentscheidung gefällt wird. So können anderweitige Probleme der Innovation eine nachgeordnete Priorität verleihen.

Die ‚implementation stage‘ beinhaltet die tatsächliche Umsetzung der Innovation, d.h. die Anschaffung oder Umgestaltung einer Technologie, die Änderung von Verhaltensweisen oder die Übernahme einer gedanklichen Einstellung. Die konzeptionelle Trennung zwischen „decision stage“ und „implementation stage“ beruht auf der Beobachtung, dass eine positive Innovationsentscheidung nicht immer und unmittelbar in der tatsächlichen Umsetzung der Innovation mün-

det. Hier können insbesondere Realisierungsprobleme auftreten, etwa wenn die Umsetzung nicht in der eigenen Kontrolle steht oder die Technologie nicht verfügbar ist (vgl. ebd., S. 167) (s. Abschnitt 2.4.7).

Die „confirmation stage“ stellt eine nachträgliche Bewertung der Implementation der Innovation dar. Eine positive Bewertung führt möglicherweise zu einer Nutzungsintensivierung oder Verstärkung der Innovation. Sofern sich die versprochenen positiven Merkmale der Innovation nicht bestätigen, kann die Innovation verändert, durch eine andere Technologie ergänzt, ersetzt oder ganz zurückgenommen werden (vgl. ebd., S. 180 ff.).

#### **2.4.4 Der Kommunikationsprozess**

Die Diffusion von Innovationen findet immer in einem sozialen System statt. Die Innovationsentscheidungen der Individuen werden beeinflusst durch Kommunikation zwischen den Mitgliedern des sozialen Systems. Ein Individuum trifft eine Entscheidung, eine Innovation anzunehmen oder abzulehnen, nicht völlig eigenständig und unabhängig, sondern bedarf in mehrfacher Hinsicht eines Informationsaustausches. Rogers beschreibt die Diffusion von Innovationen als „process by which an innovation is communicated through certain channels over time among the members of a social system.“ (Rogers 1995, S. 5). Dabei werden auf verschiedenen Stufen der Innovationsentscheidung unterschiedliche Qualitäten von Informationen ausgetauscht: Im ‚knowledge stage‘ muss die Information lediglich die Existenz und einige grundlegende und überschlägige Informationen wie Einsatzbereich, Wirkungsweise und Kosten beinhalten. Für höhere Stufen der Innovationsentscheidungen sind umfassendere Informationen und insbesondere Bewertungen der Technologie im konkreten Einsatz wichtig.

Für den Austausch dieser Informationen stehen unterschiedliche Kommunikationskanäle zur Verfügung. Rogers differenziert diesbezüglich in die Kategorien ‚interpersonal – mass media‘ und ‚local – cosmopolitan‘ (Rogers 1995, S. 195). Während Massenmedien und nicht lokal bezogene Informationen geeignet sind, Aufmerksamkeit auf die Existenz neuer Technologien zu lenken, sind für die umfassenderen Informationen höherer Stufen persönliche Kontakte sehr viel wichtiger. Ein potenzieller ‚adopter‘ lässt sich am ehesten von einer Innovation überzeugen, wenn diese von engen Vertrauten bereits angenommen wurde und nun weiterempfohlen wird. Hier spielt ein großes Vertrauen in das Urteilsvermögen der Gegenüber ebenso eine Rolle wie die häufig vorzufindende soziologische Homogenität zwischen potenziellem ‚adopter‘ und engen Vertrauten, die eine Übertragbarkeit der Erfahrungen auf den eigenen Anwendungsbereich möglich machen. Durch diesen Informationsaustausch zwischen engen Vertrauten verbreiten sich Innovationen entlang von sozialen Netzwerken. „This dependence on the experience of near peers suggests that the heart of the diffusion process consists of the modeling and imitation by potential adopters of their network partners who have adopted previously“ (Rogers 1995, S. 18).

Für die Verbreitung von Innovationen in einem sozialen System ist daher die Struktur der sozialen Netzwerke von entscheidender Bedeutung. Aspekte wie Vertrauen und Kommunikationsdichte zwischen einzelnen Individuen beeinflussen den Diffusionsprozess ebenso wie die Heterogenität von sozialen Netzwerken und die Art und Häufigkeit von Schnittstellen zwischen verschiedenen Netzwerken. So kann ein Diffusionsprozess zum Stoppen kommen, wenn zunächst nur solche Individuen eine Innovation annehmen, die nur schwache Verbindungen zu anderen Mitgliedern des sozialen Systems haben, oder wenn sich Innovationen nur unter Gleichgesinn-

ten ausbreiten und es wenige Überlappungen mit anderen Milieus gibt. Auf diese Weise kann es auch zur Annahme unterschiedlicher Innovationen in verschiedenen Subsystemen kommen (vgl. Rogers 1995, S. 286, 304). Die Bedeutung der verschiedenen Kommunikationskanäle variiert zwischen verschiedenen Mitgliedern eines sozialen Systems. Während bestimmte Personen Informationen eher aus überlokalen sozialen Kontakten und Massenmedien beziehen, spielen für die Mehrzahl der Mitglieder eines sozialen Systems persönliche Kontakte auf lokaler Ebene eine größere Rolle.

Auf Makroebene ergibt sich durch diese Kommunikationsstrukturen ein räumliches und zeitliches Ausbreitungsmuster. Ausgehend von einem Innovationszentrum breitet sich die Innovation mit fortschreitender Dauer auf Subinnovationszentren, sowie von diesen Zentren in die Fläche aus. Dabei sind die Begriffe Zentrum und Fläche oder Peripherie sowohl räumlich als auch funktional und sozial zu verstehen. Die Ausbreitung der Innovation aus Subinnovationszentren wird als hierarchischer Effekt bezeichnet und wird von Personen mit überlokalen Netzwerken und einer intensiven Nutzung von Massenmedien getragen. Die Ausbreitung in die Fläche entspricht dem Nachbarschaftseffekt und beruht auf lokalen, persönlichen Kontakten (vgl. Grübler 1997, S. 38; Greenhuizen et al. 1997, S. 280). Je nach ihrer Verortung im sozialen und räumlichen Gefüge und den persönlichen Kommunikationsstrukturen werden die einzelnen Mitglieder eines sozialen Systems zu unterschiedlichen Zeitpunkten von dem Informationsaustausch über die Innovation erreicht. Daher liegt in dem Kommunikationsprozess und der damit verbundenen Informationsausbreitung im sozialen Netz ein weiterer Grund für die auf Makroebene festzustellende typische zeitliche Entwicklung der Diffusion von Innovationen (s. Abschnitt 2.4.1).

#### **2.4.5 Bandwagon-Effekte**

Der in Abbildung 3 (s. Seite 43) dargestellte S-förmige Verlauf einer Diffusionskurve macht deutlich, dass bei einem idealtypischen Verlauf der Diffusion mit zunehmender Dauer mehr und mehr Personen eine Innovation annehmen. Dieses Phänomen kann, wie bereits erläutert, zurückgeführt werden auf verschiedene Ursachen wie die fortschreitende Verbreitung des Wissens über eine Innovation oder die Erhöhung des mit der Innovation verbundenen ‚relative advantage‘ etwa aufgrund von Kostensenkungen, technologischen Verbesserungen oder Netzwerkeffekten. In der Diffusionsforschung hat sich jedoch gezeigt, dass diese unter den Begriff der ‚theories of rational-efficiency‘ fallenden Aspekte den Diffusionsverlauf bestimmter Innovationen nicht vollständig erklären können. Abrahamson führt etwa an, dass die Verbreitung auch solcher Innovationen zu beobachten ist, über deren Effizienz noch keine Aussagen getroffen werden können, über die weniger oder uneindeutige Informationen verfügbar sind oder die gar aus wissenschaftlicher Sicht nachteilig wirken (vgl. Abrahamson 1993, S. 489).

Hier werden offenbar Prozesse wirksam, die eher mit Theorien aus dem Modebereich erklärt werden können (‚theories of fads‘; ebd.). Ein potenzieller ‚adopter‘ realisiert die zunehmende Verbreitung dieser Innovation in seinem Umfeld und wird sich bei einem bestimmten Verbreitungsgrad dazu veranlasst fühlen, die Innovation ebenfalls anzunehmen. Dieses Verhalten kann auf die Entstehung sozialen Drucks im sozialen Netzwerk eines potenziellen ‚adopters‘ zurückgeführt werden und wird häufig als Imitation bezeichnet. Der Einfluss von sozialem Druck ist nach Rogers besonders in der Kategorie der ‚late majority‘ (s. Abschnitt 2.4.6) von Bedeutung (1995, S. 265). Dieser kann in einer drohenden Verschlechterung des sozialen Status spürbar werden oder in der Angst, in sozialer oder ökonomischer Hinsicht den Anschluss zu verpassen.

In der frühen Phase der Diffusion ist es weniger der sozialer Druck als eine große Unsicherheit aufgrund fehlender Informationen über die zu erwartenden Vorteile der Innovation, die zu einer Imitation des Verhaltens anderer führt (vgl. Rogers 1995, S. 213 f.; Abrahamson 1993, S. 492 ff.)

Abrahamson bezeichnet diese Phänomene als „bandwagons“ und definiert diese als „diffusion processes whereby organizations adopt an innovation, not because of their individual assessments of the innovation’s efficiency or returns, but because of a bandwagon pressure caused by the sheer number of organizations that have already adopted this innovations“ (1993, S. 488). Dabei kann jedem potenziellen ‚adopter‘ ein individueller Grenzwert zugeordnet werden, der den Verbreitungsgrad einer Innovation angibt, bei dem der potenzielle ‚adopter‘ eine Innovation ebenfalls annimmt. Dabei ist im Allgemeinen eine Normalverteilung der Grenzwerte zu erwarten (vgl. Rogers 1995, S. 322). Die Bestimmung des individuellen Diffusionsgrades sollte sich nur auf das für die jeweilige Technologie relevante persönliche soziale Netz des potenziellen ‚adopters‘ beziehen, um die sozialen Prozesse richtig abzubilden. „In the case of the diffusion of an innovation, a threshold is reached when an individual is convinced to adopt as the result of knowing that some minimum number of other individuals in the system (or, more likely, in the individual’s personal communication network) have adopted, and are satisfied with their use of innovation“ (Rogers 1995, S. 320).

#### **2.4.6 Eigenschaften der potenziellen ‚adopter‘**

Dass die individuellen Eigenschaften der potenziellen ‚adopter‘ die Annahme einer Innovation beeinflussen, wurde in den letzten Abschnitten an verschiedenen Stellen deutlich. Zunächst ist die individuelle Kenntnis der Existenz und der besonderen Merkmale Voraussetzung für die Annahme einer Innovation. Zudem erfolgt die Bewertung einer Innovation immer aus der subjektiven Perspektive des potenziellen ‚adopters‘. Persönliche Präferenzen, Routinen oder Erfahrungen machen die Annahme von Innovationen, die mit diesen Eigenschaften nicht kompatibel sind, unwahrscheinlich. Auch die objektiv relativ gut messbaren Vorteile einer Innovation können aus der individuellen Sicht des ‚adopters‘ unterschiedlich stark gewichtet werden. So können hohe Investitionskosten für Personen mit geringen finanziellen Ressourcen eine Barriere für die Annahme einer Innovation darstellen (vgl. bspw. Miller et al. 2000, S. 454).

In der Diffusionsforschung hat sich gezeigt, dass bestimmte Typen von ‚adoptern‘ mit charakteristischen Eigenschaften gebildet werden können, die gleichfalls eine Kategorisierung der „innovativeness“ anhand des Zeitpunkts der Annahme einer Diffusion im Diffusionsprozess beinhalten. Folgende Kategorien und Typen können dabei nach Rogers konzeptionell unterschieden werden (1995, S. 263-266):

- ‚Innovators‘: ‚Venturesome‘ – Diese Personengruppe ist durch ein hohes Maß an Risiko- und Innovationsfreude gekennzeichnet. Das persönliche Netzwerk geht über die lokale Ebene hinaus und beinhaltet Kontakte zu anderen innovationsfreudigen Personen. Darüber hinaus werden auch Massenmedien als Informationsquelle genutzt. Finanzielle Ressourcen sind ebenso vorhanden wie die geistige Fähigkeit, komplexe Technologien zu verstehen, sowie die Bereitschaft, mit Unsicherheiten umzugehen. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Innovationen von dieser Personengruppe sehr früh angenommen. Im Diffusionsprozess hat diese Personengruppe die Rolle, Innovationen in einen lokalen Kontext neu einzuführen (gatekeeper-role).

- ‚Early Adopters‘: ‚Respect‘ – Der von Rogers als Kurzcharakterisierung verwendete Begriff des „respect“ bezieht sich auf die Einbindung dieser Personengruppe in das lokale soziale System. Diese Personengruppe hält die Rolle eines Meinungsführers im sozialen Netzwerk. Die ihr zugehörigen Personen treffen eigenständige und überlegte Innovationsentscheidungen. Darüber hinaus dürften aber auch gewisse Eigenschaften der ‚Innovators‘ in abgeschwächter Form vorzufinden sein, wie etwa eine gewisse Risikobereitschaft und ausreichende finanzielle Ressourcen.
- ‚Early Majority‘: ‚Deliberate‘ – Dieser Typ von ‚adopter‘ trifft die Entscheidung über die Annahme einer Innovation auf der Basis eines gut fundierten Abwägungsprozesses. Er ist offen für Innovationen und hat ein umfangreiches soziales Netzwerk mit intensiven Kontakten. Er nimmt daher die beginnende Verbreitung von Innovationen im sozialen Netzwerk wahr und folgt der Entwicklung. Diese Personengruppe nimmt in der Regel einen großen Teil der Gesamtheit der Mitglieder des sozialen Systems ein und hat aufgrund der engen Kontakte zu den ‚early adopters‘ eine große Bedeutung für die weitergehende Verbreitung von Innovationen.
- ‚Late Majority‘: ‚Skeptical‘ – Diese insgesamt ebenfalls relativ große Personengruppe ist eher zurückhaltend bei der Übernahme von Innovationen. Erst wenn diese sozial anerkannt, bereits relativ weit verbreitet und Unsicherheiten weitgehend beseitigt sind, wird eine eigene Annahme der Innovation in Betracht gezogen. Die Annahme der Innovation erfolgt erst bei einem ausreichend großen ökonomischen oder sozialen Druck.
- ‚Laggards‘: ‚Traditional‘ – Diese Personengruppe hat einen starken lokalen Bezug und ist relativ isoliert im sozialen Netzwerk. Eine konservative Sicht, Kontakte zu ebenfalls traditionellen Personen sowie geringe finanzielle Ressourcen fördern den Drang zur Erhaltung des Status Quo und das Misstrauen gegenüber Veränderungen. Der Entscheidungsprozess ist relativ langwierig.

#### 2.4.7 Sozio-technische Rahmenbedingungen

Ein weiterer Einflussbereich auf die Innovationsentscheidungen der Individuen und die Diffusion von Innovationen liegt in den sozio-technischen Rahmenbedingungen, der technischen, sozialen, institutionellen und organisatorischen Struktur, innerhalb der sich die Innovation verbreitet. Mit den sozio-technischen Rahmenbedingungen wird das Feld der Theorie der „Großen Technischen Systeme“ berührt, das im Kapitel 2.2 näher ausgeführt wurde. Während diese Theorie auf einer Makroebene argumentiert, betont die Theorie zur Diffusion von Innovationen den Einfluss der sozio-technischen Rahmenbedingungen auf die individuelle Innovationsentscheidung aus Sicht der einzelnen Entscheidungsträger. So gehören zum institutionellen Gefüge auch Regulierungsmechanismen wie rechtliche Vorschriften, Grenzwerte, technische Richtlinien oder Normen. Diese können die Verbreitung von Innovationen vorschreiben, fördern, hemmen oder auch gänzlich verhindern. Von entscheidender Bedeutung ist dabei, inwiefern die Entscheidungen der einzelnen ‚adopter‘ eigenständig und unabhängig getroffen werden können bzw. von den institutionellen Vorgaben eingeschränkt oder forciert werden. Rogers unterscheidet diesbezüglich vier Kategorien einer Innovationsentscheidung (1995, S. 28 ff.):

- ‚optional innovation-decision‘: In diesem Fall kann die Innovationsentscheidung eines ‚adopters‘ unabhängig von der Entscheidung anderer getroffen werden. Dies schließt nicht aus, dass der ‚adopter‘ in seiner Entscheidung von anderen beeinflusst wird.

- ‚collective innovation-decision‘: Die Innovationsentscheidung wird im Konsens zwischen den Mitgliedern eines sozialen Systems getroffen. Die Entscheidung muss von allen Mitgliedern eingehalten oder umgesetzt werden.
- ‚authority innovation-decision‘: Dieser Typ einer Innovationsentscheidung entspricht einem hierarchischen System, in dem die Entscheidungsbefugnis bei einem oder wenigen Mitgliedern des sozialen Systems liegt, während die anderen Mitglieder der Entscheidung folgen müssen.
- ‚contingent innovation-decision‘: In diesem Fall ist die Innovationsentscheidung eines ‚adopter‘ abhängig von einer vorherigen Innovationsentscheidung anderer ‚adopter‘.

Generell kann man davon ausgehen, dass in formellen Organisationen optionale im Vergleich zu kollektiven und autoritären Innovationsentscheidungen eher selten sind, während sie in marktwirtschaftlichen Strukturen stärker dominieren. In gewisser Hinsicht sind viele Entscheidungen jedoch auch mehr oder weniger abhängige (‚contingent‘) Entscheidungen, da die Nutzung einer Technologie häufig von gewissen technologischen und institutionellen Voraussetzungen abhängig ist. Ausschlaggebend für die Einstufung als ‚contingent‘ dürfte hier der Grad der Abhängigkeit und die zeitliche Nähe zu der vorgelagerten Innovationsentscheidung sein. Nach Umsetzung der vorgelagerten Innovationsentscheidung kann eine abhängige Entscheidung auch zu einer anderen Kategorie wechseln, etwa eine optionale Entscheidung werden, wenn beispielsweise rechtliche Schranken wegfallen.

Neben formalen institutionellen Regelungen wie rechtlichen Vorgaben können auch informelle Formen Einfluss auf die Innovationsentscheidungen nehmen. Hier sind etwa Informationskampagnen und der Einsatz so genannter ‚change agents‘ (vgl. Rogers 1995, S. 335 ff.; Miller et al. 2000, S. 456) anzusetzen. Ein wichtiger Faktor ist auch die finanzielle Förderung von Innovationen, die die Diffusionsgeschwindigkeit und die Diffusionsrate erhöhen kann. Zum einen erhöht diese den relativen Vorteil einer Innovation, indem sie die Investitionskosten senkt oder die Rentabilität steigert. Zum anderen dient sie auch als zeitlicher Kristallisationspunkt, durch den potenzielle ‚adopter‘ mit einer bereits positiven Grundüberzeugung einen Anlass finden, die Innovation tatsächlich umzusetzen (vgl. Rogers 1995, S. 219 ff.).

## 2.5 Die Diffusion von Innovationen in der Abwasserbeseitigung

Im Folgenden werden die im Kapitel 2.4 zusammengestellten allgemeinen Erkenntnisse der Diffusionstheorie auf den Abwasserbereich übertragen. Dies wird durch Forschungsergebnisse aus einigen Veröffentlichungen ergänzt, die explizit einen breiteren Ansatz für die Erklärung der Diffusion von Innovationen im Abwasserbereich wählen. Da Innovationen im Rahmen des Systems der öffentlichen Abwasserbeseitigung bereits durch die spezifischere Theorie der ‚Großen Technischen Systeme‘ beleuchtet wurden (s. Kapitel 2.2), soll in diesem Kapitel der Schwerpunkt auf der Verbreitung von Innovationen auf Seiten der Abwasserproduzenten liegen. Hier sind Theorien zur Diffusion von Innovationen besonders fruchtbar, da sie die Annahme neuer Technologien durch einzelne Einheiten - Individuen oder Gruppen von Individuen - erklären. Obwohl die Abwasserproduzenten im bisherigen System der Abwasserbeseitigung eine weniger aktive Rolle haben, da sie bislang keine Entscheidungsbefugnis haben, zwischen verschiedenen Entsorgungsarten zu wählen, ist doch in letzter Zeit ein Trend zu beobachten, dass diesen zunehmend mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird. Dies liegt zum einen an zunehmenden Problemen mit der Auslastung von Anlagen auch aufgrund Wasser sparender Technologien

und Verhaltensweisen der Abwasserproduzenten, zum anderen an der Entwicklung alternativer Technologien, die, auf dezentraler Ebene eingesetzt, ein großes Potenzial für eine nachhaltigere Abwasserentsorgung bieten. Zudem könnten institutionelle Innovationen wie eine stärkere Liberalisierung und Privatisierung sowie die Einschränkung des Anschluss- und Benutzungszwanges (s. Kapitel 2.3.3.4) die Rolle der Abwasserproduzenten als selbständiger Entscheidungsträger stärken (vgl. etwa Monstadt et al. 2004, S. 22; Söderberg et al. 2002; Wilderer et al. 2001, S. 85 f.).

Bei den folgenden Ausführungen zu den Einflussfaktoren der Diffusion von abwasserbezogenen Innovationen auf Haushaltsebene ist es kaum möglich, allgemeingültige, aber dennoch konkrete Einflussfaktoren zu nennen. Die Faktoren scheinen im Detail in einem hohen Maße von der speziellen Technologie, den Rahmenbedingungen und dem Ziel der Untersuchung abzuhängen. Daher ist es nicht sinnvoll, hier eine umfassende Literaturlauswertung vorzunehmen. Stattdessen soll anhand einiger Veröffentlichungen gezeigt werden, dass im Einzelfall sehr verschiedene Aspekte für die Diffusion von Innovationen im Abwasserbereich ausschlaggebend sein können. Bei der Analyse oder Abschätzung der Diffusion konkreter Neuerungen können diese Aspekte nicht uneingeschränkt übertragen werden, geben jedoch Hinweise, welche Einflussfaktoren geprüft werden sollten. Da der Umfang der Aussagen zu den verschiedenen Aspekten, die Rogers (1995) aufführt, in der Literatur sehr variiert, wird hier von der an Rogers angelehnten und in Kapitel 2.4 gewählten Struktur abgewichen. Stattdessen erfolgt nach einer Einordnung der Abwasserbeseitigung in die Begrifflichkeit der Diffusionstheorie (Kapitel 2.5.1) eine Einteilung der Ausführungen in Kriterien für die Innovationsentscheidung (Kapitel 2.5.2), sozio-technische Rahmenbedingungen (Kapitel 2.5.3), den Entscheidungsprozess (Kapitel 2.5.4) sowie den Kommunikationsprozess (Kapitel 2.5.5).

## **2.5.1 Innovationen in der Abwasserbeseitigung**

Die im Kontext der Abwasserbeseitigung relevanten Innovationen können verschiedener Natur sein. Den Schwerpunkt bilden technische Innovationen, die sich in einer tatsächlichen Veränderung der Anlagen der Abwasserbeseitigungsinfrastruktur niederschlagen. Das Spektrum solcher Innovationen wurde bereits in Kapitel 1.1 vorgestellt. Zu abwasserbezogenen Innovationen gehören aber auch Verhaltensänderungen sowie Veränderungen institutioneller und organisatorischer Art, etwa im Bereich der Verteilung von Zuständigkeiten. Solche Innovationen technisch-materieller oder institutioneller Art haben ihren Ursprung häufig in Veränderungen ideeller Art, von Denkweisen und Einstellungen. Sie können grundsätzlich verschiedene Akteure der Abwasserbeseitigung als potenzielle ‚adopter‘ betreffen. Im Zentrum des Interesses stehen hier die Abwasserproduzenten, die etwa Wasser sparende Verhaltensweisen annehmen oder dezentrale Abwasserreinigungsanlagen anschaffen. Relevant sind jedoch auch andere Akteure wie kommunale Entsorgungsträger, die von dem bisherigen Paradigma einer flächendeckenden zentralen Entsorgung abgehen und innovative Lösungen entweder selbst umsetzen oder auf privater Ebene zulassen. Auch Gesetzgeber, Produzenten und Sanitärfirmen sowie Akteure aus anderen Sektoren wie der Landwirtschaft, der Abfall- und Energiewirtschaft können für die Umsetzung von Innovationen von Bedeutung sein.

Aussagen über den Verlauf der Diffusion solcher Innovationen im Abwasserbereich sind nur in eingeschränktem Maße möglich. Die Prozesse befinden sich weitgehend noch im Anfangsstadium, so dass es bisher nur bei einigen wenigen Innovationen überhaupt möglich ist, den gesam-



ten Diffusionsprozess zeitlich umfassend zu untersuchen. In manchen Regionen sind mittlerweile z.B. Wasser sparende Verhaltensweise sowie moderne Armaturen und Verbrauchsgeräte weit verbreitet. Hier wären entsprechende Diffusionsstudien möglich. Die Akzeptanz und Annahme dezentraler Abwasserreinigungs- und Wiederaufbereitungsanlagen ist dagegen weitaus geringer; ein ‚take-off‘ der Entwicklung kann noch nicht festgestellt werden. Diese Tatsache bietet aber die Möglichkeit, den Diffusionsprozess solcher Innovationen wie von Rogers gefordert zeitgleich zu verfolgen und damit die relevanten Faktoren besser zu ermitteln, als dies bei einer ex-post Analyse möglich wäre (vgl. Rogers 1995, S. 106, 121).

## **2.5.2 Die Bewertung technologischer Eigenschaften**

Erklärungen und Prognosen zur Verbreitung von Innovationen im Abwasserbereich nehmen ihren Ausgangspunkt in aller Regel in den Eigenschaften der Innovationen. Die bei Rogers (1995) vorgenommene konzeptionelle Trennung zwischen ‚relative advantage‘ und anderen Aspekten wie der ‚compatibility‘ und ‚complexity‘ findet sich in den Veröffentlichungen, die sich mit der Umsetzung von Innovationen in der Praxis beschäftigen, nicht in dieser Klarheit wieder, so dass im Folgenden von dieser Argumentationsstruktur abgewichen wird.

### **2.5.2.1 Klassische Bewertungsfaktoren von Technologien**

Am Anfang der Untersuchung des Verbreitungspotenzials von Innovationen im Wasser- und Abwasserbereich aus wissenschaftlicher Perspektive steht häufig die Abschätzung der mit einer Innovation verbundenen ökologischen Vorteile. Die ökologischen Kriterien, die in solchen Untersuchungen eine Rolle spielen, orientieren sich häufig an den Problemen, die im konventionellen System der öffentlichen Abwasserbeseitigung entstehen und für die alternative Technologien einen Lösungsansatz bieten können. In Abhängigkeit von der Zielrichtung der Innovation zählen hierzu beispielsweise die mögliche Verringerung des Wasserverbrauchs sowie die Verwertung von Nährstoffen (vgl. Böhm et al. 2002). Bei Innovationen, die eine Wiederverwendung von gereinigtem Abwasser im Haushalt oder eine Einleitung in die Umwelt beinhalten, wird die Reinigungsleistung der Anlagen untersucht. Dabei wird dem Thema der Mikroverunreinigungen mit schädlichen Substanzen wie beispielsweise Medikamentenrückständen zunehmend Aufmerksamkeit geschenkt (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 68).

Neben den ökologischen Vor- und Nachteilen von Innovationen richtet sich das Hauptaugenmerk in Untersuchungen zur Diffusion von Innovationen im Abwasserbereich ebenso wie in anderen Disziplinen auf ökonomische Aspekte. Ökonomische Betrachtungen beinhalten zumeist eine Ermittlung der zu erwartenden Amortisationszeiträume und der wirtschaftlich zu betreibenden Mindestgrößen von Anlagen, sofern die Innovationen überhaupt Kosteneinsparungen bewirken. Andernfalls kann das Kosten-Nutzen-Verhältnis verschiedener Varianten verglichen werden. Die Wirtschaftlichkeit und Rentabilität von Innovationen ist abhängig von den ökonomischen Rahmenbedingungen. Dazu gehören insbesondere Kapitalzinsen und Ressourcenkosten. Im Fall des breiten Spektrums von Technologien, die auf eine Verringerung des Wasserverbrauchs abzielen, beinhalten die Ressourcenkosten v.a. die Höhe und genaue Ausgestaltung des Wasserpreises. Bei Technologien, die eine Rückgewinnung von Nährstoffen ermöglichen, sind auch eingesparte Kosten für die Herstellung künstlichen Düngers relevant. Durch die Annahme unterschiedlicher ökonomischer Rahmenbedingungen können die Aussagen zur Wirtschaftlichkeit in der Literatur weit auseinander liegen. So stellen beispielsweise Böhm et al. eine

Wirtschaftlichkeit von Grauwasseranlagen ab einer Haushaltsgröße von 5 Personen fest (2002, S. 28 f.), während Rudolph et al. eine Untersuchung der Fachvereinigung Betriebs- und Regenwassernutzung e.V. zitieren, nach der diese erst ab einer Größe von 200 Einwohnern erreicht sei (2001, S. 42).

### **2.5.2.2 Situationsabhängigkeit der Kosten und Nutzen von Technologien**

Die tatsächliche Ausprägung der Vor- und Nachteile ist in einem hohen Maße abhängig von dem Verhalten der Nutzer und den Unwägbarkeiten des praktischen Einsatzes. So kann etwa das rechnerische Einsparpotenzial des Grauwasserrecyclings von 30-40 % des Frischwasserverbrauchs aufgrund zeitlich abweichender Bedarfe für Trink- und Brauchwasser und durch Ausfallzeiten der Anlage in der Praxis deutlich unterschritten werden (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 40). Beim Einsatz von Kleinkläranlagen werden häufig gegenüber den technisch möglichen Ablaufwerten erheblich schlechtere Werte erreicht, wenn die Anlagen falsch betrieben oder schlecht gewartet werden (vgl. bspw. Flasche 2002, S. 44 ff.; Otto 2000, S. 27). Auch kann eine biologische Reinigung durch die Anwendung toxischer Chemikalien im Haushalt beeinträchtigt werden (vgl. Lens et al. 2001, S. 525). Sofern solche Aspekte von Entscheidungsträgern antizipiert werden oder sich negative Erfahrungen herumsprechen, kann dies die Anwendung von Innovationen behindern.

Auch die Ausprägung der ökonomischen Aspekte ist stark situationsabhängig. Zunächst ist das Maß der Vor- und Nachteile von Innovationen nur im Verhältnis zur bestehenden Technologie zu bestimmen. Dementsprechend variiert etwa der Einspareffekt von Wasser sparenden Sanitärtechniken und Haushaltsgeräte in Abhängigkeit vom Standard der bisherigen Ausstattung (vgl. bspw. Böhm et al. 2002, S. 6 ff.; Martínez-Espineira et al. 2004). Relevant ist ebenfalls, ob bestehende Anlagen bereits überlastet oder, im Gegenteil, nicht vollständig genutzt sind (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 79). Zudem kann die Effizienz von Innovationen durch parallel eingesetzte Technologien sowohl positiv als auch negativ beeinflusst werden. So ist beim Einsatz von Vakuumtoiletten, die mit einer besonders geringen Menge Abwasser auskommen, eine parallele Brauchwasseraufbereitung für die Toilettenspülung wenig sinnvoll, da die Menge des aufbereiteten Abwassers keine Verwendung findet. Demgegenüber gibt es Technologien, deren paralleler Einsatz Synergieeffekte erzeugen kann. Dazu gehört etwa die gemeinsame Behandlung von Bioabfällen und Fäkalien aus Trocken- oder Vakuumtoiletten, durch die sowohl Biogas als auch Flüssigdünger gewonnen werden kann (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 14, 70).

Neben technologischen Abhängigkeiten ist die Effizienz von Innovationen auch von anderen situativen Rahmenbedingungen abhängig. Dazu zählen die konkreten Knappheitsprobleme der Ausgangssituation bzw. die konkrete Problemlösungskompetenz der Innovation. In Gebieten mit Wassermangel ist der Vorteil Wasser sparender Technologien besonders relevant, während in Gebieten mit hohen Ansprüchen an die Gewässergüte Innovationen mit sehr guten Reinigungsleistungen wie Membranfiltrationsanlagen hohe relative Vorteile generieren können. Die Einführung von Systemen mit Urinseparierung und die Nutzung des daraus gewonnenen Düngers in der Landwirtschaft sind dann besonders vorteilhaft, wenn der Dünger tatsächlich in der Region verwertet werden kann (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 62, 92 f.).

An dieser Situationsabhängigkeit der tatsächlichen Ausprägung der Merkmale einer Innovation wird deutlich, dass die Effizienz einer neuen Technologie nicht pauschal und allgemein, sondern nur aus der Perspektive einzelner Entscheidungsträger einer Innovation bestimmt werden

kann. Für die tatsächliche Verbreitung von Innovationen ist es daher von entscheidender Bedeutung, bei welchen Akteuren welche Vor- und Nachteile der Innovation tatsächlich wirksam werden. So betont Rudolph hinsichtlich der ökonomischen Bewertung, dass „die Definition der maßgebenden Kapitalkosten [...] von dem Standpunkt des jeweiligen Betrachters ab[hängt]“ (Rudolph et al. 2001, S. 80). Aus Sicht des Verbrauchers kann sich beispielsweise der Einsatz von Wasser sparenden Technologien aufgrund der Gebührenstruktur lohnen, während sich dies auf Seiten des Betreibers von Abwasserbeseitigungsanlagen negativ auswirkt, da der Auslastungsgrad der Anlagen sinkt. Innovationen, die volkswirtschaftlich sinnvoll sind, müssen für die relevanten Entscheidungsträger keinesfalls sinnvoll sein. Auf volkswirtschaftlicher Seite spielen etwa auch Kosten für Subventionen oder Arbeitsmarkteffekte eine Rolle (ebd., S. 80 ff.).

### **2.5.2.3 Subjektivität der Bewertung von Technologien und weitere Bewertungsfaktoren**

Über diese Situationsabhängigkeit der immer noch „objektiv“ bestimmbaren Größen hinaus erfolgt auch eine subjektive Bewertung der Innovation. Dies beinhaltet, welche Aspekte überhaupt für die Entscheidung als relevant erachtet werden und welche Gewichtung den einzelnen Aspekten zugemessen wird.

Gerade bei dieser subjektiven Bewertung können sehr weiche Aspekte einfließen, die zum Teil emotionale Belange des Entscheidungsträgers berühren. Diese werden gleichwohl als Eigenschaft einer Innovation wahrgenommen. Dieser Punkt umfasst damit gleichzeitig die Aspekte, die bei Rogers (1995) unter dem Begriff der ‚compatibility‘ gefasst sind. So zeigte sich etwa in einer Untersuchung zu Separierungs-Technologien in der Schweiz, in der verschiedene Akteursgruppen beteiligt wurden, dass bei den Verbrauchern das Design und die praktische Handhabung der Nutzung und Säuberung der Toiletten eine große Rolle spielen. Bei den ökologischen Vorteilen wurde die Möglichkeit eines Nährstoffrecyclings geringer gewichtet als der positive Einfluss auf die Gewässergüte. Sowohl von den Verbrauchern als auch seitens der Landwirtschaft wurde es als extrem wichtig angesehen, dass alle Risiken von Mikroverunreinigungen und mangelnder Hygiene ausgeschlossen sind (vgl. Larsen et al. 2003, S. 5 ff.). Jeffrey et al. haben eine Haushaltsbefragung in Großbritannien hinsichtlich der Akzeptanz der Nutzung aufbereitetes Wassers im Haushalt durchgeführt. Hier zeigte sich, dass aufbereitetes Wasser aus dem eigenen Haushalt eher akzeptiert wird als aus einem öffentlichen Netz. Dieses wird wiederum aufbereitetem Wasser aus bekannten dritten Quellen, beispielsweise einer engeren Nachbarschaft vorgezogen. Diese Bewertung widerspricht der wissenschaftlichen Annahme, dass die Aufbereitungsqualität und -sicherheit bei größeren Einheiten und öffentlicher Zuständigkeit zunimmt (vgl. Jeffrey et al. 2003, S. 114 f.). Solche weichen und verhaltensbezogenen Aspekte dürften in der Abwasserbeseitigung im Allgemeinen eine relativ große Rolle spielen. Technologien im Bad berühren einen äußerst privaten und intimen Bereich. Solche Technologien, die eine Wiederverwendung oder weitere Nutzung des gereinigten Abwassers beinhalten, sind darüber hinaus mit Aspekten der Körperhygiene und der Gesundheitsvorsorge verbunden und können entsprechende Ängste und Vorbehalte ansprechen. Je nach eingesetzter Technologie kommt der Bürger in Kontakt mit dem gereinigten Abwasser als Brauchwasser, mit Anlagen im Gebäude, auf dem Grundstück oder im Siedlungsgebiet, mit Klärschlamm oder auch mit Produkten, die mit Klärschlamm gedüngt wurden. Hier dürften Aspekte hinsichtlich der Sicherheit im Umgang mit Technologien und dem Schutz vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen ein größeres Gewicht haben als bei Innovationen in anderen Lebensbereichen. Hygienische Bedenken der Nutzer haben bereits an verschiedenen Stellen die Verbreitung auch finanziell sinnvoller und

risikoarmer Innovationen verhindert (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 58; Lens et al. 2001, S. 526; Jeffrey et al. 2003, S. 109). Diese individuelle Bewertung von „weichen“ Aspekten ist in hohem Maße kulturell geprägt. So zeigen beispielsweise Erfahrungen aus den USA, dass „erhebliche Widerstände in der Bevölkerung gegen jede Berührung mit Wasser, welches mit Fäkalien in Kontakt war“, bestehen (vgl. Wilderer et al. 2001, S. 65). In anderen Ländern wie beispielsweise Schweden und Kanada wird aufbereitetes Grauwasser auch zum Händewaschen, Duschen und Wäschewaschen verwendet (vgl. Rudolph et al. 2001, S. 40).

Dass bei einer persönlichen Bewertung von Innovationen auch Aspekte eine Rolle spielen können, die weniger mit der Technologie an sich, sondern mit zum Teil sehr indirekten Effekten zu tun haben, wird beispielsweise bei Larsen et al. deutlich. Diese legen dar, dass Separierungstechnologien bei Fachleuten der Abwasserdisziplin deshalb auf geringe Akzeptanz stoßen könnten, weil eine wissenschaftliche Spezialisierung auf innovative Technologien mit hohen Karriererisiken verbunden ist (vgl. Larsen et al. 2003, S. 9 f.). Von hoher Bedeutung sind daher die persönlichen Annahmen der Entscheidungsträger über zukünftige Entwicklungen beispielsweise hinsichtlich des technischen Fortschritts. Ein anderes Beispiel für indirekte Bewertungskriterien findet sich bei Böhm et al. (1999). Diese stellen fest, dass Innovationen aufgrund ihrer mangelnden Einbindung in die ingenieurtechnische Normung für planende Ingenieure mit einem hohen Haftungsrisiko verbunden sind und daher wenig Anwendung finden. Auf der anderen Seite können etwa Unternehmen ein hohes Interesse an der Entwicklung und am Vertrieb von Innovationen haben, da dies neue Markt- und Exportchancen eröffnen kann. Solche Auswirkungen auf das Marktgeschehen können unter Umständen durchaus höher gewichtet werden als die klassischen Kostenaspekte (vgl. Hiessl et al. 2003, S. 96).

In einem Projekt des Fraunhofer Instituts für System- und Innovationsforschung wurde in einem partizipativen Prozess mit kommunalen Entscheidungsträgern und Experten aus verschiedenen Funktionen im Bereich der Abwasserbeseitigung ein Kriterienkatalog für die Bewertung verschiedener Entwicklungsszenarien erarbeitet. Dieser Kriterienkatalog (s. Tabelle 1) zeigt die Bandbreite von Aspekten, die dabei als relevant erachtet werden können. Die Kriterien umfassen sowohl kurzfristige als auch langfristige Wirkungsweisen, repräsentieren verschiedene Interessen und berühren verschiedenste Aspekte des Gesamtsystems (vgl. Hiessl et al. 2003).

**Tabelle 1: Bewertungskriterien für Urbane Wasserinfrastrukturen**

| <b>Ökonomische Nachhaltigkeitskriterien</b>  | <b>Gesellschaftliche Nachhaltigkeitskriterien</b>  | <b>Ökologische Nachhaltigkeitskriterien</b>  |
|--|--|--|
| <u>Investitions-, Reinvestitions-, lfd. Kosten</u><br><u>Markt</u><br>- Lokaler Markt<br>- Regionaler/überregionaler Markt<br>- Marktstruktur<br>- Innovationsklima<br>- Exportpotenzial<br><u>Systemische Aspekte</u><br>- Flexibilität (Erweiterbarkeit, Offenheit für neue Technologien, Umstellungsprobleme)<br>- Synergiepotenziale<br>- Sicherheit Wasserver-/Abwas- | <u>Individuelle Aspekte</u><br>- Bedienungskomfort<br>- Gebührengerechtigkeit<br>- Eigenverantwortung<br>- Auswirkung auf Gesundheit<br><u>Kollektive Aspekte</u><br>- Beschäftigungswirkung<br>- Anfälligkeit bzgl. Fehlscheidungen<br>- Akzeptanz der Technologie<br><u>Lebensumfeld</u><br>- Qualität des Lebensumfelds<br>- Hochwasserrisiko<br><u>Intergenerationelle Gerechtigkeit</u> | <u>Stoffstrommanagement</u><br>- Beseitigung Rückstände<br>- Nährstoffrückgewinnung<br>- Kohlenstoffrückgewinnung (Biogas, Bodenverbesserung)<br>- Materialrecycling<br><u>Ressourcenverbrauch</u><br>- Energie<br>- Rohwasser<br><u>Auswirkungen auf Oberflächengewässer</u><br>- Chronische Belastung<br>- Akute Belastung<br>- Beeinträchtigung Habitate<br><u>Auswirkungen auf Grundwasser</u> |

|   |   |  |
|---|---|--|
| Entsorgung (Reliabilität –<br>Schadenshäufigkeit, Vulnera-<br>bilität – Schadensausmaß, Re-<br>silienz – Schadensdauer) | <u>Transferierbarkeit</u><br>- Transferierbarkeit bzgl. Klima<br>- Transferierbarkeit bzgl. Ent-<br>wicklungsländer | - Grundwasserneubildung<br>- Entnahme von Grundwasser<br>- Schadstoffeintrag<br><u>Emission von Klimagasen</u> |
|---|---|--|

### 2.5.3 Sozio-technische Rahmenbedingungen

Aufgrund der unterschiedlichen Wahrnehmung von Vor- und Nachteilen von Innovationen spielt die Struktur der Entscheidungsbefugnisse und Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Akteuren im sozialen System für die Verbreitung von Innovationen eine große Rolle. Je nach Kontext können sehr unterschiedliche Entscheidungsstrukturen auftreten. Hierarchische Entscheidungen im Sinne von Rogers (1995, S. 28 ff.) sind, ebenso wie kollektive Entscheidungen im Bereich der Abwasserproduzenten, eher selten zu finden. Abgesehen vom Anschluss an die öffentliche Abwasserbeseitigung können die Abwasserproduzenten nur in sehr engen gesetzlichen Grenzen zu einem bestimmten Verhalten oder zum Einsatz bestimmter Technologien gezwungen werden. Eine Ausnahme bietet etwa das Niedersächsische Wassergesetz (NWG)<sup>3</sup> in § 149 Abs. 4, nach dem Bürger durch gemeindliche Satzung dazu verpflichtet werden können, ihr häusliches Abwasser in Kleinkläranlagen zu behandeln. Viele Entscheidungen sind im engeren Sinne als optional einzustufen. Den Verbrauchern steht es frei, den Wasserverbrauch oder den Einsatz von Wasser sparenden Armaturen und Haushaltsgeräten selbst zu bestimmen. Auch der Betrieb alternativer Reinigungsanlagen ist – unter gewissen Rahmenbedingungen – eine optionale Entscheidung. Gerade diese Rahmenbedingungen sind es jedoch, die eine optionale Entscheidung zu einer ‚contingent innovation decision‘ machen. Die Möglichkeit eines Haushaltes, sich für eine Innovation zu entscheiden, ist abhängig von zahlreichen Vorentscheidungen anderer Akteure. Dazu gehören etwa die Produktion und der Vertrieb der entsprechenden Technologie, deren rechtliche Zulassung, insbesondere aber die Entscheidung des Entsorgungspflichtigen, keine öffentliche Entsorgung bereitzustellen.

Solche Abhängigkeiten finden sich nicht nur bei den Abwasserproduzenten. Ein Beispiel für ein komplexes System von Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Akteuren geben Larsen et al. (2003). Sie zeigen, dass die Anwendung von Trenntechnologien zur Urinseparierung abhängig ist vom Zusammenspiel der Akzeptanz der Abwasserproduzenten, der Bereitschaft der Landwirtschaft, aus Urin gewonnenen Flüssigdünger zu verwenden, der Entwicklung und Verbesserung entsprechender Sanitäranlagen und den Entsorgungskonzepten der Abwasser-Fachdisziplin. Für die Erhöhung der Akzeptanz der Trenntechnologie bei den Haushalten ist eine technische Weiterentwicklung der Technologien durch Sanitärfirmen erforderlich. Diese machen weitere Aktivitäten zunächst davon abhängig, inwiefern in der abwasserwirtschaftlichen Fachdisziplin, d.h. in Forschung und Entwicklung zur Abwasserreinigung diese Technologie befürwortet und weiterentwickelt wird. Wissenschaft und Ingenieurwesen wiederum hegen offenbar Bedenken hinsichtlich der Marktchancen, insbesondere der Kosten und Akzeptanz dieser Innovation. Die Bereitschaft der Landwirtschaft, Dünger aus Urin zu verwenden, ist schließlich abhängig von der Akzeptanz der Verbraucher, mit Urin gedüngte Produkte zu kaufen. Da davon auszugehen ist, dass weder die Abwasserproduzenten, noch die Landwirtschaft treibende Kräfte der Entwicklung darstellen, dürfte die Diffusion der Trenntechnologie wesent-

<sup>3</sup> Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) in der Fassung vom 10. Juni 2004 (Nds. GVBl. Nr. 18/2004 S. 171), geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 5. November 2004 (Nds. GVBl. Nr. 31/2004 S. 417) und Art. 2 des Gesetzes vom 17. Dezember 2004 (Nds. GVBl. Nr. 44/2004 S. 664).

lich von dem Verhalten der Sanitärfirmen und insbesondere von Entwicklungen in der Fachdisziplin der Abwasserbeseitigung abhängen.

## 2.5.4 Der Entscheidungsprozess

Der Entscheidungs- und Kommunikationsprozess bei der Annahme von Innovationen wurde im Bereich der Abwasserbeseitigung äußerst selten explizit thematisiert. Lediglich die ‚persuasion stage‘ und ‚decision stage‘ kann, da diese im Wesentlichen auf den in Abschnitt 2.5.2 aufgeführten Eigenschaften von Innovationen im persönlichen Kontext beruhen, als relativ gut untersucht betrachtet werden. Von den anderen Stufen des Entscheidungsprozesses werden an verschiedenen Stellen Aspekte des ‚knowledge stage‘ angesprochen. Thematisiert wird beispielsweise, ob Innovationen als solche bekannt sind, inwiefern Probleme wahrgenommen werden und inwiefern angenommen wird, dass die Innovationen zur Problemlösung beitragen. So heben Lens et al. hervor, dass die Wahrnehmung der Dringlichkeit eines Problems in Abhängigkeit von der Bedeutung anderer Probleme eines Entscheidungsträgers zu sehen ist. Das Wissen über Innovationen und deren Beitrag zur Lösung von Umweltproblemen müsse durch verschiedene Maßnahmen wie Informationskampagnen, Erziehung und Medien gestärkt werden, um die Diffusion von Innovationen zu fördern (vgl. Lens et al. 2001, S. 522 ff.). Auch Jeffrey et al. stellen einen Zusammenhang fest zwischen der Wahrnehmung von Wasserknappheit und der Bereitschaft, aufbereitetes Wasser zu verwenden (2003, S. 112). Larsen et al. bemerken in ihrer Untersuchung zur Akzeptanz von Trenntechnologien zur Urinseparierung fest, dass die spezifische Problematik, für die diese Technologien eine Lösung bieten, nicht sehr offensichtlich ist, da diese verbunden ist mit „invisible impairments of the ecological aquatic communities, with long-term exhaustion of phosphate resources and slowly increasing levels of heavy metals in agricultural soil, and with abstract concepts of a more efficient and modern way of dealing with water-born wastes“ (2003, S. 13). Hinderlich für die Diffusion von Innovationen zur Lösung von Umweltproblemen dürfte auch sein, wenn Entscheidungsträger nur einen geringen Einfluss ihrer Entscheidung auf die Lösung von Problemen sehen (vgl. Asakawa 2004).

Ein typisches Beispiel für die Relevanz der Wahrnehmung von Problem und Problemlösungskapazität von Innovationen ist im Zusammenhang mit Untersuchungen von Preiselastizitäten zu finden. Im Zentrum der Ermittlung von Preiselastizitäten steht die Wahrnehmung der Wasser- und Abwasserkosten über Gebührenrechnungen oder Beitragsbescheide. Zunächst ist eine haushaltsspezifische Abrechnung auf der Basis eines gemessenen Verbrauchs Voraussetzung dafür, dass Kostenaspekte überhaupt in die Innovationsentscheidungen der Verbraucher einfließen (vgl. Gordon-Walker et al. 2002, S. 41 f.; Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2000, S. 14). Trotz einer verbrauchsabhängigen Gebührenrechnung ist jedoch nicht notwendigerweise davon auszugehen, dass die Haushalte sich der Höhe ihrer Rechnung, der Kostenstruktur und damit auch der Möglichkeit der Beeinflussung dieser Kosten bewusst sind. Dies zeigt die Diskussion um die Verwendung des Mengen- oder Durchschnittspreises bei der Ermittlung von Preiselastizitäten, bei der einige Autoren davon ausgehen, dass der Verbraucher nur die Höhe der Gesamtrechnung kenne, andere annehmen, dass eher der Mengenpreis wahrgenommen werde (vgl. Barkatullah 2002, S. 6 ff.).

Einen Ansatz, der stärker auch spätere Phasen des Entscheidungsprozesses von Haushalten im Wasserbereich beinhaltet, bieten Söderberg et al. (2002). Diese entwickeln ein Konzept zur Bewertung der Nachhaltigkeit von urbanen Wassersystemen, das im Wesentlichen die Aspekte

‚motivation‘, ‚ability‘ und ‚opportunity‘ beinhaltet. Der Aspekt der Motivation beruht auf der Tatsache, dass gerade bei Innovationen, die eine Veränderung von Verhaltensweisen und eingespielten Routinen erfordern, eine ausreichende Motivation eine wichtige Voraussetzung für eine erfolgreiche Annahme von Innovationen ist. Der Aspekt der ‚ability‘ bezieht sich auf die Verfügbarkeit immaterieller Ressourcen eines Haushaltes. Dazu gehört beispielsweise das Wissen über die praktische Anwendung der Innovation, die Fähigkeit Routinen zu ändern und die Entscheidungs-, Organisations- und Durchsetzungsstruktur innerhalb eines Haushaltes. Dieser Aspekt berührt damit auch die ‚implementation stage‘ sowie die ‚confirmation stage‘, da Innovationen auch innerhalb eines Haushaltes von den einzelnen Mitgliedern akzeptiert und dauerhaft angenommen werden müssen. So können etwa Urinseparierstoiletten daran scheitern, dass nicht alle Nutzer sich dauerhaft an die technischen Nutzungsanforderungen halten, sondern in alte Routinen zurückfallen und damit die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems gefährden. Der Aspekt der ‚opportunity‘ umfasst die physikalischen Voraussetzungen für die dauerhaft erfolgreiche Anwendung der Innovation und ist stark durch die technische Struktur der Innovation geprägt. Dazu gehören neben der Verfügbarkeit und Betriebsstabilität einer Technologie auch die Transparenz der Funktionsweise und die Sichtbarkeit von Funktionsproblemen, die Lernprozesse hinsichtlich des richtigen Gebrauchs der Innovation fördern. Diese von Söderberg et al. aufgeführten Aspekte machen deutlich, dass eine positive Innovationsentscheidung nicht allein vom Bekanntheitsgrad einer Innovation abhängt und dass die Umsetzung einer Innovation nicht mit der Anschaffung endet, sondern im praktischen Einsatz bestätigt und verstetigt werden muss. Auch Lindsey betont allgemein für die Förderung der Verbreitung von präventiven Umwelttechnologien, dass der ‚knowledge stage‘ im Verhältnis zu späteren Stufen, insbesondere der Implementierung zu viel Gewicht beigemessen wird. Wichtig seien die Entwicklung von soliden technischen Prinzipien und eine Unterstützung der Implementierung von Innovationen beispielsweise in Form von Pilotversuchen und Demonstrationsvorhaben (1999, S. 34 ff.). Diese können die Kompatibilität mit bestehenden Strukturen und die Praxistauglichkeit der Innovationen unter Beweis stellen und sind damit besonders geeignet, Entscheidungsträger zu überzeugen.

### **2.5.5 Kommunikationsprozesse**

Über die Rolle von Kommunikationsprozessen und sozialen Netzwerken in der Diffusion von Innovationen gibt es im Wasser- und Abwasserbereich kaum Informationen. An verschiedenen Stellen wird die Bedeutung der Informationsvermittlung über Existenz, Eigenschaften und Implementierung von Innovationen hervorgehoben. Welche Akteure über eine solche Informationsvermittlung erreicht werden können, welche Bedeutung persönliche und lokale Kontakte haben und inwiefern mit Bandwagon-Effekten zu rechnen ist, war bislang nicht Gegenstand von Untersuchungen. Lediglich in Einzelfällen finden sich Hinweise auf derartige Prozesse, etwa bei Lens et al., die feststellen, dass die Heterogenität zwischen Standorten ebenso wie soziale Heterogenität die Diffusion von Innovationen erschweren kann bzw. dazu führen kann, dass Innovationen von Personen imitiert werden, für die diese Innovationen eigentlich ungeeignet sind (vgl. Lens et al. 2001, S. 529, 535, 543).

Auch in anderen Forschungsbereichen finden solche sozialen Prozesse in der Literatur eher wenig Beachtung. Dies dürfte daran liegen, dass derartige Untersuchungen sehr detailliert die Struktur der sozialen Netze einzelner Personen oder Haushalte und deren Kommunikationsprozesse erheben müssten und daher relativ aufwendig wären. Eine Ausnahme bildet die Untersu-

chung von Diffusionsprozessen in Entwicklungsländern, wo Massenmedien eine weitaus geringere Rolle spielen und Informationen über Innovationen in erster Linie über direkte Kontakte weitergegeben werden. Berger (2001) etwa entwickelt ein Simulationsmodell für die Verbreitung von Innovationen, das für die Untersuchung der Auswirkungen eines Freihandelsabkommens auf die chilenische Landwirtschaft verwendet wird. Das Verhalten von Landwirten wird dabei nicht wie bei herkömmlichen mathematischen Modellen auf übergeordneter Ebene aggregiert, sondern als individuelle Entscheidung modelliert, bei der Interaktionen zwischen Akteuren ebenso berücksichtigt werden wie die räumliche Dimension des Diffusionsprozesses. Die Interaktionen zwischen Akteuren beinhalten einen Austausch von Informationen zwischen Landwirten über die Verwendung neuer Technologien bzw. den Anbau bestimmter Produkte. Dieser Austausch findet entlang des sozialen Netzes der Landwirte statt, das sich hier im Wesentlichen auf benachbarte Landwirte erstreckt. Die Innovationsentscheidung beruht dabei neben einer Bewertung der Merkmale der Innovation auf einem ‚threshold‘-Ansatz. Die einzelnen Landwirte haben unterschiedlich hohe ‚adoption costs‘ und sind daher in unterschiedlichem Maße bereit, Innovationen anzunehmen oder abzulehnen. Diese Heterogenität hinsichtlich der Innovationsfreude drückt sich in unterschiedlichen Grenzwerten aus, die auf individueller Ebene eine ‚kritische Masse‘ von Akteuren im sozialen Netzwerk eines Landwirtes repräsentieren, die einen Landwirt dazu bringt, ebenfalls konkret über die Übernahme einer Innovation nachzudenken. Andere Beispiele für die Berücksichtigung von Kommunikationsprozessen im Diffusionsprozess sind etwa bei Deffuant et al. (2005), Munshi (2004) und Kottonau et al. (2004) zu finden.

Auch im Abwasserbereich ist nach einer ersten Einschätzung die Bedeutung von engen sozialen Kontakten relativ groß. Da zumindest Technologien im Sanitärbereich einen eher intimen Bereich berühren, sind sie selten Gegenstand von Gesprächen in der Öffentlichkeit. Sie sind zudem mit Ausnahme von öffentlichen Toiletten nur im Haus sichtbar und daher nur engeren Bekannten zugänglich. Gerade hier dürfte aber aufgrund des engen Vertrauensverhältnisses die bereits erfolgte Umsetzung einer Innovation durch Bekannte und deren positive Evaluation eine große Wirkung auf potenzielle Interessenten haben. Bei Anlagen im Außenbereich von Grundstücken, etwa bei Kleinkläranlagen oder Regenwassernutzungsanlagen ist von einer höheren ‚observability‘ auszugehen. Angesichts des intimen Charakters der Innovationen und der damit anzunehmenden großen Bedeutung der ‚near peers‘ im Diffusionsprozess scheint das Fehlen entsprechender Untersuchungen ein deutlicher Mangel im Verständnis der Diffusion von Innovationen im Abwasserbereich zu sein.

## **2.6 Schlussfolgerungen für die Simulation**

Zentrale Forschungsfrage der Arbeit ist es, die Breite der technischen, ökonomischen, ökologischen und sozialen Einflussfaktoren und Wechselwirkungen bei der Entwicklung des Systems der Abwasserbeseitigung zu erfassen. Damit sollen Verständnis- und Erklärungsansätze für die letztlich in ökologischer und ökonomischer Hinsicht unbefriedigende Entwicklung der Abwasserbeseitigung und die schleppende Verbreitung dezentraler Anlagen im ländlichen Raum der neuen Bundesländer ermittelt sowie Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Wie in den vorangegangenen Abschnitten gezeigt, können die beiden Theorieschulen der Großen Technischen Systeme sowie der Diffusion von Innovationen sowie deren Übertragung auf das Themenfeld der Abwasserbeseitigung hier wertvolle Hinweise geben. Im Folgenden wird zusam-



menfassend dargestellt, wie die einleitend beschriebenen Phänomene im ländlichen Raum der neuen Bundesländer basierend auf den theoretischen Erkenntnissen und dem bisherigen Forschungsstand zur Entwicklung der Abwasserbeseitigung verstanden werden können (Kapitel 2.6.1). Im Anschluss daran werden in Kapitel 2.6.2 diejenigen Aspekte abgeleitet, die in der Entwicklung des Simulationsmodells in Kapitel 4 berücksichtigt werden sollten, um die aus theoretischer Sicht relevanten Systemkomponenten und Systemeinflüsse abzubilden.

### **2.6.1 Zusammenfassung der Ergebnisse im Hinblick auf die Entwicklung der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer**

Die Entwicklung der öffentlichen Abwasserbeseitigung hat im ländlichen Raum der neuen Bundesländer offenbar innerhalb kurzer Zeit die für Große Technische Systeme typischen Entwicklungsphasen der Expansion und Stagnation durchlaufen. Der Aufbau des zentralen Abwasserbeseitigungssystems dürfte von der Annahme legitimiert worden sein, ökonomische und ökologische Skaleneffekte generieren zu können. Da Abwasserbeseitigungsanlagen mit hohen Kapital- und Fixkosten verbunden sind, können hohe Stückkosten durch eine große Nutzungsdichte vermieden werden. Die Bildung großer Einzugsgebiete dürfte aus diesem Grund als ökonomisch vorteilhafter gegenüber kleineren Einheiten angesehen worden sein. Zudem dürften größere Anlagen auch aufgrund der ihnen zugesprochenen höheren Reinigungsleistung bevorzugt worden sein (s. Kapitel 2.2.2.2 und 2.3.1, vgl. zudem bspw. Bucksteeg 1992, S. 16 f.). Neben diesen konkreten Abwägungsargumenten kann der Aufbau eines zentralen Entsorgungssystems in den neuen Bundesländern als Folge des vorherrschenden technologischen Paradigmas aufgefasst werden. Aufgrund der umfassenden und langjährigen Anwendung in den westlichen Bundesländern sowie auch in anderen europäischen Ländern dürfte die Übernahme dieses Systems von den Akteuren als selbstverständlich angesehen worden sein. Die Abwasserbeseitigung war als Aufgabe der öffentlichen Daseinsvorsorge definiert. Die Erfüllung dieser Aufgabe durch die Bereitstellung einer öffentlichen Abwasserbeseitigungsinfrastruktur entsprach der Zielsetzung, gleichwertige Lebensverhältnisse in allen Landesteilen zu schaffen und wurde auch als Voraussetzung für die wirtschaftliche Entwicklung gesehen. Eine zentrale Entsorgung dürfte daher auch von den Kommunen und Bürgern eingefordert worden sein. Auch das umfangreiche rechtliche und institutionelle Regelwerk sowie die mangelnde Verfügbarkeit als vergleichbar angesehener Technologien dürften alternative Systementwürfe verhindert haben. Die langjährigen Erfahrungen stetig wachsenden Wasserverbrauchs und wirtschaftlichen Wohlstands in den alten Bundesländern wurden auch für die neuen Bundesländer angenommen und ließen die Finanzierung der hohen Kosten unproblematisch erscheinen. Die erheblichen Unsicherheiten bezüglich der wirtschaftlichen und demographischen Entwicklung, die Variabilität des spezifischen Abwasseranfalls sowie die besonderen Rahmenbedingungen des ländlichen Raumes wurden in ihrer tatsächlichen Bedeutung nicht wahrgenommen oder falsch eingeschätzt. Die vorgezeichneten Entwicklungslinien wurden auf diese Weise weiterverfolgt (s. Kapitel 2.2.2.2, 2.2.3 und 2.3.2).

Die in der Folgezeit entstandenen Schwierigkeiten entsprechen den für Große Technische Systeme typischen Problemen. Einmal geschaffene Investitionen schaffen Tatsachen, die ein Abweichen vom begonnenen Entwicklungspfad erschweren. Mit der Universalisierung, dem flächenhaften Vordringen der öffentlichen Infrastruktur in Gebiete mit einer weniger günstigen

Nutzungsdichte entstehen hohe Kosten insbesondere im Zusammenhang mit der Erstellung der Kanalisation. Diesen Kosten steht ein deutliches Zurückbleiben der tatsächlichen im Verhältnis zur erwarteten Nutzungsintensität der Anlagen gegenüber. Aufgrund von Effizienzsteigerungen etwa durch den Einsatz Wasser sparender Sanitärarmaturen oder Haushaltsgeräte und aufgrund veränderter Verhaltensweisen sinkt der spezifische Abwasseranfall beträchtlich. Dies ist auch Folge der kostenintensiven Erschließung des ländlichen Raumes und der damit einhergehenden Erhöhung der Nutzungsgebühren. Der Rückgang des Abwasseranfalls wird verschärft durch einen Rückgang der Zahl der Nutzer als Folge der industriellen und demographischen Entwicklung. Diese Entwicklungen wurden aufgrund der langjährigen gegensätzlichen Entwicklungen in anderen Regionen sowie auch aufgrund andersgerichteter Hoffnungen nicht in erforderlichem Maße als Unsicherheiten in der Planung berücksichtigt. Sie führten insgesamt zu steigenden Stückkosten sowie den für die Stagnationsphase Großer Technischer Systeme typischen Auslastungsproblemen.

In dieser Problematik zeigte die öffentliche Abwasserbeseitigung ein ausgesprochenes technisches, ökonomisches und soziales Beharrungsvermögen. Aufgrund der hohen Nutzungsdauer der Anlagen und der technischen Komplexität kann die Kapazität der Infrastruktur nicht an die kurzfristig veränderten Verbrauchsmuster angepasst werden. Ein großer Teil der Gesamtkosten ist als Fixkosten nicht variabel. Kosten von Überkapazitäten können aber gebührenrechtlich nur eingeschränkt auf die Gebührenzahler umgelegt werden. Die konventionelle Lösung von Auslastungsproblemen ist die Akquirierung zusätzlicher Nutzer. Um Defizite zu verhindern, wird der Anlagenbetreiber bestrebt sein, den Auslastungsgrad zu erhöhen und weitere Siedlungen an die Kanalisation anzuschließen. Auch wenn dies aus Sicht des Betreibers der Infrastrukturanlagen ökonomisch rational ist, kann diese Strategie aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive unter Umständen ökonomisch ineffizient sein. Dies ist dann der Fall, wenn trotz der langfristig zu erwartenden Defizite die im gesamten Entsorgungsgebiet entstehenden Kosten bei einer zumindest teilweisen dezentralen Entsorgung geringer sind als bei einer Erhöhung des Auslastungsgrades der bereits errichteten Infrastrukturanlagen. Auf diese Weise kann das Gesamtsystem der Abwasserbeseitigung in dem betrachteten Entsorgungsgebiet in einem suboptimalen Zustand gefangen sein.

Die Erhöhung des Auslastungsgrades ist auch für den Entsorgungsträger ökonomisch nur so weit sinnvoll, wie die dabei entstehenden Kosten durch Gebühreneinnahmen gedeckt werden können. Da aber mit der Ausweitung der Kanalisation in den gering verdichteten Raum hinein hohe spezifische Kanallängen und damit hohe Kosten entstehen, kann dieses Vorgehen auf erhebliche Akzeptanzprobleme bei den Gebührenzahlern stoßen. Sofern aus politischen oder sozialen Gründen keine kostendeckenden Gebühren erhoben werden, ist die Wirtschaftlichkeit solcher Maßnahmen häufig fraglich. Von der konventionellen Lösung zur Behebung von Auslastungsproblemen abzurücken und dauerhafte Überkapazitäten und die daraus entstehenden Defizite zu akzeptieren, dürfte den beteiligten Akteuren schwer fallen. Ein Festhalten an einer Ausweitung des Anschlussgrades zur Erhöhung des Auslastungsgrades der Kläranlage ohne genaue betriebswirtschaftliche Kalkulation kann jedoch die Probleme verschärfen. Daher dürfte ein geringer Auslastungsgrad zwar Motor eines Festhaltens an der zentralen Entsorgungsstrategie sein. Hohe Kosten der Erschließung gering verdichteter Gebiete und eine begrenzte Akzeptanz hoher Gebühren dürften jedoch Gründe dafür sein, dass schließlich von einer Ausweitung der öffentlichen Infrastruktur Abstand genommen werden muss. Letztlich könnte auch die technische Verbesserung dezentraler Reinigungsanlagen die Legitimation für ein ausschließliches

Beharren auf die öffentliche Abwasserbeseitigung verringert haben. Damit gerät der Aufbau der öffentlichen Abwasserbeseitigung ins Stocken. (s. Kapitel 2.2.2.3, 2.2.3, 2.3.2 und 2.3.3)

Dass auch auf dezentraler Ebene die Errichtung von Kleinkläranlagen sowie die Sanierung von undichten Sammelgruben eher schleppend vonstatten ging, resultiert aus den individuellen Entscheidungen der Besitzer von Wohngebäuden. In diesen Entscheidungen dürfte der Einfluss der öffentlichen Infrastruktur jedoch ebenfalls eine nicht unerhebliche Rolle spielen. Bei bereits erfolgtem Anschluss an die Kanalisation sind die Bürger gefangene Kunden (s. Kapitel 2.2.3.3 sowie 2.3.1). Ergänzende Anlagen wie hausinterne Recyclinganlagen sind zwar möglich, jedoch häufig nicht rentabel. Ist der Aufbau eines zentralen Systems in Vorbereitung oder mittelfristig geplant, liegt die Situation recht ähnlich. Zwar ist die vorübergehende Installation eigener Anlagen unter Umständen möglich, jedoch dürfte die Investitionsbereitschaft gering sein, da mit dem erwarteten Anschluss an die Kanalisation eigene Investitionen wertlos werden. Da auch die Bürger dem technologischen Paradigma der Zeit folgen, das durch die weite Verbreitung der öffentlichen Abwasserbeseitigung in den westlichen Bundesländern und anderen europäischen Staaten gekennzeichnet war, dürften diese weitgehend von dem Aufbau eines zentralen Systems ausgegangen sein und eigene Investitionen daher nicht für notwendig erachtet haben. Mit den auftretenden Problemen der zentralen Abwasserbeseitigung war der weitere Ausbau des zentralen Systems zwar nicht mehr alternativlos, stellte jedoch zumindest eine große Unsicherheit dar, zumal nach der bisherigen Erfahrung Entsorgungsträger an dem Ausbau des zentralen Systems relativ lange festhielten. Damit ist die Entscheidung einzelner Grundstücksbesitzer zur Investition in dezentrale Anlagen weitgehend als kontingente Entscheidung einzustufen, der die Infrastrukturplanung des Entsorgungsträgers vorgelagert ist (s. Kapitel 2.4.7, 2.5.3).

Jenseits des Einflusses der öffentlichen Abwasserbeseitigung lässt die Literatur zur Diffusion von Innovationen darauf schließen, dass die Investitionsentscheidungen der Grundstücksbesitzer auf der Grundlage einer Abwägung von subjektiven Entscheidungskriterien in der individuellen Situation getroffen werden. Die dargestellten theoretischen und literaturbasierten Erkenntnisse legen nahe, dass Kostenaspekte dabei eine zentrale Rolle spielen. Dabei dürften nicht nur die Gesamtkosten der verschiedenen Technologien, sondern auch die Investitionskosten entscheidungsrelevant sein. Es ist zu vermuten, dass diese aufgrund der geringen Eigenkapitalausstattung und der hohen Arbeitslosigkeit in den neuen Bundesländern eine gewisse Investitionsbarriere darstellen. Die Bedeutung, die den Kostenaspekten in der Bewertung von Investitionsalternativen zukommt, dürfte je nach Haushaltsgröße und Prioritätensetzung variieren. Da es sich bei Abwasserbehandlungsanlagen um Anlagen des Umweltschutzes handelt, ist anzunehmen, dass neben Kostenaspekten insbesondere auch umweltbezogene Aspekte wie die Reinigungsleistung der Anlagen eine Rolle spielen (s. Kapitel 2.4.2, 2.5.2). Dass noch immer ein Teil der Sammelgruben aus der Vorwendezeit nicht saniert oder ersetzt worden ist, kann demnach sowohl auf Finanzierungsprobleme wie auf ein mangelndes Umweltbewusstsein zurückgeführt werden. Für die Erklärung der relativ zögerlichen Verbreitung dezentraler Anlagen kann darüber hinaus auch die Relevanz eines mehrstufigen Entscheidungsprozesses herangezogen werden. So könnten die mangelnde Kenntnis der mit einer Neuinvestition verbundenen Vorteile sowie ein mangelndes Bewusstsein der gesetzlichen Anforderungen Investitionen verhindern (s. Kapitel 2.4.3, 2.5.3). Dies dürfte insbesondere in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung größere Bedeutung gehabt haben. Schließlich mag die geringe Verbreitung dezentraler Anlagen auch darauf zurückzuführen sein, dass offenbar noch keine kritische Masse erreicht ist, die bestimmte Grundstücksbesitzer aufgrund einer stärkeren Verbreitung dezentraler Anlagen in deren sozialen Netzwerken zu einer Investition bewegen oder zumindest eine Überlegung in diese Richtung

anstoßen könnte. Gemäß den Erfahrungen aus anderen Bereichen ist zu vermuten, dass ein hoher Verbreitungsgrad von technologischen Innovationen ein großes Informationspotenzial für potenzielle Interessenten beinhaltet sowie einen gewissen sozialen Druck aufbaut und damit eine weitere Verbreitung der Technologie forciert. Fehlt diese kritische Masse, findet die Innovation nur eine geringe Verbreitung (s. Kapitel 2.4.4, 2.4.5 und 2.5.5). Die Verbreitung dezentraler Kleinkläranlagen kann schließlich auch durch den Einsatz der öffentlichen Hand beeinflusst werden. Hier sind zum einen Fördermittel zu nennen, die in erster Linie Kostenaspekte beeinflussen. Hinzu kommen aber auch Maßnahmen wie Informationsvermittlung und Beratung sowie ordnungsrechtliche Maßnahmen, die die zunächst optionale Entscheidung einzelner Grundstücksbesitzer mit nicht ordnungsgemäßen Anlagen in eine hierarchische Entscheidung verwandeln und zu einer Investition zwingen. Daher ist anzunehmen, dass ein weitreichender Einsatz der öffentlichen Hand die Verbreitung von Kleinkläranlagen erheblich stärken kann.

## **2.6.2 In der Simulation zu berücksichtigende Aspekte**

Die Erkenntnisse aus den beiden Theoriebereichen der Großen Technischen Systeme sowie der Diffusion von Innovationen legen nahe, dass die Entwicklung der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer wesentlich durch das Zusammenspiel des Ausbaus einer zentralen Abwasserbeseitigungsinfrastruktur und der individuellen Investitionsentscheidung der Grundstücksbesitzer geprägt ist. Hinsichtlich des Ausbaus der zentralen Infrastruktur treten Lock-In Effekte auf, die trotz individuell rationaler Entscheidungen des Entsorgungspflichtigen das Gesamtsystem in einen suboptimalen Zustand führen können. Grundlage für die Fehlentwicklungen kann insbesondere eine mangelnde Berücksichtigung von Unsicherheiten wie der Bevölkerungsentwicklung und des spezifischen Abwasseranfalls sein. Diese Zusammenhänge sind in das im Rahmen dieser Arbeit zu entwickelnde Simulationsmodell zu integrieren. Hinsichtlich der Investitionstätigkeit der Grundstücksbesitzer sind die im Entscheidungsprozess relevanten Kriterien und deren Gewichtung sowie die Bedeutung des sozialen Systems zu berücksichtigen.

Das Simulationsmodell sollte daher folgende Aspekte beinhalten:

- die Struktur des ländlichen Raumes, die wesentlich geprägt ist durch eine geringe Bevölkerungsdichte und eine disperse Siedlungsstruktur
- die Ausgangssituation der Abwasserbeseitigung nach der Wiedervereinigung, die geprägt ist durch eine hohe Verbreitung von nicht ordnungsgemäßen Sammelgruben und das Fehlen einer öffentlichen Infrastruktur
- eine zunächst weitgehend auf die zentrale Entsorgung ausgerichtete Strategie des Entsorgungspflichtigen
- die Dimensionierung der öffentlichen Infrastrukturanlagen basierend auf einer Bevölkerungsprognose und der Annahme eines bestimmten spezifischen Abwasseranfalls
- die Kostenstruktur der öffentlichen Abwasserbeseitigung, insbesondere die hohen Kapitalkosten sowie der hohe Fixkostenanteil an den Gesamtkosten
- die tatsächliche negative demographische Entwicklung
- die Veranschlagung von Gebühren

- die tatsächliche Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls bei den Wohneinheiten insbesondere als Folge der Einführung und Entwicklung von Abwassergebühren
- die Entstehung von Defiziten aufgrund von Überkapazitäten
- die Entstehung von Akzeptanzproblemen bei den Wohneinheiten hinsichtlich des Gebührenniveaus und weiterer Kanalisierungsprojekte
- die Entstehung von Defiziten aufgrund der Begrenzung des Gebührensatzes auf ein sozialverträgliches Maß
- die Entscheidung des Entsorgungspflichtigen, aufgrund von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von einer zentralen Entsorgung abzusehen
- das Technologiespektrum der dezentralen Anlagen und deren Kosten und Reinigungsleistung
- die Heterogenität von Wohneinheiten, die zu unterschiedlichen Ausprägungen und Gewichtungen von Entscheidungskriterien bei der Investition in dezentrale Anlagen führt
- die Wirkung des Verbreitungsgrades von Anlagen auf die Investitionsentscheidung von Wohneinheiten



---

## 3 Die Entwicklung der Abwasserbeseitigung in Brandenburg – Einführung in die Fallstudie

Als Fallstudie für die detailliertere Untersuchung der Einflussfaktoren bei der Entwicklung der Abwasserbeseitigung und der Verbreitung dezentraler Anlagen im ländlichen Raum der neuen Bundesländer wird in dieser Arbeit der ländliche Raum des Landes Brandenburg herangezogen. Diese Fallstudie entspricht den in Kapitel 1.3.3 entwickelten Kriterien. Brandenburg ist ein äußerst gering verdichtetes Bundesland; große Teile des Landes sind ländlich geprägt; es finden sich viele kleinere, weit verstreute Siedlungen. Hier lässt sich die eingangs skizzierte Entwicklung der Abwasserbeseitigung, ausgehend von einer äußerst mangelhaften Reinigung des anfallenden Abwassers über einen zügigen Aufbau einer öffentlichen Infrastruktur bis hin zu steigenden Gebührensätzen sowie Auslastungs- und Akzeptanzproblemen aufgrund eines deutlichen Rückgangs der zu behandelnden Abwassermengen sehr deutlich nachvollziehen. Gleichzeitig spielt die dezentrale Abwasserbeseitigung bereits eine gewisse Rolle. Jedoch sind auch weiterhin noch erhebliche Anstrengungen für die Sanierung undichter Altanlagen nötig, während das Potenzial von Kleinkläranlagen noch nicht ausgeschöpft wird.

Damit scheint diese Fallstudie geeignet zu sein, die Komplexität der Diffusion von Innovationen im Abwasserbereich im Allgemeinen sowie konkret die Problematik der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer aufzuzeigen. Sie bietet eine gute Basis für die Anwendung eines Simulationsmodells zur weiteren Untersuchung der Problemsituation. Im Folgenden soll zunächst ein Überblick über die wesentlichen Aspekte gegeben werden, die die Entwicklung der Abwasserbeseitigung in Brandenburg geprägt haben.

### 3.1 Zustand der Abwasserbehandlung nach der Wiedervereinigung

Ausgangspunkt der Entwicklung der Abwasserbehandlung in Brandenburg nach der Wiedervereinigung war eine deutlich sanierungs- und investitionsbedürftige Abwasserbehandlung und die Einführung hoher gesetzlicher Standards, die die Verantwortlichen vor große Herausforderungen stellte. Der Anschlussgrad an die öffentliche Abwasserbehandlung per Kanalisation lag 1990 bei lediglich 53,5% (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 6). Zum Vergleich: Im früheren Bundesgebiet lag der Anschlussgrad 1991 bei 92%. Bezogen auf die Zahl der Gemeinden kann man gemäß einer Untersuchung im Auftrag des Umweltbundesamtes davon ausgehen, dass lediglich 14% der Gemeinden in der ehemaligen DDR über einen Anschluss an eine Kläranlage verfügten. Die bestehenden Kläranlagen wiesen häufig nur eine unzureichende technische Ausstattung mit einer mechanischen (~38% der Anlagen) oder z.T. einfachen Verfahren einer mechanisch-biologischen (~61% der Anlagen) Reinigung auf. Die bundesdeutschen Anforderungen und Richtlinien wurden nur von einigen wenigen Anlagen erfüllt (vgl. Brodtmann et al. 1991, S. 13; Engstfeld 1992, S. 5; KfW. Abteilung Unternehmenskommunikation 2000, S. 17). Bei den nicht an die Kläranlage angeschlossenen Gemeinden existierten zum Teil so genannte Bürgermeisterkanäle, mit denen das Abwasser aus Gründen der Ortshygiene ohne eine Reinigung an weiter entfernten Stellen in die Umwelt geleitet wurde. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes

lag der Anteil der Gemeinden mit Kanalisation in Brandenburg jedoch insgesamt bei nur etwa 15% (Neue Bundesländer: 44%). Auch die Kanalisation war stark sanierungsbedürftig (vgl. Statistisches Bundesamt 1991, S. 23). Engstfeld schätzt 1992 den Investitionsbedarf der öffentlichen Abwasserbeseitigung in Brandenburg insgesamt auf 21,4 Mrd. DM (1992, S. 5).

Regional bestanden bei der Ausstattung mit öffentlicher Infrastruktur der Abwasserbeseitigung große Unterschiede. Diese war größtenteils beschränkt auf größere oder stark industrialisierte Gemeinden. Im ländlichen, peripheren Raum und in kleineren Gemeinden existierten Kanalisation und Kläranlage nur in seltenen Fällen. In den Landkreisen des ländlichen Raums waren Anschlussgrade von deutlich unter 20% keine Ausnahmen (vgl. Cattien 1998, S. 169). Das Abwasser wurde stattdessen in der Regel in grundstücksbezogenen Anlagen zunächst gesammelt und dann in die Umwelt abgeleitet. „Der übliche Entsorgungsweg sind Mehrkammergruben bzw. noch häufiger mehr oder weniger ‚geschlossene‘ Sammelgruben, die unregelmäßig geleert werden. Die ‚Entsorgung‘ erfolgt im günstigsten Fall durch Ablass in Kläranlagen (relativ selten) oder Ausbringung auf landwirtschaftliche Flächen. Ansonsten wird das Abwasser in sogenannten ‚Verkipfstellen‘ punktuell in Wald oder Luch verbracht“ (Platzer 1992, S. 31). Die vorhandenen privaten Anlagen waren aufgrund ihres Alters und der lange Zeit vernachlässigten Instandhaltung häufig undicht und nicht mehr funktionstüchtig (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003b, S. 4).

### 3.2 Gesetzliche Anforderungen

In dieser Situation hat die Wiedervereinigung bzw. der Prozess der Rechtsangleichung die Verbesserung der bestehenden wasserwirtschaftlichen Defizite als akuten Handlungsbedarf der kommunalen Gebietskörperschaften rechtlich verbindlich festgeschrieben. Bereits mit Einführung der Kommunalverfassung der DDR im Mai 1990 wurde die Abwasserbehandlung zur pflichtigen Selbstverwaltungsaufgabe der Kommunen, nachdem in der DDR die Verantwortung aufgrund der Struktur des demokratischen Zentralismus und der Weisungsbefugnis höherer Ebenen bei den VEB WAB<sup>4</sup> und letztlich beim Umweltministerium lag. Die neuen Aufgaben wurden somit unvermittelt, ohne Übergangsphase von höheren Ebenen auf die in Belangen der Abwasserbeseitigung unerfahrenen Kommunen übertragen. Spätestens mit Beitritt der DDR zur BRD am 3. Oktober 1990 erlang das bundesdeutsche Recht (zunächst mit Ausnahme der auf Länderebene zu regelnden Tatbestände) auch in den neuen Bundesländern Gültigkeit. Besonders bedeutsam waren die nicht mit ökonomischen Gesichtspunkten abwägbare generelle Pflicht zur Abwasserbeseitigung nach §18a WHG in Verbindung mit der Notwendigkeit, Anlagen nach dem Stand oder den Regeln der Technik zu betreiben, sowie absolute Grenzwerte für die in ein Gewässer eingeleiteten Schadstoffkonzentrationen gemäß §7a WHG und Rahmen-Abwasser-Verwaltungsvorschrift (Rahmen-AbwasserVwV)<sup>5</sup>. Eine Übertragung der Abwasserbeseitigungspflicht auf Private, insbesondere die Grundstücksnutzer war im Gegensatz zum DDR-Recht nur unter eng definierten Ausnahmebedingungen möglich. Zudem förderte die Abwasser-

---

<sup>4</sup> Volkseigener Betrieb Wasser, Abwasser, Bewässerung / Wasserversorgung und Abwasserbehandlung

<sup>5</sup> Allgemeine Rahmen-Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer – Rahmen-AbwasserVwV – vom 8. September 1989 (GMBI. S. 518).



abgabe nach den Bestimmungen des Abwasserabgabengesetzes (AbwAG)<sup>6</sup> den Ausbau der zentralen Infrastruktur, da eine Verringerung der selbst bei Existenz einer ordnungsgemäßen Abwasserbeseitigung grundsätzlich anfallenden Zahlungen nur durch die Verrechnung mit Investitionsaufwendungen erfolgte. Da das bundesdeutsche Haftungsrecht auch eine ordnungs- und strafrechtliche Haftung wegen Unterlassung vorsah, sahen sich die Kommunen gezwungen, innerhalb kürzester Zeit mit dem Aufbau einer Abwasserbeseitigungsinfrastruktur zu beginnen. (vgl. Engstfeld 1992, S. 5; Cattien 1998, S. 143-187)

1991 wurde die Handlungsnotwendigkeit gestützt durch den Erlass der Europäischen Kommunalabwasserrichtlinie<sup>7</sup>. Diese sieht in Abhängigkeit der Größenordnung der Gemeinden und der Empfindlichkeit der Gewässer (Brandenburg gehört vollständig zu den empfindlichen Gebieten) Fristen zur Umsetzung einer geeigneten Abwasserbehandlung vor. Für Brandenburg bedeutete dies, bis 1998 in Gemeinden über 10.000 Einwohnern eine Abwasserreinigung mit Nährstoffreduzierung und in Gemeinden ab 2.000 Einwohnern eine biologische Abwasserreinigung sicherzustellen. In Gemeinden unter 2.000 Einwohnern muss das in eine öffentliche Kanalisation eingeleitete Abwasser einer geeigneten Abwasserreinigung zugeführt werden. Die Richtlinie sieht in der Regel die Errichtung einer Kanalisation vor. Wenn jedoch „die Errichtung einer Kanalisation nicht gerechtfertigt [ist], weil sie entweder keinen Nutzen für die Umwelt mit sich bringen würde oder mit übermäßigen Kosten verbunden wäre, [...] sind individuelle Systeme oder andere geeignete Maßnahmen erforderlich, die das gleiche Umweltschutzniveau gewährleisten“ (Kommunalabwasserrichtlinie, Artikel 3 Abs. 1).

### **3.3 Aufbau der öffentlichen Infrastruktur**

Entsprechend des wasserwirtschaftlichen und rechtlichen Handlungsbedarfs sind die Kommunen bzw. die in Brandenburg häufig gebildeten Zweckverbände, denen die Abwasserbeseitigungspflicht übertragen wurde, tätig geworden und haben mit der Planung und dem Bau einer öffentlichen Abwasserbeseitigungsinfrastruktur begonnen.

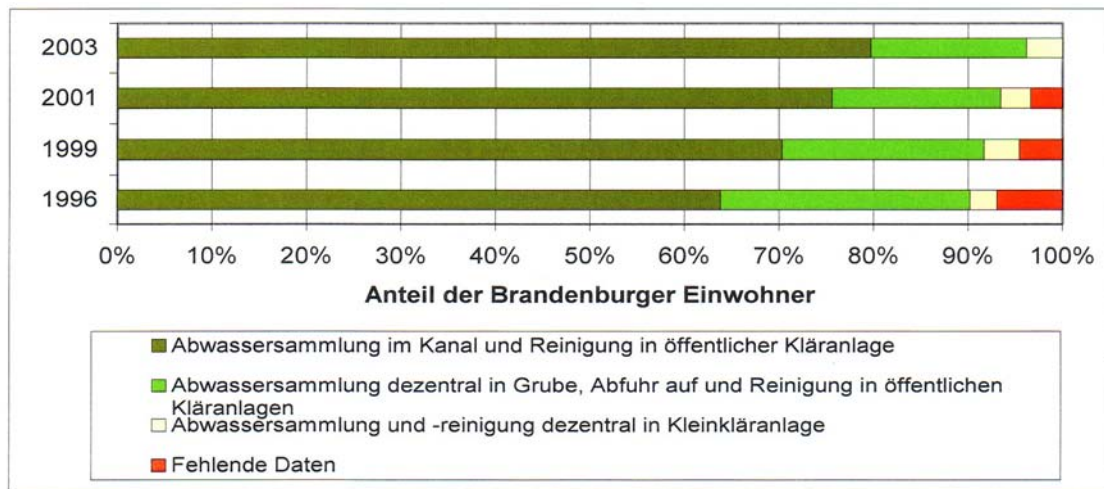
Der Aufbau der zentralen Infrastrukturanlagen war mit immensen Investitionen verbunden. Die genauen Investitionssummen sind nicht bekannt. Einen Anhaltspunkt bietet das Anlagevermögen, das 1999 5,22 Mrd. DM betrug, wobei die Summe bereits um die jährlichen Abschreibungen gekürzt ist (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2000b). Kläranlagen wurden saniert und aufgerüstet oder neu errichtet. 1999 verfügten bereits 94% der Anlagen mindestens über eine biologische Reinigung; 37% der Anlagen waren bereits mit einer Nährstoffelimination ausgestattet (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 9). Auch die Kanalisierung wurde schnell vorangetrieben. Bis 1999 wurde der Anschlussgrad an die öffentliche Kanalisation mit Kläranlagenanschluss von 53,5% im Jahr 1990 auf gut 70% erhöht. Im Jahr 2003 lag sie bereits bei knapp 80% (ebd., S. 3; s. Abbildung 4).

---

<sup>6</sup> Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz - AbwAG) vom 6.11.1990 (BGBl. I, S. 2432).

<sup>7</sup> Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Kommunalabwasserrichtlinie).

**Abbildung 4: Entwicklung des Anschlussgrades in Brandenburg**



Quelle: (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 3)

Der Aufbau der Infrastruktur zielte in erster Linie auf die Schaffung großflächiger Entsorgungsstrukturen mit großen Kläranlagen und langen Kanalisationsnetzen. Dass die Infrastruktur auf eine zentral organisierte Struktur und weniger auf Kläranlagen für einzelne Ortschaften oder kleinere Zusammenschlüsse ausgerichtet wurde, wurde nicht zuletzt durch Äußerungen und planerische Vorarbeiten des Umweltministeriums in Zusammenarbeit mit den Kreisverwaltungen beeinflusst (vgl. Cattien 1998, S. 200; Engstfeld 1992, S. 6). Für ein zentrales System im Vergleich zu einem semizentralen System sprachen nach Gnausch die einfachere Organisation von Überwachung und Betrieb einer einzelnen Anlage, die höhere Rentabilität von Automatisierungstechnik und qualifiziertem Personal, die höhere Betriebsstabilität größerer Anlagen, die Möglichkeit einer Fäkalschlammannahme für umliegende Gemeinden und die Konzentration der Gewässerbelastung auf einen leistungsstarken Vorfluter (1992, S. 9; vgl. auch Bucksteeg 1992, S. 16 f.). Etwaige Vorteile kleinteiliger Lösungen, nämlich die Stärkung des natürlichen Wasserkreislaufs, eine Verringerung des Klärschlammes und dessen Belastung sowie geringe Kosten für die Kanalisation (vgl. Gnausch 1992, S. 9; Platzer 1992, S. 31), wurden offenbar geringer gewichtet.

Während der Erstellung der Kanalisation, die sich über mehrere Jahre hinzog, mussten in Ergänzung zur zentralen Kläranlage notwendigerweise gewisse dezentrale Strukturen aufrechterhalten werden. Das Abwasser von nicht an die Kanalisation angeschlossenen Grundstücken wurde und wird dabei in zum Teil bestehenden, zum Teil sanierten oder neu errichteten Sammelgruben gesammelt, abgepumpt und per „rollendem Kanal“ von einem LKW zur Reinigung in eine zentrale Kläranlage abgefahren.

Die dezentrale Abwasserbehandlung mittels Kleinkläranlagen spielte bei den Überlegungen der Entsorgungsträger zunächst keine Rolle. Zum einen wurde die zentrale Abwasserbeseitigung im früheren Bundesgebiet und auch in anderen westeuropäischen Ländern als relativ alternative Standardlösung angesehen, die auf die neuen Bundesländer übertragen wurde. So wurde von den Verantwortlichen kein Grund gesehen, in den neuen Bundesländern und speziell in Brandenburg einen anderen Weg zu gehen. Zum anderen blieb nach damaliger Auffassung in der Fachliteratur, den Fachverbänden und den Umweltbehörden die Reinigungsleistung grund-

stücksbezogener Abwasserbehandlungsanlagen weit hinter der Reinigungsleistung zentraler Kläranlagen zurück und widersprach damit den Erfordernissen der Ortshygiene und des Gewässerschutzes. Sie wurden daher nur als befristete Behelfslösung in Ausnahmefällen akzeptiert. (vgl. Bucksteeg 1992, S. 15; Fehr 1992, S. 39; Abwassertechnische Vereinigung 1997, S. 13). Angesichts des geringen Anteils funktionstüchtiger Kleinkläranlagen oder Sammelgruben war zudem eine Übertragung der Abwasserbeseitigungspflicht auf die privaten Grundstücksnutzer kurzfristig kaum im großen Umfang möglich. Im Gegenteil erforderte die Tatsache bestehender Mängel auf privater Seite wiederum ein Tätigwerden der öffentlichen Hand (vgl. Cattien 1998, S. 187). Inwiefern sich Kleinkläranlagen dennoch verbreitet haben, wird in Abschnitt 3.6 skizziert.

### 3.4 Entstehende Probleme

Insbesondere im ländlichen, peripheren Raum kam es aufgrund einer Überlagerung mehrerer Faktoren zu teilweise erheblichen Problemen. Diese sind vor allem finanzieller Art, beinhalten aber auch technische und soziale Aspekte. Zentrales Element dieser Probleme ist die Entstehung einer Gebührenspirale und einer hohen Verschuldung. Die einzelnen Aspekte, die die Problematik speisen, werden im Folgenden erläutert.

#### 3.4.1 Kosten der Infrastrukturerstellung im ländlichen Raum

Brandenburg ist mit knapp 2,6 Millionen Einwohnern auf einer Fläche von etwa 29.000 km<sup>2</sup> und einer durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von 87 Einwohnern pro Quadratkilometer (1999) äußerst gering verdichtet (Bundesdurchschnitt: 230 Einwohner pro km<sup>2</sup>) und hat einen zum Teil ausgeprägten ländlichen Charakter. Während das Berliner Umland noch überdurchschnittlich dicht besiedelt ist, sind im äußeren Entwicklungsraum Brandenburgs deutlich geringere Bevölkerungsdichten von durchschnittlich 67 EW/km<sup>2</sup> zu verzeichnen (vgl. Gnausch 1992, S. 8; Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 11; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg et al. 2001, S. 7). Die Region ist durch eine äußerst disperse Siedlungsstruktur gekennzeichnet. Zum einen weist ein Großteil der Siedlungsgebiete nur geringe Einwohnerzahlen auf. So zählten zu Beginn der 1990er-Jahre 65% der 1.800 Brandenburger Gemeinden weniger als 500 Einwohner, einige sogar weniger als 100 Einwohner (vgl. Gnausch 1992, S. 8; s. auch Tabelle 2). Durch einige Gebietsreformen haben sich die Einwohnerzahlen der Gemeinden zwar statistisch erhöht, siedlungsstrukturell blieb die kleinteilige Struktur jedoch bestehen. Die disperse Struktur zeigt sich zum anderen auch in relativ großen Entfernungen zwischen den Siedlungsgebieten sowie in einer insbesondere in Wochenendhausgebieten relativ lockeren innerörtlichen Bebauung (vgl. Platzer 1992).

**Tabelle 2: Gemeindegrößenstruktur Brandenburgs 1990**

| Einwohner     | Prozentsatz der Gemeinden des Landes Brandenburg 1990 |
|---------------|---|
| unter 500     | 65%   |
| 500 – 1.999   | 25%   |
| 2.000 – 9.999 | 7%  |
| ab 10.000     | 3%  |

Quelle: (Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2004b)

Wie in Kapitel 2.3.3.1 erläutert, führt eine solch gering verdichtete Siedlungsstruktur bei einer Ausrichtung der Abwasserentsorgung auf ein zentrales und zudem großflächiges System zu einem sehr umfangreichen Kanalisationsnetz. Tabelle 3 zeigt die Entwicklung der Gesamtlänge der Kanalisation und der spezifischen Kanallänge pro an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner von 1990 bis 2003 in Brandenburg. Mit dem fortschreitenden Anschluss von Siedlungsgebieten an die Kanalisation, der sich zunehmend auch auf kleinere Gemeinden im Umkreis der Kläranlagen und gegenüber der bestehenden Wohnstruktur eher locker bebaute Neubaugebiete erstreckt (vgl. Landesregierung Brandenburg 2003, S. 7; Seiler et al. 2003, S. 13), steigt die spezifische Kanallänge erheblich an. 1989 lag die spezifische Kanallänge in Brandenburg mit 2,2 m/EW noch deutlich unter dem Bundesdeutschen Wert von 5,1 m/EW (vgl. Cattien 1998, S. 168). Obwohl sich auch im Bundesdurchschnitt ein tendenziell steigender Trend abzeichnet (1998: 5,97 m/EW; 2001: 6,35 m/EW; Statistisches Bundesamt 2004a, eigene Berechnungen), finden sich in Brandenburg spätestens ab 2001 überdurchschnittliche Werte. Bei einer weiteren Erhöhung des Anschlussgrades im ländlichen Raum dürfte die spezifische Kanallänge weiter zunehmen.

**Tabelle 3: Entwicklung der Kanalisation und der spezifischen Kanallängen 1990 bis 2003 in Brandenburg**

| Jahr | Einwohner | Anschlussgrad | Länge der Kanalisation in km | Spezifische Kanallänge in m pro angeschlossenem Einwohner |
|------|-----------|---------------|------------------------------|---|
| 1990 | 2.578.312 | 53,5%         | 5.400                        | 3,91  |
| 1991 | 2.542.723 | 53,7%         | 5.427                        | 3,97  |
| 1995 | 2.542.042 | 61,1%         | 7.601                        | 4,89  |
| 1997 | 2.573.291 | 66,5%         | 8.300                        | 4,85  |
| 1998 | 2.590.375 | 68,5%         | 10.684                       | 6,02  |
| 2001 | 2.593.040 | 75,6%         | 14.605                       | 7,45  |
| 2004 | 2.567.704 | 82,1%         | 16.896                       | 8,01  |

Quelle: Einwohner: (Amt für Statistik Berlin-Brandenburg 2006); Anschlussgrad: (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 6; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2002, S. 55; Statistisches Bundesamt 2004a; Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2007, S. 6); Kanallänge: (Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999b, S. 8; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2002, S. 55; Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2007, S. 7); spezifische Kanallänge: eigene Berechnungen

Bau und Instandhaltung der Kanalisation führen zu hohen Kosten, die in der Regel durch die Gebührenzahler zu tragen sind (vgl. KfW. Abteilung Unternehmenskommunikation 2000, S. 18). Im ländlichen Raum fallen etwa 70 bis 90% der Gesamtkosten der zentralen Abwasserbeseitigung für die Kanalisation an (vgl. Birle 1997, S. 28/2; Maus 2004, S. 17; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 10; Wilderer et al. 2001, S. 8). Hohe spezifische Kanallängen können das Kostenverhältnis von Abwasserbehandlung und Abwassertransport weiter zuungunsten der Abwasserbehandlung verschieben und insgesamt in die Höhe treiben.

### 3.4.2 Bevölkerungsentwicklung

Die Kosten für die zentrale Abwasserentsorgung müssen von den angeschlossenen Einwohnern über Gebühren und Beiträge finanziert werden. Mit einer Veränderung der angeschlossenen

Einwohnerzahlen verändert sich auch die Verteilungsbasis der anfallenden Kosten. Während im engeren Verflechtungsbereich von Berlin deutliche Bevölkerungsgewinne zu verzeichnen waren, hat sich die Bevölkerung im äußeren Entwicklungsraum Brandenburgs zwischen 1990 und 2000 um insgesamt 7,8% verringert, wobei Städte mit über 10.000 Einwohnern deutlich stärker betroffen waren (vgl. Tabelle 4). Dies hat im äußeren Entwicklungsraum zu einer Leerstandsquote von durchschnittlich 16,2% geführt (vgl. Landesregierung Brandenburg 2003, S. 7). Damit müssen die Kosten der Abwasserbeseitigung in Entsorgungsgebieten, die von einem Bevölkerungsrückgang geprägt sind, nunmehr von weit weniger Einwohnern getragen werden. In der Zukunft ist mit weiteren Einwohnerverlusten zu rechnen (vgl. Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg et al. 2003).

**Tabelle 4: Bevölkerungsentwicklung in Brandenburg 1990 bis 2000**

|  | EW 1990   | EW 2000   | Veränderung |       |
|--|-----------|-----------|-------------|-------|
|  |           |           | Personen    | %     |
| im Land Brandenburg                                | 2.589.385 | 2.601.962 | +12.577     | +0,5  |
| dar. engerer Verflechtungsraum (Umland Berlin)     | 784.583   | 937.822   | +153.239    | +19,5 |
| dar. äußerer Entwicklungsraum                      | 1.804.802 | 1.664.140 | -140.662    | -7,8  |
| in den Städten > 10.000 EW im Land BB (Stand 2000) | 1.407.318 | 1.286.885 | -120.433    | -8,6  |
| dar. im engeren Verflechtungsraum                  | 432.169   | 451.513   | +19.344     | +4,5  |
| dar. im äußeren Entwicklungsraum                   | 975.149   | 835.372   | -139.777    | -14,3 |

Quelle: (Landesregierung Brandenburg 2003, S. 3)

### 3.4.3 Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls

Über einen Verlust an Einwohnergleichwerten hinaus hat ein Rückgang des spezifischen Wasserverbrauchs zu einer weiteren Reduzierung der zu behandelnden Abwassermengen<sup>8</sup> geführt. In Tabelle 5 ist der spezifische Wasserverbrauch in Gesamtdeutschland, den neuen Bundesländern sowie Brandenburg aus verschiedenen Quellen soweit verfügbar als Zeitreihe dargestellt. Es zeigt sich, dass der spezifische Wasserverbrauch Anfang der 1990er-Jahre in den neuen Bundesländern allgemein auf einem vergleichbaren Niveau lag wie in Gesamtdeutschland. Bereits nach kürzester Zeit erfolgt jedoch in den neuen Ländern, darunter auch in Brandenburg ein starker Rückgang, der in Gesamtdeutschland deutlich geringer ausfiel. Da man davon ausgehen kann, dass der Wasserverbrauch vor der Wiedervereinigung bei über 200 l/(EW\*d) lag und insbesondere im ländlichen Raum in den letzten Jahren auf 50 bis 85 l/(EW\*d) zurückgegangen ist, fällt der Rückgang des spezifischen Wasserverbrauchs bzw. Abwasseranfalls im ländlichen Raum noch deutlich höher aus (vgl. Int ZV Pr, Int UWB PM; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999, S. 17; Lüderitz et al. 1999, S. 484; Cattien 1998, S. 200 f.).

<sup>8</sup> Der Abwasseranfall wird in dieser Arbeit über den Wasserverbrauch betrachtet, da zum einen keine adäquaten Daten über den Abwasseranfall vorliegen, zum anderen nach Rudolph 1996, S. 12 90% des Wasserverbrauchs auch als Abwasser anfallen. Nach Angaben vom Arnold 1992 (S. 46) ist zudem beim Abwasseranfall ein paralleler Trend in ähnlicher Größenordnung festzustellen.

**Tabelle 5: Entwicklung des Wasserverbrauchs**

| Wasserverbrauch in l/EW*d (von Haushalten und Kleingewerbe) |             |     |             |         |             |            |
|---|-------------|-----|-------------|---------|-------------|------------|
| Quelle  | Deutschland |     | Neue Länder |         | Brandenburg |            |
|   | a           | b,c | a           | d, e, f | a           | d, e, f, g |
| 1990  | 145         | 147 | 141         |         | 145         |            |
| 1991  | 139         | 144 | 118         | 141     | 116         | 143        |
| 1992  | 136         | 140 | 105         |         | 103         |            |
| 1993  | 136         | 134 | 107         |         | 105         |            |
| 1994  | 134         | 133 | 101         |         | 118         |            |
| 1995  | 132         | 132 | 100         | 100     | 110         | 114        |
| 1996  | 128         | 130 | 98          |         | 105         |            |
| 1997  | 130         | 130 | 96          |         | 103         |            |
| 1998  | 127         | 129 | 91          | 95      |             | 105        |
| 1999  |             | 130 |             |         |             |            |
| 2000  |             | 129 |             |         |             |            |
| 2001  |             | 128 |             | 94      |             | 102        |

Quellen: a: (Neumüller 2000, Anhang S. 26); b: (Schönbäck et al. 2003, S. 397); c: (Statistisches Bundesamt 2003, S. 15), d: (Statistisches Bundesamt 1991, S. 13); e: (Statistisches Bundesamt 1995, S. 15); f: (Statistisches Bundesamt 2004c); g: (Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2002, S. 44)

Für den deutlichen Rückgang des spezifischen Wasserverbrauchs gegenüber dem Verbrauch vor der Wiedervereinigung sowie gegenüber dem Gesamtdeutschen Niveau sind zwei Aspekte maßgeblich. Zum einen erfolgte nach der Wiedervereinigung in zahlreichen Wohnungen eine Modernisierung der Haustechnik. Obwohl die Modernisierung der Wohnungen auch einen Verbrauchserhöhenden Effekt durch die bessere Ausstattung mit Duschen und Bädern hat, dürfte der verringerte Wasserverbrauch der modernen Geräte den spezifischen Wasserverbrauch an das Niveau der westdeutschen Bundesländer angenähert haben. Die Reduzierung des spezifischen Wasserverbrauchs über das Westniveau hinaus ist jedoch in erster Linie auf die Entwicklung der Wasser- und Abwasserpreise zurückzuführen. Die Wasserpreise waren in der DDR mit 0,45 Mark/m<sup>3</sup> hoch subventioniert und wurden zudem ohne Wasserzähler pauschal abgerechnet (vgl. Schmidtke 2004, S. 22). Mit der Einführung annähernd kostendeckender Preise und durch die Gebührenerhöhungen der Folgejahre (s. folgender Abschnitt 3.4.4) wurden starke Sparanreize wirksam (vgl. Komar 1999, S. 9 f.; Leist 2003, S. 17; Rudolph 1997, Punkt 4). Zusammenfassend stellen Seiler et al. fest, dass der „Rückgang des spezifischen Trinkwasserbedarfs und somit Abwasseranfalls der Verbraucher [...] teils ökologisch, teils technologisch, überwiegend sicherlich preisbedingt verursacht [ist]“ (2003, S. 34; vgl. auch Kluge et al. 2003a, S. 45).

### 3.4.4 Gebührenentwicklung

Die Notwendigkeit einer hohen Investitionstätigkeit innerhalb kürzester Zeit in Verbindung mit den im ländlichen Raum ohnehin hohen Kosten der Infrastrukturerstellung führt notwendigerweise zu einem gegenüber Westdeutschen Sätzen hohen Gebührenniveau. Zwar wurde der Infrastrukturaufbau vom Land aus verschiedenen Mitteln finanziell unterstützt – in den Jahren 1990 bis 2002 mit etwa 870 Mio. Euro (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003b, S. 17). Cattien stellt jedoch fest, dass der insgesamt über Kredite finanzierte Anteil der Investitionskosten in Brandenburg deutlich höher lag als in den alten Bundesländern in den Jahren 1981 bis 1991 (1998, S. 196).

Die negative Bevölkerungsentwicklung hat ebenso wie eine Verringerung des spezifischen Abwasseranfalls darüber hinaus zu einem stetigen Gebührenanstieg geführt. Dem durch diese beiden Entwicklungen verursachten Rückgang des Abwasseranfalls steht aufgrund des hohen Fixkostenanteils von 75 bis 85% nicht in gleichem Maße eine Verringerung der Kosten gegenüber (vgl. Coburg et al. o.J., S. 4 f.; Herz et al. 2002b, S. 4; Cattien 1998, S. 25; Seiler et al. 2003, S. 14; Kluge et al. 2003a, S. A6). So sind die Abwassergebühren in Brandenburg von 1991 bis 1998 gegenüber einer Bundesdeutschen Steigerungsrate von 78% mit 127% deutlich überdurchschnittlich gestiegen. Insgesamt sind in den neuen Bundesländern, in denen die Entwicklung generell ähnlich verlaufen ist, hohe Gebührensätze relativ häufiger zu finden als in den alten Bundesländern (vgl. KfW. Abteilung Unternehmenskommunikation 2000, S. 16). Tabelle 6 gibt einen Überblick über die Gebührenentwicklung in Deutschland, den neuen Ländern und Brandenburg. Zum Vergleich sind auch die Wasserpreise mit dargestellt, die eine ähnliche Entwicklung nahmen. Die Daten beruhen direkt oder indirekt auf einer regelmäßigen Befragung des Bundesverbandes der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft, die trotz eingeschränkter Repräsentativität<sup>9</sup> die umfassendste und beinahe einzige Informationsquelle für die Entwicklung der Wasser- und Abwasserpreise sein dürfte.

**Tabelle 6: Entwicklung der Wasser- und Abwasserpreise**

| Wasser- und Abwasserpreise in Euro/m <sup>3</sup> |                    |                   |                   |                     |                   |                   |                     |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
|   | Deutschland        |                   |                   | Neue Länder         |                   | Brandenburg       |                     |
|   | Wasser             | Wasser            | Abwasser          | Wasser              | Abwasser          | Wasser            | Abwasser            |
| vor 1990  |                    |                   |                   | 0-0,23 <sup>h</sup> | 0 <sup>h</sup>    |                   |                     |
| 1990  |                    | 1,02 <sup>a</sup> |                   |                     |                   |                   |                     |
| 1991  |                    | 1,07 <sup>a</sup> | 1,37 <sup>a</sup> |                     | 1,22 <sup>a</sup> |                   |                     |
| 1992  | 1,18 <sup>b</sup>  | 1,11 <sup>a</sup> | 1,53 <sup>a</sup> | 1,04 <sup>a</sup>   | 1,49 <sup>a</sup> | 1,07 <sup>a</sup> |                     |
| 1993  |                    | 1,23 <sup>a</sup> | 1,77 <sup>a</sup> |                     | 1,84 <sup>a</sup> |                   |                     |
| 1994  |                    | 1,32 <sup>a</sup> | 1,98 <sup>a</sup> |                     | 2,02 <sup>a</sup> |                   |                     |
| 1995  |                    | 1,41 <sup>a</sup> | 2,15 <sup>a</sup> | 1,60 <sup>a</sup>   | 2,27 <sup>a</sup> | 1,30 <sup>a</sup> | > 2,56 <sup>j</sup> |
| 1996  |                    | 1,47 <sup>a</sup> | 2,25 <sup>a</sup> | 1,72 <sup>a</sup>   | 2,41 <sup>a</sup> | 1,39 <sup>a</sup> |                     |
| 1997  |                    | 1,50 <sup>a</sup> | 2,36 <sup>a</sup> | 1,77 <sup>a</sup>   | 2,66 <sup>a</sup> | 1,47 <sup>a</sup> | 3,10 <sup>a</sup>   |
| 1998  |                    | 1,53 <sup>a</sup> |                   | 1,83 <sup>a</sup>   |                   | 1,50 <sup>a</sup> |                     |
| 1999  |                    |                   | 2,18 <sup>b</sup> |                     | 2,54 <sup>b</sup> |                   |                     |
| 2000  | 1,68 <sup>l</sup>  |                   | 2,14 <sup>m</sup> |                     |                   |                   |                     |
| 2001  | 1,70 <sup>bk</sup> |                   | 2,18 <sup>i</sup> | 2,05 <sup>bk</sup>  | 2,60 <sup>i</sup> | 1,71 <sup>k</sup> |                     |
| 2002  | 1,72 <sup>l</sup>  |                   | 2,21 <sup>m</sup> |                     |                   |                   |                     |
| 2003  | 1,73 <sup>l</sup>  |                   | 2,27 <sup>m</sup> |                     |                   |                   |                     |

Quellen: a: (Neumüller 2000, Anhang S. 28; z.T. eigene Berechnungen in Verbindung mit S. 138); b: (Schönbäck et al. 2003, S. 398 f.); h: (Kopischke 1999, S. 62); i: (Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft et al. o.J.); j: (Cattien 1998, S. 2); k: (Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft 2001); l: eigene Berechnungen nach b und (Statistisches Bundesamt 2004b); m: eigene Berechnungen nach i und (Statistisches Bundesamt 2004b).

Wie bereits in Abschnitt 3.4.3 erwähnt, erzeugen die Gebührenerhöhungen für die Verbraucher weitere Sparanreize (vgl. z.B. Leist 2003; Seiler et al. 2003, S. 12). Dies bewirkt eine positive Rückkopplung zwischen Gebührenanstieg und sinkendem Wasserverbrauch. Die Anpassung des spezifischen Abwasseranfalls ist zugleich Grund und Folge der Gebührenentwicklung. Aus-

<sup>9</sup> Cattien macht darauf aufmerksam, dass neben dem generellen Problem der eingeschränkten Repräsentativität die Tatsache zu eher niedrigen Werten führen könnte, dass gerade Entsorgungsträger mit hohen Gebühren eine Publikation ihrer Gebührensätze vermeiden (Lüderitz, et al. 1999, S. 2).

druck dieses Mechanismus ist die Tatsache, dass sich die gesamte Jahresbelastung eines Haushalts im Vergleich zu der Gebührenentwicklung weniger stark erhöht als die Abwassergebühr selbst. Tabelle 7 zeigt, dass die durchschnittliche Jahresbelastung in den Neuen Bundesländern trotz höherer Gebühren geringer ist als in Gesamtdeutschland. Dass in Brandenburg die Belastung über der Belastung in den neuen Bundesländern liegt, könnte darauf hindeuten, dass die Höhe der Gebühren nicht durch einen sparsamen Wasserverbrauch kompensiert werden kann.

**Tabelle 7: Abwasser-Entgeltbelastung in Deutschland, den neuen Bundesländern und Brandenburg**

|      | Abwasser-Entgeltbelastung in DM/(EW*a) |                   |             |
|------|--|-------------------|-------------|
|      | Deutschland                            | Neue Bundesländer | Brandenburg |
| 1996 | 215                                    | 177               | 203         |
| 1997 | 228                                    | 208               | 263         |
| 1998 | 226                                    | 189               | 251         |
| 1999 | 222                                    | -                 | 269         |
| 2000 | 227                                    | 212               | 248         |

Quelle: (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 2005, eigene Darstellung)

### 3.4.5 Überkapazitäten und Schulden der entsorgungspflichtigen Körperschaften

Die Kapazitätsplanungen der Kläranlagen und Kanalisationen wurde auf die erwartete demographische und industrielle Entwicklung ausgerichtet. Wie in den Abschnitten 3.4.2 und 3.4.3 dargestellt, hat bereits nach kurzer Zeit eine deutliche Veränderung der wesentlichen Parameter stattgefunden, die in dieser Größenordnung von den Verantwortlichen nicht vorausgesehen werden konnte (vgl. Cattien 1998; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg o.J.-b). Obwohl 1990 bis 1992 noch keine offiziellen Prognosen der Bevölkerungsentwicklung vorlagen, dürfte ein derart starker Rückgang der Einwohnerzahlen nicht erwartet worden sein. Man dürfte im Gegenteil eher von gleich bleibenden bis steigenden Bevölkerungszahlen ausgegangen sein. Cattien stellt zumindest für den industriellen und gewerblichen Teil fest, dass es „eine historische Tatsache [ist], daß die Kommunen im späteren Beitrittsgebiet im allgemeinen eine überaus positive Wirtschaftsentwicklung den kommunalen Planungen zugrunde legten. Damit standen die Kommunen im Einklang mit den verantwortlichen Politikern in der DDR, den Bundespolitikern und weiten Teilen der Bevölkerung“ (1998, S. 244). Gleichzeitig beruhte der für die Kapazität der Anlagen herangezogene spezifische Abwasseranfall auf dem Erfahrungswert der Planungszeit. Eine Planung, die unter dem damals noch sehr hohen spezifischen Abwasseranfall geblieben wäre, hätte nicht den anerkannten Regeln der Technik entsprochen. Insbesondere gab es keinen Anlass, einen auch unter den Durchschnittswert der alten Bundesländer zurückgehenden spezifischen Wasserverbrauch anzunehmen (vgl. ebd., S. 200 ff.). Da sich die von den Annahmen abweichenden Trends erst etwa 1992 abzeichneten, die Planungen zu diesem Zeitpunkt jedoch größtenteils schon erfolgt waren (vgl. ebd., S. 249) und eine Änderung der Planungen zunächst nicht erfolgte, führte die fehlerhafte Einschätzung der Bevölkerungsentwicklung und der Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls zu teilweise erheblichen Überkapazitäten von Anlagen.

Darüber hinaus entstehen Überkapazitäten vorübergehender Art auch durch den sukzessiven Aufbau der Infrastruktur, der sich über mehrere Jahre hinziehen kann (vgl. Halbach 1997, S. 4). Wenn aufgrund der im Laufe der Zeit eingetretenen Veränderung der Rahmenbedingungen und einer zunehmenden Opposition gegen weitere Kanalisierungsprojekte (s. Abschnitt 3.4.6) von



einem Anschluss bestimmter Siedlungen an die Kanalisation abgesehen wird, führt dies zu dauerhaften Überkapazitäten.

Einen Überblick über die auf die Einwohnergleichwerte bezogenen Auslastungsgrade der Brandenburger Kläranlagen gibt Tabelle 8. Der durchschnittliche Auslastungsgrad konnte von gut 50% im Jahr 1991 deutlich erhöht werden und liegt 2001 bei 86%. Jedoch sind zwischen den Kreisen und kreisfreien Städten zum Teil erhebliche Unterschiede auszumachen. So schwankt der auf die Zahl der Einwohnergleichwerte bezogene Auslastungsgrad der Anlagen in den Kreisen und kreisfreien Städten 1998 – bis auf eine Ausnahme mit einer deutlichen Überlastung – zwischen 94 und 39% (vgl. Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2002, S. 24 f.). Aufgrund des Einflusses der Verringerung des spezifischen Abwasseranfalls dürften die auf die Abwassermenge bezogenen Überkapazitäten noch deutlich höher liegen.

**Tabelle 8: Durchschnittlicher Auslastungsgrad der Brandenburger Kläranlagen**

| Jahr | Durchschnittlicher Auslastungsgrad nach Einwohnergleichwerten |
|------|---|
| 1991 | 51%   |
| 1995 | 68%   |
| 1998 | 75%   |
| 2001 | 86%   |

(Statistisches Bundesamt 1995, S. 29; 1991, S. 27; 2003, S. 24; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2002, S. 24 f.)

Unabhängig davon, ob die Entstehung von Überkapazitäten hätte vorausgesehen werden können oder nicht, können diejenigen Kosten, die nicht entstanden wären, wenn die Anlage angemessen ausgelegt worden wäre<sup>10</sup>, abgesehen von gewissen Kapazitätsvorhaltungen nicht auf die Gebühren umgelegt werden (vgl. Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999b; Klusemann 1998; Cattien 1998, S. 41 ff.). Dies gilt sowohl für die Kapital- als auch für die Betriebskosten. Bei den Betriebskosten sind auch solche Aufwendungen nicht gebührenfähig, die aufgrund von zusätzlichen Maßnahmen zur Beseitigung der negativen technischen Auswirkungen von Überkapazitäten auf die Funktionsfähigkeit und Materialstabilität von Schwemmkanalisation und Kläranlage entstehen. Ein Rückbau von Anlagen zur Verringerung von Kosten ist nur bei sehr hohen Überkapazitäten möglich und sinnvoll. Zum einen erfolgt die Bevölkerungsentwicklung zumeist durch eine Ausdünnung des Wohnungsbestandes, die eine vollständige Außerbetriebnahme ganzer Kanalisationsstränge nicht ermöglicht. Zum anderen erzeugt ein Rückbau ebenfalls Kosten, die nicht gebührenfähig sind, während bestehende Verpflichtungen der Kapitalbereitstellung weiterhin erhalten bleiben. (vgl. Herz et al. 2002b, S. 5 f.; Hiessl et al. 2003, S. 3; Leist 2003, S. 17; Seiler et al. 2003, S. 14 ff.; Landesregierung Brandenburg 2003, S. 18 f.; Kluge et al. 2003a, S. A11).

Die durch solche Überkapazitäten entstehenden Defizite sind von den Entsorgungspflichtigen Körperschaften, letztlich also von den Kommunen zu tragen. Da auch andere Probleme wie mangelnde Zahlungsbereitschaft und -fähigkeit der Gebührenzahler, rechtlich fehlerhafte Verbandsgründungen sowie die Erhebung nicht kostendeckender Gebühren (s. Abschnitt 3.4.6) die finanziellen Probleme verstärkt haben, hat die Verschuldung einiger Zweckverbände Ausmaße

---

<sup>10</sup> Hierbei wird sicherlich nicht berücksichtigt, dass bei einem entsprechend geringen Abwasseranfall ein anderes System als die zentrale Abwasserbehandlung hätte gewählt werden können.

angenommen, die Einschreiten der Landesregierung in Form einer finanziellen und organisatorischen Unterstützung erfordert haben (vgl. etwa Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2000b). Insgesamt stellen die genannten Entwicklungen die Entsorgungsträger vor erhebliche Probleme finanzieller und auch technischer Art (vgl. Landesregierung Brandenburg 2003, S. 17 ff.)

### **3.4.6 Opposition**

Aufgrund der beschriebenen Probleme, insbesondere der hohen Abwassergebühren sind in Brandenburg kritische Stimmen laut geworden, die sich gegen die Gebührenhöhe und den weiteren Anschluss von Siedlungsgebieten an die Kanalisation richten. Die Kritik äußerte sich in der Gründung von Bürgerinitiativen, pressewirksamen Aktivitäten bis hin zu Protestmärschen und einem Hungerstreik, der Durchführung von Informationsveranstaltungen und Foren und wirkte bis in parlamentarische Auseinandersetzungen. Die Diskussion wurde seitens der Kritiker häufig sehr erbittert geführt und beinhaltete Vorwürfe gegenüber den Kommunen, Zweckverbänden und dem Ministerium über Fehlplanungen, falsche Gebührenkalkulationen, Vorteilmnahme und Fehlförderungen. (vgl. Int Po PM; Int Amt/ZV Pr; Int BI PM; Int Dezent-eG; Landtag Brandenburg 2003; Cattien 1998, S. 1 ff.)

Unabhängig davon, ob die Vorwürfe berechtigt sind<sup>11</sup>, hat die öffentliche Kritik doch die Einsicht der Zweckverbände und Aufsichtsbehörden gestützt, dass die zentrale Abwasserbeseitigung unter den gegebenen Rahmenbedingungen nicht flächendeckend umzusetzen ist (s. Abschnitt 3.5). Infolge der Opposition wurde in einigen Fällen von einem Anschluss einzelner Siedlungsgebiete an die Kanalisation abgesehen (vgl. Int ZV Pr; Int Po PM; Int Amt Pr, Int Dezent-eG). Zudem wird häufig auf die Erhebung kostendeckender Gebühren verzichtet, sofern diese ein sozial und politisch vertretbares Maß überschreiten (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg o.J.-b). Dies erhöht wiederum die Schulden der entsorgungspflichtigen Körperschaften. Der Ausschluss bestimmter Siedlungsgebiete aus dem System der öffentlichen Abwasserentsorgung und die Erhebung nicht kostendeckender Gebühren haben darüber hinaus Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit weiterer Infrastrukturmaßnahmen und erfordern daher eine Überprüfung und Neuausrichtung der Konzepte der öffentlichen Abwasserbehandlung.

## **3.5 Änderung der Ausrichtung der Abwasserbehandlung**

Als Reaktion auf die sich abzeichnenden Trends und die Entstehung einer öffentlichen Opposition wurden bereits ab etwa 1992 erste Diskussionen über Alternativen zur zentralen Ausrichtung der Infrastruktur geführt. Dabei wurden insbesondere kleinere zentrale bzw. semizentrale Strukturen geprüft. Der Entsorgung mittels Kleinkläranlagen für einzelne Grundstücke wurde offenbar zunächst weiterhin mit Zurückhaltung begegnet. So widmen sich etwa im Tagungsband über dezentrale Lösungen der Abwasserbeseitigung in Brandenburg nur einige wenige Beiträge Kleinkläranlagen für max. 50 EW (vgl. Landesumweltamt Brandenburg 1992; so etwa

---

<sup>11</sup> Zu den erhobenen Vorwürfen und deren Berechtigung vgl. Cattien 1998, S. 22, Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2000a, S. 54, Grohmann 1997, Koziol 2003, Neumüller 2000, S. 483 und Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003a.

Fehr 1992). Noch 1997 postuliert die Abwassertechnische Vereinigung (1997, S. 13), dass Kleinkläranlagen auch im ländlichen Raum nur in besonderen Ausnahmefällen in Betracht gezogen werden sollten. Schließlich hat sich jedoch in Brandenburg die Erkenntnis durchgesetzt, dass insbesondere aufgrund der hohen Kosten für die Kanalisation die zentrale Lösung nicht pauschal bevorzugt werden kann, sondern zumindest eine regionale Differenzierung nötig ist. Nachdem zu Beginn der 1990er-Jahre noch ein Anschlussgrad von etwa 85% angestrebt wurde, wird nun davon ausgegangen, dass sich der Anschlussgrad von nunmehr etwa 80% nicht mehr wesentlich erhöhen wird (vgl. Int LUA). Auch aufgrund technischer Weiterentwicklungen vollbiologischer Kleinkläranlagen werden diese in der wissenschaftlichen Diskussion zunehmend als Alternative zur zentralen Entsorgung angesehen (vgl. Dorgeloh 2003; Brickwedde 2003) und spätestens mit der Kleinkläranlagenrichtlinie von 2003<sup>12</sup> in Brandenburg als Dauerlösung anerkannt. Dies äußert sich auch in den Veröffentlichungen der Landesregierung, in denen nun hervorgehoben wird, dass im ländlichen Raum „die dezentrale Abwasserbeseitigung, wie der Einsatz von Kleinkläranlagen, eine auch dauerhaft geeignete Alternative gegenüber der zentralen Abwasserableitung und -behandlung darstellen [kann]“ (Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 11). Auch die vorübergehende Speicherung des Abwassers in Sammelgruben mit anschließender Abwasserbehandlung in einer zentralen Kläranlage wird als mögliche dauerhafte Option angesehen. Zwischen den verschiedenen Alternativen ist „nach technischen, ökonomischen und ökologischen Kriterien“ die am besten geeignete Variante auszuwählen (ebd.). Um in Gebieten, in denen mittelfristig keine zentrale Abwasserbeseitigung geschaffen wird, die Anwendung der dezentralen Abwasserbehandlung mittels Kleinkläranlagen zu unterstützen, hat das Land von 1995 bis 2002 die Errichtung von Kleinkläranlagen gefördert.

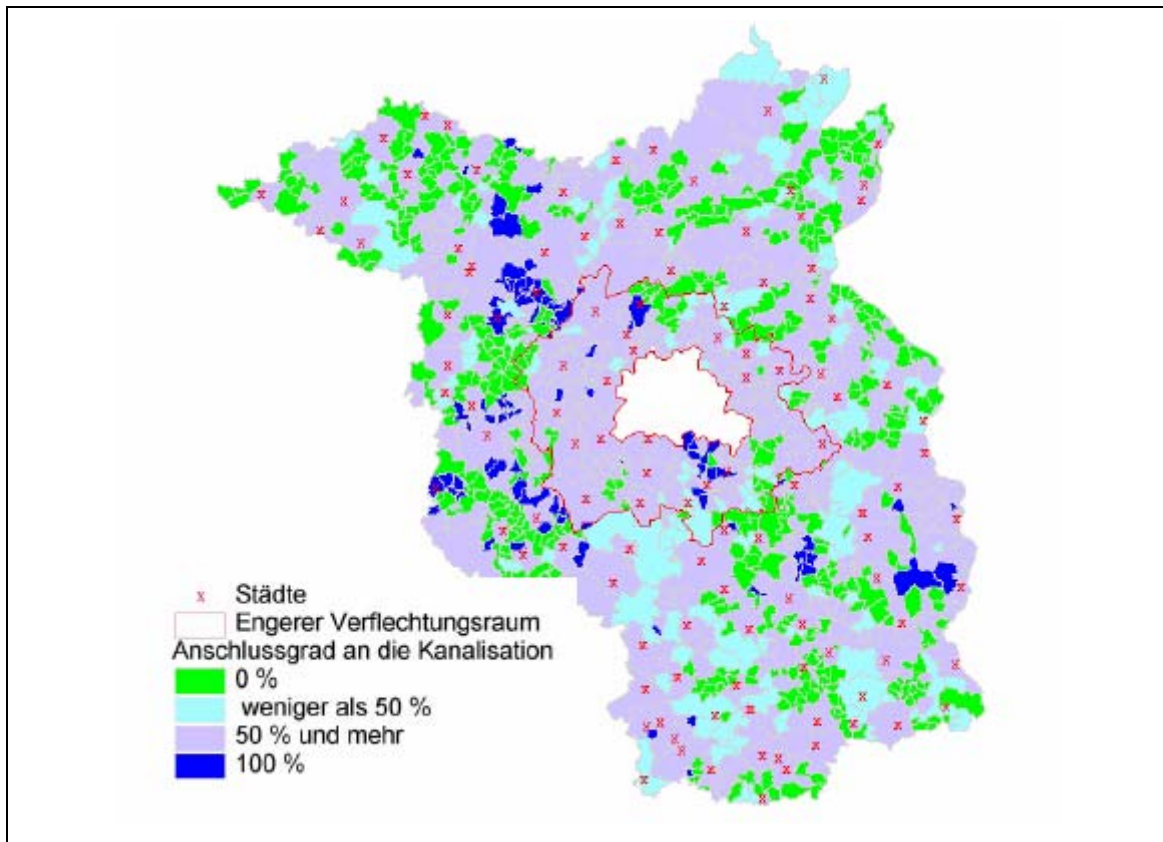
### 3.6 Entwicklung dezentraler Anlagen

Mit dem zunehmenden Anschluss von Siedlungsgebieten an die Kanalisation seit der Wiedervereinigung hat sich der Anteil der Einwohner mit dezentralen Anlagen von 46,5% im Jahr 1990 auf gut 20% im Jahr 2003 deutlich verringert (vgl. Abbildung 4, S. 70). Da jedoch zurzeit nicht mit einer deutlichen Erhöhung des Anschlussgrades an die Kanalisation zu rechnen ist, dürften dezentrale Anlagen bei immerhin gut 0,5 Mio. Einwohnern dauerhaft betrieben werden. Da es sich bei der Darstellung in Abbildung 4 um landesweite Durchschnittswerte handelt, sind bei der Verteilung der Entsorgungsarten in den einzelnen Regionen und Gemeinden zum Teil erhebliche Unterschiede auszumachen. So schwankt der Anteil der grundstücksbezogenen Entsorgung im Jahr 2003 in den Kreisen zwischen 14 und 34,5% (vgl. Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 13). Auf lokaler Ebene sind die Schwankungen nochmals deutlich stärker ausgeprägt. Einen Eindruck über den Zustand im Jahr 2001 gibt Abbildung 5.

---

<sup>12</sup> Richtlinie über den Einsatz von Kleinkläranlagen. Bekanntmachung des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg vom 28. März 2003. Amtsblatt S. 467.

**Abbildung 5: Übersicht über den Stand des Anschlusses an die Kanalisation in den Gemeinden Brandenburgs im Jahr 2001**



Quelle: (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003b)

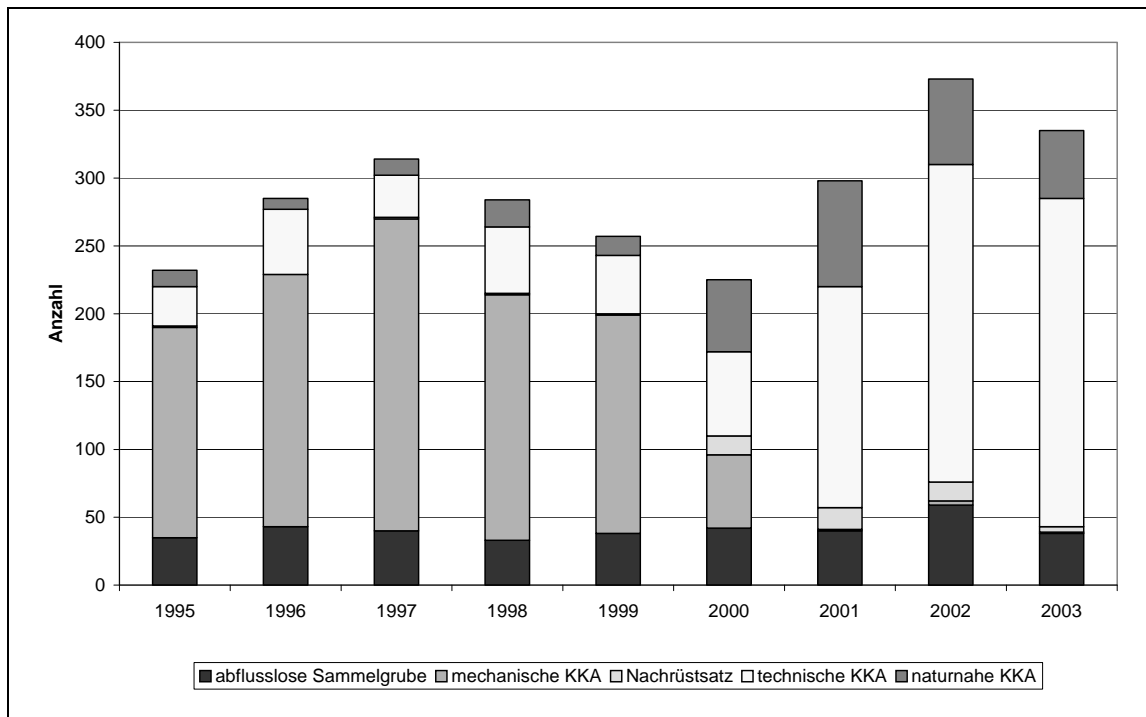
Trotz des zurückgehenden Anteils dezentraler Anlagen hat seit der Wiedervereinigung bis heute eine gewisse Entwicklung der dezentralen Abwasserentsorgung stattgefunden. So wurden undichte Sammelgruben saniert oder erneuert oder durch Kleinkläranlagen verschiedenen Typs aufgerüstet oder ersetzt. Die Verteilung von Sammelgruben und Kleinkläranlagen ist in den Kreisen und Gemeinden sehr unterschiedlich ausgeprägt. Insgesamt dominieren Sammelgruben das Bild (vgl. Abbildung 4, S. 70). Jedoch schwankt der Anteil der Einwohner mit Kleinkläranlagen an allen nicht an die Kanalisation angeschlossenen Einwohnern im Jahr 2003 in den Kreisen zwischen 2 und 67% (vgl. Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 13, eigene Berechnung).

Über den Verlauf der Verbreitung dezentraler Anlagen sind kaum Informationen verfügbar. Von der Unteren Wasserbehörde Prignitz<sup>13</sup> wurden freundlicherweise Daten zur Verfügung gestellt, die im Rahmen der eingeschränkten Repräsentativität eine etwas detailliertere Analyse des Diffusionsprozesses ermöglichen. Diese beruhen auf Angaben aus den wasserrechtlichen Erlaubnissen von Kleinkläranlagen und den Stellungnahmen zur Baugenehmigung von Sammelgruben. Abbildung 6 zeigt die Verteilung der in fünf Technologiegruppen zusammengefassten Anlagen in den Jahren 1995 bis Oktober 2003.

---

<sup>13</sup> Von den ebenfalls kontaktierten Unteren Wasserbehörden Havelland und Potsdam-Mittelmark konnten entweder aufgrund eines übermäßig hohen Aufwandes für die Durchsicht originaler Akten keine Daten zusammengetragen oder aufgrund einer geringen und zum Teil unsicheren Datengrundlage die zur Verfügung gestellten Informationen nicht ausgewertet werden.

**Abbildung 6: Anzahl der jährlich neu gemeldeten dezentralen Anlagen im Landkreis Prignitz, differenziert in fünf Technologiegruppen**



Quelle: (Untere Wasserbehörde Kreis Prignitz 2003, Zusammenfassung in fünf Technologiegruppen, eigene Berechnung)

Insgesamt wurden in diesem Zeitraum gut 2.600 Anlagen gemeldet. Dies entspricht jährlich etwa einer Anlage pro 100 Einwohner (eigene Berechnung nach Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2004a) und über den Zeitraum von 1995 bis 2003 etwa einem Drittel der 2003 nicht an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner<sup>14</sup>. Da aufgrund der damaligen zentralen Ausrichtung der Abwasserentsorgung und der großen Unsicherheiten nicht anzunehmen ist, dass in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung bis 1995 bereits Sanierungsmaßnahmen in großem Umfang getätigt wurden, dürfte daher ein großer Teil der Altanlagen weiterhin investitionsbedürftig sein.

In Abbildung 6 zeigen sich gewisse Schwankungen in der Zahl der jährlichen Meldungen, die in der Tendenz der Höhe der für Kleinkläranlagen ausgereichten Fördermittel mit zwei Höhepunkten in den Jahren 1996/97 und 2001/02 entsprechen (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003b, S. 17; Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 13), sodass die Förderung ein Erklärungsansatz für das Maß der Investitionstätigkeit zu sein scheint. Die Verteilung der Investitionstätigkeiten nach Technologiegruppen in Abbildung 6 macht deutlich, dass im Gegensatz zum Bestand dezentraler Anlagen bei einer Investition Kleinkläranlagen gegenüber Sammelgruben deutlich überwiegen. Dies lässt darauf schließen, dass die Bedeutung von Sammelgruben gegenüber Kleinkläranlagen zukünftig abnehmen wird. Innerhalb der Gruppe der Kleinkläranlagen ist zunächst die Dominanz mechanischer Anlagen in den ersten Jahren auffällig, was

<sup>14</sup> Wenn man davon ausgeht, dass etwa 3,9 Einwohner einer Anlage zuzuordnen sind (Jahr 2000 wurden 769 Kleinkläranlagen für etwa 3.000 Einwohner gefördert - vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2000a), wären 1995 bis 2003 Anlagen für etwa 10.140 Einwohner neu errichtet oder erneuert worden. Dies entspricht etwa 37% der 2003 nicht an die Kanalisation angeschlossenen Einwohner.

darauf zurückzuführen sein kann, dass sie im Vergleich zur Sammelgrube tendenziell geringe laufende Kosten und im Vergleich zu vollbiologischen Kleinkläranlagen geringere Investitionskosten erzeugen. Der deutliche Rückgang mechanischer Kleinkläranlagen und der gleichzeitige Aufschwung vollbiologischer Anlagen ist damit zu erklären, dass ab 2003 gemäß Kleinkläranlagenrichtlinie 2003 nur noch vollbiologische Anlagen erlaubnisfähig sind und bestehende mechanische oder teilbiologische Anlagen mit einer gewissen Frist entsprechend umzurüsten sind. Den Wohneinheiten wurde von der Unteren Wasserbehörde bereits 2001 nahe gelegt, keine mechanischen oder teilbiologischen Anlagen mehr anzuschaffen. Nachrüstsätze haben insgesamt eine eher geringe Bedeutung und treten auch erst ab dem Jahr 2000 in Erscheinung. Die geringe Bedeutung von Nachrüstätzen zeigt sich auch bei Yinnavong, die Daten im Rahmen der Förderung der Investitionsbank des Landes Brandenburg ausgewertet hat. Dagegen spiegelt sich der hohe Anteil von mechanischen Anlagen bis Ende der 1990er-Jahre nicht in den Daten von Yinnavong wieder (vgl. Yinnavong 2003, S. 23), was möglicherweise damit zu erklären ist, dass zu diesem Zeitpunkt eine derartige Unterscheidung in den Anträgen oder den Datensätzen noch nicht vorgenommen wurde.

---

## 4 Modellkonzept

Im Folgenden wird die Konzeption des in dieser Arbeit entwickelten Simulationsmodells vorgestellt. Nach einer Konkretisierung der Zielsetzung (Kapitel 4.1) und der Informationsgrundlagen (Kapitel 4.2) des Modells erfolgt ein Überblick über die Modellstruktur (Kapitel 4.3). Danach wird die Konzeption des Modells im Detail entwickelt und dargestellt (Kapitel 4.4-4.11). Dies beinhaltet zum einen die Regeln, nach denen die Agenten im Modell agieren oder entscheiden. Zum anderen werden dabei aus Konsistenzgründen auch Vorschläge für die Ausprägungen der Parameter für ein Basisszenario mit erarbeitet. Eine konzeptionelle Trennung von allgemeiner Modellfunktionalität und konkreter Anwendung auf die Fallstudie hat sich als kaum praktikabel erwiesen, da die Gestaltung der Algorithmen und Regeln stark an die besonderen Phänomene sowie die Verfügbarkeit von Daten in der Fallstudienregion angepasst werden muss. Daneben spielen auch modellierungstechnische Möglichkeiten und Grenzen eine Rolle. Inwiefern das Simulationsmodell mit den vorgeschlagenen Regeln und Parameterausprägungen tatsächlich in der Lage ist, die Entwicklung der Abwasserbeseitigung in der Fallstudienregion adäquat nachzubilden und welche Schlüsse daraus gezogen werden können, wird mit der Modellexploration und -validierung in Kapitel 5.3 untersucht. Die Parametereinstellungen und geänderten Funktionalitäten alternativer Szenarien werden in Kapitel 5.4 erläutert.

### 4.1 Zielsetzung des Simulationsmodells

Das in dieser Arbeit zu entwickelnde Simulationsmodell zielt darauf ab, die wesentlichen Prozesse und Phänomene, die die Entwicklung der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer geprägt haben, abzubilden. Es dient in erster Linie dazu, dem Modellanwender ein Systemverständnis zu vermitteln. Es ist damit im Wesentlichen ein Lerntool, durch das die systembestimmenden Zusammenhänge und Unsicherheiten sowie die potenziellen Probleme verdeutlicht werden sollen, die beim Aufbau eines zentralen Systems und bei der Organisation der Abwasserbeseitigung über dezentraler Anlagen zu beachten sind. In dem Modell sollen die wesentlichen Entwicklungslinien anhand der in Kapitel 3 vorgestellten Fallstudie in ihren grundsätzlichen Trends ausgehend von einem geringen Anschlussgrad an die zentrale Abwasserbeseitigung und einer mangelhaften privaten Abwasserbeseitigung nachgezeichnet bzw. in die Zukunft projiziert werden. Die in diesem Entwicklungsprozess unter gewissen Annahmen hinsichtlich der Randbedingungen und externen Herausforderungen zu erwartenden Probleme sollen aufgezeigt werden. Durch die Veränderung von Parametern können die Einflüsse bestimmter Rahmenbedingungen und Managementstrategien auf die Entwicklung des Systems in ihren grundsätzlichen Wirkungen abgeschätzt werden. Das Modell soll dabei helfen, die zur Verfügung stehenden technologischen Varianten und Managementstrategien hinsichtlich der Qualität und Robustheit der Bewältigung der gesellschaftlichen Aufgabe einer möglichst ökologisch sinnvollen und kostengünstigen Abwasserbeseitigung zu bewerten.

Das Modell basiert auf einem mittleren Abstraktionsgrad. Räumlich, zeitlich und inhaltlich sind das Modellverhalten und die dem zugrunde liegenden Prozesse und Strukturen an die Fallstudie angelehnt. Da die Simulation nicht auf die Prognose bestimmter Entwicklungen in einem konkreten räumlichen Anwendungskontext, die Formulierung detaillierter Politikempfehlungen oder gar die Optimierung technischer oder ökonomischer Managementstrategien abzielt, wird dabei weder ein konkretes reales Gebiet abgebildet, noch erhebt das Modell Anspruch auf be-

triebswirtschaftlich korrekte Werte oder eine detailgetreue Repräsentation von Verhaltensaspekten. Eine derartige Zielsetzung wäre zwar grundsätzlich möglich – beispielsweise durch Kopplung an ein geographisches Informationssystem –, würde jedoch eine weitaus umfangreichere Datenbeschaffung und -validierung erfordern, als dies im Rahmen dieser Arbeit möglich ist. Die Simulationsergebnisse sind daher nicht in quantitativer, sondern in qualitativer Hinsicht zu deuten und zu validieren. Parker et al. spannen bezüglich des Abstraktionsgrades einen Bogen auf zwischen der Nutzung von Modellen “in a highly abstract form to demonstrate potential theoretical causes for qualitatively assessed real-world phenomena”, und solchen, die genutzt werden als „well-parameterized empirical simulations appropriate for scenario and policy analysis” (2003, S. 2). Das hier zu entwickelnde Modell liegt zwischen diesen beiden Abstraktionspolen.

Das Simulationsmodell richtet sich an Akteure und Organisationen, die eine gewisse Verantwortung und Entscheidungsbefugnis zur Beeinflussung oder Gestaltung der Abwasserbeseitigung haben wie beispielsweise Zweckverbände oder Ministerien. Es kann aber auch bei anderen Akteuren eingesetzt werden, beispielsweise bei Bürgern und Bürgerinitiativen, um diesen die Gründe für die Entstehung von Problemen und die Schwierigkeiten, unter Unsicherheiten robuste Entscheidungen zu treffen, zu verdeutlichen. Da das Modell aus einer Brandenburger Fallstudie abgeleitet wird, ist es auf die dortige Situation zugeschnitten. Aufgrund des relativ hohen Abstraktionsgrad kann es jedoch auch auf andere Regionen übertragen werden. Eine solche Übertragung dürfte etwa für andere Regionen in den neuen Bundesländern relativ problemlos sein, da dort ähnliche Umstände und Probleme zu finden sind. Hier dient das Modell tatsächlich eher einem Nachvollziehen von Entwicklungen und einer nachträglichen Evaluation von Entscheidungen. Darüber hinaus ist eine Anwendung des Modells auch interessant in Regionen, in denen in den nächsten Jahren ebenfalls über den Aufbau eines Systems der Abwasserbeseitigung entschieden werden muss (s. Kapitel 6.4).

## 4.2 Informationsgrundlagen

Die Konzeptionierung des Simulationsmodells beruht auf verschiedenen Informationsquellen. Es wurde eine Vielzahl von Publikationen und Materialien ausgewertet, die sich mit der Entwicklung der Abwasserbeseitigung in den neuen Ländern oder speziell in der Fallstudienregion beschäftigen (eine erste Auswertung erfolgte in Reusser 2002). Für viele Modellparameter werden statistische Angaben der Landesministerien und -ämter Brandenburgs, aber auch Bundesdeutsche Durchschnittswerte herangezogen. Neben diesen empirischen, im Wesentlichen auf die Fallstudie bezogenen Informationen, werden die Erkenntnisse aus den Theorien zum Themenfeld der Großen Technischen Systeme und der Diffusion von Innovationen sowie die bisherigen Erkenntnisse aus der abwasserbezogenen Forschung in das Simulationsmodell eingebracht (s. auch Kapitel 2.6). Dies gilt besonders dort, wo keine ausreichenden Informationen aus der Fallstudienregion zur Verfügung stehen.

Wichtige Informationen werden darüber hinaus aus einer Beteiligung der Akteure der Fallstudienregion gewonnen. Für eine solche Beteiligung stehen grundsätzlich verschiedene Methoden der empirischen Sozialforschung zur Verfügung. Für den hier zu behandelnden Untersuchungskontext bieten sich Interviewtechniken sowie quantitativ auswertbare Umfragen an. In der Fallstudie wurde im Wesentlichen mit Leitfragen gestützten Interviews gearbeitet. Diese ermöglichen es einerseits, ein breites Spektrum von Aspekten relativ ausführlich zu thematisieren. Die Offenheit dieser Methode im Vergleich zu stärker standardisierten Techniken ist gerade dann



von Bedeutung, wenn die zu erfassenden Aspekte aufgrund mangelnder Informationen im Einzelnen vorher noch nicht festgelegt werden können. Dies ermöglicht auch ein Nachgehen nach den Gründen und Hintergründen bestimmter Aspekte. Andererseits bieten die Leitfragen Anhaltspunkte, die sicherstellen, dass alle vermeintlich wichtigen Aspekte angesprochen werden und die Aussagen aus verschiedenen Interviews vergleichbar bleiben. Die Leitfrageninterviews dienen dazu, Struktur und Inhalt des Simulationsmodells zu konzeptionieren. Dies beinhaltet die Festlegung der abzubildenden Akteure, der Einflussfaktoren und Prozesse sowie der Bewertungskriterien für den Output. Diese Aspekte werden zum Teil nicht explizit, sondern indirekt an verschiedenen Stellen im Interview angesprochen. Die in der Fallstudienregion verwendeten Leitfragen beinhalten folgende Aspekte:

1. Überblick über die Situation in der Fallstudienregion
  - Entwicklung seit der Wiedervereinigung bis heute
  - Entstehung von Problemen, aktuelle Probleme
2. Rolle des Befragten
  - Aufgaben, Verhalten, Entscheidungen, die die Abwasserbeseitigung beeinflussen
  - Entscheidungskriterien und Verhaltensgründe
  - Definition einer „guten“ Abwasserbeseitigung
  - Möglichkeiten und Grenzen der Einflussnahme
  - Abhängigkeiten von anderen Akteuren und sonstigen Aspekten
3. Akteure und Faktoren, die die Gestaltung der Abwasserbeseitigung beeinflussen
  - direkte und indirekte Wirkungen
  - Veränderung der Einflüsse im Zeitverlauf
  - Genaue Definition des Einflusses (wer, auf wen, inwiefern)
  - Stärke und Grenzen des Einflusses
4. Technologien
  - Bedeutung dezentraler Anlagen im Verhältnis zur zentralen Entsorgung
  - Technologiespektrum und Verbreitungsgrad verschiedener dezentraler Technologien
  - Veränderung im Zeitverlauf
  - Bewertung der Technologien
5. Zukünftige Entwicklung
  - Weitere Entwicklung von Problemen
  - Weitere Entwicklung der Technologien hinsichtlich der Eigenschaften und des Verbreitungsgrades

Um einen konsistenten Untersuchungskontext zu garantieren und auch aufgrund begrenzter zeitlicher Kapazitäten wurden die Interviews mit solchen Akteuren, die nicht auf Landesebene agieren, auf drei Kreise innerhalb der Fallstudienregion eingegrenzt. Dafür wurden die Kreise Prignitz, Havelland und Potsdam-Mittelmark ausgewählt. In diesen Kreisen findet sich die Gesamtproblematik der Entwicklung der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen

Bundesländer wieder. Sie repräsentieren innerhalb dieser Problematik unterschiedliche Bevölkerungsstrukturen hinsichtlich der Bevölkerungsdichte und der demographischen Entwicklung sowie unterschiedliche Anteile der verschiedenen Entsorgungstechnologien (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 14). Schließlich war die Bereitschaft der Akteure zur Beteiligung an den Interviews ein nicht unerhebliches Auswahlkriterium. Neben der räumlichen Eingrenzung erfolgte auch eine Eingrenzung der Zahl der Gesprächspartner auf maximal 4 Personen je Akteursgruppe. Der Mangel an Repräsentativität wurde dabei aufgewogen durch die Ausführlichkeit, mit der die Gesprächspartner auf Fragen eingehen konnten. Die Akteursgruppe der Bürger konnte nicht explizit berücksichtigt werden, da repräsentative Umfragen oder Interviews, die der Größe der Akteursgruppe angemessen wären, im Rahmen der Arbeit nicht durchgeführt werden konnten. Stattdessen wurden die Einschätzungen der anderen interviewten Akteure hinsichtlich des Verhaltens der Bürger erfragt. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die geführten Gespräche und Interviews. Einzelne Personen haben zum Teil mehrere Funktionen. Sie sind hier nach den im Interview thematisierten Funktionsschwerpunkten eingruppiert.

**Tabelle 9: Gesprächspartner für Leitfrageninterviews in Brandenburg**

| Akteursgruppe                         | Zahl der Gesprächspartner | im Text zitiert als                |
|---------------------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Landesumweltamt                       | 1                         | Int LUA                            |
| Untere Wasserbehörden                 | 3                         | Int UWB Pr, Int UWB HL, Int UWB PM |
| Entsorgungsträger                     | 3                         | Int SW Pr, Int ZV Pr, Int ZV HL    |
| Kommunen / Ämter                      | 2                         | Int Amt Pr, Int Amt HL             |
| Anbieter                              | 4<br>(im Gruppengespräch) | Int Anbieter                       |
| Bürgerinitiative / Politik            | 2                         | Int BI PM, Int Po PM               |
| Genossenschaft für dezentrale Anlagen | 1                         | Int Dezent-eG                      |

## 4.3 Modellierungsansatz

### 4.3.1 Räumlicher und zeitlicher Modellrahmen

Die räumlichen Systemgrenzen umfassen das Entsorgungsgebiet eines Zweckverbandes. Zahlreiche der im Rahmen dieser Arbeit diskutierten Prozesse wie die Infrastrukturplanung, die Entstehung von Lock-In-Effekten oder die Diffusion dezentraler Anlagen können innerhalb dieses Bezugsraumes angemessen abgebildet werden. Zwar gibt es auch Prozesse und Beziehungen, die über die Grenze eines Entsorgungsgebietes hinausgehen. Dazu gehört etwa Konkurrenz verschiedener Zweckverbände bzw. Haushalte um die Verfügbarkeit von Fördermitteln der öffentlichen bzw. privaten Abwasserbeseitigung. Darüber hinaus können bestimmte Informationsflüsse von außen Entscheidungen beeinflussen. Diese überregionalen Prozesse sind aber nicht unabdingbar für die Entstehung der hier fokussierten Probleme und sollen daher hier nicht mit berücksichtigt werden

Der zeitliche Rahmen der Simulation muss sich an den typischen Zeithorizonten der wichtigsten Teilprozesse orientieren, damit die entscheidenden Entwicklungen abgebildet werden können.

Aufgrund der Schwerfälligkeit des Systems sollte der Simulationszeitraum mindestens zwei Jahrzehnte umfassen. Innerhalb dieses Zeitraums sind auch in der Fallstudie die wesentlichen Probleme deutlich geworden. Ein längerer Simulationszeitraum von beispielsweise 50 Jahren ist zwar denkbar, wirft aber die Frage auf, inwiefern in einem solchen Zeitraum beispielsweise politische oder technische Rahmenbedingungen als konstant anzusehen sind. Aus diesem Grund werden die der Simulation zugrunde liegenden Prozesse und Annahmen hier relativ detailliert dargestellt, um dem Modellanwender die Möglichkeiten und Grenzen des Modells deutlich zu machen und eine Diskussion über die Relevanz veränderter Rahmenbedingungen anzuregen.

### 4.3.2 Abzubildende Akteure

Das Simulationsmodell fokussiert auf die Aktivitäten von und Beziehungen zwischen dem ent-sorgungspflichtigen Zweckverband eines Entsorgungsgebietes und den darin verorteten Ein-wohnern, die in Wohneinheiten und Siedlungsgebieten zusammengefasst sind. Diese Akteure werden direkt als handelnde Agenten modelliert. Hinzu kommen bestimmte Einflüsse anderer Akteure: die Angebotspalette der Produzenten und Anbieter dezentraler Anlagen inklusive der Wartung von Anlagen, die Fördermittel des Umweltministeriums sowie Sanierungsanordnungen der Unteren Wasserbehörden. Diese Einflüsse werden jedoch nicht durch eigenständige, dyna-mische Entscheidungen der Akteure, sondern als einfache Parameter modelliert, deren Ausprä-gungen von Modellanwender in einer Eingabemaske festgelegt werden. Andere Akteure werden nicht abgebildet. Zwar wurde insbesondere in den Interviews auch auf die Bedeutung anderer Akteure wie etwa der Kommunen in der Mitgliederversammlung des Zweckverbandes aufmerk-sam gemacht. Die Abbildung dieser Aspekte scheint aber für den hier gewählten Problemkon-text nicht notwendig zu sein und wird daher zur Minimierung der Komplexität des Modells ausgeblendet. Ebenfalls nicht abgebildet werden industrielle Abwasserproduzenten. Hier beste-hen im Prinzip die gleichen Zusammenhänge und Entwicklungen, d.h. eine Abhängigkeit des Abwasseranfalls vom Abwasserpreis sowie ein Rückgang der industriellen Produktion. Da im ländlichen Raum industrielle Einleiter weniger häufig zu finden sind, soll in diesem Modell davon abgesehen werden.

### 4.3.3 Modellprozesse und -parameter

Grundlage der Entwicklung der Abwasserbeseitigung sind die Aktivitäten und Entscheidungen der verschiedenen Akteure und die daraus resultierenden Parameterveränderungen. Erst das Verständnis über diese Prozesse ermöglicht es, die bisherigen Entwicklungen nachzuvollziehen, zukünftige Entwicklungen und Probleme abzuschätzen und die Reaktion der Akteure auf ver-schiedene Steuerungsinstrumente zu prognostizieren. Tabelle 10 gibt einen Überblick über die wichtigsten Prozesse, die im Modell dynamisch abgebildet werden. (Es sei schon an dieser Stel-le darauf hingewiesen, dass aus zeitlichen Gründen im Rahmen dieser Arbeit nicht alle Parame-ter und Prozesse implementiert werden konnten. In den Kapiteln 4.4 bis 4.11 bzw. in Kapitel 5.2 wird dies entsprechend deutlich gemacht.) Ausgangspunkt der in der Simulation darzustellenden Entwicklung ist eine mangelhafte private Abwasserbeseitigung sowie das vollständige Fehlen einer öffentlichen Abwasserbeseitigungsinfrastruktur in einem fiktiven Raum mit ländlichen Strukturmerkmalen. Aufgrund der Aktivitäten des Zweckverbandes erfolgt im Zuge der Simula-tion der Aufbau einer zentralen Abwasserbeseitigungsinfrastruktur. Gleichzeitig entscheiden private Grundstücksbesitzer (Wohneinheiten) über die Errichtung bzw. Erneuerung dezentraler Anlagen. Im Zentrum der Problematik steht eine Feedback-Schleife, die aus den Beziehungen

zwischen der Höhe des Abwasseranfalls der Wohneinheiten, dem Auslastungsgrad der öffentlichen Infrastruktur und der Gebührenhöhe resultiert. Abgebildet werden sollen auch die Entstehung einer bürgerschaftlichen Opposition sowie die diesbezügliche Reaktion des Zweckverbandes.

Für eine ökonomische und ökologische Bewertung der Simulationsergebnisse werden Kosten und Ablauffrachten als Outputparameter dargestellt (s. Tabelle 10). Neben den für die zwei zentralen Akteursgruppen der Haushalte und des Zweckverbandes relevanten Kosten werden auch die durch Fördermittel finanzierten Aufwendungen abgebildet. Dadurch kann eine Bewertung der Entwicklungsprozesse aus gesamtgesellschaftlicher Perspektive erfolgen. Das gleiche gilt für die ökologische Bewertung, da sowohl Ablauffrachten aus öffentlichen als auch aus privaten Anlagen dargestellt werden. Als soziales Bewertungskriterium wird darüber hinaus die Höhe der bürgerschaftlichen Opposition gegen die Gebührenhöhe sowie den weiteren Anschluss von Siedlungen dargestellt. Ergänzend werden einige weitere Parameter dargestellt, die der detaillierteren Untersuchung der Simulationsvarianten dienen (s. Kapitel 5.1).

Für die Simulation können vom Modellanwender verschiedene Parameterwerte eingegeben werden. Tabelle 10 nennt die wichtigsten Parameterwerte, die konstituierend für die Gestaltung der Simulationsvarianten sind. Dazu gehört zunächst die demographische Entwicklung, deren Prognose, die vom Zweckverband für die Infrastrukturplanung maßgeblich ist, sowie die Bandbreite der verfügbaren Technologien. Darüber hinaus können Maßnahmen der öffentlichen Hand zur Unterstützung der Abwasserbeseitigung festgelegt werden. Schließlich können verschiedene interne Werte des Zweckverbandes und der Wohneinheiten bestimmt werden, die auf deren Entscheidungsalgorithmen und Aktivitäten Einfluss haben. Einen vollständigen Überblick über die Parameter gibt Anhang – Tabelle 1 (Seite 225 f.).

**Tabelle 10: Übersicht über die zentralen Parameter, die im Modell simulierten dynamischen Prozesse sowie die Output-Größen des Simulationsmodells**

| Parameter  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tatsächliche demographische Entwicklung und Bevölkerungsprognose</li> <li>- Verfügbare Technologien</li> <li>- Annahmen und Anschlussstrategien eines Abwasserzweckverbandes</li> <li>- Oppositionstoleranz des Zweckverbandes</li> <li>- Bewertungspräferenzen und Gebährentoleranz der Wohneinheiten</li> <li>- Fördermittel und -bedingungen für öffentliche Infrastruktur und Kleinkläranlagen</li> <li>- Möglichkeiten der Unteren Wasserbehörde zur Festlegung von Sanierungsanordnungen</li> </ul> |
| Simulierte dynamische Prozesse   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Errichtung und Betrieb der öffentlichen Infrastruktur</li> <li>- Errichtung und Betrieb privater Abwasseranlagen</li> <li>- Abwasseranfall der Wohneinheiten</li> <li>- Auslastungsgrad und Kosten der öffentlichen Infrastruktur</li> <li>- Gebührenerhebung</li> <li>- Entstehung bürgerschaftlicher Opposition hinsichtlich der Höhe der Gebühren und der Kanalisierung weiterer Siedlungen sowie diesbezügliche Reaktion des Zweckverbandes</li> </ul>  |
| Output-Größen  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ablauffrachten aus zentralen und dezentralen Anlagen</li> <li>- Kosten und Aufwendungen von Zweckverband, Wohneinheiten und öffentlicher Hand</li> <li>- Opposition hinsichtlich der Höhe der Gebühren und der Kanalisierung weiterer Siedlungen</li> </ul>   |

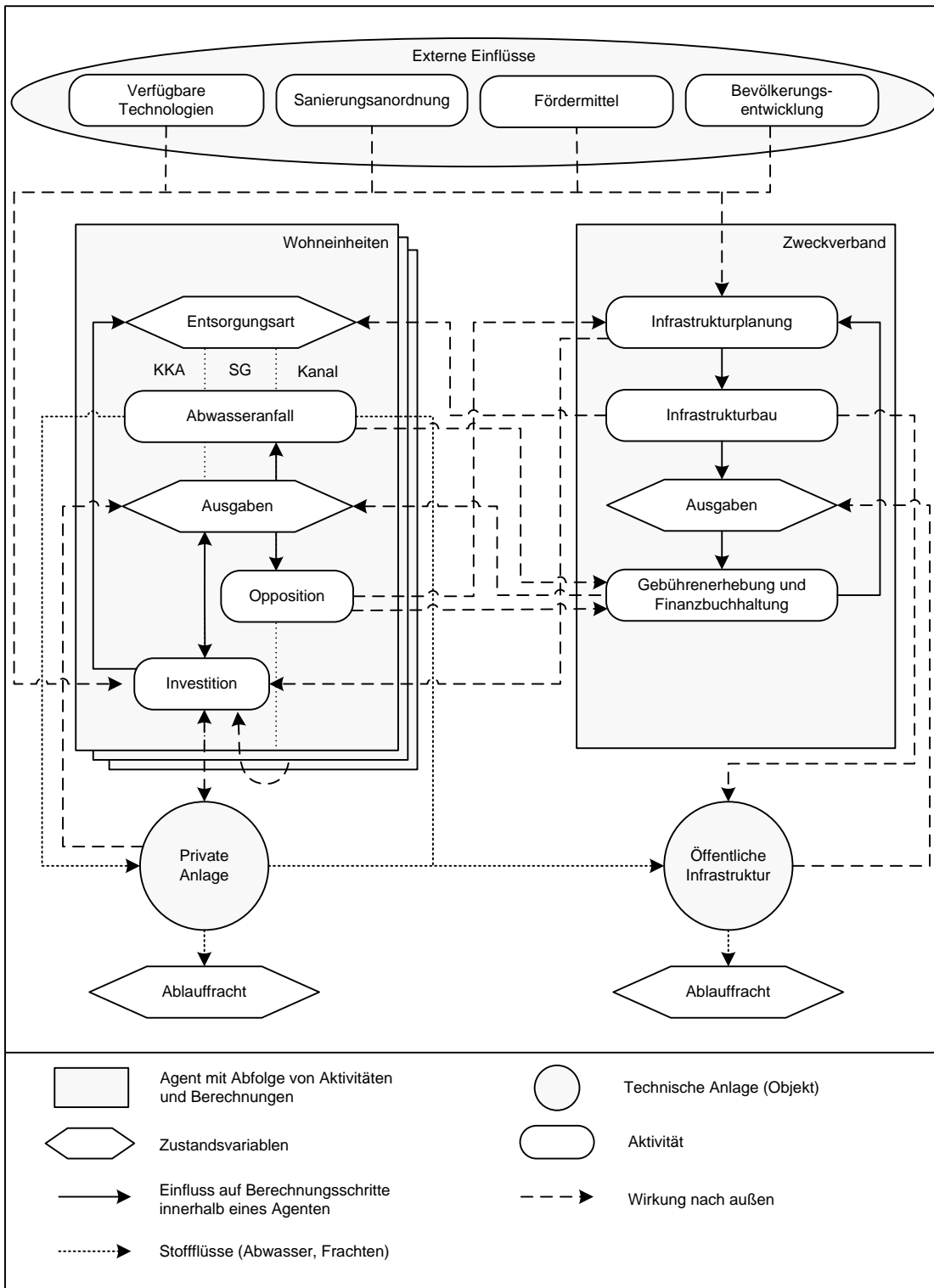
#### 4.3.4 Modellaufbau

Abbildung 7 beinhaltet eine schematische Darstellung der Modellstruktur und der im Modell enthaltenen Prozesse und Einflussgrößen, wie sie in der Modellkonzeption vorgesehen sind. Wesentlich ist die Untergliederung in zwei Akteursebenen: die Vielzahl der privaten Wohneinheiten in einem Entsorgungsgebiet (linker Block) sowie der entsorgungspflichtige Zweckverband (rechter Block). Die beiden Akteursebenen werden durch selbständig agierende Agenten repräsentiert. Innerhalb der beiden Agentenblöcke sind in vertikaler Richtung die in einem Simulationsschritt von einem Jahr durchgeführten Entscheidungen und Berechnungen aufgeführt. Den Akteuren sind auf technischer Seite die privaten Abwasseranlagen bzw. die öffentliche Infrastruktur bestehend aus Kanalisation, Kläranlage und Anlagen für die mobile Entsorgung zugeordnet. Die Anlagen werden errichtet und damit im Modell verankert durch die Bau- und Kaufaktivitäten von Zweckverband und privaten Wohneinheiten. Die Entscheidungen und Aktivitäten der Agenten, insbesondere die Investitionsentscheidungen der Wohneinheiten und die Infrastrukturplanung des Zweckverbandes werden „extern“ beeinflusst. Diese Einflüsse umfassen das Spektrum der verfügbaren Technologien, Sanierungsanordnungen, Fördermittel sowie die tatsächliche und prognostizierte Bevölkerungsentwicklung. Aus den Berechnungsschritten und Variablen gehen die Ablauffrachten, finanziellen Aufwendungen und die Höhe der Opposition als zentrale Outputgrößen hervor.

Zwischen den Agenten werden folgende Aktionen und Interaktionen im Modell berücksichtigt:

Bei den *Wohneinheiten* fällt in jedem Jahr eine bestimmte Menge Abwasser an. Dies wird je nach Entsorgungsart entweder in eine private Anlage geleitet, dort evtl. gereinigt und anschließend in die Umwelt geleitet, direkt per Kanalisation zur Kläranlage geleitet oder indirekt über eine private Sammelgrube per LKW zur Kläranlage gebracht. Diese Stoffflüsse sind in der Abbildung als gepunktete Pfeile dargestellt. Der Ablauf aus diesen Anlagen beinhaltet die Ablauffrachten, die als Output dargestellt werden. Bei mangelhaften privaten Anlagen sind diese Ablauffrachten entsprechend höher. Die Menge des produzierten Abwassers hängt bei einer kanalgebundenen Entsorgung von den dafür aufzubringenden Entsorgungskosten ab. Die im folgenden Schritt zu berechnenden Ausgaben der Wohneinheiten resultieren aus den an den Zweckverband zu entrichtenden Abwassergebühren und/oder Investitions- und Betriebskosten eigener Anlagen. Übersteigen die Gebühren einer kanalgebundenen Entsorgung die individuelle Gebührentoleranz der Wohneinheiten, entsteht eine Oppositionshaltung. Die Häufung solcher Oppositionshaltungen der Wohneinheiten kann den Zweckverband dazu veranlassen, die Gebühren zu senken. Das schließlich folgende Investitionsmodul ist aufgrund der zahlreichen Einflüsse relativ komplex. Die Entscheidung beruht auf einem Vergleich der verfügbaren Technologien. Je nach Präferenzstruktur der Wohneinheit gehen verschiedene Aspekte mit unterschiedlicher Gewichtung in die Investitionsentscheidung ein. Dazu gehören die Ablauffrachten der verschiedenen Alternativen, Betriebs- und Investitionskosten sowie der Verbreitungsgrad der Anlagen im Umfeld der Wohneinheit. Hier spielen auch das Alter der bestehenden Anlage, ein möglicherweise vom Zweckverband vorgesehener Anschluss an die Kanalisation, Sanierungsanordnungen sowie Fördermittel eine Rolle.

Abbildung 7: Modellstruktur des Simulationsmodells



Die Aktivität des *Zweckverbandes* beginnt mit der Planung der öffentlichen Infrastruktur. Diese ist komplexer als sie in diesem Schaubild darzustellen ist und beinhaltet eine Kostenbetrachtung verschiedener Anschlussvarianten über einen längeren Zeitraum unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung. Je nach Anschlussstrategie des Zweckverbandes kann dabei auch ein

Vergleich mit den Kosten einer dezentralen Entsorgung durchgeführt werden. Die Infrastrukturplanung muss in verschiedenen Situationen, in denen mit einer Änderung der Wirtschaftlichkeit der Planung zu rechnen ist, überarbeitet werden. Dies gilt auch bei einer nicht mehr akzeptablen bürgerschaftlichen Opposition gegen den Anschluss weiterer Siedlungen an die Kanalisation. Der Infrastrukturbau beinhaltet eine schrittweise Abarbeitung der Infrastrukturplanung und resultiert in der Errichtung öffentlicher Infrastrukturanlagen. Bei der Erhebung von Gebühren müssen zunächst die Ausgaben aus dem Betrieb der Infrastrukturanlagen sowie die Kapitalkosten aus dem Bau der Anlagen ermittelt werden. Die Festsetzung der Gebühren resultiert dann aus dem Abwasseranfall der Wohneinheiten und kann durch eine hohe bürgerschaftliche Opposition beeinflusst werden. Alle Ausgaben, Fördermittel- und Gebühreneinnahmen sowie möglicherweise zu verzeichnenden Defizite werden in einer Finanzbuchhaltung verwaltet, aus der Werte für den Output generiert werden.

### 4.3.5 Repräsentation des Raumes

Den zu simulierenden Prozessen liegen verschiedene räumliche Abhängigkeiten zugrunde, die eine explizite Repräsentation des Raumes im Modell erforderlich machen. Entsprechend des grundsätzlich relativ hohen Abstraktionsgrades wird auch die Struktur des Modellraums relativ einfach und eher abstrakt in einem Gitternetz abgebildet. Dargestellt werden solche Elemente, bei denen die konkrete räumliche Lage Einfluss auf die Simulationsprozesse hat. Bei der Infrastrukturplanung eines Abwasserzweckverbandes besteht eine solche räumliche Abhängigkeit zwischen der Größe und Lage der zentralen Kläranlage und dem Verlauf des netzförmigen Kanalisationssystems auf der einen und der Siedlungsstruktur im Entsorgungsgebiet auf der anderen Seite. Dies erfordert eine Verortung sowohl der öffentlichen technischen Infrastruktur als auch der Siedlungsgebiete im Modell. Zum anderen bestehen räumliche Beziehungen zwischen Wohneinheiten, die ihre Investitionsentscheidung zum Teil vom Verbreitungsgrad dezentraler Technologien in der Umgebung abhängig machen. Im Rahmen dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass dabei nicht die direkte Nachbarschaft im engeren Sinne, sondern die Zugehörigkeit zu einem Siedlungsgebiet relevant ist. Deshalb werden die Wohneinheiten nicht direkt, sondern über die Zuordnung zu einem Siedlungsgebiet verortet. Weitere räumliche Aspekte wie etwa natürliche Gegebenheiten, die Hindernisse für die Kanalisationsplanung darstellen könnten oder die besondere Anforderungen an die Reinigungsleistung erforderlich machen (Flüsse, Wasserschutzgebiete), werden im Rahmen dieser Arbeit nicht berücksichtigt.

Direkt verortet werden deshalb:

- Siedlungsgebiete,
- öffentliche Kläranlagen und
- öffentliche Kanalisationsleitungen.

Damit sind indirekt verortet:

- Wohneinheiten durch die Zuordnung zu einem Siedlungsgebiet und
- private dezentrale Abwassertechnologien durch deren Zuordnung zu Haushalten.

## 4.4 Räumliche Struktur im Modell

Das Modellgebiet soll die Strukturmerkmale, die für den ländlichen Raum Brandenburgs prägend ist, widerspiegeln. Dazu gehört sowohl die Siedlungsstruktur, d.h. Größe und Lage der Siedlungsgebiete im Entsorgungsgebiet eines Zweckverbandes, als auch die Entwicklung der Bevölkerungszahlen und deren Prognose.

### 4.4.1 Siedlungsstruktur

Die Größe der Entsorgungsgebiete<sup>15</sup> der Abwasserzweckverbände in Brandenburg variiert stark und liegt im Durchschnitt bei etwa 10.000 Einwohnern und einer Fläche von 150 bis 250 km<sup>2</sup> (eigene Berechnungen nach Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2001, S. 7; 2004c; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001). Im Modell wird das Entsorgungsgebiet auf einer Fläche von 14 x 14 Zellen mit einer Kantenlänge von 1 km mit einer Gesamtgröße von 196 km<sup>2</sup> und einer Einwohnerzahl von 10.000 Einwohnern abgebildet. Entsprechend der durchschnittlichen Anzahl der Gemeinden in den genauer untersuchten Kreisen Prignitz, Havelland und Potsdam-Mittelmark (eigene Berechnung nach Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001) wird das Modell-Entsorgungsgebiet aus zehn Gemeinden gebildet. Diese Größenordnung ist einerseits überschaubar, andererseits geeignet ist, die Netzinfrastruktur einer Gruppenkläranlage abzubilden.

Die Siedlungsstruktur wird für den Beginn der Simulation festgelegt und soll die tatsächliche Struktur zu Beginn der Entwicklung Anfang der 1990er-Jahre abbilden. Die Einwohnerzahlen der zehn Modell-Siedlungsgebiete werden aus der Einwohnerstatistik der drei Fallstudienkreise des Jahres 1999, unterteilt in Größenklassen, abgeleitet und sind in Tabelle 11 zusammengefasst. Trotz der Vergrößerung der Gemeinden durch die Gebietsreformen bis 1999 findet sich die kleinteilige Struktur von Beginn der 1990er-Jahre (vgl. Tabelle 2, Kapitel 3.4.1) in diesen Zahlen relativ gut wieder.

Aus der Bundes- und Landesstatistik ergibt sich eine durchschnittliche Größe der Wohneinheiten von etwa 4 bis 4,5 Einwohnern pro Wohneinheit (vgl. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung 2002; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2004d). Um der Annahme Rechnung zu tragen, dass in größeren Siedlungsgebieten Geschosswohnungsbauten zu höheren Werten führen, während in kleineren Ortschaften Ein- und Zweifamilienhäuser vorherrschen (vgl. Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2004d; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2000a), wird im Modell die Anzahl der Einwohner pro Wohngebäude nach der Größe der Siedlungsgebiete differenziert. Aus der Größe der Wohneinheiten in den Siedlungsgebieten ergibt sich schließlich die Zahl der Wohneinheiten.

---

<sup>15</sup> In der Auswertung der Statistiken wird ein Entsorgungsgebiet als unabhängig von ihrem formellen Zusammenschluss faktisch zusammen entsorgte Gebietseinheiten von mindestens zwei Gemeinden aufgefasst.

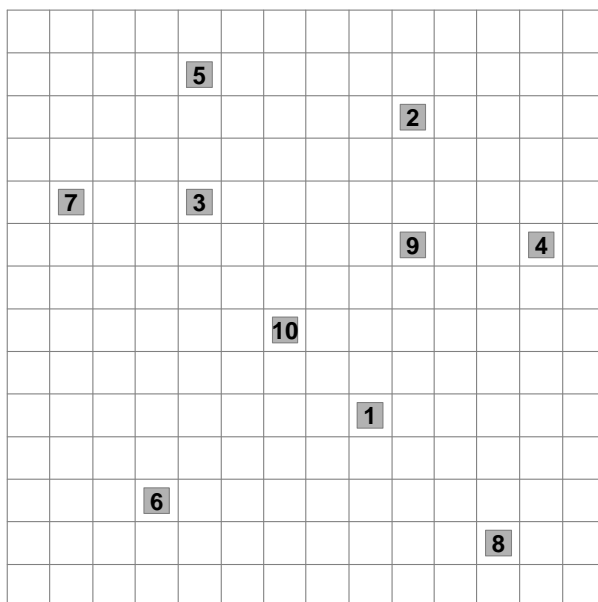


**Tabelle 11: Einwohnerzahlen der Siedlungsgebiete und Größe und Zahl der Wohneinheiten im Modell-Entsorgungsgebiet**

| Einwohnergrößenklassen | Prozentsatz der Gemeinden in den Fallstudienkreisen | Anzahl der Siedlungsgebiete im Modell-Entsorgungsgebiet | Durchschnittliche Einwohnerzahl in den Fallstudienkreisen | Einwohner der Siedlungsgebiete im Modell-Entsorgungsgebiet | Anzahl der Einwohner pro Wohneinheit | Zahl der Wohneinheiten |
|------------------------|---|---|---|--|--------------------------------------|------------------------|
| unter 500              | 61  | 6   | 265   | 150  | 3                                    | 50                     |
|                        |   |   |   | 200  | 3                                    | 67                     |
|                        |   |   |   | 250  | 3                                    | 83                     |
|                        |   |   |   | 300  | 3                                    | 100                    |
|                        |   |   |   | 350  | 3                                    | 117                    |
|                        |   |   |   | 450  | 3                                    | 150                    |
| 500-999                | 21  | 2   | 676   | 600  | 4                                    | 150                    |
|                        |   |   |   | 800  | 4                                    | 200                    |
| 1.000-1.999            | 8   | 1   | 1.449   | 1.500  | 5                                    | 300                    |
| 2.000-9.999            | 8   | 1   | 3.771   | 5.400  | 5                                    | 1.080                  |
| ab 10.000              | 2   | 0   | 15.583  | -  |                                      |                        |
| gesamt                 | 100   | 10  | 1.007   | 10.000   | 4,4                                  | 2.297                  |

Quelle Spalte 2 und 4: (eigene Berechnungen nach Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001)

Die Verortung der Siedlungsgebiete innerhalb des Modell-Entsorgungsgebietes ist so gewählt, dass die meisten Siedlungsgebiete im Abstand von drei bis vier Kilometern liegen (vgl. Platzer 1992, S. 31) und die größte Siedlung, in der sich eine zentrale Kläranlage am ehesten anbietet, mittig angeordnet von den kleineren Siedlungen umgeben ist (s. Abbildung 8).

**Abbildung 8: Lage der Siedlungen im Siedlungsgebiet**

#### 4.4.2 Bevölkerungsentwicklung

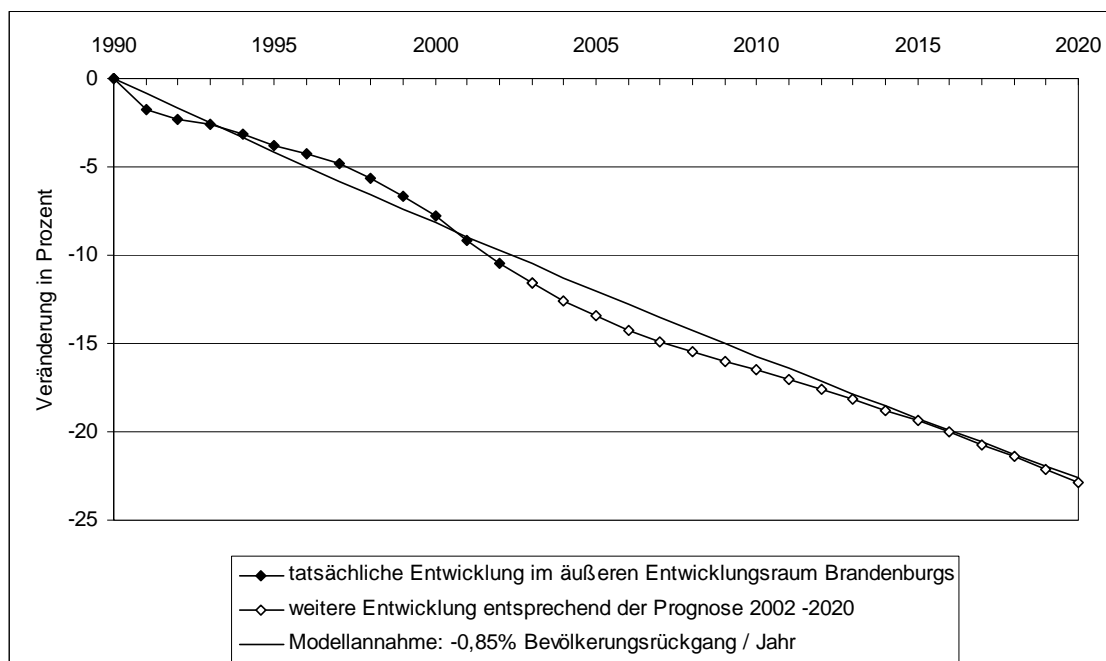
Die Bevölkerungsentwicklung wurde von allen Interviewpartnern als wichtiger Aspekt bei der Entwicklung der Abwasserbehandlung in Brandenburg angesehen. Von Bedeutung sind hier vor allem eine optimistische Einschätzung der zukünftigen Bevölkerungsentwicklung Anfang der

1990er-Jahre, auf die die Infrastrukturplanung ausgerichtet wurde, und die durch den tatsächlichen Rückgang der Bevölkerung entstehenden Auslastungsprobleme. Daher wird sowohl die Bevölkerungsprognose als auch die tatsächliche Entwicklung im Modell berücksichtigt.

#### 4.4.2.1 Tatsächliche Entwicklung

Die Entwicklung der Bevölkerung im Simulationsmodell wird aus Bevölkerungszahlen des äußeren Entwicklungsraumes Brandenburgs von 1990 bis 2003 abgeleitet. In diesem Zeitraum waren Bevölkerungsverluste von 11,6% bezogen auf die Bevölkerung von 1990 zu verzeichnen (s. Abbildung 9). Dies ergibt einen jährlichen Bevölkerungsrückgang von durchschnittlich 0,89 Prozentpunkten. Für die Bevölkerungsentwicklung der folgenden Jahre werden Zahlen der Bevölkerungsprognose 2002-2020 (Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg et al. 2003) herangezogen. Demnach soll sich die Einwohnerzahl aus dem Jahr 2001 um weitere 23% bis zum Jahr 2020 verringern. Dies entspricht einem durchschnittlichen Bevölkerungsverlust von jährlich 0,85%. Für das Simulationsmodell wird im Basisszenario ein jährlicher Rückgang der Einwohnerzahlen um 0,85% für den gesamten Simulationszeitraum angenommen (s. Trendlinie in Abbildung 9).

**Abbildung 9: tatsächliche Entwicklung der Bevölkerung im äußeren Entwicklungsraum von Brandenburg (bis 31.12.2003) und weitere Entwicklung gemäß der Prognose 2002-2020 (umgerechnet auf das Basisjahr 1990) sowie vorgeschlagene Modellannahme im Basisszenario**



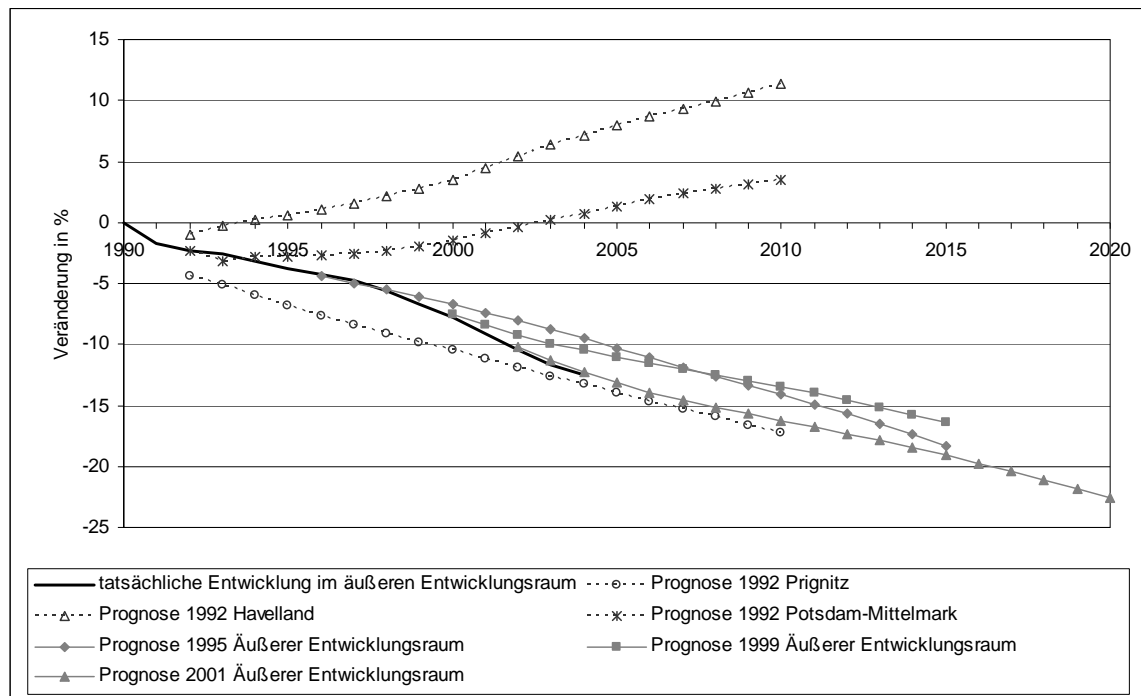
Quelle: eigene Berechnungen nach (Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2005; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg et al. 2003)

Die aus dem Modell zu entfernenden Einwohner werden zufällig ausgewählt. Der Bevölkerungsrückgang schlägt sich damit in erster Linie in einer Verringerung der Mitgliederzahlen der Wohneinheiten nieder. Erst wenn eine Wohneinheit keine Mitglieder mehr hat, wird diese vollständig aufgelöst. Dies stellt eine gewisse Vereinfachung da, da der Wegzug ganzer Familien nicht abgebildet wird. Da zudem alle Siedlungsgebiete gleich von dem Bevölkerungsrückgang betroffen sind, wird dabei von kleinräumigen Prozessen wie Suburbanisierung oder der Abwanderung der Bevölkerung in größere Gemeinden abstrahiert.

#### 4.4.2.2 Bevölkerungsprognosen

Abbildung 10 gibt einen Überblick über die vom Land veröffentlichten Bevölkerungsprognosen aus den Jahren 1992, 1995, 1999 und 2001. Entsprechend der Datenverfügbarkeit und der Erkenntnis, dass starke räumliche Disparitäten bei der Bevölkerungsentwicklung auftreten, erfolgt ab 1995 eine Differenzierung in äußeren und inneren Entwicklungsraum.

**Abbildung 10: Bevölkerungsprognosen des Landes Brandenburg. Prognostizierte prozentuale Veränderung der Einwohnerzahlen bezogen auf das Basisjahr 1990.**



Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung nach (Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg et al. 2001; 2003; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 1995; 1997; 2003)

Am prägnantesten sind die deutlich voneinander abweichenden Ergebnisse der ersten Prognosen mit Basisjahr 1992. Es sind mit Ausnahme des Kreises Prignitz, der vollständig im äußeren Entwicklungsraum liegt, keine spezifischen Aussagen über die Entwicklung im ländlichen Raum enthalten. Die Planenden dürften sich darüber im Klaren gewesen sein, dass die Werte auf Kreisebene nicht uneingeschränkt auf den äußeren Entwicklungsraum übertragen werden konnten. Dennoch wurde die Entwicklung zu Beginn der 1990er Jahre insgesamt zu optimistisch eingeschätzt. Die folgenden Prognosen stehen bereits im Zeichen einer deutlich pessimistischeren Entwicklungsvorstellung und prognostizieren für den äußeren Entwicklungsraum einen deutlichen Bevölkerungsrückgang.

Für das Modell ist insbesondere die erste Prognose bedeutsam, da diese die Kapazitäts- und Anschlussplanung der Zweckverbände stark beeinflusst hat. Für die Simulation wird im Basiszenario ab dem Jahr 1990 eine Bevölkerungsprognose mit einer Bevölkerungsveränderung von jährlich  $-0,3\%$  angenommen. Aufgrund der deutlichen Abweichungen der tatsächlichen von der prognostizierten Entwicklung wird im Jahr 1995 eine zweite Prognose zur Verfügung gestellt, die die folgende Bevölkerungsentwicklung realistisch, d.h. mit einem jährlichen Rückgang von  $-0,85\%$  prognostiziert. Die Prognosewerte für ein konkretes Jahr werden im Modell anhand des Basisjahres errechnet. Dabei wird – wie bei der tatsächlichen Bevölkerungsentwicklung – angenommen, dass sich alle Siedlungsgebiete gleich entwickeln.

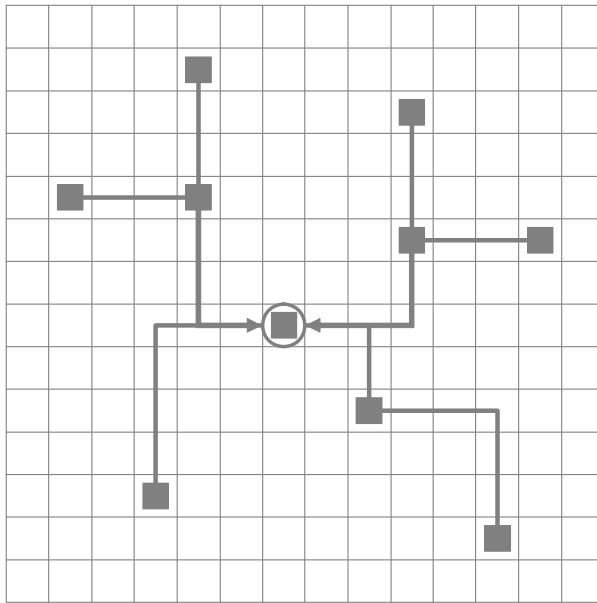
## 4.5 Planung und Bau öffentlicher Infrastruktur

Die Planung der öffentlichen Infrastruktur durch den entsorgungspflichtigen Zweckverband erfolgt in einem Abwasserbeseitigungskonzept, das die Grundlage für den tatsächlichen Bau der Anlagen darstellt. Es beinhaltet die Festlegung von Lage und Kapazität der Kläranlage und Kanalisation sowie der anzuschließenden Siedlungsgebiete inklusive der zu erwartenden Anschlussjahre. Laut Brandenburgischem Wassergesetz (BbgWG)<sup>16</sup> ist das Konzept den Wasserbehörden spätestens im Abstand von fünf Jahren erneut vorzulegen. Darüber hinaus wird es in der Praxis überarbeitet, wenn veränderte Rahmenbedingungen die bisherige Planung infrage stellen (vgl. Int Amt Pr; Int ZV Pr). Aufgrund der Vielzahl der Anlässe für eine Neuplanung und zur Vereinfachung des Programmcodes wird das Abwasserbeseitigungskonzept im Modell jährlich neu erstellt. Lediglich wenn sich die Kläranlage noch im Baustadium befindet oder die Kläranlagenkapazität bereits ausgeschöpft ist, erfolgt keine Überarbeitung.

Im Abwasserbeseitigungskonzept kann grundsätzlich entweder ein weiterer Ausbau oder die Beibehaltung der bestehenden Infrastruktur festgelegt werden. Ein Rückbau von Anlagen kann zurzeit nicht berücksichtigt werden (s. Kapitel 6.2.2). Die Lage der Kläranlage und der Verlauf der potenziellen Kanalisation werden vor Simulationsbeginn im Grid verortet. Dabei wird ein Kanalisationsverlauf vorgegeben, der alle Siedlungsgebiete einschließt. Eine Unterteilung des Entsorgungsgebietes in mehrere Teilgebiete mit Einzel- oder weiteren Gruppenkläranlagen ist nicht möglich. In der Praxis der drei Fallstudienkreise kann diese Beschränkung insofern legitimiert werden, als die Mehrzahl der Entsorgungsgebiete nur eine Kläranlage aufweisen (Median bei 1; Durchschnitt bei 1,5; vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, eigene Berechnungen). Anhand der in den folgenden Abschnitten beschriebenen Verfahren wird im Verlauf der Simulation bestimmt, welche Siedlungsgebiete tatsächlich in das Abwasserbeseitigungskonzept aufgenommen werden. Von dem vorgegebenen Verlauf der potenziellen Kanalisation kann während der Simulation nicht mehr abgewichen werden. Der im Basisszenario verwendete Verlauf der potenziellen Kanalisation ist in der folgenden Abbildung 11 dargestellt. Die Kläranlage liegt in der größten Siedlung mittig im Entsorgungsgebiet.

---

<sup>16</sup> Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) vom 13. Juli 1994 (GVBl. 1/94 S. 302, ber. GVBl. 1/97 S. 168), zuletzt geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 10. Juli 2002 (GVBl. 1/02 S. 62, 67).

**Abbildung 11: Verlauf der potenziellen Kanalisation im Modell-Entsorgungsgebiet**

Für die Entscheidung bezüglich der Kapazität der Anlagen und der anzuschließenden Orte werden in den Abschnitten 4.5.1 bis 4.5.3 drei unterschiedliche Ansätze entwickelt. Aufgrund zeitlicher Restriktionen ist zurzeit lediglich der erste Planungsalgorithmus im Modell implementiert. Die dafür notwendigen Parameterwerte werden im Abschnitt 4.5.4 erläutert.

#### **4.5.1 Planungsalgorithmus 1: Infrastrukturplanung mit Vorrang einer zentralen Entsorgung**

Dieser Algorithmus zur Bestimmung der Kapazität der Kläranlage sowie der anzuschließenden Siedlungsgebiete basiert auf einem generellen Vorrang einer zentralen Infrastruktur gegenüber dezentralen Anlagen. Wie im Theorieteil sowie in der Einführung in die Fallstudie (Kapitel 2.3.2.2 und 3.3) dargestellt und auch in den Interviews bestätigt (vgl. bspw. Int Anbieter; Int UWB Pr; Int Amt Pr; Int BI PM; Int Po PM; Int Dezent-eG), wurde die öffentliche Abwasserbeseitigung zu Beginn der 1990er-Jahre von der Mehrzahl der Akteure als Regelfall angesehen und daher auch beim Aufbau der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum Brandenburgs umgesetzt. Dieser Ansatz bildet daher die vorherrschende Planungslogik der Zweckverbände in der Fallstudienregion in den ersten Jahren nach der Wiedervereinigung nach. Dementsprechend wird prinzipiell ein Anschluss aller Siedlungsgebiete an die Kanalisation angestrebt. Diese grundsätzliche Zielsetzung kommt zunächst lediglich dort nicht zur Anwendung, wo die zentrale Entsorgung mit einem sehr hohen Aufwand verbunden wäre, der sich in unverhältnismäßig hohen Gebühren niederschlägt. Gleichzeitig strebt der Zweckverband an kostendeckend zu wirtschaften, d.h. möglichst alle Kosten auf die Gebührenzahler umzulegen. Hinweise auf eine solche Anschlussstrategie von Zweckverbänden ergeben sich aus verschiedenen Interviews (Int Amt HL; Int Amt Pr; Int Anbieter; Int ZV HL) und finden sich auch bei Engstfeld (1992, S. 5) und Franz et al. (1998, S. 50 ff).

In diesem Planungsalgorithmus werden daher alle möglichen Anschlusskonstellationen daraufhin geprüft, ob die dabei entstehenden rechtlich zulässigen Gebührensätze (s. Kapitel 4.10.4) ein

sozialverträgliches Niveau (s. Kapitel 4.5.4) nicht übersteigen. Da die Gebührensätze durch sinkende Zinszahlungen und eine Veränderung der angeschlossenen Einwohnerzahlen Schwankungen unterliegen, werden die Gebührensätze eines längeren Zeitraums betrachtet. Diejenige Konstellation mit der höchsten maximal angeschlossenen Einwohnerzahl, bei der im gesamten Betrachtungszeitraum der rechtlich zulässige Gebührensatz den sozialverträglichen Gebührensatz nicht übersteigt, wird im Abwasserbeseitigungskonzept festgeschrieben. Die während des Aufbaus der Infrastruktur und durch einen Bevölkerungsrückgang verursachten Mindereinnahmen werden dabei zunächst in Kauf genommen. Zu erwartende Fördermittel (s. Kapitel 4.11.3) werden hier bereits mit eingeplant. Eine Veränderung des spezifischen Abwasseranfalls wird dagegen nicht vorausgesehen.

Um der Tatsache gerecht zu werden, dass die ursprünglichen Planungen einer umfassenden zentralen Entsorgung im ländlichen Raum Brandenburgs aufgrund finanzieller Schwierigkeiten häufig überdacht werden mussten, (s. Kapitel 3.4.5 und 3.4.6), wird der Planungsalgorithmus bei Überarbeitungen des Abwasserbeseitigungskonzeptes gegenüber der Erstplanung variiert. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich das Interesse der Zweckverbände und deren Mitgliedskommunen, die etwaige Defizite auszugleichen haben, nun stärker auf die Vermeidung weiterer Mindereinnahmen richtet (vgl. etwa Int Amt Pr; Int SW Pr; Int LUA; Int UWB HL; s. auch Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999). Daher ist bei den folgenden Abwasserbeseitigungskonzepten diejenige Konstellation des Anschlusses von Siedlungen mit den meisten Einwohnern zu wählen, bei der das im Betrachtungszeitraum zu erwartende Gesamtdefizit minimiert wird. Da die Kläranlage bei der Überarbeitung der Abwasserbeseitigungskonzepte bereits gebaut ist, wird eine Erhöhung des Auslastungsgrades so lange angestrebt, bis die durch den Bau der Kanalisation entstehenden Kosten nicht mehr ausreichend auf die Gebührenzahler umgelegt werden können, da der sozialverträgliche oder politische Gebührensatz nicht mehr einzuhalten ist.

### **4.5.2 Planungsalgorithmus 2: Infrastrukturplanung nach Variantenvergleich**

Der – zurzeit nicht implementierte – zweite Algorithmus zur Planung der öffentlichen Infrastruktur beruht auf der Gleichwertigkeit von zentraler und dezentraler Abwasserentsorgung und dient der Minimierung der Gesamtkosten der Abwasserbeseitigung durch die Auswahl der jeweils günstigsten Entsorgungsvariante. Dies ist in Brandenburg Ausdruck der Erkenntnis, dass eine flächendeckende kanalgebundene Entsorgung aller Siedlungsgebiete nicht zu sozialverträglichen Gebührensätzen möglich ist und dass andererseits dezentrale Anlagen durchaus geeignet sein können, ein hohes Umweltschutzniveau zu gewährleisten (s. Kapitel 3.5, vgl. Int ZV Pr; Int Amt Pr; Int UWB Pr). Nachdem bereits 1995 auf die Grundsätze von Wirtschaftlichkeit und Sparsamkeit sowie auf die Möglichkeiten des Einsatzes von Kleinkläranlagen und Sammelgruben hingewiesen wurde (vgl. Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1995), wurde die gleichrangige Betrachtung von zentralen und dezentralen Entsorgungsvarianten in den Abwasserbeseitigungskonzepten ab 2000 Voraussetzung für die

Gewährung von Fördermitteln für zentrale Anlagen (vgl. Förderrichtlinien für die öffentliche Abwasserbehandlung von 2000<sup>17</sup> und 2001<sup>18</sup>).

Dieser Ansatz kann durch einen Variantenvergleich operationalisiert werden, bei dem diejenige Anschlusskonstellation mit den im Betrachtungszeitraum geringsten Gesamtkosten der zentralen und der dezentralen Entsorgung ausgewählt wird. Soll eine umfassende gesamtgesellschaftliche Optimierung erfolgen, müssen sich die Gesamtkosten nicht nur auf die neu anzuschließenden Siedlungsgebiete, sondern auf das gesamte Entsorgungsgebiet beziehen. Hier können etwaige Gebührenveränderungen bei den bereits angeschlossenen Wohneinheiten durch eine Erhöhung des Anschlussgrades mit berücksichtigt werden.

Für die Ermittlung der Gesamtkosten könnte auf die Methode der Kostenvergleichsrechnung der LAWA (vgl. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 2005) zurückgegriffen werden (vgl. etwa Förderrichtlinie 2001), bei der zukünftige Zahlungen diskontiert und auf einen Projektkostenbarwert umgerechnet werden. Hier ergeben sich jedoch modellierungstechnische Schwierigkeiten, da aus Gründen der Vergleichbarkeit der Varianten grundsätzlich das kleinste gemeinsame Vielfache der Restnutzungsdauern der zeitlich unter Umständen nacheinander gebauten Anlagen als Betrachtungszeitraum gewählt werden muss, der damit ins Unendliche gehen kann. Daher sollte ein Variantenvergleich im Modell nicht auf Projektkostenbarwerten, sondern auf realen Jahreskosten beruhen. Die dabei zu berücksichtigenden Zinszahlungen gewährleisten ähnlich wie bei der Diskontierung eine höhere Gewichtung gegenwärtiger gegenüber späteren Zahlungen.

Die Entsorgungsvarianten müssen hinsichtlich anderer Aspekte wie etwa der Ablaufqualitäten ein vergleichbares Nutzenniveau aufweisen (vgl. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 2005, S. 1-2). Daher wird neben dem Anschluss an die Kanalisation nur die Abwasserbehandlung mittels Kleinkläranlagen betrachtet, nicht jedoch die Entsorgung durch Sammelgruben. Dabei muss der Zweckverband nicht den Abwasseranfall jeder einzelnen Wohneinheit oder die konkreten Kosten, das Alter und die Aufrüstungsmöglichkeiten jeder einzelnen, tatsächlich existierenden dezentralen Anlage berücksichtigen, sondern kann pauschale Durchschnittswerte verwenden (vgl. PriceWaterhouseCoopers 2002, S. 6), die sowohl für vollbiologische als auch für mechanische Anlagen bei etwa 175 €/EW bei einer 4-Einwohner-Anlage liegen (s. Kapitels 4.9.1.3).

### **4.5.3 Planungsalgorithmus 3: Kombination aus Variantenvergleich und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung**

Der ebenfalls nicht implementierte dritte Planungsalgorithmus stellt eine Kombination aus einem Variantenvergleich und einer Wirtschaftlichkeitsbetrachtung aus der Sicht des Zweckverbandes dar. Dies beruht auf der Plausibilität der Annahme, dass ein Zweckverband einen Ausgleich zwischen gesellschaftlichem und betriebswirtschaftlichem Optimum anstrebt. Um dies zu operationalisieren, wird das Abwasserbeseitigungskonzept bei der erstmaligen Aufstellung ausschließlich auf der Grundlage eines Variantenvergleichs entsprechend des Planungsalgorithmus

---

<sup>17</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 14. Februar 2000.

<sup>18</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 19. Dezember 2001.

2 erstellt. Bei einer Überarbeitung des Konzeptes wird dieser Planungsalgorithmus ergänzt, indem aus dem Vergleich der Konstellationen mittels Variantenvergleich eine Prioritätenliste hinsichtlich der Minimierung der Gesamtkosten entwickelt wird. Beginnend mit der höchsten Priorität wird schließlich die erste Konstellation ausgewählt, bei der das im Betrachtungszeitraum entstehende Gesamtdefizit das aktuelle Defizit nicht überschreitet. Damit ist gewährleistet, dass keine Investitionen getätigt werden, die mit weiteren Verlusten verbunden wären, selbst wenn dies zu gesamtgesellschaftlich insgesamt geringeren Entsorgungskosten führen würde.

#### **4.5.4 Parameter für die Auswahl einer Anschlusskonstellation**

Die für die oben beschriebenen Entscheidungsalgorithmen notwendigen Parameter werden im Folgenden erläutert.

##### **4.5.4.1 Sozialverträglicher Gebührensatz**

Die Festlegung des sozialverträglichen Gebührensatzes ist einer der zentralen Stellgrößen für die Wahl der Anschlussstrategie des Zweckverbandes und den Umgang mit steigenden Gebühren. Die Höhe des sozialverträglichen Gebührensatzes unterliegt der subjektiven Entscheidung des Zweckverbandes. Ein formeller Grenzwert existiert nicht. In Brandenburg wird häufig ein Gebührensatz von etwa 5 Euro/m<sup>3</sup> als Grenze der Sozialverträglichkeit genannt (vgl. Bundesverband Interessengemeinschaft Dezentrale Abwasserbehandlung 2000; PDS Brandenburg o.J.; Gonnermann et al. o.J., vgl. Int Anbieter). Daher wird dieser Wert auch im Simulationsmodell für das Basisszenario verwendet.

##### **4.5.4.2 Betrachtungszeitraum**

Für überschlägige Vergleiche von Planungsalternativen werden in der Literatur unterschiedliche Betrachtungszeiträume verwendet, die sich in der Regel an den Nutzungsdauern der wichtigsten Anlagenteile orientieren. So wählt Eckstädt bei einer ähnlichen Fragestellung einen Zeitraum von 50 Jahren (2004, S. 70), PriceWaterhouseCoopers von 90 Jahren (2002, S. 7). Bei detaillierten Kostenvergleichsrechnungen nach dem Konzept der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser müssten noch längere, unter Umständen sogar unendliche Betrachtungszeiträume verwendet werden. Für die Simulation wird im Basisszenario ein deutlich geringerer Betrachtungszeitraum von lediglich 20 Jahren verwendet. Dieser Zeitraum reduziert den Rechenaufwand für die Infrastrukturplanung erheblich und ist für die hier gewählte Fragestellung ausreichend, da der Anschluss der Siedlungsgebiete an die Kanalisation in einem deutlich geringeren Zeitraum abgeschlossen werden kann und eine Vergleichbarkeit von Anlagen mit unterschiedlicher Nutzungsdauer über die Höhe der Abschreibungen gewährleistet wird.

##### **4.5.4.3 Länge der potenziellen Kanalisation**

Die Länge der potenziellen überörtlichen Kanalisation resultiert aus der Lage der anzuschließenden Siedlungsgebiete im Entsorgungsgebiet in Verbindung mit dem Verlauf der Kanalisation (s. Abbildung 11).

Die Länge der Ortskanalisation ist abhängig von der Lage der Wohngebäude innerhalb der Siedlungen. Da sich die Einwohnerzahl der Gemeinden im Laufe der Simulation verändert, die Sied-



lungsstruktur jedoch als solche erhalten bleibt, wird die Länge einer potenziellen Ortskanalisation für jedes Siedlungsgebiet vor Beginn der Simulation festgelegt und bleibt während der Simulation konstant. Eckstädt geht in dünn besiedelten Gebieten von einer spezifischen Kanallänge von 15 bis 30 m/Einwohner aus (2002, zitiert nach Yinnavong 2003, S. 46), wobei diese Angabe nicht explizit auf Ortskanalisationen bezogen ist. Lüderitz et al. haben den Zusammenhang zwischen Einwohnerzahl und der spezifischen Kanallänge eines Siedlungsgebietes quantifiziert (1999, S. 448) (s. Tabelle 12). In Anlehnung an die Angaben von Lüderitz et al. werden im Basisszenario die in Tabelle 13 aufgeführten Kanallängen für die Modell-Siedlungsgebiete angenommen.

**Tabelle 12: spezifische (innerörtliche) Kanallänge in Abhängigkeit von der Gemeindegröße**

| Einwohner  | Spezifische Kanallänge in m/Einwohner |
|------------|---------------------------------------|
| 50         | 62                                    |
| 100        | 33                                    |
| 500        | 10                                    |
| 2.000      | 7                                     |
| bis 5.000  | 6                                     |
| bis 10.000 | 8,63                                  |

Quelle: (Lüderitz et al. 1999, S. 448)

**Tabelle 13: Länge der Ortskanalisationen in den Modell-Siedlungsgebieten**

| Einwohner der Siedlungsgebiete im Modell-Entsorgungsgebiet | spezifische Kanallänge im Basisszenario in m/EW | Länge der Ortskanalisation im Basisszenario in m |
|--|---|--|
| 150  | 26,7  | 4.000  |
| 200  | 20,5  | 4.100  |
| 250  | 17,2  | 4.300  |
| 300  | 15  | 4.500  |
| 350  | 13,7  | 4.800  |
| 450  | 11,1  | 5.000  |
| 600  | 10  | 6.000  |
| 800  | 9   | 7.200  |
| 1.500  | 8   | 12.000   |
| 5.400  | 6   | 32.400   |

#### 4.5.4.4 Einwohnerzahlen der Siedlungsgebiete

Die Einwohnerzahl der angeschlossenen Siedlungsgebiete hat Auswirkungen auf die Kapazität der Kläranlage sowie im weiteren Verlauf der Simulation auf die Höhe der Abwassergebühren. Für die Kapazität der Kläranlage muss die im Betrachtungszeitraum maximal zu erwartende Einwohnerzahl ermittelt werden. Diese ergibt sich zum einen aus der in Abschnitt 4.5.4.6 erläuterten zeitlichen Abfolge des Anschlusses von Siedlungen an die Kanalisation. Zum anderen ist die parallel verlaufende Bevölkerungsentwicklung zu berücksichtigen. Dafür verwendet der Zweckverband die im aktuellen Simulationsjahr zur Verfügung stehende Prognose (s. Kapitel 4.4.2.2).

#### 4.5.4.5 Spezifischer Abwasseranfall

Neben der Einwohnerzahl wird die Kapazität der zentralen Infrastruktur auch durch den spezifischen Abwasseranfall bestimmt. Bei der erstmaligen Erstellung eines Abwasserbeseitigungskonzeptes wird hier ein pauschaler Wert angenommen. In der Literatur wird häufig mit einem spezifischen Abwasseranfall von 150 l/(EW\*d) gerechnet. In jüngerer Zeit werden gerade aufgrund der Erkenntnis sinkenden Wasserverbrauchs und der Besonderheiten des ländlichen Raums geringere Werte angesetzt. Bei der Modellanwendung wird ein spezifischer Abwasseranfall von 130 l/(EW\*d) als Ausgangswert angenommen. Sobald mit dem Anschluss der ersten Siedlung an die Kanalisation Erfahrungswerte vorliegen, wird der jeweils aktuelle spezifische Abwasseranfall der bereits angeschlossenen Einwohner verwendet.

#### 4.5.4.6 Abfolge der Investitionen

In der Praxis wird die zeitliche Abfolge von Investitionen durch die Liquidität des Zweckverbandes beeinflusst, die sich aus erforderlichen Kreditzahlungen ergibt (vgl. Int Amt HL; Int ZV Pr; Franz et al. 1998, S. 57 ff.; BKC Kommunal-Consult GmbH 2001). Da das Simulationsmodell nicht auf die Abbildung von Liquiditätsengpässen bei der Infrastrukturentwicklung abzielt, wird dies im Modell nicht dargestellt.

Für die Bestimmung der Abfolge der potenziell anzuschließenden Siedlungen entlang des vorgegebenen Verlaufs der Kanalisation existiert in der jetzigen Modellversion kein modellinterner Algorithmus. Optimalerweise müsste beim Vergleich der Anschlusskonstellationen auch die Reihenfolge der Siedlungerschließung variiert werden. Dabei sollte auch die Möglichkeit einer zeitlichen Verzögerung von Anschlussmaßnahmen berücksichtigt werden, da dies aufgrund der abnehmenden Zinszahlungen zu günstigeren Gebühren und damit einem umfangreicheren Anschlusskonzept führen könnte. Daraus würde sich die Konstellation mit der unter Einhaltung des sozialverträglichen Gebührensatzes schnellsten Entwicklung der Anschlusszahlen ergeben. Da dies äußerst komplex ist und den Rechenaufwand erheblich erhöhen würde, wird die Abfolge der Investitionen stattdessen durch einen einfachen Mechanismus bestimmt: Der Infrastrukturaufbau beginnt mit der Errichtung der Kläranlage. Darauf folgt der Anschluss der Siedlungsgebiete durch die Erstellung der überörtlichen Kanalisation und der Ortskanalisation. Die Reihenfolge der anzuschließenden Siedlungsgebiete folgt einer Minimierung des Kosten-/Nutzenverhältnisses basierend auf den Investitionskosten der zusätzlich erforderlichen Kanalisation und der dabei zu erschließenden Einwohnerzahl. Da Investitionskosten und Länge der Kanalisation direkt proportional sind, kann das Kosten-/Nutzenverhältnis über die spezifische Kanallänge ausgedrückt werden. Dabei ist zu beachten, dass sich die Länge der überörtlichen Kanalisation durch einen bereits erfolgten Anschluss anderer Siedlungen verringert. Im Basiszenario ergibt sich folgende Reihenfolge:

**Tabelle 14: Reihenfolge der potenziell anzuschließenden Siedlungsgebiete**

|                        |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Reihenfolge            | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Siedlungsnr.           | 10  | 9    | 8    | 7    | 3    | 6    | 5    | 4    | 1    | 2    |
| spezifische Kanallänge | 6,0 | 11,3 | 21,7 | 23,3 | 17,2 | 22,2 | 22,3 | 25,0 | 26,7 | 35,5 |

Über die Dauer der einzelnen Baumaßnahmen sind keine expliziten Hinweise in der Literatur bekannt. Hier werden daher einfache Annahmen über ein zeitliches Budget getroffen, das dem Zweckverband für seine Bauaktivitäten jährlich zur Verfügung steht:

- jährliches Gesamtbudget: 10.000 Punkte
- Kläranlagenbau: 20.000 Punkte
- Kanalisationsbau: 1 Punkt/m

#### **4.5.5 Bau der Infrastrukturanlagen**

Die tatsächliche Errichtung der Infrastrukturanlagen erfolgt nach dem aktuellen Abwasserbeseitigungskonzept, das schrittweise abgearbeitet wird. Die Maßnahmen sind begrenzt durch die in Abschnitt 4.5.4.6 dargestellten Budgetpunkte. Anlagenteile, die das Budget eines Jahres überschreiten, werden schrittweise fertig gestellt.

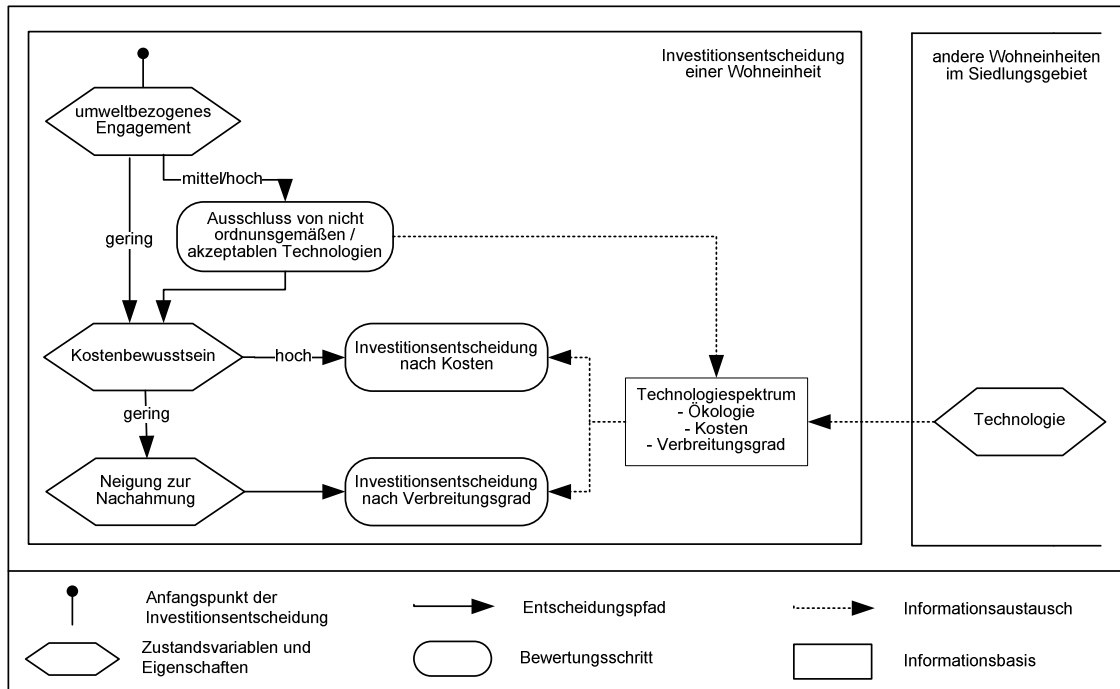
### **4.6 Investitionsentscheidung der Wohneinheiten**

Die Entscheidungen und Handlungsoptionen des Bürgers bezüglich einer Investition in dezentrale Abwasseranlagen weisen eine relativ komplexe Struktur auf und gliedern sich in die eigentlichen Entscheidungsalgorithmen, die Bedingungen zur Initiierung einer Investitionsentscheidung sowie externe Einflüsse, die die Entscheidungsalgorithmen ergänzen oder verändern.

#### **4.6.1 Entscheidungsalgorithmen**

In den Interviews wurden bei der Diskussion um Faktoren, die die Investitionsentscheidung der Wohneinheiten zum Kauf dezentraler Kleinkläranlagen beeinflussen, verschiedene Kriterien und Phänomene genannt, die sich auch in der Literatur zur Diffusion von Innovationen sowie in wasser- und abwasserbezogenen Publikationen wiederfinden. Dazu gehören insbesondere der Grad des umweltbezogenen Engagements, Kostenaspekte sowie gewisse Nachahmungseffekte. Entsprechend des in der Entscheidungstheorie vielfach verwendeten Paradigmas des ökonomisch rational handelnden Akteurs müssten die relevanten Aspekte von den Wohneinheiten gegeneinander abgewogen und zu einem Gesamtergebnis aggregiert werden. Neuere Ansätze in der Entscheidungstheorie gehen dagegen von einer eingeschränkten Rationalität und heuristischen Entscheidungsansätzen aus (vgl. etwa Gigerenzer et al. 2001). Diesen neueren Ansätzen folgend wird im Modell eine differenzierte Entscheidungsstruktur verwendet, die in Abbildung 12 überblickartig dargestellt und in den folgenden Abschnitten im Detail erläutert wird. Die heterogenen Wohneinheiten durchlaufen unterschiedliche Entscheidungspfade und treffen ihre Investitionsentscheidungen anhand unterschiedlicher Entscheidungsalgorithmen. Die Verteilung der Präferenzstruktur der Wohneinheiten erfolgt in Abschnitt 4.6.5.2. Das für Investitionen zur Verfügung stehende Technologiespektrum und die jeweiligen Eigenschaften der Technologien sind in Kapitel 4.9.1 dargestellt.

**Abbildung 12: Struktur der Entscheidungspfade der Wohneinheiten für die Investition in eine dezentrale Anlage**



#### 4.6.1.1 Ökologische Bewertung der Investitionsalternativen

Erster Schritt der Investitionsentscheidung ist eine ökologische Bewertung der Investitionsalternativen. Diese ist für die Wohneinheiten in der Praxis unterschiedlich relevant und richtet sich zudem auf unterschiedliche Argumente wie beispielsweise die Förderung des Landschaftswasserhaushaltes oder die Verhinderung der Belastung der Vorfluter. Zum Teil spielen auch andere Aspekte wie der Erhalt einer gewissen Entscheidungs- und Handlungsautonomie gegenüber einer zentralen Steuerung eine Rolle (vgl. Int Dezent-eG; Int Po PM; Int ZV Pr; Int BI PM; vgl. auch Aktionsbündnis für eine nachhaltige (Ab)Wasserwirtschaft im Land Brandenburg 2000; Bundesverband Interessengemeinschaft Dezentrale Abwasserbehandlung). Aus diesen Erwägungen heraus werden im Modell drei Stufen des umweltbezogenen Engagements abgebildet. Für Wohneinheiten mit geringem umweltbezogenen Engagement stellt die ökologische Bewertung kein Entscheidungskriterium dar; alle Alternativen werden in die weiteren Bewertungsschritte einbezogen. Wohneinheiten mit mittlerem umweltbezogenen Engagement beschränken ihre Auswahl auf ordnungsgemäße Anlagen, d.h. Sammelgruben oder erlaubnisfähige Kleinkläranlagen mit Wartungsvertrag. (Dies gilt unabhängig davon, ob bereits eine mobile Entsorgung eingerichtet ist.) Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement schließen darüber hinaus Sammelgruben aus politischen Erwägungen aus. Sofern innerhalb der nächsten fünf Jahre ein Anschluss an die Kanalisation geplant ist, bleibt jedoch die Sanierung von Sammelgruben als Option erhalten.

#### 4.6.1.2 Finanzielle Bewertung der Investitionsalternativen

Nach dem eventuellen Ausschluss bestimmter Alternativen im Rahmen der ökologischen Bewertung wird ein ökonomischer Bewertungsschritt durchgeführt. Auch hier erfolgt eine Differenzierung der Wohneinheiten in solche mit hohem und solche mit geringem Kostenbewusstsein. Bei letzteren spielen finanzielle Aspekte keine Rolle. Deren Investitionsentscheidung wird im Weiteren anhand einer Bewertung des Verbreitungsgrades von Anlagen entsprechend Abschnitt 4.6.1.3 gefällt. Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein wählen dagegen die aus ihrer Perspektive kostengünstigste Alternative mit Hilfe einer Kostenvergleichsrechnung aus. Geringe Kostenunterschiede von wenigen Prozent werden dabei ignoriert. Die Höhe dieser Kostenmarge beträgt im Basisszenario 10%. Die Auswahl aus den Alternativen mit vergleichbaren Kosten erfolgt per Zufall.

Für die Kostenvergleichsrechnung kann nach Franz et al. (1998) auf zwei formalisierte Verfahren zurückgegriffen werden. Beim kostenorientierten Ansatz werden die jährlich anfallenden Kosten bestehend aus Betriebskosten, Zinsen und Abschreibungen berechnet. Beim zahlungsorientierten Ansatz werden dagegen tatsächliche Zahlungen verwendet, wobei spätere Zahlungen diskontiert werden, um deren geringere Bewertung gegenüber sofortigen Zahlungen auszudrücken (vgl. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 2005; Institut für Abwasserwirtschaft Halbach 2003; PriceWaterhouseCoopers 2002; BKC Kommunal-Consult GmbH 1997). Im Simulationsmodell wird der kostenorientierte Ansatz verwendet, da durch die Variation der Zinssätze die Investitionskosten unterschiedlich stark gewichtet werden können. Damit kann der Tatsache Rechnung getragen werden, dass aufgrund der geringen finanziellen Rücklagen vieler Bürger die Investitionskosten dezentraler Anlagen häufig eine gewisse Investitionshürde darstellen (vgl. Int Amt HL; Int UWB Pr; Int UWB HL; Int ZV Pr). Die Verteilung der Zinssätze auf die Wohneinheiten ist dementsprechend im Basisszenario mit einem Mittelwert 0,06 und einer Standardabweichung von 0,03 höher gewählt als der Empfehlungswert der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser mit 0,03 (2005, S. 4-3).

Vergleichsmaßstab für die Auswahl einer Alternative sind die jeweiligen Jahreskosten nach Formel 1. Die potenzielle Nutzungsdauer von Anlagen ist dabei begrenzt durch einen eventuell geplanten Anschluss an die Kanalisation (s. Kapitel 4.5). Bei mechanischen Anlagen kommt im Basisszenario ab 2003 aufgrund rechtlicher Änderungen eine Begrenzung der Nutzungsdauer bis 2005 hinzu. In der jetzigen Implementierung können Wohneinheiten veränderte Betriebskosten, etwa durch die Einführung einer mobilen Entsorgung, nicht voraussehen.

##### **Formel 1: Berechnung der durchschnittlichen Jahreskosten als Vergleichsmaßstab der Investitionsalternativen**

|    |   |
|----|---|
| JK | = BK + IK / ND + IK * i / 2 (für ND>0)    |
| JK | = BK (für ND=0)                           |
| JK | durchschnittlichen Jahreskosten in €/Jahr |
| IK | Investitionskosten in €                   |
| BK | Betriebskosten eines Jahres in €          |
| ND | Nutzungsdauer in Jahren                   |
| i  | Zinssatz in %/100                         |

#### **4.6.1.3 Bewertung des Verbreitungsgrades von Anlagen**

Wohneinheiten mit geringem Kostenbewusstsein durchlaufen schließlich die letzte Entscheidungsstufe, in der die eigene Investitionstätigkeit durch die technologische Entwicklung im sozialen Netz bzw. der Nachbarschaft der Wohneinheiten beeinflusst wird. Dieses Phänomen wird sowohl in der Theorie zur Diffusion von Innovationen (s. Kapitel 2.4.4, 2.4.5, 2.5.5) als auch in den Brandenburger Fallstudien beschrieben (vgl. Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 13; Int Po PM, Int UWB Pr, Int Dezent-eG) und ist in Ansätzen auch in statistischen Daten nachvollziehbar (vgl. Untere Wasserbehörde Kreis Prignitz 2003, eigene Berechnungen; s. Anhang 4). Aufgrund der vorgelagerten Entscheidungsschritte ist diese Beeinflussung abhängig von der Höhe des umweltbezogenen Engagements. Wohneinheiten mit einem geringen umweltbezogenem Engagement entscheiden zunächst, ob überhaupt eine Investition getätigt werden soll. Dies ist dann der Fall, wenn im Siedlungsgebiet der jeweiligen Wohneinheiten in den letzten 15 Jahren bereits in einen gewissen Anteil von Anlagen investiert wurde, der durch einen individuellen Schwellenwert bestimmt wird. Dieser liegt zwischen  $>0$  und 100% und folgt im Basisszenario einer Normalverteilung mit einem Mittelwert von 50% und einer Standardabweichung von 25%. In einem zweiten Schritt wird über die Auswahl des Technologietyps entschieden. Hier ist ausschlaggebend, in welche Technologie in den letzten 15 Jahren im eigenen Siedlungsgebiet am häufigsten investiert wurde. Diesen Schritt durchlaufen nun auch Wohneinheiten mit mittlerem oder hohem umweltbezogenem Engagement. Als Technologien kommen grundsätzlich – sofern nicht schon durch vorhergehende Bewertungsschritte ausgeschlossen – die Haupttypen Sammelgrube, vollbiologische Kleinkläranlage und bis 2003 die mechanische Kleinkläranlage infrage. Ob die ausgewählte Zieltechnologie über eine Sanierung, Umrüstung oder Neuanschaffung erreicht wird und ob ein Wartungsvertrag abgeschlossen wird oder nicht, wird per Zufall entschieden. Um extreme Fehlinvestitionen zu verhindern, erfolgt die Investitionsentscheidung nur, wenn innerhalb der nächsten fünf Jahre nicht mit einem Anschluss an die Kanalisation zu rechnen ist.

#### **4.6.2 Initialisierung des Entscheidungsprozesses**

Nach einer erfolgten Investition wird der erläuterte Entscheidungsprozess nicht jedes Jahr erneut durchlaufen. Die Wohneinheiten werden erst wieder bereit sein zu investieren, wenn die letzte Investition schon einige Zeit zurück liegt. Daher wird im Modell die Investitionsentscheidung erst nach Ablauf der Nutzungsdauer der bestehenden Anlage getroffen. Wenn Wohneinheiten sich für die Beibehaltung einer bestehenden Anlage entscheiden, wird dadurch im nächsten Zeitschritt erneut eine Investitionsentscheidung durchlaufen. Bei einer eventuellen Erweiterung des Modells wäre es möglich, diese Initiierung zu differenzieren, indem beispielsweise Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein oder umweltbezogenem Engagement schon einige Jahre früher erneut über eine Investition nachdenken. Zudem könnte eine Förderung die Verzögerung der Investitionsentscheidung bewirken.

Bei Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenem Engagement wird angenommen, dass diese die Entwicklungen des Standes der Technik und die Vorgaben von Richtlinien kennen und berücksichtigen. Daher wird bei diesen eine zusätzliche Investitionsentscheidung initiiert, sobald bestehende Anlagen nicht mehr betrieben werden dürfen (s. Kapitel 4.9.1.2). Zwar schließen auch Wohneinheiten mit mittlerem umweltbezogenem Engagement nicht ordnungsgemäße

Technologien aus, jedoch reicht deren Engagement nicht so weit, dass sie vor Ablauf der Nutzungsdauer freiwillig erneut investieren.

Der Entscheidungsprozess wird über diese eigenständige Initialisierung hinaus auch durch Sanierungsanordnung angestoßen (s. Kapitel 4.11.1). In der Praxis spielen Sanierungsanordnungen offenbar eine nicht unerhebliche Rolle bei der ordnungsgemäßen Umsetzung der dezentralen Abwasserbeseitigung. So gehören etwa in der Prignitz sieben der zehn Orte, in denen Fristenpläne mit Sanierungsanordnungen aufgestellt wurden, zu den zehn Orten, in denen insgesamt die meisten dezentralen Anlagen gemeldet wurden (Untere Wasserbehörde Kreis Prignitz 2003, eigene Berechnungen). Dies deutet an, dass vielfach ohne ordnungsrechtlichen Zwang Investitionen nur zurückhaltend getätigt werden.

Darüber hinaus wird eine Investitionsentscheidung auch dann durchlaufen, wenn eine Anschlussplanung für das entsprechende Siedlungsgebiet aufgehoben wurde, da diese bisher möglicherweise Investitionen verhindert hat.

Die durch Sanierungsanordnungen und veränderte Anschlussplanungen hervorgerufenen Modifikationen im Entscheidungsalgorithmus werden in Abschnitt 4.6.4 ausgeführt.

### **4.6.3 Verzögerung der Investition durch Wissens- und Bewusstseinsaspekte**

Der Ablauf der Nutzungsdauer einer Anlage ist rechtlich oder technisch nicht eindeutig definiert und wird von Hausbesitzern als Laien unterschiedlich wahrgenommen. In der Realität werden daher die Investitionsentscheidungen nicht derart stringent nach Ablauf der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer initiiert, wie dies in diesem Modell der Fall ist. Wie Erfahrungen aus anderen Bereichen zeigen, spielt der ‚knowledge stage‘ eine große Rolle bei der Verbreitung von Innovationen (s. Kapitel 2.4.3 und 2.5.4). Eine Verzögerung der Investition in dezentrale Anlagen kann daher aus einem mangelndem Wissen oder Bewusstsein etwa über Alter und Zustand der bestehenden Anlage, über die Anforderungen an dezentrale Anlagen und über technologische Alternativen resultieren. Diese Aspekte führen dazu, dass sich auch bei gleichen Rahmenbedingungen und Eigenschaften der Wohneinheiten ein Diffusionsprozess über einen längeren Zeitraum vollzieht. Zur Vereinfachung des Modells werden solche Wissens- und Bewusstseinsaspekte in der jetzigen Modellversion nicht mit berücksichtigt. Dies bietet den Vorteil, dass Veränderungen in den Rahmenbedingungen unmittelbar in veränderten Investitionsentscheidungen sichtbar werden, führt jedoch auch zu einer gewissen Verzerrung der Entwicklung. Um zu verhindern, dass bestimmte Typen von Wohneinheiten, insbesondere solche mit hohem umweltbezogenen Engagement, zeitgleich direkt im ersten Simulationsjahr investieren, wird ersatzweise das Alter der bestehenden Anlagen in Abschnitt 4.6.5.1 so ausgestaltet, dass die Nutzungsdauer einiger Anlagen erst im Laufe der ersten Simulationsjahre abläuft. Alternativ könnte auch mit der Einführung von Wahrscheinlichkeiten operiert werden, mit denen Wohneinheiten in einem bestimmten Jahr investieren. Dies würde jedoch die Nachvollziehbarkeit der Entscheidungen einschränken und wird daher hier nicht umgesetzt.

#### **4.6.4 Beeinflussung der Investitionsentscheidung durch externe Maßnahmen**

Durch verschiedene Maßnahmen der Unteren Wasserbehörden, des Landes und der Zweckverbände werden die Investitionsentscheidungen der Wohneinheiten beeinflusst, so dass die in Kapitel 4.6.1 beschriebenen Algorithmen variiert werden.

##### **4.6.4.1 Sanierungsanordnung**

Eine Sanierungsanordnung für eine Sammelgrube oder eine grundstücksbezogene Kleinkläranlage (s. Kapitel 4.11.1) ist eine behördliche Anordnung durch die Untere Wasserbehörde, die im Normalfall nicht umgangen wird. Dadurch bleibt dem Hausbesitzer keine Entscheidungsmöglichkeit mehr hinsichtlich der Frage, ob er investieren will. Die Investitionsentscheidung der Wohneinheiten wird in einem solchen Fall extern initialisiert. Eine Sanierungsanordnung muss in der Praxis innerhalb einer Frist von drei bis fünf Jahren umgesetzt sein. Im Modell erfolgt der Einfachheit halber eine sofortige Umsetzung. Für Wohneinheiten mit geringem umweltbezogenem Engagement entfällt bei der Bewertung des Verbreitungsgrades von Anlagen der erste Entscheidungsschritt (s. Kapitel 4.6.1.3).

Die Sanierungsanordnung zielt nicht notwendigerweise auf die Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit einer bestehenden Anlage, sondern generell auf das Betreiben einer ordnungsgemäßen Abwasseranlage, sodass die Entscheidungsbefugnis über die Wahl einer Technologie im Rahmen des gesetzlich geforderten Mindeststandards bestehen bleibt. Die Wahl kann auch auf Anlagen mit mangelhafter Wartung fallen, da die Aufrechterhaltung einer ordnungsgemäßen Wartung behördlicherseits nicht dauerhaft gesichert werden kann. Dies gilt nicht, wenn die Sanierungsanordnung explizit aufgrund einer mangelnden Wartung ausgesprochen wurde.

##### **4.6.4.2 Förderung**

Die Förderung von Kleinkläranlagen hat nach Einschätzung verschiedener Interviewpartner (vgl. Int ZV HL; Int UWB Pr; Int UWB HL; Int ZV Pr) und nach Auswertung behördlicher Erlaubnisse (Untere Wasserbehörde Kreis Prignitz 2003) einen deutlichen Einfluss auf die Investitionsbereitschaft. Zum einen bewirken Fördermittel faktisch eine Verringerung der Investitionskosten, wodurch die Rentabilität insbesondere von Anlagen mit hohen Investitions- und niedrigen laufenden Kosten steigt. Diese rational-ökonomische Wirkung der Förderung scheint verstärkt zu werden durch einen emotionalen Effekt, die auf der Einstellung beruht, vorhandene Fördermittel unabhängig davon in Anspruch nehmen zu wollen, ob die damit verbundene Investition tatsächlich am kostengünstigen ist.

Das Abrufen von Fördermitteln ist im Modell zurzeit nicht implementiert, stellt jedoch eine wichtige Erweiterungsmöglichkeit dar (s. Kapitel 4.11.2). Neben der Reduzierung der Investitionskosten entsprechend der Fördersätze könnte die emotionale Wirkung durch die Einführung eines zusätzlichen gedanklichen Kostenabschlags von 10% umgesetzt werden. An die Stelle von Zufallsentscheidungen im normalen Entscheidungsalgorithmus kann nun eine Priorisierung förderfähiger Anlagen treten.

Neben den genannten positiven Effekten einer Förderung wird deren Gestaltung und Abwicklung von einigen Gesprächspartnern auch kritisch gesehen, insbesondere da die zur Verfügung



stehenden Fördermittel zu knapp bemessen sind, um alle Interessenten zu bedienen (vgl. Int ZV Pr; Int UWB HL; Int Anbieter; Int ZV HL; Int BI PM). Lange Wartelisten und Förderabsagen führen zu einer Verzögerung und möglicherweise auch dem Ausbleiben von Investitionen. Um dies im Modell darzustellen, müssten Wohneinheiten zunächst Förderanträge stellen, deren Zusage abgewartet wird. Bei Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement könnte man annehmen, dass diese unabhängig von einem positiven Förderbescheid spätestens im folgenden Jahr selbständig investieren. Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein würden nach einer Wartefrist von einem Jahr die Investitionsentscheidung ohne Berücksichtigung von Fördermitteln erneut treffen. Bei anderen Wohneinheiten kann man von einer längeren Wartefrist ausgehen.

#### **4.6.4.3 Aufhebung einer Kanalisierungsplanung**

Bei einer Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes wird unter Umständen die Kanalisierungsplanung eines Ortes verändert. Für Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement gilt in einer solchen Situation eine Sonderregelung. Da diese in der Erwartung der Kanalisierung bei einer Investitionsentscheidung ausnahmsweise auch in Sammelgruben investieren können (s. Abschnitt 4.6.1.1), wird diese Investitionsentscheidung bereut, wenn sich herausstellt, dass eine zunächst geplante Kanalisierung mittelfristig, d.h. innerhalb eines Zeitraums von fünf Jahren, nicht mehr zu erwarten ist. Sie treffen daher unabhängig vom Alter der bestehenden Anlage eine neue Investitionsentscheidung.

### **4.6.5 Ausgangszustand der Simulation**

#### **4.6.5.1 Bestand dezentraler Anlagen bei Simulationsbeginn**

Zur Nachbildung der Ausgangssituation in den Fallstudienregionen wird in den Szenarien davon ausgegangen, dass zu Simulationsbeginn bei allen Wohneinheiten Sammelgruben vorhanden sind. Über den Anteil der undichten Gruben sind bisher auch bei den Unteren Wasserbehörden keine genaueren Daten verfügbar. Die Anbieter von Kleinkläranlagen, die häufig auch die Beseitigung bestehender Gruben oder deren Aufrüstung durchführen, haben in den Interviews vermutet, dass etwa 40% der Gruben für eine Umrüstung zur Kleinkläranlage weiternutzbar und damit ordnungsgemäß sind (vgl. Int Anbieter). Der Zustand dezentraler Anlagen wird über das Alter definiert, wobei bei Sammelgruben von einer betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer von 25 Jahren ausgegangen wird (s. Kapitel 4.9.1.2). Um zu verhindern, dass bereits zu Beginn der Simulation unrealistisch starke Investitionsaktivitäten stattfinden (s. Kapitel 4.6.3), wird im Basisszenario eine Normalverteilung des Alters mit einem Mittelwert von 20 Jahren angenommen.

#### **4.6.5.2 Verteilung der Eigenschaften der Wohneinheiten**

In den Interviews wurde von verschiedenen Seiten betont, dass finanzielle Aspekte aufgrund der geringen finanziellen Rücklagen vieler Bürger, der hohen Arbeitslosigkeit und der generell schwachen wirtschaftlichen Situation in Brandenburg eine große Rolle spielen (vgl. Int ZV HL; Int ZV Pr; Int UWB HL; Int BI PM; Int UWB PM). Die hohe Relevanz von Kostenaspekten entspricht den Erkenntnissen aus der Theorie zur Diffusion von Innovationen und Ergebnissen aus entsprechenden Forschungsprojekten im Wasser- und Abwasserbereich (s. Kapitel 2.4.2 und

2.5.2.1). Das Umweltbewusstsein sei dagegen eher gering ausgeprägt bzw. spiele bei Investitionsentscheidungen eine eher geringe Rolle. Dennoch gibt es eine Gruppe von Bürgern, die sich aus Umweltgesichtspunkten oder anderen politischen Erwägungen für bestimmte Technologien entscheiden und damit auch finanzielle Mehrbelastungen in Kauf nehmen. Über die genaue Höhe und Verteilung des umweltbezogenen Engagements und des Kostenbewusstseins liegen über diese Aussagen hinaus keine quantitativen Informationen vor. Im Basisszenario wird folgende Verteilung angenommen (s. Tabelle 15):

**Tabelle 15: Verteilung von Kostenbewusstsein und umweltbezogenen Engagement auf die Wohneinheiten**

| Kostenbewusstsein | Umweltbewusstsein |        |         |
|-------------------|-------------------|--------|---------|
|                   | hoch              | mittel | niedrig |
| hoch              | 2,5%              | 10%    | 40%     |
| niedrig           | 2,5%              | 10%    | 35%     |

Für eine mögliche Erweiterung des Modells wäre es denkbar, eine Veränderung der Eigenschaften der Wohneinheiten auch während der Simulation zuzulassen. Hier ist beispielsweise an Kampagnen zur Stärkung des Umweltbewusstseins oder an wirtschaftliche Entwicklungen zu denken, die Einfluss auf das Kostenbewusstsein der Wohneinheiten haben.

## 4.7 Abwasseranfall

Die Entwicklung des Abwasseranfalls hat die Abwasserbehandlung in Brandenburg seit der Wiedervereinigung bis heute stark geprägt. Sie wirkt sich auf die Kosten und Gebühren der öffentlichen Abwasserbehandlung aus, die wiederum den Abwasseranfall der Wohneinheiten beeinflussen. Die Höhe des Wasserverbrauchs und damit auch des Abwasseranfalls ist von zahlreichen Faktoren abhängig. Für die in diesem Modell darzustellenden Phänomene ist vor allem eine Abhängigkeit des Abwasseranfalls von der Gebührenhöhe relevant<sup>19</sup>. Hier ist eine typische Nachfragekurve auszumachen, bei der der Abwasseranfall der Wohneinheiten mit zunehmenden Preisen abnimmt. Dieser Zusammenhang wird durch die Preiselastizität der Wohneinheiten ausgedrückt. Sie ist definiert als Quotient aus der prozentualen Veränderung des Wasserverbrauchs und der prozentualen Veränderung des Wasserpreises.

Der Abwasseranfall der nicht an die Kanalisation angeschlossenen Wohneinheiten hat im Simulationsmodell keine Auswirkungen. Sowohl Kosten als auch Ablaufrachten dezentraler Anlagen werden unabhängig vom Abwasseranfall berechnet (s. Kapitel 4.9.1 und 4.9.2.1). Daher wird für solche Wohneinheiten ein fixer Wert für den spezifischen Abwasseranfall von 130 l/(EW\*d) bzw. 47,45 m<sup>3</sup>/(EW\*a) angenommen (zur Herleitung dieser Werte s. Kapitel 4.7.2.2). Der in Abschnitt 4.7.2 erläuterte Algorithmus zur Bestimmung des Abwasseranfalls bezieht sich nur auf die kanalgebundene Entsorgung.

---

<sup>19</sup> Da eine zusätzliche Modellierung der Entwicklung der Trinkwassergebühren nicht möglich ist und da man bei den Trinkwassergebühren von einer ähnlichen Preisentwicklung ausgehen kann (vgl. ), wird die Höhe des Abwasseranfalls ausschließlich in Abhängigkeit der Abwassergebühren bestimmt.

### 4.7.1 Einflussfaktoren des Abwasseranfalls

Die direkte Abhängigkeit des Wasserverbrauchs bzw. Abwasseranfalls vom Wasserpreis wird überlagert von anderen Faktoren und Entwicklungen. Um eine übermäßige Komplexität des Modells zu vermeiden, wird hier auf die explizite Modellierung dieser Faktoren verzichtet. Da die Berücksichtigung dieser Faktoren eine mögliche Verbesserung und Erweiterung des Modells darstellt, werden sie hier kurz skizziert.

- **Verwendungszweck.** Die Elastizitäten für außerhäuslichen Gebrauch von Wasser wie etwa Gartenbewässerung oder Autowaschen sind typischerweise höher als für Grundbedürfnisse wie Trinken, Kochen und Hygiene (vgl. Grobosch 2003, S. 104 f., 154 f.). Dies drückt sich in einer Verbrauchskurve aus, die sich bei zunehmendem Wasserpreis asymptotisch dem zur Deckung des Grundbedarfs nötigen Wasserverbrauch annähert. Dementsprechend führen beispielsweise Martínez-Espineira (2004) et al. einen kurz- und langfristig preisunelastischen Grundbedarf ein.
- **Haushaltseinkommen.** Grundsätzlich nimmt mit zunehmenden Einkommen der spezifische Wasserverbrauch zu. Hohe Einkommen reagieren trotz potenziell preiselastischer Verwendungszwecke relativ unelastisch auf Preisschwankungen, da die Wasserkosten das Einkommen nur geringfügig belasten. Die Preiselastizität von Haushalten mit geringeren Einkommen ist höher, jedoch begrenzt durch die Erfordernisse der Grundbedürfnisse (vgl. Grobosch 2003, S. 154 f.; Gordon-Walker et al. 2002, S. 41 f.; Ernst et al. 2005, S. 2; Martínez-Espineira et al. 2004; Agthe et al. 1987).
- **Stand der technologischen Innovationen.** Ein Großteil des Wasserverbrauchs ist mit der Nutzung technischer Geräte verbunden und kann erst mit der Anschaffung neuer Geräte beeinflusst werden (vgl. Ernst et al. 2005, S. 2; Martínez-Espineira et al. 2004). Daher ist die langfristige Preiselastizität höher als die kurzfristige. Um diesen Effekt zu berücksichtigen, integrieren Ernst et al. in einem agenten-basiertes Modell explizit Alter und Wasserverbrauch bestehender Geräte und Modernisierungsmaßnahmen im häuslichen Bereich.
- **Präferenzen.** Weiche, personenbezogene Faktoren wie Lebensstil, Gewohnheiten, Umweltbewusstsein oder Innovationsfreude stellen ergänzende Aspekte dar, die den Wasserverbrauch und die Reaktion auf preisliche Anreize beeinflussen (vgl. Gordon-Walker et al. 2002, S. 41 f.; Ernst et al. 2005, S. 2). Verhaltensänderungen können kurzfristig wirksam werden, sind jedoch nur schwer zu beeinflussen und können schnell wieder alten Verbrauchsmustern weichen (vgl. Melter 1998, S. 53).
- **Ausgangspreis und Ausgangsverbrauch.** Hohe Wasserpreise belasten das Einkommen relativ stark, so dass die Fähigkeit und Bereitschaft, weitere Preissteigerungen ohne Anpassung des Verbrauchs zu tragen, gering ist. Aufgrund vermehrter Substitutionsmöglichkeiten findet sich eine hohe Preiselastizität auch bei hohem Ausgangsverbrauch (vgl. Gordon-Walker et al. 2002, S. 41 f.; Martínez-Espineira et al. 2004; 2002, S. 171).
- **Klima und Jahreszeit.** Beides spielt vor allem aufgrund des Wasserverbrauchs für Gartenbewässerung und Swimmingpools sowie für zusätzliche Hygiene eine Rolle. Einige Studien integrieren explizit saisonale Schwankungen, Temperatur und Niederschlag sowie die Existenz von Swimmingpools und ähnlichen Einrichtungen in ihre Modellrechnungen (vgl. Grobosch 2003, S. 154 f.; Gordon-Walker et al. 2002, S. 41 f.).

## 4.7.2 Algorithmus zur Berechnung des Abwasseranfalls der kanalgebundenen Entsorgung

Der im Modell verankerte Algorithmus zur Berechnung des Abwasseranfalls einer Wohneinheit beinhaltet eine Abhängigkeit von der Veränderung der Wassergebühren gegenüber einem fiktiven Basisjahr entsprechend einer bestimmten Preiselastizität in Verbindung mit einem fiktiven Abwasseranfall im Basisjahr. Zusammenfassend ergibt sich folgende Formel 2, deren Bestandteile im Folgenden erläutert werden.

### Formel 2: Berechnung des Abwasseranfalls einer Wohneinheit

|                 |   |
|-----------------|---|
| Ausgangsformel: |   |
| $e$             | $= \frac{(A_j - A_b) \div A_b}{(P_j - P_b) \div P_b}$                                       |
| $A_j$           | $= A_b + A_b * e * (P_j - P_b) \div P_b$  |
| $A_j$           | $= \left[ sA_b + sA_b * e * \frac{(vG_j + gG_j / (sA_b * EW_j) - G_b)}{G_b} \right] * EW_j$ |
| A               | Abwasseranfall einer Wohneinheit in m <sup>3</sup> /a                                       |
| sA              | spezifischer Abwasseranfall in m <sup>3</sup> /(EW*a)                                       |
| P               | Abwasserpreis in €/m <sup>3</sup>   |
| j               | Simulationsjahr   |
| b               | Basisjahr   |
| G               | Gebühr in €/m <sup>3</sup>  |
| vG              | verbrauchsabhängige Gebühr in €/m <sup>3</sup>  |
| gG              | Grundgebühr in €/(Wohneinheit*a)  |
| e               | Preiselastizität  |
| EW              | Mitgliederzahl der Wohneinheit  |

### 4.7.2.1 Abwasserpreis

In der Literatur werden preisliche Veränderungen nicht über die Gesamtbelastung eines Haushaltes, sondern über mengenabhängige Größen abgebildet (vgl. Seiler et al. 2003, S. 31; Rudolph 1997, Punkt 4). Eine Anpassung des Abwasseranfalls dürfte geringer ausfallen, wenn der verbrauchsabhängige Anteil der Gesamtgebühr gering ist, da ein sparsamer Verbrauch dann in geringerem Maße zu finanziellen Entlastungen führt. Daher ist zu differenzieren in eine reine Mengengebühr (verbrauchsabhängiger Gebührensatz) und eine Durchschnittsgebühr (verbrauchsabhängiger Gebührensatz zusätzlich der durch den Abwasseranfall einer Wohneinheit geteilten Grundgebühr). Die Auswirkungen verschiedener Gebührenstrukturen werden in zahlreichen Studien über Preiselastizitäten des häuslichen Wasserverbrauchs untersucht, die sich jedoch häufig auf gebührenfreie Mindestverbräuche oder Stufenmodelle der Gebührenerhebung beziehen (vgl. z.B. Agthe et al. 1987; Barkatullah 2002; Martínez-Espineira 2002). Eine Untersuchung, die die für Deutschland typische Kombination von Grund- und Mengengebühr berücksichtigt, ist nicht bekannt. Die Ergebnisse von Martínez-Espineira legen jedoch nahe, dass bei einem geringen Wasserverbrauch eher Durchschnittspreise, bei einem höheren Verbrauch eher die Mengengebühr wahrgenommen wird bzw. die Verbraucher eher daran interessiert sind, die Tarifstruktur zu durchschauen (vgl. Martínez-Espineira 2002, S. 172). Für die Brandenburger Fallstudie kann davon ausgegangen werden, dass das Bewusstsein bezüglich der

Höhe und Struktur der Abwassergebühren aufgrund der Erhöhung der Wasserpreise nach der Wiedervereinigung und der öffentlichen Diskussion hoch ist. Daher wird der Wasserpreis im Modell durch die Durchschnittsgebühr abgebildet.

#### 4.7.2.2 Gebührensatz und Wasserverbrauch im Basisjahr

Die Bestimmung des Abwasseranfalls über die Preiselastizität basiert auf der Veränderung des Wasserpreises gegenüber einem Ausgangs- oder Basisjahr und einem bestimmten Abwasseranfall im Basisjahr. Da mit dem Anschluss an die Kanalisation erstmalig eine Gebühr erhoben wird, kann für dieses Jahr der Abwasseranfall nicht modell-intern über preisliche Veränderungen ermittelt werden. Stattdessen werden feste Ausgangswerte für die Gebühr und den Abwasseranfall in einem fiktiven Basisjahr festgelegt. Tabelle 16 gibt einen Überblick über Wasserpreise und Wasserverbrauch in den neuen Bundesländern aus zwei verschiedenen Quellen. Als mittlerer Wert des Wasserverbrauchs von 1991 wird im Basisszenario ein spezifischer Abwasseranfall von 130 l/(EW\*d) bzw. 47,45 m<sup>3</sup>/(EW\*a) angenommen. Durch die Multiplikation mit der Zahl der Mitglieder ergibt sich der Abwasseranfall der Wohneinheit im Basisjahr. Als fiktiver Wasserpreis wird eine Durchschnittsgebühr von 1,22 €/m<sup>3</sup> verwendet.

**Tabelle 16: Entwicklung des Wasserverbrauchs und der Wasser- und Abwasserpreise in den Neuen Bundesländern**

|      | Wasserverbrauch in l/(EW*d) |                              | Preis in €/m <sup>3</sup> |                   |
|------|-----------------------------|------------------------------|---------------------------|-------------------|
|      | nach Neumüller              | nach Statistisches Bundesamt | Wasser                    | Abwasser          |
| 1990 | 141 <sup>a</sup>            |                              |                           |                   |
| 1991 | 118 <sup>a</sup>            | 141 <sup>d</sup>             |                           | 1,22 <sup>a</sup> |
| 1992 | 105 <sup>a</sup>            |                              | 1,04 <sup>a</sup>         | 1,49 <sup>a</sup> |
| 1993 | 107 <sup>a</sup>            |                              |                           | 1,84 <sup>a</sup> |
| 1994 | 101 <sup>a</sup>            |                              |                           | 2,02 <sup>a</sup> |
| 1995 | 100 <sup>a</sup>            | 100 <sup>e</sup>             | 1,60 <sup>a</sup>         | 2,27 <sup>a</sup> |
| 1996 | 98 <sup>a</sup>             |                              | 1,72 <sup>a</sup>         | 2,41 <sup>a</sup> |
| 1997 | 96 <sup>a</sup>             |                              | 1,77 <sup>a</sup>         | 2,66 <sup>a</sup> |
| 2001 |                             | 94 <sup>f</sup>              | 2,05 <sup>bc</sup>        | 2,60 <sup>g</sup> |

Quellen: a: (Neumüller 2000, Anhang S. 26); b: (Schönbäck et al. 2003, S. 398 f.); c: (Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft 2001); d: (Statistisches Bundesamt 1991, S. 13); e: (Statistisches Bundesamt 1995, S. 15); f: (Statistisches Bundesamt 2004c); g: (Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft et al. o.J.).

#### 4.7.2.3 Preiselastizität

Tabelle 17 gibt einen Überblick über die Preiselastizitäten, die in verschiedenen Studien ermittelt wurden. Insgesamt ist von negativen Preiselastizitäten mit einer unterproportional starken Anpassung des Wasserverbrauchs an Preisveränderungen auszugehen. Der Schwankungsbereich ist mit Werten zwischen -1,57 und -0,02 relativ groß. Der Schwerpunkt liegt bei Werten im Bereich von -0,3 bis -0,1.

**Tabelle 17: Preiselastizitäten verschiedener Studien**

| Region          | Zeitraum  | Preiselastizitäten | Quelle                                     |
|-----------------|-----------|--------------------|--|
| USA             | 1970er    | -0,396 bis -0,565  | (Agthe et al. 1987, S. 284)                |
| Finnland        | 1970-1978 | -0,11              | OECD, 1987, zit. nach (Melter 1998, S. 54) |
| England/Wales   | 1972-1978 | -0,3               | OECD, 1987, zit. nach (Melter 1998, S. 54) |
| Diverse Studien | 1980er    | -0,18 bis -0,86    | zit. nach (Barkatullah 2002, S. 20)        |

|                                     |           |   |   |
|-------------------------------------|-----------|---|---|
| Malmö, Schweden                     | 1980er    | -0,15   | zit. nach (Bizer et al. 1999, S. 229)   |
| Internationale Studien              | 1969-1998 | -0,1 bis -0,26  | zit. nach (Foundation for Water Research (Hg) 2000)   |
| Sydney, Wollongong, Australien      | 1990-1994 | -0,21   | (Barkatullah 2002, S. 20)   |
| Sevilla, Spanien                    | 1991-1999 | -0,1<br>(-0,07 bis -0,13)   | (Martínez-Espineira et al. 2004, S. 1701)   |
| Spanien, Nordwesten                 | 1993-1999 | -0,12 bis -0,17   | (Martínez-Espineira 2002, S. 175)   |
| Südafrika                           | 1997 ff.  | -0,17 kurzfristig<br>-0,6 langfristig                                       | (Foundation for Water Research (Hg) 2000)   |
| Emilia-Romagna, It.                 | 1998-2001 | -0,99 bis -1,33   | (Mazzanti et al. 2005, S. 1)  |
| international                       | 1999-2002 | -0,10 bis -0,30<br>USA 2-3 x so hoch<br>bei mehrjährigem<br>Gebührenanstieg | Höglund, 1999; Nauges and Thomas, 2000;<br>Martines-Espineira, 2002, zit. nach<br>(Martínez-Espineira et al. 2004, S. 1697) |
| Kopenhagen, DN                      | 1990er?   | -0,1  | Hansen 1996, zit. nach (Cames et al. 1999, S. 246)  |
| hauptsächlich USA                   | o.A.      | -0,02 bis -1,57<br>meist -0,3 bis -0,8                                      | OECD, 1999, zit. nach (Grobosch 2003, S. 154 f.)  |
| ? (vermutlich EU)                   | o.A.      | -0,1 bis -0,3   | zit. nach (Gordon-Walker et al. 2002, S. 41 f.)   |
| Deutschland, Schweiz, Österreich    | 2000 ff.  | -0,3  | (Ernst et al. 2005, S. 2)   |
| Metaanalyse internationaler Studien | 2003      | -0,41 Durchschnitt<br>-0,35 Median  | (Dalhuisen et al. 2003, S. 295)   |
| Deutschland, Hessen                 | 1991-1997 | -0,13 (Deutschland)<br>-0,25 (Hessen)                                       | (Neumüller 2000, S. 139)  |

In Deutschland wurden erst im Zuge der Diskussion über die Wirksamkeit der Erhebung von Grundwasserabgaben ab Mitte der 1990er Jahre erste Untersuchungen über die Preiselastizität des Wasserverbrauchs durchgeführt (vgl. Bizer 1997, zitiert nach Neumüller 2000, S. 137). Diese Untersuchungen verweisen auf andere Studien mit sozio-ökonomisch vergleichbaren Untersuchungsregionen und übernehmen deren Preiselastizitäten für eigene Abschätzungen (vgl. etwa Bizer et al. 1999, S. 228; Grobosch 2003, S. 154 f.; so auch Ernst et al. 2005 (Auskunft der Autoren)). Neumüller berechnet, ebenfalls im Zusammenhang mit der Diskussion um Grundwasserabgaben, Preiselastizitäten für Deutschland und Hessen aus statistischen Daten des Bundesverbandes der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft und ermittelt Preiselastizitäten von -0,13 für Deutschland und von -0,25 für Hessen (2000, S. 139).

Für die neuen Bundesländer lassen sich die auf die Abwasserpreise bezogenen Preiselastizitäten aus den Daten von Neumüller (s. Tabelle 16) sowie verschiedenen Datensätzen des statistischen Bundesamtes (1991; 1995; 2004c) errechnen. Sie liegen zwischen -0,16 und -0,3 und damit deutlich über dem Bundesdurchschnitt (s. Tabelle 18). Wird für 1991 ein gemittelter Wasserverbrauch von 130 l/(EW\*d) angenommen, ergibt sich eine Preiselastizität von -0,23.

**Tabelle 18: Preiselastizitäten des Wasserverbrauchs in den neuen Bundesländern (eigene Berechnungen)**

| Bezugsraum  | Zeitraum           | Elastizität<br>(bezogen auf Abwasserpreise) | Datengrundlage für den Wasserverbrauch |
|-------------|--------------------|---|--|
| Deutschland | 1992-1997          | -0,08                                       | (Neumüller 2000, S. 114)               |
| Neue Länder | 1991-1997          | -0,16                                       | (Neumüller 2000, S. 114)               |
| Neue Länder | 1991-2001          | -0,30                                       | (Statistisches Bundesamt 1991; 2004c)  |
| Neue Länder | 1991-<br>1997/2001 | -0,23                                       | gemittelter Wert 1991: 130 l/(EW*d)    |

Im Basisszenario wird eine Preiselastizität von -0,2 angenommen. Diese Preiselastizität wird für alle Wohneinheiten über den gesamten Simulationszeitraum konstant gesetzt. Da ökonometrisch ermittelte Werte für die fiktiven Entwicklungen im Simulationsmodell unter Umständen nicht übertragbar sind, wäre eine Validierung und Differenzierung dieses Wertes durch eine Befragung der Gebührenzahler sinnvoll (vgl. Kommission der Europäischen Gemeinschaften 2000, S. 14), ist im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht möglich.

## 4.8 Opposition

Wie in Kapitel 3.4.6 erläutert, ist in Brandenburg eine starke bürgerschaftliche Oppositionsbewegung entstanden, die die Infrastrukturplanung der Aufgabenträger beeinflusst hat. Deren Operationalisierung im Modell beruht angesichts mangelnder Messbarkeit und mangelnder Daten im Wesentlichen auf einigen Aussagen der Interviewpartner sowie eigenen Annahmen. Die Opposition richtet sich gegen zwei unterschiedliche Aspekte: In den Siedlungen, die bereits an die öffentliche Infrastruktur angeschlossen sind, bezieht sie sich auf die Höhe des Gebührensatzes, während sie in Orten ohne Kanalisation einen geplanten Anschluss zu verhindern sucht. Der Zweckverband reagiert in unterschiedlicher Weise auf diese zwei Oppositionsrichtungen. Zurzeit ist nur die Oppositionsbildung, nicht jedoch die Reaktion des Zweckverbandes implementiert (s. Kapitel 5.1).

### 4.8.1 Die Bildung bürgerschaftlicher Opposition der Wohneinheiten

#### 4.8.1.1 Opposition gegen den Anschluss eines Siedlungsgebietes an die Kanalisation

„Bei der Abwasserentsorgung gibt es bis heute in Deutschland Fälle, in denen der Anschluss an eine zentrale Abwasserfassung und Abwasserbehandlung mit scharfen Mitteln bekämpft wird, in einem Falle sogar mit einem länger andauernden Hungerstreik. Gründe des Widerstandes sind die Abwasserbeseitigungskosten, aber auch ökologische Argumente und ein basisdemokratisches Streben nach Autonomie“ (Bundsumweltministerium 2001, zitiert nach Rustige et al. 2004, S. 34).

Dieses Zitat spiegelt die Formen und Gründe für eine bürgerschaftliche Opposition gegen den Anschluss eines Siedlungsgebietes an die Kanalisation in Brandenburg wider. In erster Linie speist sie sich aus finanziellen Argumenten, bei einigen Bewohnern jedoch auch aus ökologischen Erwägungen und dem Streben nach einer gewissen Handlungsautonomie (vgl. Int BI PM; Int LUA; Int Amt Pr; Int Anbieter; Int Dezent-eG; vgl. auch Ausführungen der unterschiedlichen Präferenzen der Wohneinheiten bei Investitionsentscheidungen in Kapitel 4.6.1).

Im Modell wird angenommen, dass Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement aus nicht ökonomischen Gründen generell eine Opposition gegen den Anschluss an die Kanalisation bilden.

Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein (und nicht gleichzeitig hohem umweltbezogenen Engagement) opponieren dann, wenn ein individueller Variantenvergleich ergibt, dass die Jahresbelastung der bestehenden Entsorgung mittels Kleinkläranlage oder Sammelgrube geringer ist als bei einer kanalgebundenen Entsorgung. Die Kosten der dezentralen Entsorgung berücksichtigen die Betriebskosten, die bei einer betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer anzunehmenden Abschreibungen sowie eine durchschnittliche Verzinsung. Für die kanalgebundene Entsorgung wird die aus den Gebührensätzen und dem aktuellen Abwasseranfall resultierende Jahresbelastung ergänzt um die „sunk cost“ der mit einem Anschluss nutzlos werdenden dezentralen Anlage, ausgedrückt durch die durchschnittliche Verzinsung des Restbuchwertes (s. Formel 3).

**Formel 3: Vergleich der Jahreskosten von zentraler und eigenständiger Entsorgung im Rahmen der Oppositionsbildung von Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein**

|     |   |
|-----|---|
| Op  | wenn: $BK + IK/ND + IK \cdot i/2 < gG + vG \cdot sA \cdot EW + RBW \cdot i/2$ |
| Op  | Opposition der Wohneinheit  |
| IK  | Investitionskosten in €   |
| BK  | Betriebskosten eines Jahres in €  |
| ND  | betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer einer entsprechenden Anlage in Jahren       |
| i   | Zinssatz in %/100   |
| gG  | Grundgebühr in €/a  |
| vG  | verbrauchsabhängige Gebühr in €/m <sup>3</sup>                                |
| sA  | spezifischer Abwasseranfall in m <sup>3</sup> /(EW*a)                         |
| EW  | Mitgliederzahl der Wohneinheit  |
| RBW | Restbuchwert der bestehenden Anlage in € [=max(IK; IK- IK*Alter/ND)]          |

Dabei wird zunächst eine spontane Opposition gebildet, die auf den aktuell bekannten Kostenkennwerten beruht. Dies beinhaltet die aktuellen Gebührensätze und Betriebskosten sowie die Investitionskosten, die bei der Anschaffung der bestehenden Anlagen angefallen sind unabhängig von der Art der Investition und der weiteren Zulässigkeit einer solchen Anlage.

Sofern die Reaktion des Zweckverbandes auf diese Art von Opposition implementiert wird (s. Kapitel 4.8.2.1), wäre die Überprüfung der spontanen Opposition in einem Verhandlungsprozess mit dem Zweckverband eine sinnvolle Erweiterungsmöglichkeit. Dabei würden die Wohneinheiten zukünftig zu erwartende Gebührensätze sowie legitimerweise zu verwendende Kostenkennwerte dezentraler Anlagen aufgrund veränderter Anforderungen des Standes der Technik berücksichtigen (vgl. BKC Kommunal-Consult GmbH 2000a, S. 7).

**4.8.1.2 Opposition gegen die Gebührenhöhe**

In den bereits angeschlossenen Siedlungsgebieten richtet sich die Opposition gegen hohe Gebührensätze (vgl. Int Amt Pr). Sie tritt nur bei Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein ein, wenn die aktuelle Durchschnittsgebühr eine individuelle Toleranzgrenze überschreitet. Die Verteilung der Gebührentoleranz auf die Wohneinheiten folgt einer Normalverteilung. Da bei einem auch von den Zweckverbänden angenommenen sozialverträglichen Gebührensatz von fünf Euro bereits ein Großteil der Wohneinheiten opponieren sollte (s. Kapitel 4.5.4), wird der Mittelwert im Basisszenario auf vier Euro festgelegt.



Eine Erweiterungsmöglichkeit stellt die Annahme dar, dass nach einem Anschluss eines Siedlungsgebietes an die Kanalisation solche Wohneinheiten nicht opponieren dürften, die bei ihrer früheren dezentralen Entsorgung höhere Kosten zu tragen hatten. In diesem Fall könnte die Gebührentoleranz eine gewisse Zeit lang auf die Gestehungskosten der früheren dezentralen Entsorgung angehoben werden.

## **4.8.2 Die Reaktion des Zweckverbandes auf bürgerschaftliche Opposition**

In Brandenburg hat eine intensive bürgerschaftliche Opposition zum Teil dazu geführt, dass Gebühren über ein wirtschaftliches Maß hinaus gesenkt wurden und von einem Anschluss an die Kanalisation bei bestimmten Siedlungsgebieten abgesehen wurde (s. Kapitel 3.5). Die Reaktion des Zweckverbandes auf bürgerschaftliche Opposition stellt daher eine wichtige Rückkopplung bei der Entwicklung der Abwasserbeseitigung dar. Sie ist jedoch zurzeit nicht implementiert. Im Folgenden wird eine mögliche Ausgestaltung dieses Aspektes als Erweiterungsmöglichkeit des Modells erläutert.

### **4.8.2.1 Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes**

Vor einem Anschluss eines Siedlungsgebietes an die Kanalisation nimmt der entsorgungspflichtige Zweckverband die Höhe der bürgerschaftlichen Opposition in dem entsprechenden Siedlungsgebiet wahr. Übersteigt diese eine gewisse Oppositionstoleranz – ausgedrückt durch einen Prozentsatz von opponierenden Wohneinheiten –, erwägt der Zweckverband, von einem Anschluss dieses Siedlungsgebietes abzusehen. In einem Verhandlungsprozess wird die Oppositionshaltung der Wohneinheiten zunächst auf mögliche Fehlannahmen überprüft (s. Kapitel 4.8.1.1). Bleibt die Opposition weiterhin höher als die Oppositionstoleranz des Zweckverbandes, erfolgt kein Anschluss des entsprechenden Siedlungsgebietes an die Kanalisation. Im Abwasserbeseitigungskonzept wird dies für einige Jahre berücksichtigt. Da der Verhandlungsprozess einen gewissen Zeitraum in Anspruch nimmt, werden dafür Punkte des Jahresbudgets des Zweckverbandes verbraucht (s. Kapitel 4.5.4.6).

Die Oppositionstoleranz ist unterschiedlich ausgeprägt (vgl. Int ZV Pr; Int Amt Pr) und wäre im Modell zu variieren. Sie kann anhand wirtschaftlicher Interessen des Zweckverbandes an einem Anschluss des jeweiligen Siedlungsgebietes an die Kanalisation (Auswirkungen auf Defizite) und gesamtgesellschaftlicher Auswirkungen (Gebührensenkung) gewichtet werden.

### **4.8.2.2 Festsetzung politischer Gebührensätze**

In Brandenburg werden von den Entsorgungsträgern aus Zumutbarkeitsgründen häufig Gebührensätze festgelegt, die unter den betriebswirtschaftlich kostendeckenden und rechtlich zulässigen Gebührensätzen liegen (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg o.J.-b). Dies dürfte zu einem nicht unerheblichen Teil auf den Einfluss einer bürgerschaftlichen Opposition zurückzuführen sein. Die Festlegung einer politischen Gebühr aufgrund bürgerschaftlicher Opposition stellt daher eine sinnvolle Erweiterungsmöglichkeit des Modells dar. Diese Opposition bezieht sich im Gegensatz zur Opposition gegen den Anschluss an die Kanalisation auf den Prozentsatz der opponierenden Wohneinheiten in allen bereits angeschlossenen Siedlungsgebieten. Die Höhe der Oppositionstoleranz entspricht dem Wert, der bereits in Abschnitt 4.8.2.1 verwendet wird, und könnte ebenfalls zusätzlich gewichtet werden. Die Überprüfung der Gebühren-Opposition erfolgt jährlich im Zuge der Gebüh-

renermittlung (s. Kapitel 4.10). Überschreitet die festgestellte Opposition die Oppositionstoleranz des Zweckverbandes, reagiert der Zweckverband mit der Festlegung eines politischen Gebührensatzes. Zu diesem Zweck wird der zuletzt erhobene Gebührensatz jährlich in kleinen Schritten reduziert, bis die Opposition unterhalb der Oppositionstoleranz liegt oder der rechtlich zulässige Gebührensatz erreicht ist. Dies wird im jeweiligen Abwasserbeseitigungskonzept berücksichtigt.

## 4.9 Technologien

In diesem Kapitel werden die für die Modellierung relevanten Eigenschaften der verschiedenen dezentralen Anlagentypen und der Anlagen der öffentlichen Infrastruktur im Detail definiert. Dies beinhaltet zum einen die CSB-Ablauffrachten<sup>20</sup> der Abwasseranlagen als ökologische, zum anderen die Investitions- und Betriebskosten als finanzielle Parameter. Um die Investitionsalternativen in Form der Jahreskosten vergleichbar zu machen und Ablauffrachten nach Ablauf der Nutzungsdauer zu bestimmen, ist ergänzend die jeweilige betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer (ND) relevant.

### 4.9.1 Dezentrale Anlagen

#### 4.9.1.1 Technologiespektrum

Das Technologiespektrum der dezentralen Anlagen umfasst drei Haupttypen: die abflusslose Sammelgrube (SG), die mechanische bzw. teilbiologische Kleinkläranlage (mech. KKA) sowie die vollbiologische Kleinkläranlage (vollbiol. KKA). Anlagen zur Wiedernutzung von Abwasser werden nicht explizit berücksichtigt, da sie in der Fallstudie kaum verbreitet sind (vgl. Int ZV Pr; Int UWB Pr; Int UWB PM; Int Amt Pr; Int Anbieter; Int Dezent). Bei den Sammelgruben ist zwischen der mobilen Entsorgung bei Existenz einer Kläranlage und der dezentralen Entsorgung, bei der das Abwasser direkt in der Umwelt verbracht wird, zu unterscheiden. Zudem wird bei allen Anlagen nach Ablauf der Nutzungsdauer von einer abnehmenden Funktionsfähigkeit ausgegangen (s. Kapitel 3.1). Eine feinere Untergliederung der Kleinkläranlagen hat sich nicht als sinnvoll erwiesen, da die Angaben zu Kosten und Reinigungsleistung bestimmter Anlagentypen in der Literatur stark schwanken und kein eindeutiger Zusammenhang zwischen hohen Kosten und hohen Reinigungsleistungen herzustellen ist (vgl. Flasche 2002, S. 26, 55, 153; Barjenbruch et al. 2004, S. 147; Boller 2004, S. 202 f.; Heine 2004, S. 197; Heise 2004, S. 79; Otto 2000, S. 122; Yinnavong 2003, S. 21 ff). Die Wartungsintensität hat dagegen einen deutlichen Einfluss auf die Ablauffrachten der Kleinkläranlagen (vgl. Flasche 2002, S. 44 ff.; Linder et al. o.J.; Platzer 1992, S. 33; Fehr 1992, S. 40; Otto 2000, S. 27; Boller 2004; Dorgeloh 2003, S. 93; Int Amt Pr; Int UWB PM; Int UWB Pr; Int Anbieter). Die zum Teil verpflichtenden Wartungsverträge (vgl. etwa Kleinkläranlagenrichtlinie 1994<sup>21</sup>) sind kündbar und meist auf wenige

---

<sup>20</sup> Die Reinigungsleistung von Anlagen wird in der Literatur in der Regel durch Ablaufkonzentrationen angegeben, um die Vergleichbarkeit mit gesetzlichen Anforderungen zu gewährleisten. Da der Abwasseranfall im Modell variabel ist, würden die Ablaufkonzentrationen ebenfalls schwanken. Daher werden stattdessen konstante Ablauffrachten verwendet.

<sup>21</sup> Richtlinie über Einsatzmöglichkeiten von Kleinkläranlagen zur Abwasserbeseitigung vom 27. Mai 1994 (Kleinkläranlagenrichtlinie). Amtsblatt Brandenburg - Nr. 60 vom 2. September 1994, S. 1305.

Jahre befristet, so dass schlecht betriebene und gewartete Anlagen in der Praxis keine Seltenheit sind (vgl. Int Amt Pr; Int UWB PM; Int UWB Pr; Int Anbieter).

#### 4.9.1.2 Ökologische Parameter

Für die Festlegung der Ablauffrachten von Kleinkläranlagen wird weitgehend einer Einteilung von Flasche gefolgt, die für verschiedene Leistungsstufen Ablauffrachten bei einem Abwasseranfall von  $100 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d})$  bestimmt hat (2002, S. 144). Im Folgenden werden die im Modell verwendeten Ablauffrachten der verschiedenen Anlagenarten diskutiert. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

**Tabelle 19: Ablauffrachten der verschiedenen dezentralen Anlagentypen im Modell**

| Technologie             | CSB-Ablauffracht in $\text{g}/(\text{EW} \cdot \text{d})$ |                             |
|-------------------------|---|-----------------------------|
|                         | vor Ablauf der ND   | nach Ablauf der ND          |
| vollbiologische KKA     |   |                             |
| - gewartet              | 7,5   | jährlich + 0,75; max. 11,25 |
| - mangelhaft gewartet   | 10  | jährlich + 0,1; max. 15     |
| mechanische KKA         |   |                             |
| - gewartet              | 30  | jährlich + 3,0; max. 45     |
| - mangelhaft gewartet   | 60  | jährlich + 6,0; max. 90     |
| Sammelgrube             |   |                             |
| - mobile Entsorgung     | 0 (7,5 in öff. KA)  | jährlich + 10; max. 50      |
| - dezentrale Entsorgung | 100   | 100                         |

##### *Vollbiologische Kleinkläranlagen*

Vollbiologische Kleinkläranlagen umfassen verschiedene Typen technischer Anlagen mit Abwasserbelüftung, Abwasserteichanlagen sowie Bodenhandlungsanlagen (vgl. Einteilung bei Flasche 2002, S. 8). Sie können bei ordnungsgemäßem Betrieb heutzutage gute Reinigungsleistungen erbringen (s. Kapitel 1.1) und müssen seit 2002 die auch für öffentliche Kläranlagen der Größenklasse 1 geltende CSB-Ablaufkonzentration von  $100 \text{ mg/l}$  einhalten (AbwV)<sup>22</sup>. Darüber hinaus wurden vom Sachverständigenausschuss „Klärtechnik“ weitergehende Anforderungen von  $75 \text{ mg/l}$  definiert (vgl. Flasche 2002, S. 2 ff.). Flasche zeigt, dass im dauerhaften Betrieb gut gewartete Anlagen ebenso wie Neuanlagen die weitergehenden Anforderungen bezüglich CSB-Werte in der Regel einhalten. Die Ablaufwerte der weniger gut gewarteten Anlagen liegen im Schnitt deutlich höher und überschreiten teilweise auch die Mindestanforderungen (vgl. Flasche 2002, S. 35-54). Aufbauend auf diesen Erkenntnissen definiert Flasche Leistungsstufen für Kleinkläranlagen (ebd., S. 144), auf die für das Modell zurückgegriffen werden soll. Die CSB-Fracht von  $7,5 \text{ g}/(\text{EW} \cdot \text{d})$  der Leistungsstufe 2 wird im Modell für vollbiologische Kleinkläranlagen mit guter Wartung übernommen und entspricht der angenommenen Ablauffracht zentraler Anlagen (s. Kapitel 4.9.2.2). Bei einer mangelhaften Wartung wird eine Ablauffracht von  $10 \text{ g}/(\text{EW} \cdot \text{d})$  entsprechend Leistungsstufe 3 bzw. der Mindestanforderung angenommen.

Bezüglich der Reinigungsleistung nach Ablauf der Nutzungsdauer finden sich in der Literatur keine Angaben. Hier soll angenommen werden, dass die CSB-Ablauffrachten jährlich um 10% der Ausgangsfracht, maximal jedoch insgesamt um 50% zunehmen.

<sup>22</sup> Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer. AbwV - Abwasserverordnung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I Nr. 28 vom 22.6.2004 S. 1108, ber. 2004 S. 2625).

### *Mechanische Kleinkläranlagen*

Mechanische Kleinkläranlagen nach DIN 4261 Teil 1<sup>23</sup> sind Anlagen ohne Abwasserbelüftung wie Mehrkammabsetz- oder -ausfällgruben, in denen lediglich eine mechanische bzw. maximal teilbiologische Reinigung des Abwassers erfolgt. Da sie die oben genannten Mindestanforderungen für Kleinkläranlagen nicht einhalten können, entsprechen sie heute nicht mehr dem Stand der Technik. Obwohl sie ab 1994 nur noch als Übergangslösung bis zu einem Anschluss an die Kanalisation eingesetzt werden sollten (vgl. Kleinkläranlagenrichtlinie 1994), fanden sie in Brandenburg stark Verbreitung (s. Kapitel 3.6, Abbildung 6). Ab 2003 sind sie nicht mehr erlaubnisfähig. Altanlagen sollten bis 2003 umgerüstet sein.

Mechanische Kleinkläranlagen haben eine deutlich geringere Reinigungsleistung als vollbiologische Anlagen. Flasche (2002, S. 144) verwendet unterhalb der Kategorie der vollbiologischen Kleinkläranlagen zwei weitere Leistungsstufen, die hier aufgegriffen werden sollen: Leistungsstufe 5 spiegelt mit einer CSB-Ablauffracht von 60 g/(EW\*d) die Reinigungsleistung der Vorklärung zentraler Anlagen wieder. Leistungsstufe 4 ist mit einer Ablauffracht von 30 g/(EW\*d) als Zwischengröße definiert. Im Modell werden für schlecht gewartete mechanische Anlagen die Ablauffrachten der Leistungsstufe 5, für gut gewartete Anlagen der Leistungsstufe 4 angenommen. Die Angaben von Otto (2000, S. 36), wonach Mehrkammergruben CSB-Wirkungsgrade von bis zu 60% aufweisen und eine zusätzliche Reinigung durch Versickerungsanlagen erfolgt, unterstützen die Plausibilität dieser Werte. Nach Ablauf der Nutzungsdauer nehmen die Frachten jährlich um 10% der Ausgangsfracht, maximal um 50% zu.

### *Sammelgruben*

Bei einer dezentralen Entsorgung, d.h. solange noch keine öffentliche Kläranlage existiert, gelangt die gesamte Ablauffracht des Rohabwassers in die Umwelt. Die diesbezüglichen Literaturangaben liegen zwischen 90 und 120 g/(EW\*d) (Bischofsberger et al. 2001, S. 912; vgl. auch Verhältnis BSB:CSB bei Mudrack et al. 1991, S. 12; Bever et al. 1993 und Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 131 zitiert nach Kubin 2004, S. 6). Im Modell wird eine durchschnittliche CSB-Fracht von 100 g/(EW\*d) im Rohabwasser angenommen. Die sich daraus ergebende Konzentration von CSB im Rohabwasser entspricht relativ genau dem Wert, den der ATV-DVWK Landesverband Nord-Ost, zu dem auch Brandenburg gehört, erhoben hat (vgl. Barjenbruch et al. 2004, S. 137). Für die mobile Entsorgung sind die Ablauffrachten der zentralen Kläranlage zu verwenden (s. Kapitel 4.9.2.2). Nach Ablauf der Nutzungsdauer nimmt die aus der Sammelgrube austretende CSB-Fracht jährlich um 10%, maximal um 50% der Ausgangsfracht des Rohabwassers zu.

#### **4.9.1.3 Betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer**

Die Literaturangaben zur betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer vollbiologischer Kleinkläranlagen bewegen sich zwischen 10 und 35 Jahren (s. Tabelle 20). Der von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser empfohlene maximale Wert von 15 Jahren entspricht der Genehmigungsdauer vollbiologischer Kleinkläranlagen in Brandenburg. Aufgrund des technischen Fortschritts der

---

<sup>23</sup> DIN 4261 Teil 1: Kleinkläranlagen - Anlagen ohne Abwasserbelüftung - Anwendung, Bemessung und Ausführung. Februar 1991, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutschen Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.

letzten 10 bis 15 Jahre wird in neueren Veröffentlichungen häufig von längeren Nutzungsdauern ausgegangen. Zum Teil geben Anbieter von Abwasseranlagen Garantien von bis zu 20 Jahren (vgl. Int Amt Pr; Int ZV Pr; Int Anbieter).

Die Nutzungsdauer mechanischer Kleinkläranlagen wird in der Literatur selten explizit genannt. Bei Sandfilteranlagen liegen die Literaturangaben bei etwa 10 Jahren. Nur Otto (2000) geht von einer längeren Nutzungsdauer aus. Auch die Genehmigungsdauer solcher Anlagen lag gemäß Kleinkläranlagenrichtlinie von 1994 in Brandenburg in der Regel bei zehn Jahren.

Im Modell wird für vollbiologische Anlagen sowie Sammelgruben eine betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer von 25 Jahren, für mechanische Anlagen von 10 Jahren angenommen.

**Tabelle 20: Angaben von Nutzungsdauern verschiedener Anlagentypen in der Literatur**

| Quelle   | Grube/<br>Vorklä rung | Sandfilter/<br>Verrieselung | naturnahe<br>KKA | technische<br>KKA | KKA<br>(unspe-<br>zifisch) |
|--|-----------------------|-----------------------------|------------------|-------------------|----------------------------|
| (Länderarbeitsgemeinschaft<br>Wasser 2005, Anlage 1-2)   |                       | 8-12                        | (10) 12-<br>15   | (10) -15          |                            |
| (Eckstädt 2004, S. 71)   | 15                    | 10                          | 20/30            | 15/7,5***         |                            |
| (Heise 2004, S. 80 f.)   |                       |                             |                  |                   | 12,5-25                    |
| (Rustige et al. 2004, S. 41)   |                       |                             |                  |                   | 30                         |
| (Gemmel 2004, S. 59)   |                       |                             |                  |                   | 35                         |
| (Institut für Abwasserwirt-<br>schaft Halbach 2003)  |                       |                             |                  |                   | 26,3                       |
| (Yinnavong 2003, S. 38)  |                       |                             |                  |                   | 30*                        |
| (PriceWaterhouseCoopers<br>2002, S. 9)   |                       |                             |                  |                   | 30**                       |
| (BKC Kommunal-Consult<br>GmbH 2000b, S. 3)   | 20-30                 |                             | 15               | 15/7,5***         | 15                         |
| (Brösel 1998, S. 64 ff.)   |                       |                             |                  |                   | 20                         |
| (Otto 2000, S. 147)  | 30                    | 20                          |                  | 30/10***          |                            |
| (Fehr 1992, S. 44)   | 15                    | 10                          | 18               | 13-15             |                            |
| * zwischenzeitliche Reinvestition angedeutet ** zwischenzeitliche Reinvestition von insg. 46%<br>*** baulicher/maschineller Teil |                       |                             |                  |                   |                            |

#### 4.9.1.4 Finanzielle Parameter

##### *Investitionskosten*

Bei den Investitionskosten ist zwischen den Kosten einer Neuanlage, einer Sanierung und einer Umrüstung zu differenzieren. Die in der Modellanwendung gewählten Werte sind in der folgenden Tabelle 21 zusammengefasst. Die Herleitung der Investitionskosten wird im Folgenden erläutert.

**Tabelle 21: Investitionskosten der dezentralen Anlagen im Modell**

|                                 | Kosten in € |           |                           |   |  |
|---------------------------------|-------------|-----------|---------------------------|---|--|
|                                 | Sanierung   | Neuanlage | Umrüstung zur Sammelgrube | Umrüstung zur mech./teilbiol. KKA               | Umrüstung zur vollbiol. KKA                      |
| Sammelgrube                     | 750         | 1.500     | -                         | $2.000 + 750 * \min(1; \text{Alter}/\text{ND})$ | $4.550 + 750 * \min(1; \text{Alter}/\text{ND})$  |
| Mechanische Kleinkläranlage     | 2.000       | 4.000     | 750                       | -   | $3.250 + 2000 * \min(1; \text{Alter}/\text{ND})$ |
| Vollbiologische Kleinkläranlage | 3.250       | 6.500     | 750                       | 2.000   | -  |

- Neuanlagen

Für die Investitionskosten vollbiologischer Kleinkläranlagen gibt es eine Fülle von Literaturangaben, die z.T. stark schwanken (vgl. Tabelle 22). Der Durchschnittswert von etwa 6.500 € für eine 4 Personen-Anlage liegt in der Größenordnung dessen, was in den Interviews genannt wurde (Int AZV Pr; Int UWV Pr) und wird daher auch für die Modellanwendung verwendet.

**Tabelle 22: Investitionskosten vollbiologischer Kleinkläranlagen in der Literatur**

| Quelle                                  | Neuanschaffung einer vollbiol. Kleinkläranlage in € | Vollbiologische Ausrüstung einer bestehenden Anlage in € |
|---|---|--|
| (Heise 2004, S. 79)                     | 5.797   |  |
| (Gemmel 2004, S. 56)                    | 6.200   | 3.000  |
| (Linder et al. o.J., Punkt 4)           | 5.568   | 3.997  |
| (Yinnavong 2003, S. 27)                 | 7.490*  | 4.765  |
| (PriceWaterhouseCoopers 2002, S. 10)    | 7.850   |  |
| (BKC Kommunal-Consult GmbH 2000a, S. 9) | 6.136-8.181   | 4.090  |
| (Brösel 1998, S. 64)                    | 8.181   |  |
| (Halbach 1997, S. 3)                    | 5.752   |  |
| (Fehr 1992, S. 44)                      | 3.681-5.726**                                       | 1.636-4.704  |
| Durchschnitt                            | 6.522   | 3.804  |
| Gewählter Wert                          | 6.500   | 3.900  |

Angaben bezogen, soweit explizit differenziert, auf 4 Einwohner-Anlage, in Euro umgerechnet, jedoch nicht auf einheitliche Preisbasis bezogen. Es ist nicht bei allen Angaben klar, ob es sich um Brutto- oder Nettopreise handelt und ob alle Herstellungskosten, d.h. inklusive Anlieferung und Einbau, oder nur Materialpreise berücksichtigt sind.

\* Technische und naturnahe Anlagen gewichtet mit 60%:40% gemäß dem Anteil an den geförderten Anlagen.

\*\* angesichts des Veröffentlichungsjahres möglicherweise inklusive mechanischer Anlagen

Da mechanische und teilbiologische Anlagen in den letzten Jahren nicht mehr dem Stand der Technik entsprechen, gibt es diesbezüglich verhältnismäßig wenige Literaturangaben. Halbach beziffert die Investitionskosten von teilbiologischen Anlagen mit 4.257 € (1997, S. 3). Friedrich gibt für eine Dreikammerfaulgrube mit Sickerschacht Investitionskosten von 4.708 Euro an (2004, S. 6). Otto rechnet mit Investitionskosten für Anlagen ohne Abwasserbelüftung von etwa 6.000 Euro (2000, S. 137). Deutlich geringere Kosten von etwa 2.000 Euro ergeben sich bei Linder et al. durch die Addition der Investitionskosten der einzelnen Anlagenkomponenten (Mehrkammfaulgrube und Sickerschacht bzw. Untergrundverrieselung) (Linder et al. o.J., Punkt

4). Im Modell werden für mechanische Kleinkläranlagen Investitionskosten von 4.000 Euro angenommen.

Die Investitionskosten einer Sammelgrube werden sowohl bei Linder et al. (o.J., Punkt 4) als auch bei Gemmel (2004, S. 57) auf 1.500 € beziffert. Otto geht von etwa 2.000 € aus (2000, S. 137). Im Modell werden Investitionskosten von 1.500 € angenommen.

- Sanierung

Für die Weiternutzung bestehender Anlagen nach Ablauf der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer durch eine Sanierung fallen gegenüber einer Neuanlage geringere Kosten an. PriceWaterhouseCoopers setzen bei dezentralen Anlagen nach 30 Jahren Reinvestitionskosten von insgesamt 54% des Neupreises an (2002, S. 13). Für die Modellanwendung werden als Sanierungskosten 50% der Kosten einer Neuanlage veranschlagt.

- Umrüstung

Wird eine bestehende Anlage zu einem anderen Anlagentyp umgerüstet, können ebenfalls bestimmte Anlagenteile weitergenutzt werden, so dass auch hier gegenüber dem Neupreis geringere Investitionskosten anzusetzen sind. Für die Umrüstung mechanischer oder teilbiologischer Anlagen zu vollbiologischen Anlagen ergeben sich aus den Literaturangaben (s. Tabelle 22) Investitionskosten von etwa 3.800 € bzw. 58% des durchschnittlichen Neupreises. Im Modell betragen die Investitionskosten für die Aufrüstung einer Anlage um eine Stufe – in der Reihenfolge Sammelgrube, mechanische Kleinkläranlage, vollbiologische Kleinkläranlage – 50%, um zwei Stufen 70% der Investitionskosten der jeweiligen Neuanlage. Zusätzlich fallen anteilig Sanierungskosten entsprechend des prozentualen Ablaufs der Nutzungsdauer der bestehenden Anlage an. Die so umgerüstete Anlage hat die volle betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer einer Neuanlage. Für eine Umrüstung zu einer Anlage mit niedrigerem Standard entstehen die Sanierungskosten der Zielanlage.

### *Betriebskosten*

Betriebskosten fallen an für Wartung, Energie und Schlamm Entsorgung. Wartungskosten werden pro Anlage, Energie- und Schlamm Entsorgungskosten pro Person berechnet. Die Schlamm Entsorgungskosten sind aufgrund mangelnder Daten im Modell nicht Teil der Gebührenerhebung (s. Kapitel 4.9), sondern werden pauschal festgelegt. Die Betriebskosten der verschiedenen Anlagentypen sind in Tabelle 23 zusammengefasst und werden im Folgenden erläutert.

**Tabelle 23: angenommene Betriebskosten der Investitionsalternativen im Modell**

|   | Wartung<br>€/ (Anlage*a) | Energie<br>€/ (EW*a) | Schlamm<br>€/ (EW*a)  |
|---|--------------------------|----------------------|-----------------------|
| Sammelgrube                             |                          |                      |                       |
| - dezentrale Entsorgung                 | -                        | -                    | -                     |
| - während der ND, mobile Entsorgung     | 100                      | -                    | 400                   |
| - nach Ablauf der ND, mobile Entsorgung | 100                      | -                    | -10%/a<br>(max. -50%) |
| mechanische Kleinkläranlage             |                          |                      |                       |
| - gewartet                              | 160                      | -                    | 16                    |
| - mangelhaft gewartet                   | 80                       | -                    | 16                    |
| vollbiologische Kleinkläranlage         |                          |                      |                       |
| - gewartet                              | 260                      | 6                    | 16                    |
| - mangelhaft gewartet                   | 160                      | 6                    | 16                    |

In Tabelle 24 sind Literaturangaben bezüglich der Betriebskosten vollbiologischer Kleinkläranlagen zusammengestellt. Für die Wartung entstehen demnach jährliche Kosten von durchschnittlich 260 € pro Anlage, für Energie und Schlamm Entsorgungskosten von 6 bzw. 16 € pro Person. Die gesamten Betriebskosten von insgesamt 88 €/ (EW\*a) für eine 4-Personen-Anlage liegen im Bereich der Angaben von PriceWaterhouseCoopers (2002) und Rustige et al. (2004) (80-100 €/ (EW\*a)) sowie des Interviewpartners vom AZV Prignitz (200 – 400 €/ Anlage). Lediglich Otto (2000, S 147) nennt höhere Betriebskosten von 200 €/ (EW\*a). Die gerundeten Durchschnittswerte werden daher im Modell für gut gewartete vollbiologische Anlagen übernommen.

**Tabelle 24: Betriebskosten vollbiologischer Anlagen in der Literatur**

|               | Wartung<br>€/ (Anlage*a) | Energie<br>€/ (EW*a) | Schlamm<br>€/ (EW*a) | gesamt<br>€/ (EW*a)<br>bei 4 EW | Quelle                                      |
|---------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|---|
|               | 364                      | 8,56                 | 15,75                | 129                             | (Linder et al. o.J., Punkt 4)               |
|               | 170                      | 5,00                 | 20,00                | 63                              | (Gemmel 2004, S. 59)                        |
|               | 256                      | 1,02                 | 23,01                | 88                              | (BKC Kommunal-Consult GmbH 2000a, S. 10 f.) |
|               | 230                      | 0,51                 | 20,45                | 78                              | (BKC Kommunal-Consult GmbH 2000b, S. 3)     |
| naturnah      | 215                      | 0,65                 | 3,48                 | 58                              | (Yinnavong 2003, S. 30-35<br>und Anhänge)   |
| technisch     | 380                      | 17,36                | 3,45                 | 116                             |   |
| naturnah      | 150                      | 1,95                 | 13,69                | 53                              | (Heise 2004, S. 79 f.)                      |
| technisch     | 300                      | 16,77                | 13,69                | 105                             |   |
| Durchschnitt* | 262                      | 6,10                 | 16,06                | 89                              |   |

\* Angaben von Yinnavong und Heise im Verhältnis 4 (naturnah) : 6 (technisch) gewichtet gemäß Verhältnis der in Brandenburg geförderten Anlagen (vgl. Yinnavong 2003)

Bei schlecht gewarteten vollbiologischen Kleinkläranlagen fallen geringere Wartungskosten an. Während bei technischen vollbiologischen Kleinkläranlagen drei (vgl. DIN 4261 Teil 4<sup>24</sup>), bei naturnahen Anlagen zwei Wartungen (vgl. Yinnavong 2003, S. 32) vorgeschrieben oder üblich sind, wird bei mangelhaft gewarteten Anlagen nur von einer Wartung pro Jahr ausgegangen. Hierfür werden im Modell entsprechend der Angaben von Heise (2004) und Kordes (2002, zitiert nach Yinnavong 2003, S. 31; vgl. auch Linder et al. o.J., Punkt 4) Kosten von 160 € angesetzt.

Mechanische Anlagen müssen gemäß DIN 4261 Teil 3 ein Mal im Jahr gewartet werden. Dementsprechend werden wie bei mangelhaft gewarteten vollbiologischen Kleinkläranlagen auch für gut gewartete mechanische Anlagen Wartungskosten von 160 €/ (Anlage\*a) angenommen. Für schlecht gewartete Anlagen werden 80 €/ (Anlage\*a) veranschlagt. Die Schlamm Entsorgungskosten entsprechen denen der vollbiologischen Anlagen. Die Energiekosten sind zu vernachlässigen, da keine technische Abwasserbelüftung erfolgt.

Die Betriebskosten von Sammelgruben sind gegenüber den Betriebskosten von Kleinkläranlagen aufgrund der i.d.R. hohen Gebührensätze für die Schlamm Entsorgung deutlich höher (vgl.

<sup>24</sup> DIN 4261 Teil 4: Kleinkläranlagen - Anlagen mit Abwasserbelüftung - Betrieb und Wartung. Juni 1984, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.



Cattien 1998, S. 49 (Fußnote); Gemmel 2004, S. 57; Int UWB Pr; Int UWB PM). In einem Kalkulationsbeispiel von Linder et al. belaufen sich die Schlamm Entsorgungskosten auf 421 €/ (EW\*a), die Wartungskosten auf 180 €/ (Anlage\*a) (o.J., Punkt 4). Diese Wartungskosten scheinen sehr hoch, da im Gegensatz zu Kleinkläranlagen keine chemischen Analysen durchgeführt werden müssen. Im Modell werden Wartungskosten von 100 €/ (Anlage\*a) und Schlamm Entsorgungskosten von 400 €/ (EW\*a) angenommen werden. Nach Ablauf der Nutzungsdauer verringern sich die Schlamm Entsorgungskosten aufgrund zunehmender Undichtigkeit (vgl. Int LUA) jährlich um 10, maximal um 50% des Ausgangswertes. Energiekosten fallen nicht an. Erfolgt keine mobile Entsorgung, wird davon ausgegangen, dass keine Wartung durchgeführt wird. Auch Schlamm Entsorgungskosten fallen nicht an.

## 4.9.2 Öffentliche Infrastruktur

### 4.9.2.1 Öffentliche Infrastrukturanlagen

Die öffentliche Infrastruktur der Abwasserbeseitigung beinhaltet die öffentliche Kläranlage sowie die Kanalisation, die in einzelnen Kanalisationsabschnitten errichtet wird. Zur öffentlichen Infrastruktur gehört auch die mobile Entsorgung. Sie wird zur Verfügung gestellt, sobald die öffentliche Kläranlage in Betrieb genommen wird. Dauert dies länger als fünf Jahre wird eine mobile Entsorgung zu einer Kläranlage außerhalb des eigenen Entsorgungsgebietes organisiert.

### 4.9.2.2 Ökologische Parameter der öffentlichen Abwasserbehandlung

Die durchschnittliche CSB-Abbauleistung liegt nach einer Erhebung der ATV-DVWK (2003) im Bundesdurchschnitt bei 93%, im Landesverbandes Nord-Ost, zu dem auch Brandenburg gehört, bei 95%. Aus den Angaben des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz (2005, S. 9) ergibt sich eine CSB-Ablauffracht von 10,4 g/(EW\*d), was je nach Annahme bezüglich des CSB/BSB-Verhältnisses einer Reinigungsleistung von 90 bis gut 91% entspricht. Für das Modell wird bei einer Reinigungsleistung von 92,5% eine CSB-Ablauffracht von 7,5 g/(EW\*d) angenommen. Bei einem spezifischen Abwasseranfall von 100 l/(EW\*d) entspricht dies gemäß der Abwasserverordnung der Mindestanforderung für öffentliche Kläranlagen mit über 100.000 Einwohnerwerten sowie der angenommenen Ablauffracht gut gewarteter vollbiologische Kleinkläranlagen. Die Ablauffracht bleibt über den gesamten Simulationszeitraum konstant.

### 4.9.2.3 Kosten der Kläranlage

#### *Investitionskosten*

Die Investitionskosten der Kläranlage sind abhängig von der Kapazität der Anlage, die in der Regel in der Zahl der angeschlossenen Einwohner bzw. der Einwohnergleichwerte ausgedrückt wird. Dabei ist ein degressiver Zusammenhang auszumachen. Dies liegt zum einen daran, dass nur bei etwa 30% der Anlagenteile last- und mengenabhängige Kosten entstehen. Kosten für Erschließung, Betriebsgebäude oder Messtechnik etwa fallen dagegen in gewissen Grenzen unabhängig von der Anlagengröße an. Zum anderen ist selbst bei mengenabhängigen Anlagen-

teilen aufgrund von Skaleneffekten der Bau von größeren Anlagenteilen gegenüber dem Bau kleinerer Anlagenteile nur unterproportional teurer.

In Brandenburg sind in verschiedenen Ausgaben Orientierungswerte für die Kosten der Abwasserbehandlung veröffentlicht (Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999a; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003a), die gegenüber anderen Literaturangaben deutlich nach unten abweichen. Dies mag zum einen an niedrigen Baupreisen, zum anderen an der Zielsetzung der Veröffentlichungen, Anhaltspunkte für kostengünstigen Bau und Betrieb zu geben, liegen. Für das Modell wird stattdessen auf eine Publikation von Günthert et al. (2001) zurückgegriffen, die sowohl Kostenfunktionen aus anderen Publikationen zusammenstellen als auch eine eigene Kostenfunktion aus Kostenangaben zum Bau von Kläranlagen im gesamten Bundesgebiet ableiten. Zur Auswahl einer Kostenfunktion sind in Tabelle 25 die spezifischen Kosten für 1.000, 5.000 und 10.000 Einwohnerwerte errechnet. Die Ergebnisse weisen zum Teil größere Schwankungen auf, kommen im Durchschnitt den Angaben vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1991, S. 30) aber relativ nahe. Da die für Gesamtdeutschland erstellte Funktion von Günthert et al. (2001, S. 75) mit den durchschnittlichen Werten relativ gut übereinstimmt, wird diese für das Modell ausgewählt.

**Tabelle 25: Kostenfunktionen für Investitionskosten von Kläranlagen**

| Autor                | Kostenfunktion (DM/EW)        | Jahr/Kostenstand | DM/EW bei 1.000 EW*** | DM/EW bei 5.000 EW*** | DM/EW bei 10.000 EW*** |
|----------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Hoffmann             | $f(EW)=4.040*EW^{-0,283}$     | 1976             | 572                   | 362                   | 298                    |
| Bohn                 | $f(EW)=8.971,3*EW^{-0,237}$   | 1992             | 1.745                 | 1.192                 | 1.011                  |
| Dohmann              | $f(EW)=24.000*EW^{\log(0,5)}$ | 1992             | 3.000                 | 1.848                 | 1.500                  |
| Wagner               | $f(EW)=12.109*EW^{-0,2791}$   | 1995             | 1.761                 | 1.124                 | 926                    |
| Günthert, Reichert*  | $f(EW)=7.599,2*EW^{-0,2354}$  | 1999             | 1.495                 | 1.023                 | 869                    |
| Günthert, Reichert** | $f(EW)=39.977*EW^{-0,435}$    | 1999             | 1.981                 | 983                   | 727                    |
| Durchschnitt         |                               |                  | 1.759                 | 1.089                 | 889                    |

Quelle: (Günthert et al. 2001, S. 75)

\* Auswertung der Literatur. Kläranlagen für ganz Deutschland und alle Kläranlagengrößen

\*\* Auswertung der bayerischen Kläranlagen bis 50.000 EW

\*\*\* eigene Berechnungen

Um die Kostenfunktion auch für die Problematik der Überkapazitäten verwenden zu können, muss diese angepasst werden. Tatsächlich dürfte die Kapazität sowohl anhand der einzuleitenden Abwassermenge als auch der zu erwartenden Schmutzfracht, die wiederum personenabhängig ist (vgl. Seiler et al. 2003, S. 21), bemessen werden. Die Kostenfunktion wird für das Modell aufgesplittet, indem pauschal jeweils die Hälfte der Kosten frachtabhängig und mengenabhängig entsteht (s. Formel 4). Dabei wird davon ausgegangen, dass in der Ausgangsformel ein in einschlägigen Richtlinien und Normen empfohlener spezifischer Abwasseranfall von 150 l/(EW\*d) bzw. 54,75 m<sup>3</sup>/(EW\*a) berücksichtigt wird.

Einwohnerzahl und Abwasseranfall beziehen sich nur auf die kanalgebundene Entsorgung; die mobile Entsorgung wird hier außer Acht gelassen (s. Abschnitt 4.9.2.1).

**Formel 4: Berechnung der Investitionskosten einer öffentlichen Kläranlage**

|   |   |
|---|---|
| Ausgangsformel nach (Günthert et al. 2001, S. 75) in €/EW:<br>$IK_s = 3.885,41 * EW^{-0,2354}$  |   |
| frachtabhängiger Teil   | mengenabhängiger Teil                         |
| $IK = \underbrace{\frac{1}{2} * EW * 3.885,41 * EW^{-0,2354}}_{\text{frachtabhängiger Teil}} + \underbrace{\frac{1}{2} * (Le/54,75) * 3.885,41 * (Le/54,75)^{-0,2354}}_{\text{mengenabhängiger Teil}}$ $= 1942,705 * [EW^{0,7646} + (Le/54,75)^{0,7646}]$ |   |
| IK <sub>s</sub>   | spezifische Investitionskosten in €/EW        |
| IK  | Investitionskosten in €                       |
| EW  | Zahl der angeschlossenen Einwohner            |
| Le  | Leistung: Abwasseranfall in m <sup>3</sup> /a |

Für die Sanierung einer Kläranlage nach Ablauf der Nutzungsdauer werden 60% der Investitionskosten veranschlagt (Brodthmann et al. 1991, S. 45 f.).

*betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer*

Für die Bestimmung der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer von Kläranlagen wird häufig auf Angaben der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zurückgegriffen, die eine kleinteilige Differenzierung in verschiedene Anlagenteile beinhalten (vgl. Cattien 1998, S. 33). Da im Modell keine derartige Differenzierung erfolgt, werden Durchschnittswerte aus der Literatur herangezogen. Diese schwanken zwischen 20 und gut 30 Jahren (vgl. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 1991, S. 31: 20 Jahre; Hegemann 1992, S. 24 f.: 25 Jahre; BKC Kommunal-Consult GmbH 1997, S. 19: etwa 30 Jahre). Dies liegt im Rahmen dessen, was die Interviewpartner als Abschreibungszeiträume für Kläranlagen genannt haben. Von einigen Gesprächspartnern wurde die Lebensdauer zwar deutlich höher eingeschätzt. Andere betonen jedoch, dass Kläranlagen einem gewissen technischen und moralischen Verschleiß unterliegen, sodass man nach den Erfahrungen im Westen mit regelmäßigen Innovationsschüben rechnen müsse (vgl. Int UWB PM; Int Anbieter; Int LUA). Im Modell wird eine betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer für Kläranlagen von 25 Jahren angenommen.

*Betriebskosten*

Da für die Betriebskosten keine Kostenfunktionen vorliegen, wird diesbezüglich auf die Orientierungswerte des Umweltministeriums von 1999 zurückgegriffen<sup>25</sup>. Aus den Gesamtbetriebskosten von Kläranlagen verschiedener Größenklassen (bei einem spezifischen Abwasseranfall von  $90l/(EW*d)$ ) ergibt sich ein mittlerer Degressionskoeffizient von 0,85 (vgl. Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999a, S. 31). Als Ausgangswerte werden Betriebskosten von 327.000 €/a und ein Abwasseranfall von 328.500 m<sup>3</sup>/a bei einer Anschlussgröße von 10.000 Einwohnern verwendet.

Auch hier ist zu berücksichtigen, dass bestimmte Kostenfaktoren bei einer einmal gebauten Ausbaugröße relativ unabhängig von der tatsächlichen Auslastung anfallen. Dazu gehören ins-

<sup>25</sup> In der neueren Veröffentlichung von 2003 Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003a dürften zwar gleiche oder ähnliche Werte enthalten sein, diese sind jedoch aufgrund der groben Achseneinteilung nur schwer lesbar.

besondere Personal-, Sach- und Instandhaltungskosten. Aufgrund der Aufteilung der einzelnen Kostenfaktoren bei einer 5.000 Einwohner-Anlage gemäß den Orientierungswerten von 1999 (ebd., S. 32) wird für das Modell angenommen, dass 50% der Betriebskosten als Fixkosten anfallen und weitere 50% abhängig vom tatsächlichen Abwasseranfall sind. Daraus ergibt sich folgende Formel 5.

Die Formel wird in einer Veröffentlichung vom Bundesumweltministerium für Umweltschutz, Naturschutz und Reaktorsicherheit insofern bestätigt, als hier bei einer Anschlusszahl 7.500 Einwohnern Betriebskosten in ähnlicher Größenordnung entstehen (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 1991, S. 30).

**Formel 5: Betriebskosten einer öffentlichen Kläranlage**

|   |  |
|---|--|
| $  \begin{aligned}  B &= 327.000 * (328.500/Le)^{-0,85} \\  &= 327.000 * (Le/328.500)^{0,85} \\  &= 327.000 / 328.500^{0,85} * Le^{0,85} \\  &= 6,691 * Le^{0,85}  \end{aligned}  $ |  |
| $  \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{Fixkosten}}  $   | $  \underbrace{\hspace{10em}}_{\text{mengenabhängige Kosten}}  $                       |
| $  = 3,3455 * Le_k^{0,85}  $  | $  + 3,3455 * Le_t^{0,85}  $   |
| B   | Betriebskosten der Kläranlage in €/a   |
| Le  | Leistung der Kläranlage in m <sup>3</sup> /a   |
| Le <sub>k</sub>   | gebaute Kapazität: Leistung, auf die die Kläranlage ausgelegt ist in m <sup>3</sup> /a |
| Le <sub>t</sub>   | tatsächliche Leistung der Anlage: Abwasseranfall in m <sup>3</sup> /a                  |

**4.9.2.4 Kosten der Kanalisation**

*Investitionskosten*

Die Investitionskosten der Kanalisation sind von verschiedenen Bedingungen wie Rohrgrabentiefe, Kanaldimensionierung oder den Schachtabständen abhängig (vgl. Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999a, S. 13 ff.; Hegemann 1992, S. 24 f.; Yinnavong 2003, S. 39). Da im Modell keine diesbezügliche Differenzierung erfolgt, wird im Modell ein pauschaler längenabhängiger Kostensatz verwendet. Nach Angaben von Herz et al. beträgt der Wiederbeschaffungswert eines Kanalmeters im Abwasserbereich 400 € (2002a, S. 50, eigene Berechnung). Die Angaben bei Birle (1997, S. 28-2), dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1991, S. 29) und Günthert et al. (2001, S. 94 ff.) liegen mit etwa 700 DM/m bzw. 542,5 DM/m (netto) etwas niedriger. Für die Modellanwendung wird ein durchschnittlicher Wert von 350 Euro pro laufenden Kanalmeter angenommen.

Gemäß der Analyse von Günthert et al. (2001, S. 113) sind die Kosten von Abzweigen vom Sammler für Hausanschlüsse im Rahmen der hier möglichen Genauigkeit kaum relevant, da diese gegenüber den von ihnen ermittelten Grundkosten lediglich einen Aufschlag von 7 bis 15 DM/m hervorrufen. Daher wird nicht zwischen Ortskanalisationen und überörtlicher Kanalisation differenziert.

Da in den Veröffentlichungen nicht deutlich wird, inwiefern Hausanschlüsse in den pauschalen Kostenangaben enthalten sind, bleiben diese im Modell unberücksichtigt. Die Kosten bewegen

sich zwischen 1.000 und 5.000 €/Anschluss mit einem größeren Gewicht auf den unteren Kostenbereich (vgl. Brösel 1998, S. 64; Yinnavong 2003, S. 39; Friedrich 2004, S. 57).

### *Nutzungsdauer*

Gemäß den Richtlinien zur Kostenvergleichsrechnung der LAWA ist für Kanäle eine betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer von 50 bis 80 Jahren, im Extremfall auch von 100 Jahren anzusetzen, wobei einige Anlagenteile wie Druckleitungen oder Pumpwerke geringere Nutzungsdauern haben (vgl. Länderarbeitsgemeinschaft Wasser 2005). Kluge et al. nehmen eine mittlere Nutzungsdauer von 71 Jahren an (2003a, S. A7). Im Leitfaden zur Abwasserbeseitigung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (1991, S. 31) wird für eine überschlägige Gebührenberechnung eine Nutzungsdauer der gesamten Kanalisation von 50 Jahren verwendet. Für die Modellanwendung soll letzterem Ansatz mit einer pauschalen Nutzungsdauer von 50 Jahren gefolgt werden.

### *Betriebskosten*

Die Betriebskosten der Kanalisation resultieren zum einen aus Kosten, die direkt im Kanalnetz anfallen und zumeist in Abhängigkeit von der Kanallänge angegeben werden. Diese werden zwischen 2,50 DM/m und 4 €/m angegeben (vgl. Platzer 1992, S. 34; Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999a, S. 29; Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 1991, S. 33). Im Modell werden hier Festkosten von 3 €/m angenommen.

Zum anderen fallen mengenabhängige Kosten, insbesondere Energiekosten bei den Pumpwerken an. Da hier keine differenzierten Annahmen getroffen werden können (vgl. Ministerium für Umwelt Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999a, S. 29 f.; Platzer 1992, S. 34), erfolgt pauschal eine mengenabhängige Berechnung. Im Leitfaden zur Abwasserbeseitigung des Bundesumweltministeriums werden die Kosten des Pumpwerkes auf 1,50 bis 2,50 DM/(EW\*a) beziffert (Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 1991, S. 33). Aufgrund der gestiegenen Energie- und Personalkosten wird im Modell von 1,50 €/(EW\*a) bei einem Ausgangs-Abwasseranfall von 54,75 m<sup>3</sup>/(EW\*a) ausgegangen. Die mengenabhängigen Kosten betragen demnach 0,0274 €/m<sup>3</sup>. Von fixen Wartungskosten und realen Preissteigerungen wird abstrahiert. Die Berechnung der Betriebskosten erfolgt nach folgender Formel 6.

#### **Formel 6: Betriebskosten der Kanalisation**

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| $B = 3 * L + 0,0274 * Le_t$ |  |
| B                           | Betriebskosten der Kanalisation in €                       |
| L                           | Gesamtlänge der Kanalisation in m                          |
| Le <sub>t</sub>             | tatsächliche Leistung: Abwasseranfall in m <sup>3</sup> /a |

Die Kosten für Kanalreinigung und -inspektion, die hier zunächst nur in Abhängigkeit von der Kanallänge ermittelt werden, sind insofern auch mengenabhängig, als bei einer deutlichen Unterauslastung Ablagerungen, Korrosionserscheinungen und Geruchsbelästigungen entstehen, die zusätzliche betriebstechnische Maßnahmen erfordern (s. Kapitel 3.4.5; vgl. Int BI PM; Int UWB Pr; Int ZV HL; Int SW Pr). Laut Herz et al. ist dies ab einer Unterauslastung von etwa 20% relevant (2002a, S. 6). Solche zusätzlichen Kosten im Modell zu berechnen ist in der jetzigen Modellversion nicht möglich. Dafür wäre es erforderlich, jedem gebauten Kanalabschnitt eine

Kapazität zuzuweisen und eine aktuelle Auslastung zu ermitteln. In diesem Fall könnte man annehmen, dass die mengenabhängigen Betriebskosten mindestens den Kosten bei einer 80%-igen Auslastung entsprechen.

#### **4.9.2.5 Kosten der mobilen Entsorgung**

In der Literatur finden sich keine Angaben zu den Kosten von Anlagen, die für die Bereitstellung der mobilen Entsorgung erforderlich sind wie etwa Transportfahrzeuge oder Annahmestationen für Klärschlamm. (Die bei Franz et al. (1998, S. 161) angegebenen Werte dürften nur der Veranschaulichung dienen und nicht übertragbar sein.). Aus diesem Grund werden der Einfachheit halber die in Kapitel 4.9.1.3 abgeleiteten Schlamm Entsorgungskosten von 400 €/(EW\*a) – nach Ablauf der Nutzungsdauer entsprechend weniger – angesetzt.

### **4.10 Kostenberechnung und Abgabenerhebung**

Die entsorgungspflichtigen Gemeinden und Zweckverbände können für die öffentliche Abwasserbehandlung Gebühren und Beiträge erheben.<sup>26</sup> Letztere werden im Modell nicht berücksichtigt, da deren Finanzierungsanteil an den Investitionen der Siedlungswasserwirtschaft nur wenige Prozentpunkte beträgt (vgl. Schönböck et al. 2003, S. 396) und für die finanzielle Bewertung einmalig zu zahlende Beiträge ohnehin ebenso verzinst und abgeschrieben werden müssten wie Investitionen des Zweckverbandes. Die Erhebung von Abgaben erfolgt im Modell daher ausschließlich über Benutzungsgebühren. Diese sind nach §4 Kommunalabgabengesetz Brandenburg (KAG)<sup>27</sup> als Geldleistungen definiert, die als Gegenleistung für die Inanspruchnahme öffentlicher Einrichtungen und Anlagen erhoben werden.

Da die Behandlung von Abwasser bzw. Schlamm aus der kanalgebundenen Entsorgung, aus Sammelgruben und Kleinkläranlagen unterschiedliche Leistungen der öffentlichen Abwasserbeseitigung darstellen, werden häufig unterschiedliche Gebührensätze festgesetzt (vgl. Franz et al. 1998, S. 40). Aufgrund fehlender Informationen über Kosten von Transport und Annahme des Klärschlammes aus dezentralen Anlagen (s. Kapitel 4.9) ist eine kohärente, modellinterne Berechnung eines Gebührensatzes für die mobile Entsorgung im Rahmen dieser Arbeit jedoch nicht möglich. Hier werden stattdessen die in Kapitel 4.9.1.3 aus Literaturwerten ermittelten Schlamm Entsorgungskosten sowohl als Ausgaben als auch als Gebühreneinnahmen verwendet. Dies schränkt die Aussagekraft des Modells insofern ein, als die mobile Entsorgung und die damit verbundenen Investitionsentscheidungen nicht durch die finanziellen Auswirkungen der Entwicklung des Abwasseranfalls betroffen sind.

Die im Folgenden erläuterte Gebührenberechnung bezieht sich nur auf die kanalgebundene Entsorgung. Sie richtet sich nach den Vorschriften des KAG und ist angelehnt an Ansätze überschlägiger Gebührenberechnungen (vgl. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 1991; Franz et al. 1998; BKC Kommunal-Consult GmbH 2002).

---

<sup>26</sup> Die privatrechtliche Trägerschaft, bei der Entgelte zu entrichten sind, wird hier außer Acht gelassen, da diese ähnlichen Regelungen unterliegt und zudem in Brandenburg die Ausnahme ist.

<sup>27</sup> Kommunalabgabengesetz für das Land Brandenburg (KAG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. März 2004 (GVBl.I/04 S. 174), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 29. Juni 2004 (GVBl.I/04 S. 272).

### 4.10.1 Ablauf der Abgabenerhebung

Die Kosten- und Gebührenberechnung erfolgt zum einen als rein planerische Kalkulation im Rahmen der Erstellung des Abwasserbeseitigungskonzeptes, ist zum anderen als eigenständiger Simulationsschritt Grundlage für tatsächliche Finanztransfers. Der im Folgenden dargestellte Ablauf ist abgestimmt mit anderen Modellfunktionalitäten, insbesondere der Entstehung von Abwasser bei den Wohneinheiten.

#### *Kostenermittlung*

Die Gebühreneinnahmen sollen nach §6 Abs. 2 KAG alle für die Abwasserbeseitigung relevanten Kosten decken. Daher können die Kosten nur insoweit in die Gebührenermittlung eingehen, wie sie bei der tatsächlichen Inanspruchnahme der Abwasseranlagen anfallen. Dies ist insbesondere bei Überkapazitäten der Kläranlage relevant. Die für die Gebührenberechnung anzusetzenden Kosten sind in Kapitel 4.10.2 dargestellt. Dabei sind die Kostenpunkte für die einzelnen Infrastrukturobjekte aufgrund der unterschiedlichen Bauzeitpunkte und Nutzungsdauern getrennt zu ermitteln und aufzuaddieren. Die Kosten von Investitionen in Kläranlage und Kanalisation werden im Modell erst nach Fertigstellung der jeweiligen Ortskanalisationen wirksam. Kosten unvollendeter Baumaßnahmen werden dadurch ignoriert.

#### *Gebührenermittlung*

Basierend auf den errechneten Kosten in Verbindung mit dem im Abrechnungszeitraum zu erwartenden Abwasseranfall (s. Kapitel 4.5.4.5) werden die Gebührensätze festgesetzt und den Wohneinheiten mitgeteilt. Obwohl nach KAG die Gebühren spätestens alle zwei Jahre zu kalkulieren sind, werden diese in der Praxis häufig über mehrere Jahre konstant gehalten. Zur Vereinfachung der Berechnung werden die Gebühren im Modell jährlich neu festgelegt. Die dabei erzeugten Gebührenschwankungen werden in Kauf genommen. Die einzelnen Bestandteile und Schritte der Gebührenkalkulation werden in Kapitel 4.10.3 bis 4.10.6 diskutiert.

#### *Gebühreneinzug*

Am Ende des Abrechnungszeitraums erfolgt der Gebühreneinzug auf der Grundlage der tatsächlich von den Wohneinheiten über die Kanalisation gesammelten und in der Kläranlage behandelten Abwassermenge. Hinzu kommen eventuelle Grundgebühren. Der für jede Wohneinheit gesondert ermittelte Rechnungsbetrag wird den einzelnen Wohneinheiten von ihren Konten abgezogen und dem Zweckverband gutgeschrieben.

#### *Kostenabweichungen*

Der für einen Abrechnungszeitraum erwartete Abwasseranfall kann vom tatsächlichen Abwasseranfall abweichen. Dadurch entstehen Mindereinnahmen oder Überschüsse. Diese sind gemäß dem Kostendeckungsgebot und Kostenüberschreitungsverbot des §6 Abs. 2 KAG nicht erwünscht bzw. nicht zulässig. Kostenüberdeckungen müssen, Kostenunterdeckungen können spätestens im übernächsten Kalkulationszeitraum ausgeglichen werden. Da in der Simulation insbesondere in den ersten Jahren ein fortschreitender Anschluss weiterer Siedlungen an die Kanalisation erfolgt und es zweifelhaft ist, ob Kostenunterdeckungen des Vorjahres durch Bewohner finanziert werden dürfen, die zu diesem Zeitpunkt noch nicht angeschlossen waren, wird auf die Übertragung von Kostenabweichungen verzichtet. Sie werden als Defizite bzw. Gewinne wirksam.

### *Kontoführung*

Die Kontoführung beinhaltet neben der Buchung der Gebühreneinnahmen auch die Finanzrechnung im weiteren Sinne. Dies beinhaltet auch die Zusammenstellung von Einnahmen und Kosten, die über die Benutzungsgebühren nicht abgegolten werden können oder sollen (s. Kapitel 4.10.7).

## **4.10.2 Kosten und Stückkosten der öffentlichen Abwasserbeseitigung**

Die Kosten der öffentlichen (kanalgebundenen) Abwasserbeseitigung setzen sich aus Kosten der Finanzierung von Investitionen (kalkulatorische Kosten) – bestehend aus Abschreibungen und Zinsen – und Betriebskosten zusammen. Die kalkulatorischen Abschreibungen spiegeln den über die Jahre verteilten Werteverzehr der Investition wieder, der gemäß §6 Abs. 2 KAG Brandenburg linear über die voraussichtliche Nutzungsdauer (s. Kapitel 4.9) zu verteilen ist. Die Abschreibung einer Anlage entspricht daher dem Quotienten aus Investitionskosten und Nutzungsdauer (s. Kapitel 4.9). Kalkulatorische Zinsen umfassen die Kreditzinsen sowie eine angemessene Verzinsung des eventuell zur Finanzierung eingesetzten Eigenkapitals. Da die Kreditfinanzierung in den neuen Bundesländern hoch ist (vgl. Schönbäck et al. 2003, S. 396) und der Zinssatz für das Eigenkapital ohnehin dem Kreditzinssatz angeglichen werden kann, wird im Modell ein einheitlicher Zinssatz verwendet. Dieser soll an den am freien Kapitalmarkt für entsprechend langfristige Anlagen erzielbaren durchschnittlichen Zinssätzen orientiert werden (vgl. Cattien 1998, S. 33). Die in der Literatur verwendeten Zinssätze bewegen sich zwischen sechs und acht Prozent; als Realzinssatz wird häufig drei Prozent angesetzt (vgl. Bundesministerium für Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit 1991, S. 32; BKC Kommunal-Consult GmbH 1997, S. 9, 18; Cattien 1998, S. 33 f.; Eckstädt 2004, S. 70). Da im Simulationsmodell generell keine Preissteigerungen berücksichtigt werden, wird ein kalkulatorischer realer Zinssatz von drei Prozent verwendet. Zu verzinsen sind die im jeweiligen Abrechnungszeitraum aktuellen Restbuchwerte, d.h. die um die bereits erfolgten Abschreibungen verringerten Investitionskosten (vgl. Cattien 1998, S. 32). Abschreibungen und Zinsen mehrerer paralleler Investitionen werden getrennt ermittelt und aufsummiert.

Die Betriebskosten sind in Abhängigkeit von der Größe und Auslastung der Anlagen nach den Formeln in Kapitel 4.9.2.3 und 4.9.2.4 zu errechnen.

Aus den kalkulatorischen Kosten und den Betriebskosten werden die Stückkosten berechnet, die einen rechnerischen mengenabhängigen Gebührensatz widerspiegeln, der bei einer vollständigen Anrechnung aller Kosten entstehen würde. Diese sind für die Berechnung der Einnahmen und Defiziten des Entsorgungsträgers in Kapitel 4.10.7 relevant. Entsprechend der Berechnung einer verbrauchsabhängigen Gebühr werden sie aus dem Quotienten von Kosten und Abwasseranfall gebildet (s. Kapitel 4.10.6).

## **4.10.3 Berücksichtigung von Fördermitteln – die ansatzfähigen Kosten und der kostendeckende Gebührensatz**

Fördermittel werden für die Unterstützung von Investitionen der öffentlichen Infrastruktur bereitgestellt (s. Kapitel 4.11.3). Sie werden im Modell gebührensenkend wirksam. Zwar stellt der Gesetzgeber den Entsorgungspflichtigen im KAG frei, Einnahmen aus Fördermitteln bei der



Gebührenberechnung unberücksichtigt zu lassen, damit diese für spätere (Re-) Investitionen wieder zur Verfügung stehen (vgl. Franz et al. 1998, S. 112 f.). Laut Förderrichtlinien des Brandenburger Umweltministeriums wird jedoch mit der Förderung explizit auch eine Entlastung der Gebührenzahler bezweckt (so z.B. in der Förderrichtlinie für öffentliche Abwasseranlagen aus dem Jahr 2000).

Die Fördermittel werden über die Nutzungsdauer der Anlage aufgelöst und bewirken daher über den gesamten Abschreibungszeitraum der Investitionskosten eine Verringerung der Abschreibungen und damit auch der Gebühren. Der jährliche Auflösungsbetrag ergibt sich aus dem Quotienten von Fördersumme und betriebsgewöhnlicher Nutzungsdauer für jede Anlage, für die Fördermittel gewährt wurden. Die verbleibenden Kosten stellen die ansatzfähigen Kosten für die Gebührenberechnung dar. Der kostendeckende Gebührensatz ergibt sich aus dem Quotienten der ansatzfähigen Kosten und dem Abwasseranfall.

#### **4.10.4 Berücksichtigung von Überkapazitäten – der rechtlich zulässige Gebührensatz**

Entsprechend des Äquivalenzprinzips können die Kosten für die öffentliche Abwasserinfrastruktur und -behandlung nur in dem Maße in die Gebühren eingehen, soweit sie geeignet, erforderlich und angemessen, d.h. zur Leistungserstellung für die davon profitierenden Bürger notwendig sind (vgl. Cattien 1998, S. 38). Dieser Grundsatz ist für die Gebührenkalkulation von besonderer Bedeutung, wenn eine Anlage größer dimensioniert ist als nötig. Bezogen auf das häusliche Abwasser resultieren Überkapazitäten in Brandenburg, wie in Kapitel 3.4.2 und 3.4.3 erläutert, sowohl aus einer rückläufigen Einwohnerzahl als auch aus einem verminderten spezifischen Abwasseranfall sowie aus dem sukzessiven Aufbau der Infrastruktur.

Cattien argumentiert in einer rechtswissenschaftlichen Arbeit, dass ein aktueller Auslastungsmangel nicht notwendigerweise eine gebührenrelevante Überkapazität bedeutet. So liege eine Überkapazität nur vor, „wenn Teile der Abwasseranlagen zu keiner Zeit und unter keinen Umständen genutzt werden können“ (Cattien 1998, S. 47). Demnach besteht keine Überkapazität, wenn die Anlage in absehbarer Zeit durch den allmählichen Anschluss weiterer Einwohner ausgelastet sein wird. Hinweise darauf geben etwa die Einwohnerzahlen in unmittelbarer Umgebung der Anlage und das Maß der mobilen Entsorgung aus Sammelgruben. Rückgängige Bevölkerungszahlen, mangelnde industrielle Entwicklung oder die Unwirtschaftlichkeit weiterer Anschlüsse weisen dagegen darauf hin, dass mittelfristig eine Auslastung der Anlage nicht zu erwarten ist. Welcher Zeitraum mit „in absehbarer Zeit“ zu verstehen ist, wird nicht explizit definiert. Eine solche zukunfts- und einzelfallbezogene Abwägung würde im Simulationsmodell aufwändige Berechnungen und Parametervorhaltungen erfordern. Daher soll gemäß dem Ansatz von Institut für Abwasserwirtschaft Halbach vereinfachend angenommen werden, dass Kapazitätsvorhaltungen von 20% auf die Gebühren umgelegt werden können (2003 (Programmerläuterung)). Diese Marge entspricht der aktuellen Rechtsprechung und wird auch vom Umweltministerium Brandenburgs aufgegriffen (vgl. Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2003a).

Liegen Überkapazitäten vor, sind für die Berechnung des Deckungsbedarfs der Gebühren nur diejenigen kalkulatorischen Kosten und Betriebskosten anzusetzen, die bei einer angemessenen Dimensionierung der Anlage entstanden wären. Dies betrifft Abschreibungen, Zinsen und den Fixkostenanteil der Betriebskosten der Kläranlage. Die Kosten einer angemessen dimensionier-

ten Anlage können über die Angaben in Kapitel 4.9.2.3 errechnet werden, indem die Einwohnerzahl bzw. Leistung des Abrechnungsjahres zuzüglich einer Kapazitätsreserve von 20% (maximal jedoch Einwohnerzahl bzw. Leistung, auf die die Anlage ausgelegt ist) angesetzt werden. Die durch die Überkapazitäten zusätzlich anfallenden, nicht gebührenfähigen Kosten werden als Defizit wirksam (s. Kapitel 4.10.7).

#### **4.10.5 Festsetzung abweichender Gebühren**

Wie in Abschnitt 4.10.1 beschrieben, sollen grundsätzlich Gebühren erhoben werden, die die notwendigen Kosten vollständig decken. Von diesem Kostendeckungsprinzip kann der Entsorgungspflichtige bei ausreichender Begründung abweichen und einen geringeren Gebührensatz festlegen. Im Modell wie in Brandenburg sind dabei zwei Aspekte von Bedeutung. Die Festlegung abweichender Gebühren bezieht sich der Einfachheit halber nur auf die verbrauchsabhängigen Gebühren, nicht auf die Grundgebühren.

##### *Begrenzung der Gebühren auf ein sozialverträgliches Niveau – der sozialverträgliche Gebührensatz*

Bei der Erstellung eines Abwasserbeseitigungskonzeptes schätzt der Entsorgungspflichtige das zu erwartende Gebührenniveau im Vorhinein ab. Dadurch kann er die Infrastrukturanlagen und den Anschluss von Siedlungen auf ein Maß begrenzen, bei dem keine sozial unverträglichen Gebühren entstehen (s. Kapitel 4.5). Wie in Abschnitt 4.10.4 ausgeführt, können jedoch im Laufe der Zeit durch ungünstige Entwicklungen des Abwasseranfalls und aufgrund der hohen Fixkosten der Infrastruktur Kosten entstehen, die zu hohen, z.T. sozial nicht mehr vertretbaren Gebührensätzen führen würden. In solchen Fällen kann der Gebührensatz vom Entsorgungspflichtigen auf ein sozialverträgliches Maß herabgesetzt werden. Der sozialverträgliche Gebührensatz ist im Modell ein absoluter Schwellenwert, der unabhängig von anderen Erwägungen, die etwa bei der Festlegung eines politischen Gebührensatzes eine Rolle spielen, nicht überschritten werden darf. Liegt der rechtlich zulässige Gebührensatz über dem sozial noch für vertretbar gehaltenen Niveau, werden die Gebühren auf dieses Niveau abgesenkt. Der hier zu verwendende sozial vertretbare Gebührensatz entspricht dem in der Infrastrukturplanung des Zweckverbandes verwendeten Wert (s. Kapitel 4.5.4).

##### *Einführung eines politischen Gebührensatzes – der politische Gebührensatz*

Aufgrund einer starken bürgerschaftlichen Opposition sieht sich der Zweckverband unter Umständen genötigt, den Gebührensatz weiter zu senken. Die Festlegung eines politischen Gebührensatzes wird in Kapitel 4.8.2.2 erläutert. Bei der Festsetzung der Gebühren an dieser Stelle ist der politische Gebührensatz entsprechend zu berücksichtigen.

#### **4.10.6 Festsetzung von Grund- und verbrauchsabhängigen Gebühren**

Die Erhebung von Gebühren kann aufgeteilt werden in Grund- und verbrauchsabhängige Gebühren. In den vorhergehenden Abschnitten 4.10.3 bis 4.10.5 wurde der Begriff der Gebühren im Sinne von Durchschnittsgebühren verwendet. Durchschnittsgebühren entsprechend dem verbrauchsabhängigen Gebührensatz, wenn keine Grundgebühren erhoben werden. Da im Modell verschiedene Gebührenstrukturen berücksichtigt werden können, ist eine Differenzierung in Grund- und Mengengebühr nötig. Grundgebühren können gemäß §6 Abs. 4 KAG zur Deckung

der verbrauchsunabhängigen Kosten unabhängig vom Umfang der tatsächlichen Inanspruchnahme erhoben werden. Sie zielen grundsätzlich darauf ab, die fixen Kosten zu decken, die „allein durch das Vorhalten der Abwasserentsorgungseinrichtung entstehen“ (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg o.J.-b). Dementsprechend dürfen diese maximal die Fixkosten abdecken. Diese werden aus den Angaben in Kapitel 4.9.2.3 und 4.9.2.4 ermittelt. Dazu zählen:

- die Investitionskosten der Kläranlage,
- der Fixkostenanteil der Betriebskosten der Kläranlage,
- die Investitionskosten der Kanalisation sowie
- der Grundkostenanteil der Betriebskosten der Kanalisation.

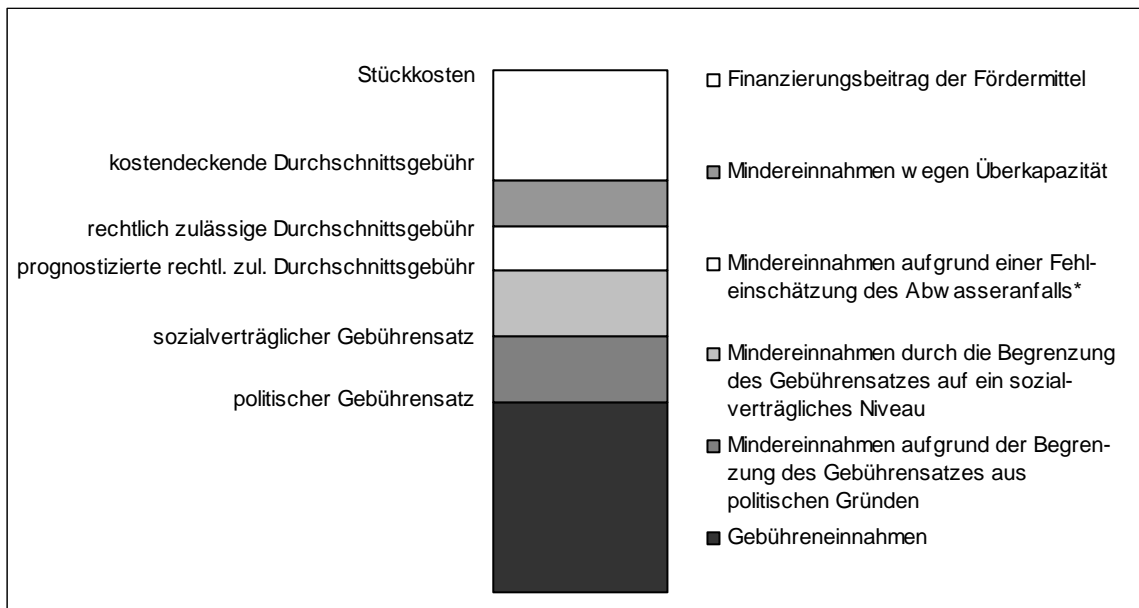
Die verbrauchsabhängigen Gebühren decken die verbleibenden Kosten. Der Gebührensatz in €/m<sup>3</sup> errechnet sich aus dem Quotienten von verbleibenden Kosten und dem tatsächlichen Abwasseranfall.

Grundgebühren werden in der Praxis nach einem einfachen Wahrscheinlichkeitsmaßstab wie der Zahl der Wohnungen oder der Bewohner erhoben. Im Modell wird die Wohneinheit als Verteilungsmaßstab verwendet. Im Jahr 2002 wurden Grundgebühren laut Coburg et al. nur bei etwa 11% der Bürger erhoben (o.J., S. 2). Anfang 2001 betrug der Anteil des Grundpreises am Gesamtpreis im Bundesdurchschnitt 11,4, in Brandenburg 14,2 % (vgl. Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft 2001). Im Basisszenario wird zur Vereinfachung der Interpretation der Ergebnisse auf die Erhebung von Grundgebühren verzichtet. In alternativen Szenarien werden diese jedoch berücksichtigt.

#### **4.10.7 Aufstellung von Einnahmen und Defiziten**

Den Kosten des Zweckverbandes stehen Gebühreneinnahmen und Fördermittel als Einnahmen gegenüber. Durch übermäßige Überkapazitäten, Kostenabweichungen sowie die Festlegung von geringeren Gebührensätzen aus sozialen oder politischen Gründen entstehen Mindereinnahmen, die vom Zweckverband bzw. den beteiligten Kommunen als Defizit zu tragen sind. Der Zweckverband kann solche Mindereinnahmen bei seiner Infrastrukturplanung berücksichtigen (s. Kapitel 4.5.1). Tatsächlich entstandene Mindereinnahmen werden im Modell-Output zur Bewertung der verschiedenen Entwicklungsszenarien dargestellt. Da die mobile Entsorgung aus der Gebührenberechnung ausgenommen wird, werden Einnahmen und Defizite nur für die kanalgebundene Entsorgung dargestellt. Abbildung 13 zeigt die grundsätzliche Struktur der Einnahmen und Defizite. Gebühreneinnahmen und aufgelöste Fördermittel zählen dabei zu den Einnahmen; Mindereinnahmen aufgrund von Überkapazitäten, einer Fehleinschätzung des Abwasseranfalls oder der Festlegung von sozialen oder politischen Gebührensätzen ergeben das Gesamtdefizit.

**Abbildung 13: ursachenbezogene Aufstellung der Einnahmen und Defizite des Zweckverbandes**



Hinweis: Das Verhältnis der Kostenanteile bzw. Einnahmen und Defizite beruht nicht auf Berechnungen. Die Abbildung dient nur der Veranschaulichung.

\* Bei einer Fehleinschätzung des Abwasseranfalls können tatsächlich sowohl Mindereinnahmen als auch Gewinne entstehen. Mögliche Mehreinnahmen durch Kostenabweichungen (vgl. Kapitel 4.10.1) sind unter den hier beschriebenen Rahmenbedingungen kaum relevant.

## 4.11 Behördliche Maßnahmen

Die für die Wasserwirtschaft zuständigen Behörden haben verschiedene Möglichkeiten, die Entwicklung der Abwasserbeseitigung zu beeinflussen. Dazu gehören in erster Linie wasserrechtliche Erlaubnisse und Sanierungsanordnungen für dezentrale Anlagen sowie die finanzielle Förderung zentraler und dezentraler Anlagen.

### 4.11.1 Wasserrechtliche Erlaubnis und Sanierungsanordnungen

Die Unteren Wasserbehörden haben die Aufgabe, eine ordnungsgemäße Abwasserbeseitigung durchzusetzen. Ihnen stehen dafür die sich ergänzenden Instrumente der Wasserrechtlichen Erlaubnis und der Sanierungsanordnung zur Verfügung.

Die wasserrechtliche Erlaubnis ist Voraussetzung für den Einsatz von Kleinkläranlagen, da die Versickerung bzw. Einleitung von gereinigtem Abwasser in ein Gewässer eine Gewässerbenutzung darstellt. Sie wird von der zuständigen Unteren Wasserbehörde für Anlagen erteilt, die dem Stand der Technik entsprechen und einen ordnungsgemäßen Betrieb gewährleisten. Dies richtet sich nach den einschlägigen Richtlinien wie etwa der DIN 4261 sowie den vom Ministerium erlassenen Kleinkläranlagenrichtlinien. Die Erlaubnisfähigkeit der verschiedenen Technologien ist bereits im Technologieangebot in Kapitel 4.9.1 berücksichtigt. Ergänzend wird entsprechend des Ansatzes im Kreis Prignitz (s. Kapitel 3.6) angenommen, dass den investitionswilligen Wohneinheiten ab 2001 mitgeteilt wird, dass mechanische Anlagen ab 2003 nicht mehr ordnungsgemäß sein werden und umzurüsten oder zu ersetzen sind.

Um eine regelmäßige Anpassung an den Stand der Technik zu gewährleisten, werden die wasserrechtlichen Erlaubnisse befristet. Entsprechend der Festlegungen in den Kleinkläranlagen-

richtlinien von 1994 und 2003 betragen die Fristen im Modell für vollbiologische Kleinkläranlagen zehn, ab 2003 15 Jahre, für mechanische Anlagen fünf Jahre. Um auch bei Sammelgruben eine regelmäßige Überprüfung zu ermöglichen, erhalten diese Überprüfungsfristen der vollbiologischen Anlagen. Wenn nach Ablauf der Frist die Anlage nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, ist eine entsprechende Sanierung, Umrüstung oder Neuanschaffung erforderlich.

Die Umsetzung dieser Maßnahmen wird im Zweifelsfall über Sanierungsanordnungen durchgesetzt. Sie kommt auch zum Einsatz, wenn Abwasseranlagen nicht ordnungsgemäß betrieben werden, d.h. undicht sind oder die ab 2003 geltenden Grenzwerte für die CSB-Ablaufkonzentration von Kleinkläranlagen in Höhe von 100 mg/l (Kleinkläranlagenrichtlinie 2003) überschreiten. Im Modell werden alle Anlagen nach Ablauf der Nutzungsdauer sowie ab 2003 Kleinkläranlagen mit CSB-Ablaufmengen von  $> 10\text{g}/(\text{EW}\cdot\text{d})$  als ordnungswidrig eingestuft.

Sanierungsanordnungen werden von den Unteren Wasserbehörden in der Regel nur erlassen, wenn mittelfristig keine zentrale Entsorgung vorgesehen ist (vgl. Int UWB PM; Int UWB Pr). Im Modell wird auf Sanierungsanordnung verzichtet, wenn eine Mindestnutzungsdauer von fünf Jahren bis zum Anschluss an die Kanalisation nicht gewährleistet ist.

Bei älteren Anlagen ist die Durchsetzung einer ordnungsgemäßen Abwasserbehandlung durch Sanierungsanordnungen laut Auskunft der Gesprächspartner aus den Unteren Wasserbehörden schwierig, da die Behörden keinen vollständigen Überblick über die Existenz älterer Anlagen haben und aufwendige Begehungen, Datenauswertungen und Analysen erforderlich sind. Hier stellen insbesondere die zeitlichen bzw. personellen Kapazitäten der Unteren Wasserbehörden starke Restriktionen dar (vgl. Int Amt Pr; Int UWB PM; Int UWB HL; Int UWB Pr; Int UV Pr; Int ZV HL; Kleinkläranlagenrichtlinie 1994). Im Modell kann die maximale Anzahl der in einem Jahr von der Unteren Wasserbehörde überprüften Anlagen als eine Art Zeitbudget eingegeben werden. Für das Basisszenario wird ein Wert von 100 Anlagen pro Jahr verwendet. Das Zeitbudget wird durch die Überprüfung einer Anlage, die erst während der Simulation errichtet wurde, um einen Punkt, durch die Überprüfung einer älteren Anlage um zwei Punkte verringert. Die Festsetzung (und Kontrolle) einer Sanierungsanordnung kostet einen weiteren Punkt. Die Auswahl der zu überprüfenden Anlagen fällt – in Gemeinden, in denen die Mindestnutzungsdauer gewährleistet ist – zufällig aus der Menge der bekannten Anlagen mit abgelaufener wasserrechtlicher Erlaubnis bzw. Überprüfungsfrist und der älteren, nicht registrierten Anlagen. Erweisen sich die Anlagen als ordnungsgemäß, wird die wasserrechtliche Erlaubnis neu erteilt bzw. die Frist neu festgesetzt, ansonsten werden Sanierungsanordnungen erlassen.

#### 4.11.2 Förderung dezentraler Anlagen

In Brandenburg wurde die Errichtung, Erweiterung oder Verbesserung von Kleinkläranlagen von 1995 bis 2003 gefördert. Fördersätze und -bedingungen wurden dabei mehrfach geändert (Förderrichtlinien für Kleinkläranlagen 1994<sup>28</sup>, 1995<sup>29</sup>, 1996<sup>30</sup>, 1998<sup>31</sup>, 2000<sup>32</sup> und 2001<sup>33</sup>). Da

<sup>28</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 1. Mai 1994. (Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1994)

<sup>29</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 1. Juli 1995. (Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1995)

die Berücksichtigung von Fördermitteln bei der Investitionsentscheidung der Wohneinheiten nicht implementiert ist, hat die Förderung keine Auswirkungen auf die Simulationsergebnisse. Für eine mögliche Erweiterung des Modells sollen die dabei relevanten Aspekte hier dennoch erläutert werden.

Förderfähig ist die Neuanschaffung von oder Umrüstung zu Anlagen nach dem Stand der Technik. Nicht gefördert werden Sammelgruben, die Sanierung bestehender Anlagen sowie Betriebskosten. Tabelle 26 gibt eine Übersicht über die Fördersätze und -bedingungen in Brandenburg. Im Basisszenario wird ein einheitlicher Fördersatz von 50% der Investitionskosten angenommen. Bagatellgrenzen oder höhere Fördersätze für Anlagen mit Sanierungsanordnung werden nicht berücksichtigt.

**Tabelle 26: Fördersätze der Förderrichtlinien für Kleinkläranlagen in Brandenburg**

| Förderrichtlinie Kleinkläranlagen | Fördersatz   | Maximum in % der zuwendungsfähigen Kosten | Bagatellgrenze der Zuwendungshöhe |
|-----------------------------------|--|---|-----------------------------------|
| 1994                              | 2.000 DM/EW  | 50%                                       | -                                 |
| 1995                              | 2.000 DM/EW  | 50%                                       | 5.000 DM                          |
| 1996                              | 2.000 DM/EW  | 50%                                       | 2.000 DM                          |
| 1998                              | 1.500 DM/EW  | 45%                                       | 2.000 DM                          |
| 2000                              | 1.500 DM/EW  | 45%                                       | 1.500 DM                          |
| 2001                              | 750 €/EW,<br>mind. jedoch 3.000 €<br>(1.100 €/EW*) | 40%<br>(55%*)                             | 750 €                             |

\* für Ortschaften mit Fristenplan für die Durchsetzung von Sanierungsanordnungen

Die verzögernde Wirkung der Förderung (s. Kapitel 4.6.4.2) kann durch eine Begrenzung des Förderbudgets abgebildet werden. Tabelle 27 gibt einen Überblick über die in Brandenburg für Kleinkläranlagen jährlich zur Verfügung gestellten Fördermittel. Zwischen 1995 und 2002 dürften jährlich zwischen ein und drei Millionen Euro bewilligt worden sein. Entsprechend der geringeren Einwohnerzahl scheint für das Modell-Entsorgungsgebiet ein Förderbudget in Höhe von jährlich 10.000 € angemessen. Das Förderbudget könnte auch von der Zahl der dezentral entsorgten Einwohner oder der noch sanierungsbedürftigen Anlagen abhängig gemacht werden (s. rechte Spalte in Tabelle 27). Zusätzlich müsste ein Verfahren der Beantragung und Bewilligung von Fördermitteln implementiert werden.

<sup>30</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 15. März 1996. (Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1996)

<sup>31</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 15. März 1998. (Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1998)

<sup>32</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 14. Februar 2000. (Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 2000)

<sup>33</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Abwasseranlagen. Teil 2: Grundstückskleinkläranlagen vom 19. 12.2001. (Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 2001)

**Tabelle 27: Fördermittel für Grundstückskleinkläranlagen in Brandenburg**

|      | Bewilligte Fördermittel in Mio. Euro <sup>a</sup> | dadurch geförderte Einwohner <sup>b</sup> | Einwohner mit dezentralen Abwasseranlagen <sup>c</sup> | Fördermittel pro dezentral entsorgten Einwohner in Euro <sup>d</sup> |
|------|---|---|--|--|
| 1995 | ?   | 13.500                                    | 989.000  |  |
| 1996 | ?   |   |  |  |
| 1997 | ?   |   |  |  |
| 1998 | ?   |   |  |  |
| 1999 | 1,33  |   | 754.000  | ~ 1,76   |
| 2000 | 2,3   | 3.000                                     |  |  |
| 2001 | 2,51  | 3.500                                     | 622.000  | ~ 4,04   |
| 2002 | 2,5   |   | 568.000  | ~ 4,40   |
| 2003 | 0   |   | 515.000  |  |
| 2004 | 0   |   |  |  |

Quellen: a (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 1999, S. 14; 2000a; 2002; 2003b, S. 18); b eigene Berechnung nach (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2000a; 2002); c (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 6; 2003b, S. 4; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2004a; Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 5; eigene Berechnungen); d: eigene Berechnung.

### 4.11.3 Förderung öffentlicher Infrastrukturanlagen

Seit der Wiedervereinigung werden Investitionen in die öffentliche Abwasserbehandlungsinfrastruktur vom Land gefördert. Dies bewirkt eine Verringerung der Investitionskosten und ermöglicht in der Praxis den in der Regel mit nur geringen Eigenmitteln ausgestatteten Zweckverbänden einen zügigen Aufbau der Infrastruktur. Da im Modell die Gebühren unter Abzug der Fördermittel errechnet werden (s. Kapitel 4.10.3), beeinflusst die Förderung auch die Infrastrukturplanung des Zweckverbandes.

Die maximalen Fördersätze in Brandenburg haben sich 1994 bis 2004 leicht verringert. Gleichzeitig wurden die Förderbedingungen verschärft (Tabelle 28). Insbesondere die Kürzung des für die Förderung zur Verfügung stehenden Gesamtbudgets (s. Tabelle 29) hat nach Einschätzung mehrerer Interviewpartner dazu geführt, dass der Ausbau der öffentlichen Infrastruktur gegenüber einer dezentralen Abwasserbehandlung in den letzten Jahren an Gewicht verloren hat (vgl. Int UWB Pr; Int ZV Pr; Int SW Pr; Int Amt Pr; Int Amt HL; Int BI PM).

Im Modell wird die Förderung im Wesentlichen durch die Höhe des Fördersatzes definiert. Dieser wird im Basisszenario auf 50% der Investitionskosten festgelegt. Eine Begrenzung des Förderbudgets ist möglich und wäre etwa entsprechend der gesamten oder der noch nicht angeschlossenen Einwohnerzahl denkbar (s. Tabelle 29). Da die Konkurrenz mehrerer Zweckverbände um Fördermittel nicht dargestellt werden kann, ist die Begrenzung der Fördermittel für einen einzelnen Zweckverband wenig aussagekräftig. Die Berücksichtigung von Förderbedingungen etwa in Form eines Variantenvergleiches oder spezifischer Kosten ist nicht implementiert.

**Tabelle 28: Fördersätze und -bedingungen für öffentliche Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen in Brandenburg**

| Förder-richtlinie | Fördersatz  | Bagatell-grenze | Bedingungen (Auswahl)  |  |
|-------------------|---|-----------------|--|--|
| 1994              | 12,5-65% <sup>a z</sup>                           | -               | Spezifische Kosten 2.000-7.000 DM/EW   |  |
| 1995              |   |                 |  |  |
| 1996              | 50-60% <sup>c z</sup><br>(+ max.10%) <sup>b</sup> | 10.000 DM       | Spezifische Kosten 2.000-6.000 DM/EW   |  |
| 2000              |   |                 |  | Spezifische Kosten max. 5.500 DM/EW<br>Gebühr <sup>d</sup> > 8,33 DM/m <sup>3</sup> oder finanzielle Jahresbelastung <sup>e</sup> ≥ 250 DM<br>Variantenvergleich |
| 2001              |   |                 |  |  |
| 2004              |   | 50.000 €        | - max. 350 €/EW für Kläranlagen;<br>in Orten unter 2.000 EW max. 2.050 €/EW,<br>davon max. 400 €/EW für überörtliche Kanäle<br>Gebühr <sup>d</sup> > 4,17 €/m <sup>3</sup> oder finanzielle Jahresbelastung <sup>e</sup> ≥ 125 €<br>Variantenvergleich, ab 2001 mit Betrachtung dezentraler Alternativen |  |

<sup>z</sup> alternativ Zinsvergünstigung möglich; <sup>a</sup> abhängig von spezifischen Kosten; <sup>b</sup> höherer Fördersatz bei außergewöhnlichen umweltrechtlichen Anforderungen; <sup>c</sup> abhängig von Ortsgröße, Lage oder Kanalisationsdurchmesser; <sup>d</sup> Gebühr inkl. Grundgebühr bei 3 Einwohnern je Anschluss; <sup>e</sup> Finanzielle Jahresbelastung s. <sup>d</sup> bei  $30m^3/(EW*a) + 8\%$  des Anschlussbeitrags

Quellen: Förderrichtlinien für die öffentliche Abwasserbeseitigung von 1994<sup>34</sup>, 1995<sup>35</sup>, 1996<sup>36</sup>, 2000, 2001 und 2004<sup>37</sup>.

<sup>34</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 1. Mai 1994.

<sup>35</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 1. Juli 1995.

<sup>36</sup> Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 15. März 1996.

<sup>37</sup> Richtlinie des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt- und Verbraucherschutz des Landes Brandenburgs über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 13. Mai 2004.



**Tabelle 29: Fördermittel für öffentliche Infrastrukturanlagen in Brandenburg**

| Förderjahr | ausgereichte Fördermittel in Mio. € <sup>a</sup> | noch nicht zentral erschlossene Einwohner <sup>b</sup> | Spezifische Fördermittel in € pro nicht zentral erschlossenen EW |
|------------|--|--|--|
| 1991       | 100,3  | 1.182.225  | 85   |
| 1992       | 168,4  |  |  |
| 1993       | 115,5  |  |  |
| 1004       | 72,7   |  |  |
| 1995       | 35,5   | 988.854  | 36   |
| 1996       | 46,1   | 919.599  | 50   |
| 1997       | 63,4   | 862.052  | 74   |
| 1998       | 70,0   | 815.968  | 86   |
| 1999       | 64,5   | 743.945  | 87   |
| 2000       | 40,9   |  |  |
| 2001       | 53,0   | 632.702  | 84   |
| 2002       | 43,7   | 568.123  | 78   |
| 2003       | 29,4   | 514.904  | 57   |

Quellen: a (Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 17); b (Ministerium für Ländliche Entwicklung Umwelt und Verbraucherschutz 2005, S. 5; Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg 2001, S. 6; 2003b, S. 4; Landesbetrieb für Datenverarbeitung und Statistik Land Brandenburg 2002, S. 55; 2004a; eigene Berechnungen)



---

## 5 Modellexploration

Im Folgenden werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus der Modellanwendung vorgestellt. Dies beinhaltet zum einen das Basisszenario, das die Situation in der Fallstudienregion widerspiegeln soll (Kapitel 5.3). Zum anderen werden alternative Szenarien diskutiert, die im Vergleich mit dem Basisszenario aufzeigen können, welche Faktoren besonderen Einfluss auf die Entwicklung nehmen, inwiefern die Entwicklung unter den gegebenen Umständen besser oder schlechter hätte verlaufen können und inwiefern Management-Maßnahmen angemessen oder erfolgreich sein können (Kapitel 5.4). Zuvor werden Informationen zur Implementierung des Modells (Kapitel 5.1) sowie über dabei aufgetretene konzeptionelle und modelltechnische Schwierigkeiten gegeben (Kapitel 5.2).

### 5.1 Implementierung

Die Implementierung des Modells erfolgte extern durch einen Diplomanden bzw. Absolventen der angewandten Systemwissenschaften. Er hat entsprechend der Vorgaben der Modellkonzeption den Programmcode in der Programmiersprache JAVA entwickelt und in ein agenten-basiertes Modellierungsprogramm namens Quicksilver (Burse 2004) integriert, mit dem Simulationen durchgeführt und analysiert werden können. Ein Zwischenstand der Modellentwicklung ist in Schelhorn (2006) dokumentiert. Das von Schelhorn entwickelte Modell wurde geringfügig weiterentwickelt und in die Simulationsumgebung FAMOJA (<http://www.usf.uos.de/projects/famoja/>) – eine Weiterentwicklung von Quicksilver – übertragen, um es als java-applet einfacher zugänglich zu machen.

Das Simulationsmodell erlaubt die Durchführung von Modellläufen mit unterschiedlichen Einstellungen. Diese Szenarien werden im Wesentlichen durch eine Variation von Parameterwerten bestimmt und weniger durch eine Variierung von Wirkungsweisen oder Algorithmen. Die Modellfunktionalitäten, d.h. die Agenten und ihre Verhaltensregeln sowie die Wechselwirkungen mit anderen Agenten sind im Programmcode festgelegt und daher nur durch eine Umprogrammierung zu variieren. Die Festlegung der Parameter ist weitgehend aus dem Programmcode ausgelagert und erfolgt in verschiedenen Eingabemasken. Direkt in der Nutzeroberfläche des Simulationstools werden Parameter festgelegt, die keine Differenzierung erfordern. Dies sind Parameter des Zweckverbandes, der öffentlichen Infrastruktur, Bevölkerungsprognosen und behördliche Maßnahmen. Andere Parameter werden aus externen Dateien in das Modell eingelesen. Diese Dateien werden im Wesentlichen durch den Szenario-Editor generiert, in dem die räumliche Struktur, der Verlauf der potenziellen Kanalisation und Parameter der Wohneinheiten und Technologien festgelegt werden. Anhang – Tabelle 1 beinhaltet eine Liste der festzulegenden Parameter. Diese werden vor Beginn der Simulation bestimmt und können während der Simulation vom Nutzer nicht verändert werden.

Die für die Interpretation der Simulationsergebnisse relevanten Parameter werden im Simulationsprogramm in Grafiken ausgegeben oder als interne Parameter angezeigt. Eine umfassendere Auswertung erlaubt die Verwendung einer Ausgabedatei, die in Tabellenkalkulationsprogramme eingelesen werden kann.

## 5.2 Probleme der Konzeptionierung und Implementation

Wie in den Kapitel 4.4 bis 4.10 bereits erwähnt, sind aufgrund zeitlicher Restriktionen nicht alle vorgeschlagenen Prozesse und Regeln vollständig implementiert. Dazu gehören:

- Planungsalgorithmus 2 und 3 des Abwasserzweckverbandes für den Bau öffentlicher Infrastruktur (s. Kapitel 4.5)
- Wissens- und Bewusstseinsaspekte der Investitionsentscheidungen der Wohneinheiten (s. Kapitel 4.6.3)
- die Förderung dezentraler Anlagen (s. Kapitel 4.11.2) und deren Einfluss auf die Investitionsentscheidungen der Wohneinheiten (s. Kapitel 4.6.4.2)
- die Reaktion des Zweckverbandes auf Opposition (s. Kapitel 4.8.2)

Zudem führen einige Aspekte der Konzipierung des Modells zu gewissen Problemen während der Simulation. Dies ist zunächst die Tatsache, dass Kosten für zentrale Infrastrukturanlagen erst dann entstehen, wenn diese in Betrieb gehen, nicht jedoch bereits beim Bau. Dieser Ansatz wurde gewählt, um Verluste durch die Vorfinanzierung von Anlagen zu vermeiden und die Kosten- und Gebührenberechnungen zu vereinfachen. Er zeigt sich jedoch dann als problematisch, wenn in der Simulation eine Siedlung nach der Überarbeitung des Abwasserbeseitigungskonzeptes nicht mehr für eine kanalgebundene Entsorgung vorgesehen wird, mit dem Bau der dazugehörigen Kanalisationssträngen jedoch schon begonnen wurde. Da die dabei entstandenen Kosten nicht berücksichtigt werden, werden Anschlussvorhaben häufiger abgebrochen, als dies in der Realität zu erwarten wäre.

Zum anderen ist problematisch, dass der Zweckverband bei der Anschlussplanung weder zeitlich noch hinsichtlich der Reihenfolge der anzuschließenden Siedlungen flexibel ist (s. Kapitel 4.5.4.6). Dies führt dazu, dass Konstellationen, die bei sofortiger Umsetzung nicht finanzierbar sind, zunächst ausgeschlossen werden. Im Verlauf der Simulation kann es jedoch aufgrund sinkender Zinsbelastungen dazu kommen, dass sich diese wieder als finanzierbar darstellen und kurzfristig umgesetzt werden. Da dies im Abwasserbeseitigungskonzept nicht frühzeitig festgelegt wird, kann es bei den Wohneinheiten zu Investitionen in dezentrale Anlagen kommen, die mit dem Anschluss an die Kanalisation hinfällig werden. Der vereinfachte Algorithmus für die Bestimmung der zeitlichen Abfolge der Baumaßnahmen ist eine Behelfslösung, da sich die Implementierung einer flexiblen Lösung als äußerst komplex und relativ fehleranfällig gezeigt hat.

Darüber hinaus enthält das Programm einen Fehler, der trotz intensiver Suche nicht beseitigt werden konnte. Nach dem Anschluss der ersten Siedlung an die Kanalisation werden im Abwasserbeseitigungskonzept (nicht aber bei den tatsächlichen Kosten oder der Gebührenberechnung) die Zinsen für Kläranlage und Kanalisation zu gering berechnet, da der Abschreibungsbeginn in diesem Fall offenbar um die Dauer zwischen Simulationsbeginn und erstem Anschluss in Richtung Simulationsbeginn verschoben wird. Dies reduziert einerseits die Bedeutung von Überkapazitäten, andererseits aber auch die Kosten hoher spezifischer Kanalisationslängen. Aufgrund der unterschiedlich hohen Abschreibungszeiträume fällt dieser Fehler bei der Kläranlage stärker ins Gewicht als bei der Kanalisation. Da jedoch alle Anschlusskonstellationen von diesem Problem gleichermaßen betroffen sind, dürften die Auswirkungen auf den Simulationsverlauf relativ gering sein.

### 5.3 Erkundung des Modellverhaltens im Basisszenario

Im Folgenden sollen die Ergebnisse des Simulationsmodells anhand eines Basisszenarios vorgestellt und diskutiert werden, das auf den in Kapitel 4 abgeleiteten Parameterausprägungen beruht (s. auch Anhang 2: Parameterwerte des Basisszenarios). Dies erfolgt in einem relativ hohen Detaillierungsgrad, um die Wirkungszusammenhänge, die zu einzelnen Phänomenen führen, deutlich zu machen und damit die Interpretation alternativer Szenarien zu erleichtern.

Die Rahmenbedingungen im Basisszenario lassen sich wie folgt skizzieren:

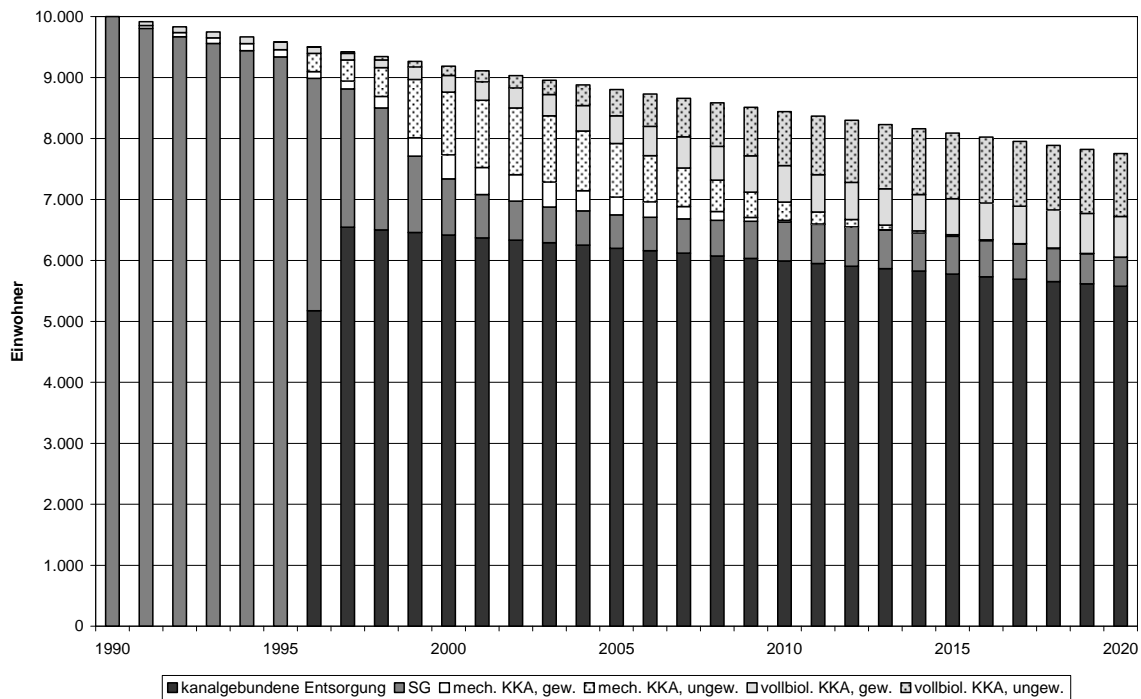
- Zu Simulationsbeginn 1990 sind 10.000 Einwohner bzw. etwa 2.300 Wohneinheiten auf 10 Siedlungsgebiete in einem Entsorgungsgebiet von etwa 200 km<sup>2</sup> verteilt.
- Die Einwohnerzahl sinkt jährlich um 0,85% des Ausgangswertes. Der Zweckverband geht zu Beginn von einem Bevölkerungsrückgang um 0,3%, ab 1995 von 0,85% aus.
- Zu Simulationsbeginn existiert keine öffentliche Abwasserbeseitigungsinfrastruktur. Alle Wohneinheiten sind mit Sammelgruben ausgestattet, die ein durchschnittliches Alter von 20 Jahren haben.
- Der Zweckverband plant für einen Zeitraum von 20 Jahren. Er strebt einen möglichst großen Anschlussgrad an, der bei einem sozialverträglichen Gebührensatz von 5 €/m<sup>3</sup> umzusetzen ist. Bei der Überarbeitung des Abwasserbeseitigungskonzeptes strebt er eine Minimierung seines Defizits an. Er geht zu Beginn von einem spezifischen Abwasseranfall von 130 l/(EW\*d) aus.

Die Simulation erfolgt über einen Zeitraum von 50 Jahren, wobei zur Erhöhung der Lesbarkeit in den folgenden Abbildungen nur ein Zeitraum von 30 Jahren dargestellt wird. Wesentliche Trendänderungen sind in den nicht dargestellten Jahren nicht auszumachen oder werden im Text angedeutet. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Simulation im Detail erörtert.

#### 5.3.1 Technologische Entwicklung insbesondere dezentraler Anlagen

Abbildung 14 zeigt die Entwicklung der Entsorgungspfade im Zeitverlauf von 1990 bis 2020. Zu Beginn wird das Abwasser aller Einwohner in Sammelgruben gesammelt und mangels einer mobilen Entsorgung dezentral in die Umwelt eingeleitet. 1996 und 1997 werden die ersten und einzigen beiden Siedlungen angeschlossen, wodurch ein Anschlussgrad von 70% erreicht wird. Gleichzeitig wird eine mobile Entsorgung für Sammelgruben eingeführt. Der Anteil der Kleinkläranlagen steigt in den Folgejahren zulasten der Sammelgruben auf etwa 24%. Mechanische Anlagen, insbesondere solche mit mangelhafter Wartung entwickeln sich zunächst zur dominierenden Entsorgungstechnologie, verlieren ab 2003 mit der rechtlichen Aberkennung der Ordnungsmäßigkeit wieder stark an Bedeutung. Die letzten mechanischen Anlagen gehen 2021 außer Betrieb. Parallel gewinnen insbesondere mangelhaft gewartete vollbiologische Kleinkläranlagen an Bedeutung.

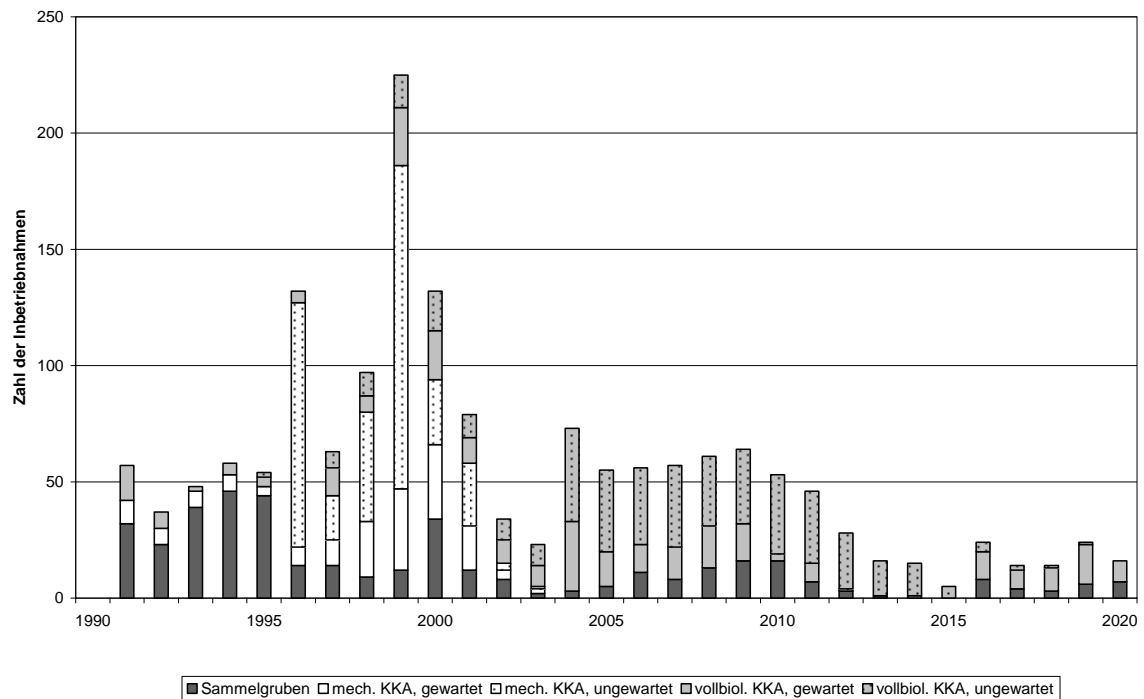
**Abbildung 14: Entwicklung der Entsorgungspfade nach Einwohnern im Basisszenario**



Die Entwicklung im dezentralen Bereich ist anhand der Zahl der Inbetriebnahmen im Detail nachzuvollziehen (s. Abbildung 15) (die den Inbetriebnahmen zugrunde liegenden Investitionen erfolgen jeweils im Vorjahr). Die relativ starken Schwankungen beruhen dabei auf der mangelnden Berücksichtigung von Wissens- und Bewusstseinsaspekten (s. Kapitel 4.6.3), da Investitionsentscheidungen unmittelbar nach Ablauf der Nutzungsdauer von Anlagen getroffen werden und durch veränderte Rahmenbedingungen direkt beeinflusst werden. In der Realität verteilen sich die Investitionen gleichmäßiger, jedoch ist das Modell durch die unmittelbare Reaktion besser interpretierbar.

In den ersten Simulationsjahren bis 1995 gehen jährlich etwa 50 Anlagen in Betrieb, sodass nach fünf Jahren etwa zehn Prozent aller grundstücksbezogenen Anlagen erneuert sind. Diese Inbetriebnahmen beruhen fast ausschließlich auf Wohneinheiten mit hohem oder mittlerem umweltbezogenen Engagement, für die die Beibehaltung einer nicht ordnungsgemäßen Anlage nach Ablauf der Nutzungsdauer nicht infrage kommt. Hinzu kommen einige wenige Imitatoren (Wohneinheiten mit geringem umweltbezogenen Engagement und geringem Kostenbewusstsein) mit niedrigen Imitationsschwellenwerten. Für Wohneinheiten mit niedrigem umweltbezogenen Engagement und hohem Kostenbewusstsein ist eine Investition nicht attraktiv, da Sammelgruben mangels einer mobilen Entsorgung noch betriebskostenfrei sind.

Da bis 1995 Sammelgruben keine Betriebskosten haben und zukünftige Kosten von den Wohneinheiten nicht vorhergesehen werden können, dominieren Sammelgruben in den ersten Jahren die Inbetriebnahmen. Sie werden insbesondere von Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein (und geringem umweltbezogenen Engagement) bevorzugt. Hinzu kommen Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement, die in Anbetracht eines bevorstehenden Anschlusses an die Kanalisation von ihrer normalen Investitionspräferenz abweichen und ihre bestehenden Sammelgruben sanieren. Dass dies trotz der hohen Ablauffrachten vor Einführung einer mobilen Entsorgung erfolgt, ist eine gewisse Unplausibilität, die daraus resultiert, dass Sammelgruben grundsätzlich als ordnungsgemäß angesehen werden.

**Abbildung 15: Entwicklung der Zahl der Inbetriebnahmen dezentraler Anlagen im Basisszenario**


1996 sind deutlich höhere Inbetriebnahmen mit einer Dominanz mangelhaft gewarteter mechanischer Anlagen festzustellen. Auslöser dafür ist die Einführung einer kostenpflichtigen externen mobilen Entsorgung im Jahr 1995, die 1996 von der eigenen Kläranlage übernommen wird. Dies veranlasst Wohneinheiten mit geringem umweltbezogenen Engagement und hohem Kostenbewusstsein zu Investitionen mit einem entsprechenden Schwerpunkt auf günstige Technologien. Unterstützend wirken sich nun auch Sanierungsanordnungen aus (s. Kapitel 5.3.2). Mit diesem Jahr beginnt der in Abbildung 14 zu erkennende Aufschwung der mechanischen Kleinkläranlagen. Sammelgruben spielen aufgrund der hohen Betriebskosten der mobilen Entsorgung von nun an bei den Inbetriebnahmen eine untergeordnete Rolle und verlieren auch insgesamt an Bedeutung.

Der deutliche Investitionsschub um das Jahr 1999 beruht darauf, dass 1997 und 1998 zahlreiche Siedlungen, deren Anschluss zunächst geplant war, dauerhaft aus der Anschlussplanung ausgeschlossen werden (s. Kapitel 5.3.4). Wohneinheiten, die aufgrund der begrenzten potenziellen Nutzungsdauer bisher von einer Investition abgesehen haben (oder lediglich in eine Sanierung investiert haben), holen diese nun nach. Dadurch werden schließlich weitere Imitatoren zu Investitionen angeregt. Da ein Großteil der Altanlagen nun bereits ersetzt wurde, gehen die Inbetriebnahmen in den folgenden Jahren bis 2003 zurück.

Das Auslaufen der Ordnungsmäßigkeit mechanischer Anlagen im Jahr 2003 erzeugt jedoch erneut Veränderungen. Zum einen werden ab 2001, dem Jahr, in dem die Wohneinheiten von der rechtlichen Veränderung erfahren, deutlich weniger mechanische Anlagen in Betrieb genommen. Zum anderen sind ab 2004 wieder vermehrt Inbetriebnahmen zu verzeichnen, die bis zu 88% durch Sanierungsanordnungen forciert oder begleitet sind (s. Abbildung 16). Da diese vorwiegend Wohneinheiten treffen, die nicht selbständig investieren, haben mangelhaft gewartete Anlagen einen großen Anteil an den Inbetriebnahmen. Hinzu kommen Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement, die vorher mechanische Anlagen betrieben haben und

nun ohne Verzögerung selbständig auf die veränderte Rechtslage reagieren und gut gewartete vollbiologische Anlagen in Betrieb nehmen.

Die Phase erhöhter Inbetriebnahmen insbesondere von gewarteten vollbiologischen Anlagen ab 2016 resultiert schließlich aus dem Ablauf der 25-jährigen Nutzungsdauer der vollbiologischen Kleinkläranlagen und der Sammelgruben, die in den ersten Simulationsjahren in Betrieb genommen wurden. Jenseits der in den Abbildungen dargestellten Jahre folgen weitere Investitionsschübe entsprechend der Nutzungsdauer von Sammelgruben und vollbiologischen Kleinkläranlagen jeweils 25 Jahre nach einer Investitionsphase.

### **5.3.2 Behördliche Maßnahmen**

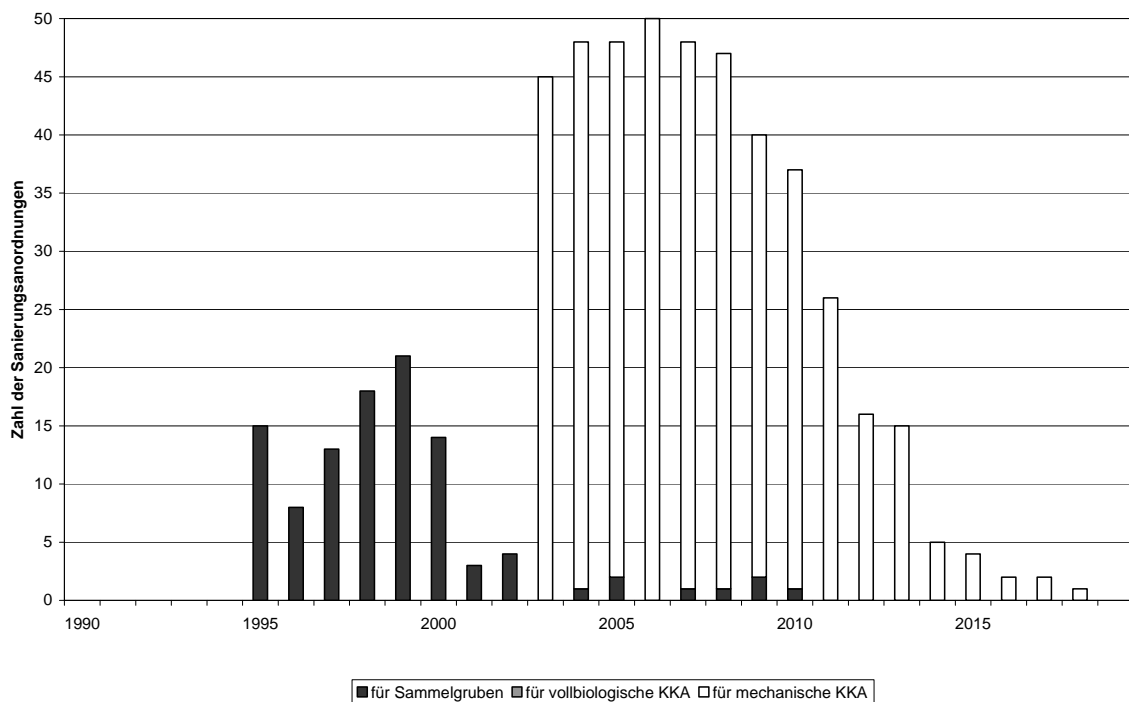
Da eine Förderung dezentraler Anlagen nicht implementiert ist, stellen Sanierungsanordnungen das einzige explizit im Modell berücksichtigte Instrument zur Beeinflussung der Investitionen der Wohneinheiten dar. Sanierungsanordnungen werden zunächst ausschließlich für undichte Sammelgruben, ab 2003 auch für Kleinkläranlagen mit erhöhten Abfallfrachten verhängt. Die Zahl der Sanierungsanordnungen ist in der ersten Phase bis 2002 aus verschiedenen Gründen vergleichsweise gering (s. Abbildung 16). Zum einen können aufgrund des hohen Aufwandes für die Überprüfung der nicht registrierten Anlagen und die Durchsetzung der Sanierungsanordnungen ohnehin maximal lediglich 34 Anordnungen ausgesprochen werden. Gerade in den ersten Jahren sind zudem noch zahlreiche Sammelgruben in Betrieb, die bei der Überprüfung nicht beanstandet werden, da deren Nutzungsdauer noch nicht abgelaufen ist. Auch werden zunehmend Kapazitäten der Unteren Wasserbehörde für die Verlängerung der wasserrechtlichen Erlaubnisse bzw. die Erneuerung der Überprüfungsfristen von Anlagen gebunden, die nach 1990 in Betrieb gegangen sind und deren erste fünf-jährige Überprüfungsfrist bereits abgelaufen ist. Dass Sanierungsanordnungen nur in Siedlungen verhängt werden, in denen eine fünf-jährige Mindestlaufzeit potenzieller grundstücksbezogener Anlagen bis zum Anschluss an die Kanalisation gewährleistet ist, begrenzt die Zahl zu überprüfender Anlagen zusätzlich. Daher führt eine Änderung der Anschlussplanungen der Jahre 1997 und 1998, zu vermehrten Sanierungsanordnungen in den Folgejahren. Schließlich geht die Zahl der Sanierungsanordnungen für Sammelgruben ab 2001 deutlich zurück, da kaum noch veraltete Sammelgruben in Betrieb sind (s. Abbildung 18).

Die Einführung der Grenzwerte für Abfallfrachten von Kleinkläranlagen im Jahr 2003 läutet die zweite Phase ein, in der Sanierungsanordnungen fast ausschließlich für nicht mehr ordnungsgemäße mechanische Anlagen ausgesprochen werden. Die Erfolgsquote der Überprüfungen ist dabei zunächst relativ hoch (maximale Zahl von Anordnungen bei Überprüfung registrierter Anlagen: 50). Ab 2010 ist die Zahl der Sanierungsanordnungen wieder rückläufig, da nun auch vollbiologische Anlagen und Sammelgruben überprüft werden, die ab 1990 in Betrieb genommen wurden. Für erstere werden im gesamten Simulationszeitraum keine Sanierungsanordnungen verhängt. Da diese in erster Linie von Wohneinheiten mit hohem oder mittlerem umweltbezogenen Engagement betrieben werden, die unmittelbar nach Ablauf der Nutzungsdauer wieder investieren, dürften nur sehr wenige Anlagen mit erhöhten Abfallfrachten existieren.



Im Gegensatz zu Sammelgruben werden die Außerbetriebnahmen mechanischer Anlagen zu einem großen Teil (in einigen Jahren bis zu 100%) durch Sanierungsanordnungen begleitet<sup>38</sup>. Da nur Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement unter Umständen auch vor Ablauf der Nutzungsdauer ihrer Anlagen neu investieren und mechanische Anlagen relativ kostengünstig sind, dürften Sanierungsanordnungen gerade bei kostenbewussten Wohneinheiten Investitionen forciert haben, die sonst ausgeblieben oder sehr viel später erfolgt wären.

**Abbildung 16: Entwicklung der Sanierungsanordnungen im Basisszenario**

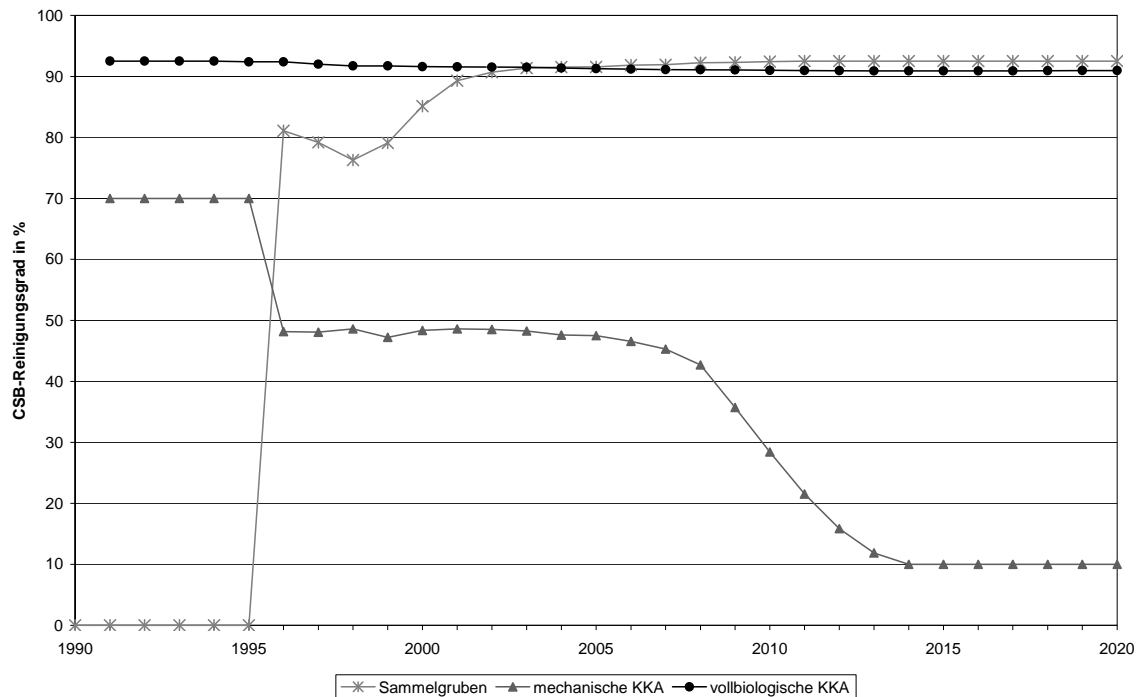


### 5.3.3 Ökologische Entwicklung

Während der Reinigungsgrad der zentralen Entsorgung konstant bei 92,5% liegt, zeigt Abbildung 17 die Veränderung der durchschnittlichen Reinigungsgrade der verschiedenen dezentralen Technologien, die aus deren Verbreitungsgrad und dem in Kapitel 4.8 dargestellten Reinigungspotenzial resultieren. Das Optimum von 92,5% wird in den ersten Jahren auch von den vollbiologischen Kleinkläranlagen annähernd erreicht, da zunächst fast ausschließlich gut gewartete vollbiologische Anlagen in Betrieb gehen. Aufgrund des zunehmenden Anteils mangelhaft gewarteter Anlagen sinkt deren Reinigungsgrad bis 2020 auf 91%, bis 2039 weiter bis auf 88,5% ab. Auch bei den mechanischen Anlagen liegt der Reinigungsgrad anfänglich beim Optimum von 70%, fällt jedoch im Zuge der Inbetriebnahmen mangelhaft gewarteter Anlagen 1996 auf deutlich unter 50%. Da ab 2003 keine mechanischen Anlagen mehr in Betrieb gehen, wird der Reinigungsgrad nur noch durch bestehende Anlagen bestimmt, deren Nutzungsdauer im Laufe der Zeit zunehmend überschritten wird. 2014 haben alle noch bestehenden Anlagen ihre minimale Reinigungsleistung von 10% bzw. ihre maximalen Ablauffrachten von 90 g CSB/(EW\*d) erreicht.

<sup>38</sup> Allerdings können Sanierungsanordnungen auch Wohneinheiten treffen, die ohnehin investiert hätten.

**Abbildung 17: Entwicklung der durchschnittlichen CSB-Reinigungsgrade der Technologien im Basisszenario**

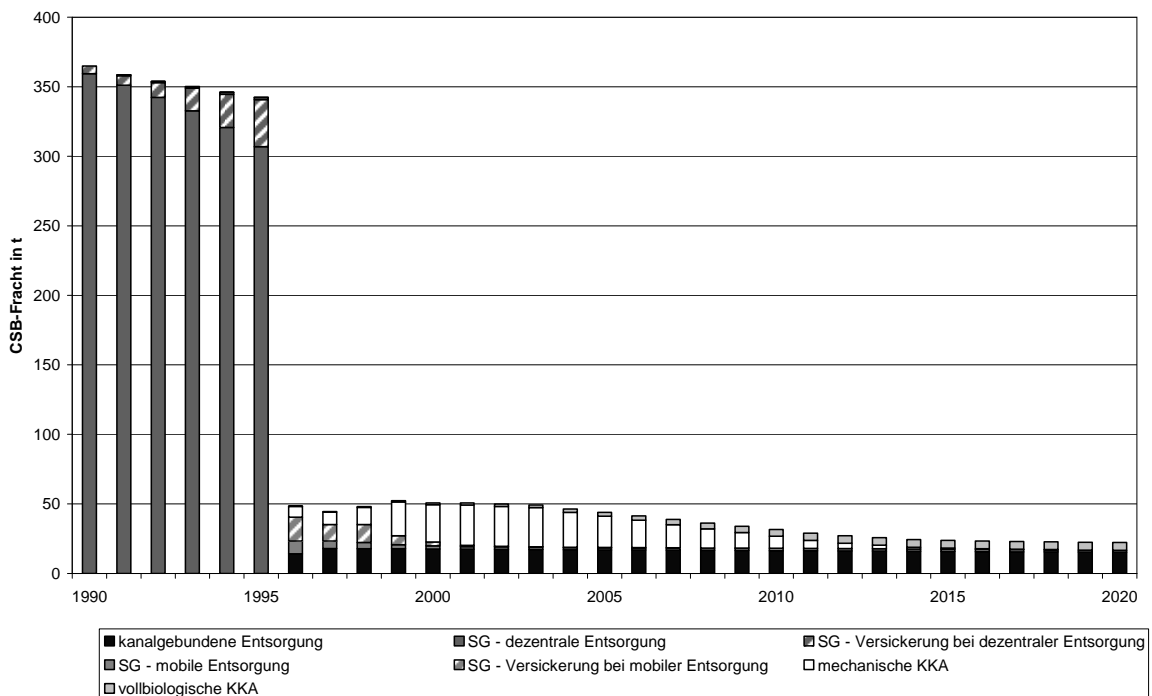


Aufgrund des hohen Anteils veralteter Anlagen liegt der durchschnittliche Reinigungsgrad der Sammelgruben nach Einführung der mobilen Entsorgung mit gut 80% deutlich unter dem Optimum von 92,5% bei einer vollständigen zentralen Klärung. Dieser fällt kurzfristig weiter ab, da neu errichtete Anlagen von Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement im Zuge der Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes durch andere Anlagen ersetzt werden und damit der Anteil älterer Anlagen steigt. Bereits 1999 steigt die durchschnittliche Reinigungsleistung wieder an und liegt ab 2008 über 92% nahe beim Optimum. Dies liegt einerseits an Sanierungsanordnungen, andererseits werden nach der Änderung der Abwasserbeseitigungskonzepte zahlreiche Sammelgruben erneuert, in die bisher aufgrund des bevorstehenden Anschlusses an die Kanalisation nicht investiert wurde.

Abbildung 18 zeigt die Entwicklung der daraus resultierenden CSB-Ablaufmengen. 1990 wird die gesamte CSB-Fracht des Rohabwassers von 365 Tonnen in die Umwelt verbracht. Neben dem Bevölkerungsrückgang führen in den Folgejahren private Investitionen in Kleinkläranlagen und Sammelgruben zu einem leichten Rückgang der Frachten. Die Belastung durch die Versickerung aus Sammelgruben ist dabei aufgrund des zunehmenden Alters bestehender Sammelgruben steigend. Mit der Einführung der kanalgelagerten Entsorgung für die zwei größten Siedlungsgebiete 1996 bzw. 1997 sinkt die CSB-Fracht deutlich auf unter 50 Tonnen pro Jahr. Die Belastung aus der Versickerung von Abwasser aus undichten Sammelgruben geht bis 2001 auf unter eine Tonne CSB zurück. Die Gesamtbelastung steigt ab 1998 zunächst wieder an, da zunehmend in zum Teil mangelhaft gewartete mechanische Anlagen investiert wird, die höhere Ablaufmengen haben als die letztlich über die zentrale Kläranlage entsorgten Sammelgruben. Sie geht jedoch in den Folgejahren durch die Außerbetriebnahme mechanischer Anlagen kontinuierlich bis auf gut 21 Tonnen CSB zurück. Das Verbesserungspotenzial gegenüber einer optimalen grundstücksbezogenen Entsorgung sinkt damit von etwa 50% 1996 bis 2020 bis auf 5%

ab. Durch das Ablaufen der Nutzungsdauer von Anlagen steigt es danach erneut auf bis zu 14% bei Simulationsende.

**Abbildung 18: Entwicklung der CSB-Fracht im Basisszenario**

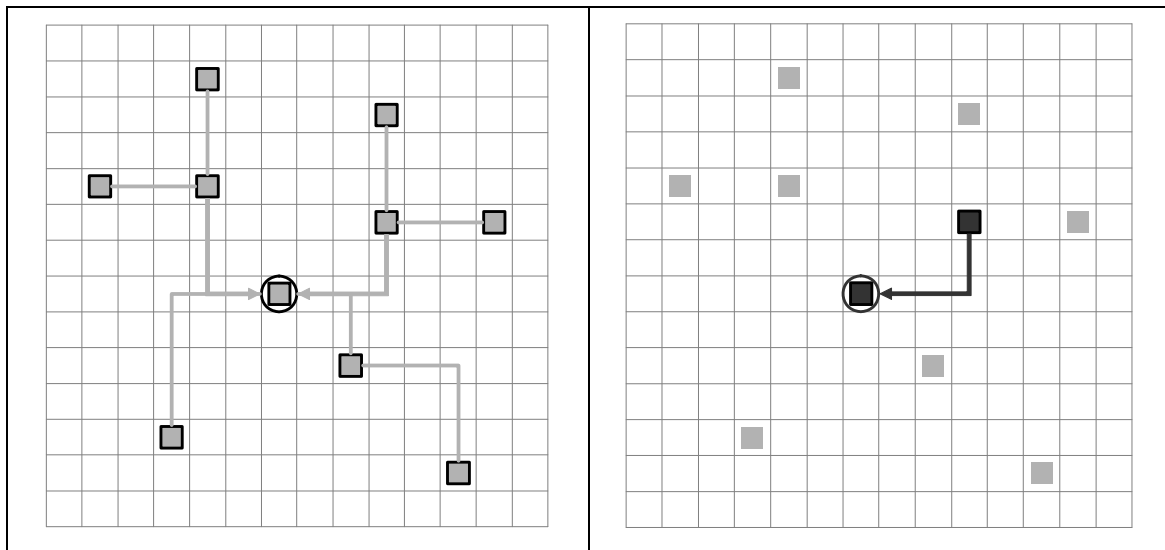


### 5.3.4 Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung

In der Simulation des Basisszenarios zeigt sich die Problematik der Entwicklung der kanalgebundenen Abwasserbeseitigung, die im ländlichen Raum der neuen Bundesländer aufgetreten ist, in extremer Weise. Im Basisszenario wird zu Beginn für alle Siedlungsgebiete eine kanalgebundene Abwasserbeseitigung geplant (s. Abbildung 19, linkes Grid). Es wird eine Kläranlage mit einer Kapazität von gut 450.000 m<sup>3</sup> Abwasseranfall gebaut, deren volle Auslastung für das Jahr 2004 erwartet wird. Danach soll entsprechend der prognostizierten Bevölkerungsabnahme eine leichte Verringerung der Auslastung eintreten. Die erwarteten Durchschnittsgebühren sollen sich zwischen 3,08 €/m<sup>3</sup> und 4,20 €/m<sup>3</sup> bewegen.

1996 geht die öffentliche Kläranlage mit dem vollständigen Anschluss der größten Siedlung (Nr. 10) in Betrieb. Im Folgejahr wird auch die nächst kleinere Siedlung (Nr. 9) kanalgebunden entsorgt. Aufgrund mehrerer Umplanungen wird dieser Ausbauzustand bis zum Simulationsende nicht mehr geändert. Zunächst führt die Verwendung einer realistischen Bevölkerungsprognose 1995 zum Ausschluss einer der kleineren Siedlungen aus dem Anschlusskonzept. Der weitere Infrastrukturausbau wird 1997 auf zwei weitere Siedlungen (Nr. 8 und 7) begrenzt und 1998 vollständig aufgegeben (s. Abbildung 19, rechtes Grid).

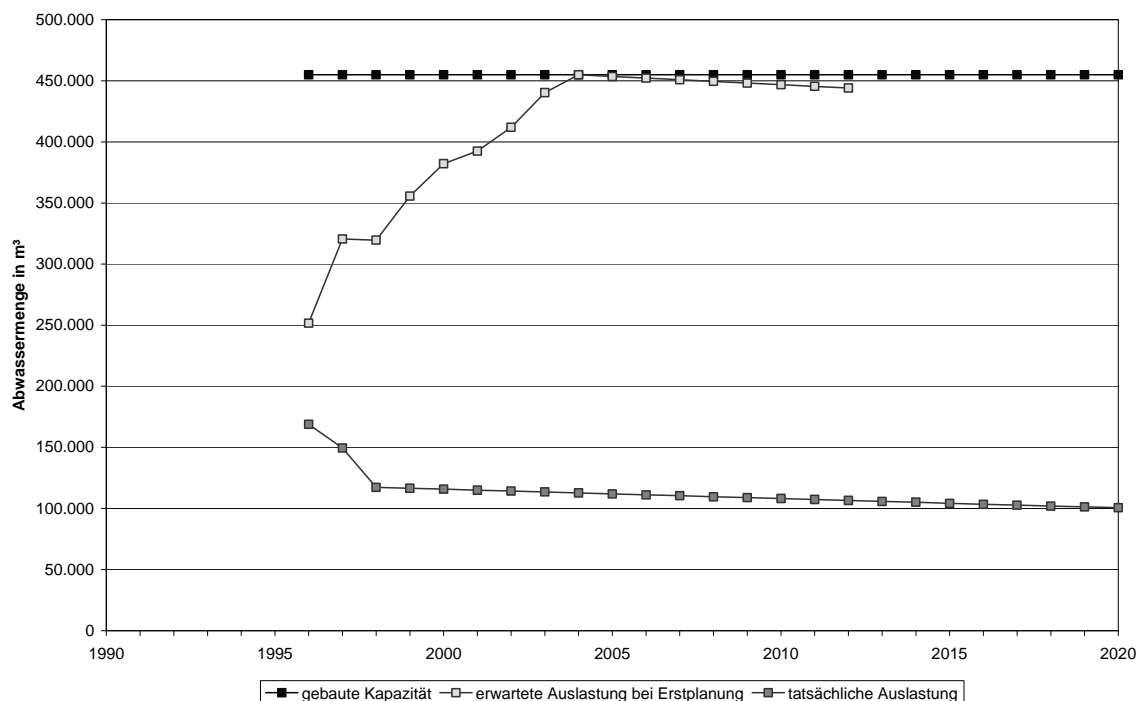
**Abbildung 19: Anschlusskonzept für das Modell-Entsorgungsgebiet bei der Erstplanung 1990 und im Endausbau ab 1998**



Erläuterung: graues Quadrat: Siedlungsgebiet; schwarz umrundetes Quadrat: Anschluss geplant; schwarzes Quadrat: Anschluss erfolgt; graue Linien: Kanalisation geplant; schwarze Linien: Kanalisation in Betrieb

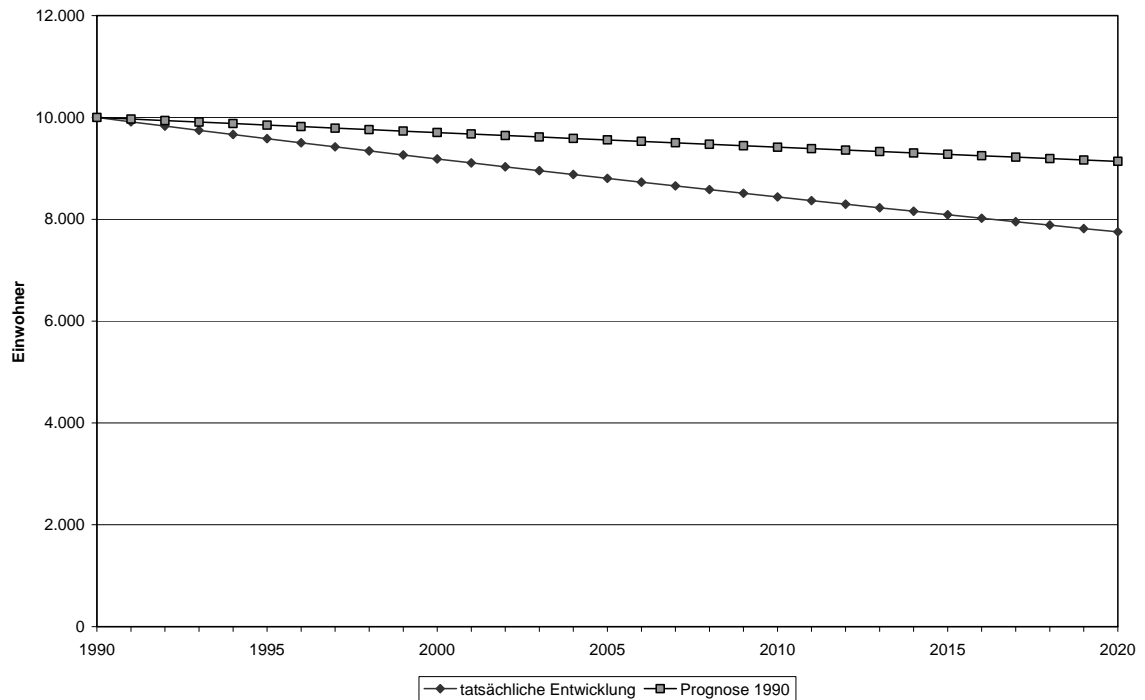
Diese Umplanungen des Abwasserbeseitigungskonzeptes werden nötig, weil der vorgesehene Auslastungsgrad nicht erreicht werden kann, da der Abwasseranfall hinter den erwarteten Werten deutlich zurückbleibt (s. Abbildung 20). Während durch den Anschluss der ersten Siedlung bereits ein mengenbezogener Auslastungsgrad von gut 55% erwartet wurde, liegt dieser tatsächlich bei nur 37%. In den nächsten zwei Jahren verringert er sich trotz der zusätzlich angeschlossenen Siedlung weiter auf knapp 26% und fällt danach parallel zur Bevölkerungsabnahme weiter leicht ab.

**Abbildung 20: Entwicklung der kanalgebunden entsorgten Abwassermenge im Basisszenario**



Diese Diskrepanz zwischen dem erwarteten und dem tatsächlichen Abwasseranfall liegt zum einen an den falschen Annahmen der ursprünglichen Bevölkerungsprognose von 1990 (s. Abbildung 21). Bei der endgültigen Umplanung 1998 leben bereits gut 400 Einwohner weniger im Entsorgungsgebiet als im ersten Abwasserbeseitigungskonzept berücksichtigt.

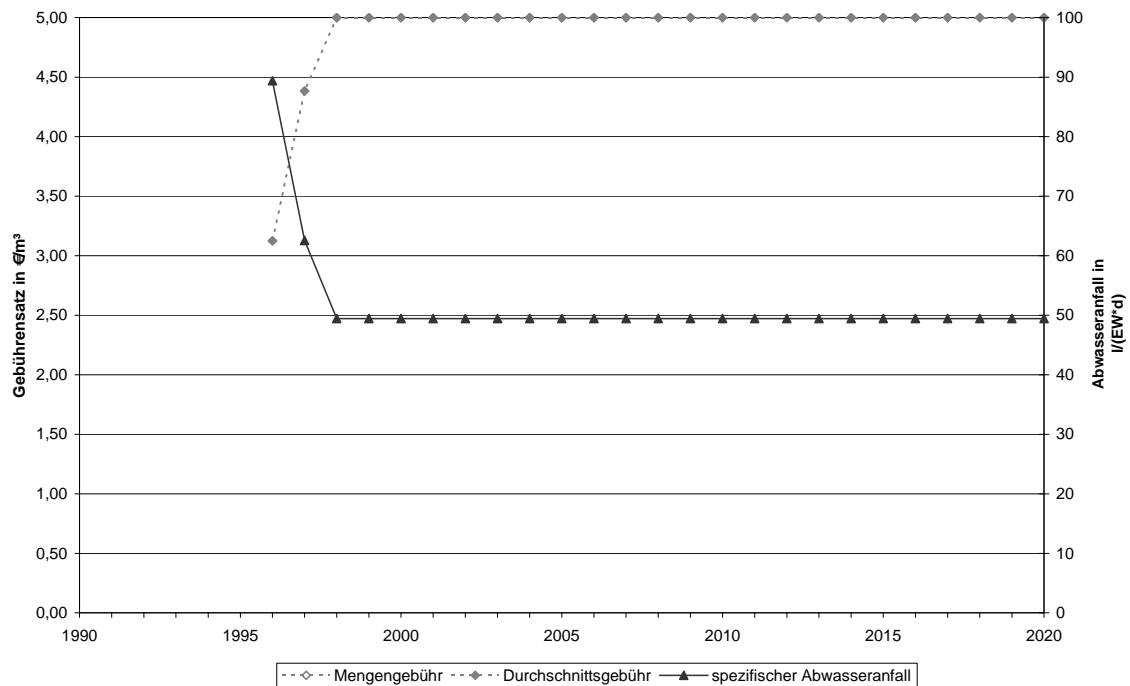
**Abbildung 21: Entwicklung der Einwohnerzahlen und Prognose von 1990 im Basisszenario**



Zum anderen hat der Zweckverband bei der Kapazitätsplanung der Kläranlage einen spezifischen Abwasseranfall von  $130 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d})$  berücksichtigt. Tatsächlich liegt dieser 1996 bereits bei nur knapp  $90 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d})$  und geht bis 1998 auf nur knapp  $50 \text{ l}/(\text{EW} \cdot \text{d})$  zurück (s. Abbildung 22). Die Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls resultiert aus den festgelegten Gebühren, da die Wohneinheiten auf eine Preiserhöhung mit einer Verringerung des spezifischen Abwasseranfalls reagieren, was im Gegenzug die Gebühren erhöht (s.u.). Eine derart unmittelbare Reaktion der Wohneinheiten ist in der Realität unwahrscheinlich (s. Kapitel 4.7.1), lässt entstehende Probleme im Modell jedoch frühzeitig erkennen.

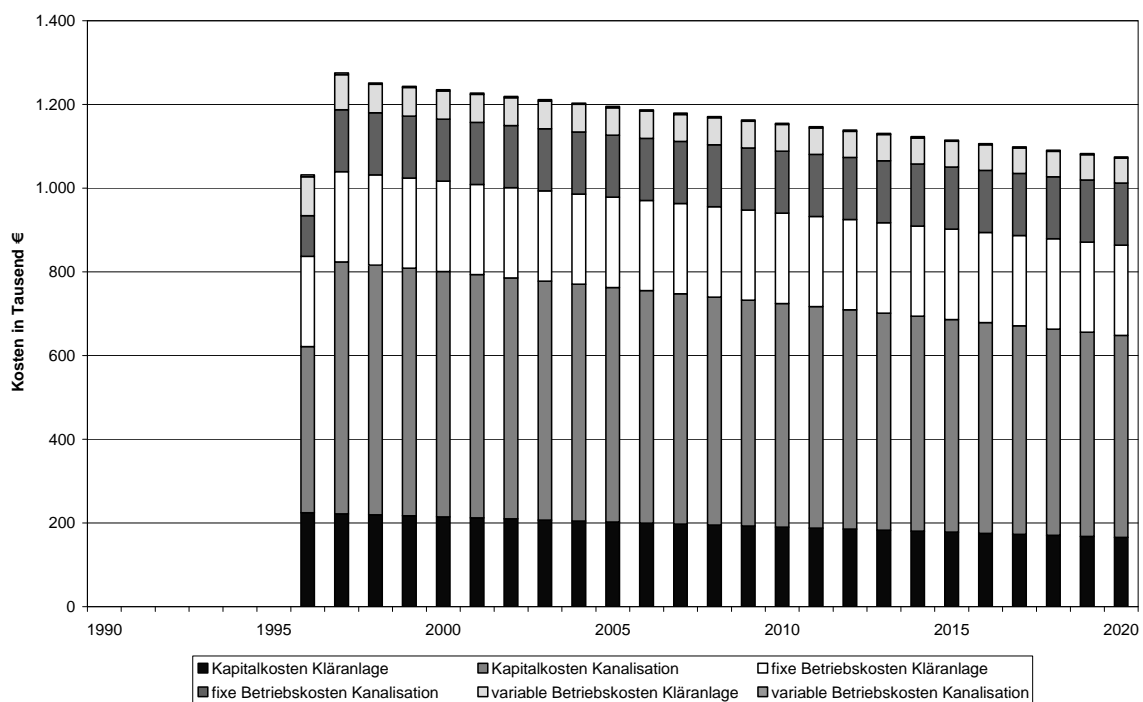
Die Veränderungen des zu erwartenden Abwasseranfalls stellt das jeweilige Finanzierungskonzept der öffentlichen Infrastruktur infrage, da die Gebühren bei einer vollständigen Umlegung im rechtlich zulässigen Rahmen innerhalb des Betrachtungszeitraums auf ein Niveau steigen würden, das aus sozialen Gründen nicht mehr vertretbar erscheint. Bei einem auf ein sozialverträgliches Maß von  $5 \text{ €/m}^3$  herabgesetzten Gebührensatz würde der Zweckverband dagegen hohe Defizite erwirtschaften. Entsprechend seines Planungsalgorithmus wird daher das Abwasserbeseitigungskonzept überarbeitet und eine Anschlusskonstellation gewählt, bei der zukünftige Defizite durch eine optimale Austarierung von Überkapazitäten und Kosten der Infrastrukturerstellung minimiert werden (s. Kapitel 4.5.1). Dies bedeutet in der Regel den Ausschluss von Siedlungen aus dem Anschlusskonzept (s. Abbildung 19).

**Abbildung 22: Entwicklung von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall im Basisszenario**



Trotz der Anpassung des Abwasserbeseitigungskonzeptes an die veränderten Abwassermengen entstehen erhebliche finanzielle Probleme, da sich ein Rückgang des Abwasseranfalls nur in sehr geringem Maße auf die Gesamtkosten auswirkt. Die Kapitalkosten betragen etwa 60% der Gesamtkosten, über 80% der Betriebskosten sind ebenfalls nicht variabel. Der Fixkostenanteil liegt ab 1998 insgesamt bei etwa 94% (s. Abbildung 23).

**Abbildung 23: Entwicklung der Kosten der kanalgelernten Entsorgung im Basisszenario**



Dies führt zu deutlich erhöhten Kosten- und Gebührensätzen gegenüber den in der Erstplanung erwarteten Werten. (s. Abbildung 24). Die Stückkosten, die die gesamten Kosten der öffentlichen Infrastrukturerstellung abdecken, sollten gemäß der Erstplanung einen Wert von 5,20 €/m<sup>3</sup> nicht übersteigen. Tatsächlich liegen sie 1996 über 6 €/m<sup>3</sup> und steigen bis 1998 auf über 10 €/m<sup>3</sup>. Die kostendeckende Durchschnittsgebühr berücksichtigt eine öffentliche Förderung von 50% der Investitionskosten und liegt jeweils etwa 20% unter den Stückkosten. Da bei Überkapazitäten bestimmte Kosten nicht umlagefähig sind, darf maximal die rechtlich zulässige Durchschnittsgebühr erhoben werden. In der Erstplanung bewegt sie sich zwischen 3,10 und 4,20 €/m<sup>3</sup>; ab 2001 wird eine vollständige Kostendeckung erwartet. Tatsächlich steigt der rechtlich zulässige Gebührensatz von 4 €/m<sup>3</sup> auf knapp 7 €/m<sup>3</sup>. Aufgrund der dauerhaften Überkapazitäten ist es zu keinem Zeitpunkt möglich, kostendeckend zu wirtschaften. In den ersten drei Jahren entstehen auch Mindereinnahmen aufgrund einer Fehleinschätzung des Abwasseranfalls. Die rechtlich zulässige Durchschnittsgebühr übersteigt bereits 1998 ein Niveau, das der Zweckverband als Grenze der Sozialverträglichkeit ansieht. Die tatsächliche Durchschnittsgebühr muss von 1998 bis zum Ende der Simulation aus sozialen Gründen auf 5 €/m<sup>3</sup> abgesenkt werden. Die Differenz zwischen kostendeckender Durchschnittsgebühr und tatsächlich festgelegter Gebühr bestimmt das Defizit des Zweckverbandes. Abbildung 25 zeigt die Entwicklung der Einnahmen und Mindereinnahmen differenziert in die verschiedenen Einnahmequellen bzw. Ursachen der Defizite. Das Gesamtdefizit beträgt etwa 30% der Gesamtkosten und resultiert zu etwa gleichen Teilen aus Überkapazitäten (mit steigender Tendenz) und der Festlegung sozialverträglicher Gebührensätze (mit abnehmender Tendenz). Die jährlichen Mindereinnahmen erreichen 1997 einen maximalen Wert von gut 410.000 € und gehen bis 2020 auf 315.000 € zurück. Innerhalb des ursprünglichen Betrachtungszeitraums bis 2012 summieren sich die Defizite statt der erwarteten 210.000 € auf knapp 6,86 Mio. € auf. Dadurch entsteht eine jährliche Verschuldung von über 40 € pro Einwohner des Entsorgungsgebietes.

**Abbildung 24: Entwicklung der mengenbezogenen Kosten und Gebühren im Basisszenario**

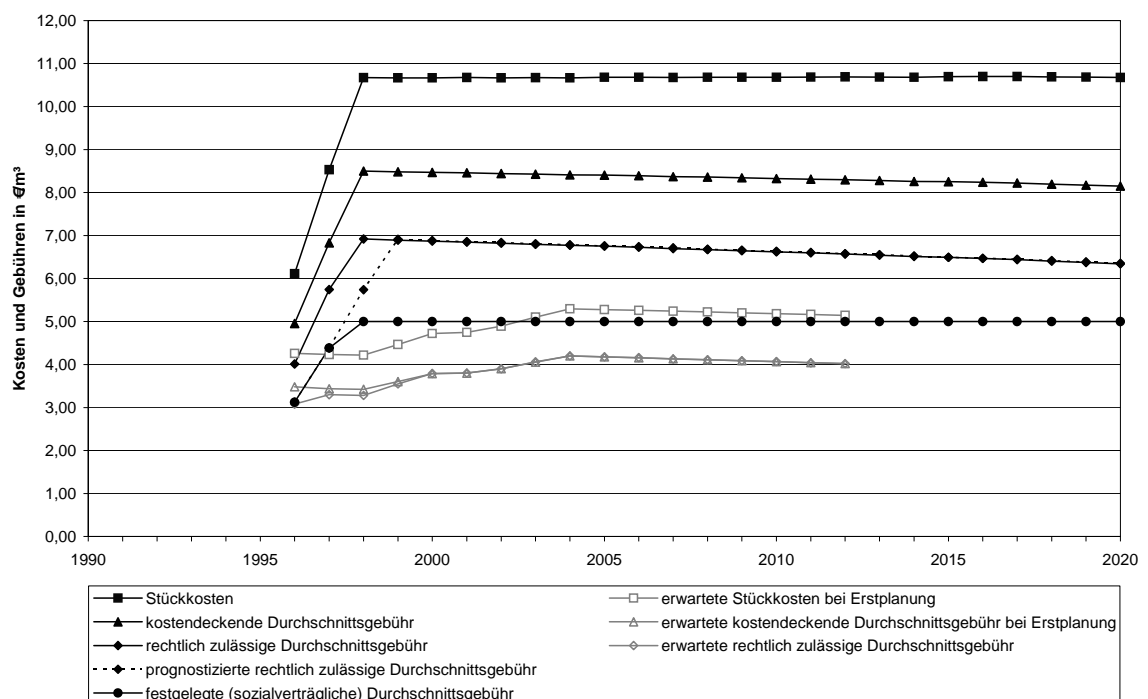
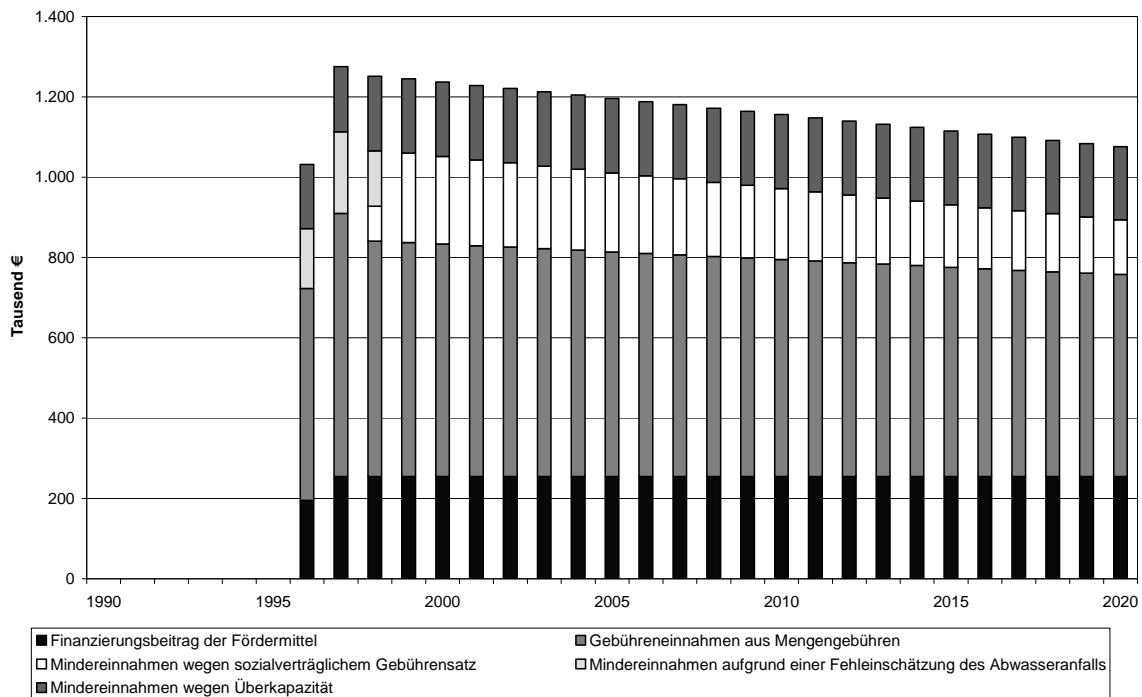


Abbildung 25: Entwicklung der Einnahmen und Defizite im Basisszenario



### 5.3.5 Gesamtgesellschaftliche Bewertung

Die Gesamtentwicklung der Abwasserbeseitigung im Modell-Entsorgungsgebiet wird im Folgenden anhand einer Zusammenstellung verschiedener sozio-ökonomischer Kriterien bewertet. Diese fassen die oben im Detail erläuterten Parameter zusammen und geben zusätzliche Informationen zur Charakterisierung des Szenarios.

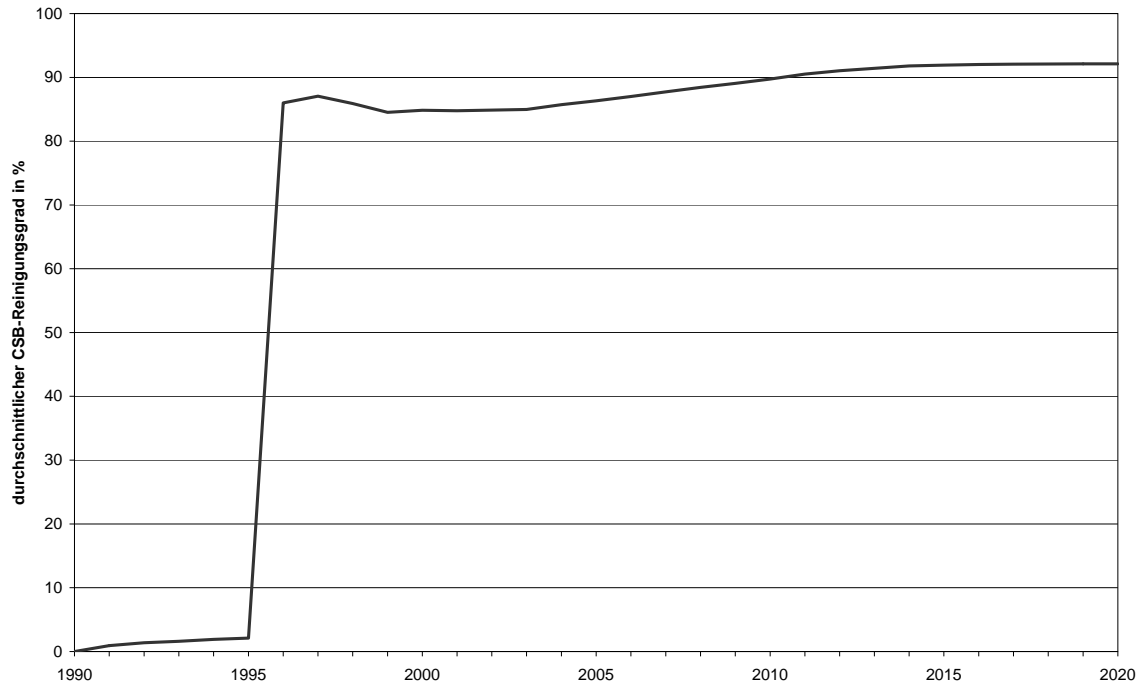
Abbildung 26 zeigt den durchschnittlichen CSB-Reinigungsgrad im gesamten Entsorgungsgebiet. Er bewegt sich nach Inbetriebnahme der Kläranlage zwischen 84,5 und 92,1% bei einem Optimum von 92,5%. Die Entwicklung wird insgesamt durch fünf Phasen bestimmt. Bis 1995 resultiert die erste, geringfügige Zunahme des Reinigungsgrades von 0 auf 2% aus Investitionen in Kleinkläranlagen. Durch die Inbetriebnahme der Kläranlage, d.h. den Anschluss der beiden größten Siedlungsgebiete und die Bereitstellung einer mobilen Entsorgung für Sammelgruben wird bis 1997 ein Reinigungsgrad von 87% erreicht. In den nächsten Jahren nimmt der durchschnittliche Reinigungsgrad durch den zunehmenden Anteil mechanischer Anlagen auf 84,5% ab, um dann im Zuge der Außerbetriebnahme mechanischer Anlagen ab 2003 kontinuierlich auf gut 92% zu steigen. Das Maximum von 92,16% wird im Jahr 2021 erreicht. Danach kommt es zu einem erneuten Rückgang auf unter 92%.

In finanzieller Hinsicht wird die Entwicklung anhand der einwohnerspezifischen Jahreskosten bewertet (s. Abbildung 27). Gebührenzahler mit einer kanalgebundenen Entsorgung haben mit 90 bis 100 €/(EW\*a) die geringste einwohnerspezifische Belastung. Werden auch die nicht auf die Gebührenzahler umgelegten Kosten berücksichtigt, liegen die Jahreskosten der kanalgebundenen Entsorgung mit 190 €/(EW\*a) etwa doppelt so hoch. Sie übersteigen auch die Jahreskosten aller Typen von Kleinkläranlagen, deren Jahreskosten je nach Art und Wartungsintensität zwischen 115 und 160 €/(EW\*a) liegen. Die mobile Entsorgung mittels Sammelgruben erzeugt

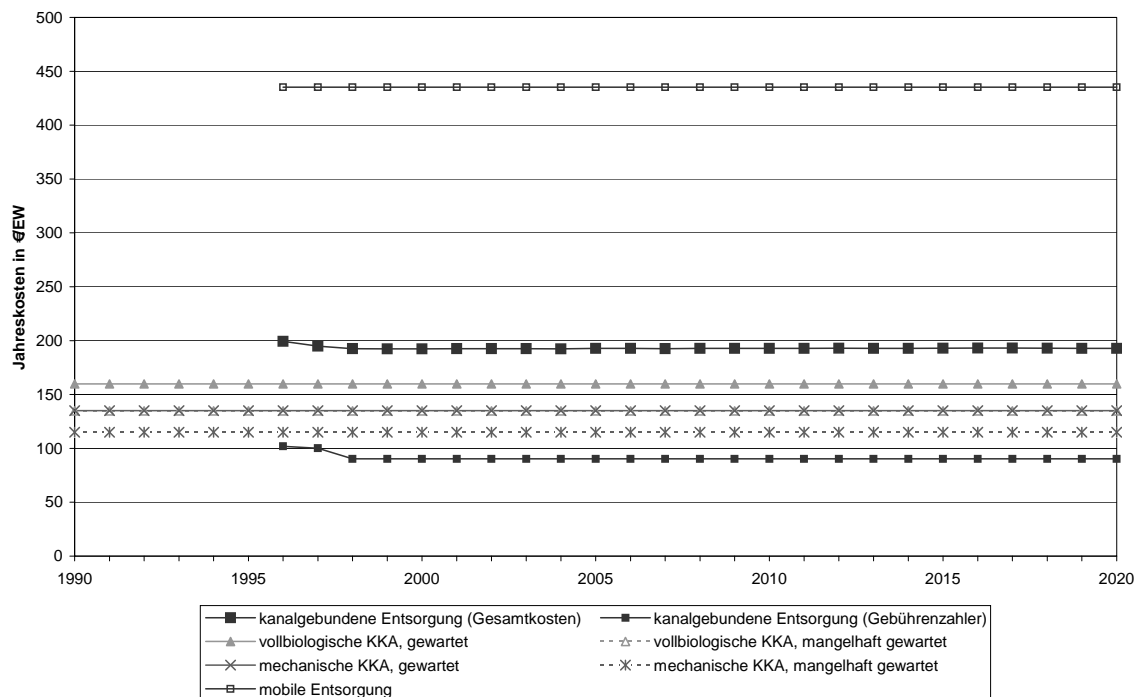


mit Abstand die höchste Belastung, die theoretisch nach Ablauf der Nutzungsdauer auf bis zu 200 €/ (EW\*a) zurückgehen kann.

**Abbildung 26: Entwicklung des durchschnittlichen Reinigungsgrades im Entsorgungsgebiet im Basisszenario**



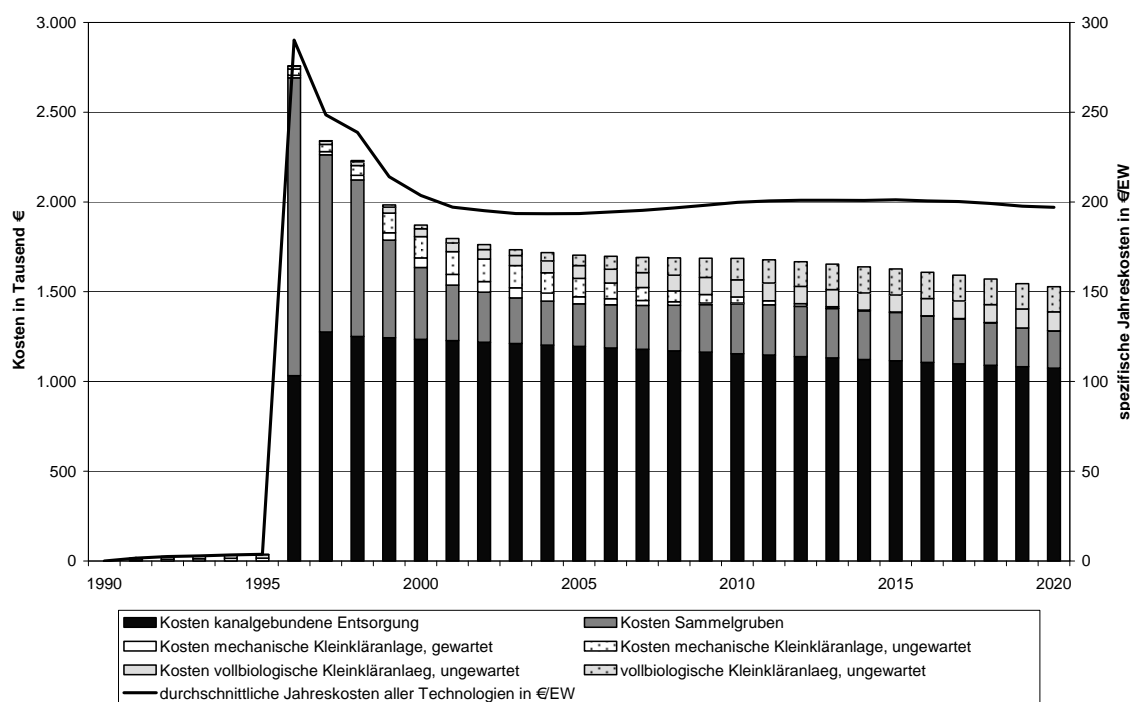
**Abbildung 27: Entwicklung der einwohnerspezifischen Jahreskosten nach Technologien im Basis-szenario**



Anmerkung: pauschale Jahreskosten dezentraler Anlagen: Betriebskosten + Investitionskosten für die jeweilige Zieltechnologie basierend auf der Sanierung bzw. Aufrüstung von Sammelgruben mit Ablauf der Nutzungsdauer bei einem Zinssatz von 3%

Für das gesamte Entsorgungsgebiet ergeben sich daraus die in Abbildung 28 dargestellten Gesamtkosten und einwohnerspezifischen Jahreskosten. Die Gesamtkosten werden bis zum Jahr 1995 ausschließlich durch Kleinkläranlagen bestimmt und bewegen sich bei unter 40.000 € pro Jahr. Mit der Einführung der kanalgebundenen und der mobilen Entsorgung erfolgt 1996 ein extremer Sprung auf Kosten von 2,76 Mio. €, die sich mit dem Anschluss der nächsten Siedlung und dem damit verbundenen Rückgang der mobilen Entsorgung auf gut 2,3 Mio. € verringern. In den folgenden Jahren entwickeln sich die Gesamtkosten vorwiegend aufgrund des sinkenden Anteils der mobilen Entsorgung, des Bevölkerungsrückgangs und rückläufiger Kapitalzinsen der kanalgebundenen Entsorgung fallend. Die Ablösung mechanischer Anlagen durch vollbiologische Anlagen oder Sammelgruben führt ab 2003 zu einer Abschwächung des Abwärtstrends. Die Entwicklung der Gesamtkosten spiegelt sich in der Kurve der einwohnerspezifischen Kosten wieder. Aufgrund der rückläufigen Bevölkerungszahlen steht dem leichten Rückgang der Gesamtkosten zwischen 2005 und 2015 eine Erhöhung der einwohnerspezifischen Kosten gegenüber.

**Abbildung 28: Entwicklung der gesamtgesellschaftlichen Kosten im Basisszenario**

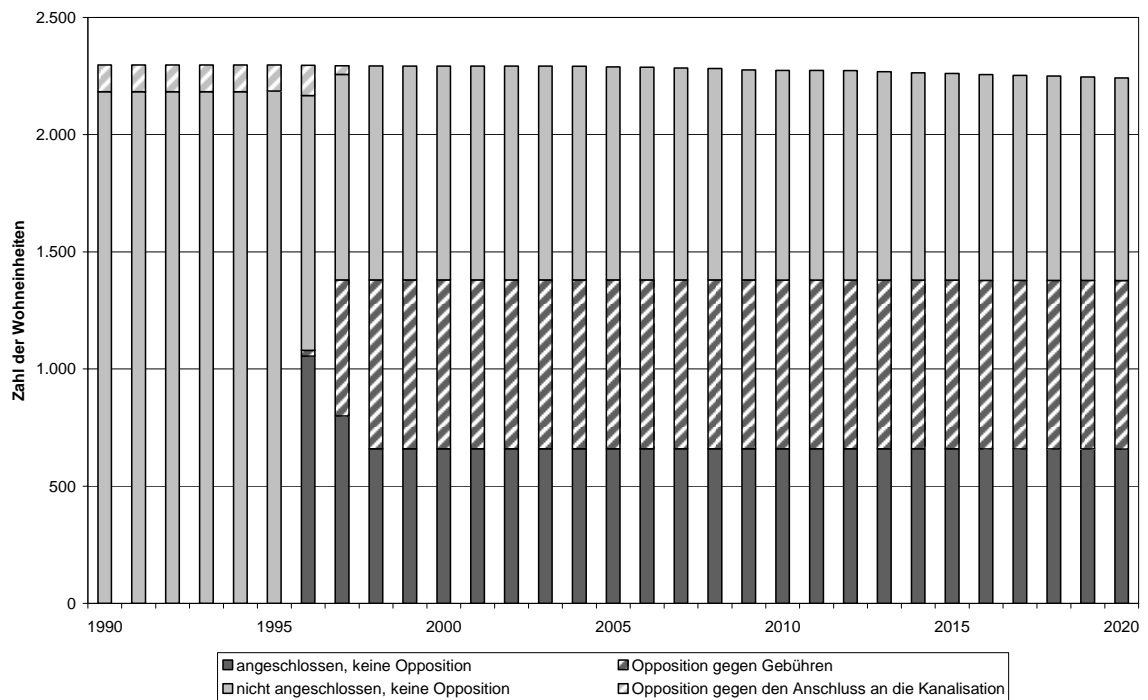


Anmerkung: pauschale Jahreskosten dezentraler Anlagen s. Abbildung 27 und Gesamtkosten der kanalgebundenen Entsorgung

Ein letztes Kriterium zur Bewertung der Entwicklung der Abwasserbeseitigung im Modell-Entsorgungsgebiet ist die bürgerschaftliche Opposition (s. Abbildung 29). Bis zur Inbetriebnahme der Kläranlage liegt der Anteil der Wohneinheiten, die gegen den Anschluss an die Kanalisation opponieren, bei 5%. Hierbei handelt es sich ausschließlich um Wohneinheiten mit hohem umweltbezogenen Engagement. Mit dem Anschluss der ersten Siedlung an die Kanalisation steigt die Zahl der gegen den Anschluss opponierenden Wohneinheiten leicht an. Zwar können die nun angeschlossenen Wohneinheiten keine derartige Opposition mehr bilden, jedoch kommen nun auch Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein hinzu, die durch einen Anschluss schlechter gestellt wären als bisher. Da in den Folgejahren die überarbeiteten Abwasserbeseitigungskonzepte keine weiteren Anschlüsse mehr vorsehen, wird diese Art der Opposition

vollständig abgebaut. Die Opposition gegen die Gebühren fällt deutlich höher aus und beträgt im Endausbauzustand 52% der angeschlossenen Wohneinheiten. Dieser hohe Prozentsatz kommt dadurch zustande, dass die Gebührentoleranz der Wohneinheiten mit einem Mittelwert von 4 €/m<sup>3</sup> und einer Standardabweichung von 0,5 €/m<sup>3</sup> normalverteilt ist und daher bei einem Gebührensatz von 5 €/m<sup>3</sup> (s. Abbildung 22, Abbildung 24) bei einem großen Teil der Wohneinheiten überschritten ist. Ein Vergleich mit den Kosten dezentraler Entsorgungsvarianten findet dabei nicht statt.

**Abbildung 29: Entwicklung der Opposition im Basisszenario**



### 5.3.6 Interpretation der Ergebnisse und Überprüfung auf Plausibilität

Das Basisszenario soll die typischen technologischen Entwicklungen und Probleme der Abwasserbeseitigung des ländlichen Raumes der neuen Bundesländer im Rahmen der Modellgenauigkeit widerspiegeln. An dieser Stelle soll daher neben einer Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse eine Validierung des Modells erfolgen. Da das Modell der Verdeutlichung bestimmter Prozesse und Systemzusammenhänge und weniger der Generierung konkreter Handlungsempfehlungen dient (s. Kapitel 4.1), beschränkt sich die Validierung im Wesentlichen auf die Frage, ob sich die in der Fallstudie auszumachenden Trends und Phänomene in der Simulation in qualitativer Hinsicht wiederfinden. Ergänzend werden einige Parameter, für die quantitative Vergleichswerte aus der Statistik vorliegen, auch in ihrer Größenordnung verglichen.

Insgesamt führt die Simulation dieses Szenarios zu plausiblen und nachvollziehbaren, teilweise jedoch relativ extremen Entwicklungslinien. Zu Beginn wird eine umfangreiche kanalgebundene Entsorgung des Entsorgungsgebietes vorgesehen. Diese Planung muss im Laufe der nächsten Jahre aufgrund von Fehleinschätzungen der Bevölkerungsentwicklung und des spezifischen Abwasseranfalls zurückgenommen werden. Dass mit der Bereitstellung der korrekten Bevölkerungsprognose 1995 nur eine geringfügige Umplanung erfolgt, deutet darauf hin, dass falsche Annahmen zur Bevölkerungsentwicklung dabei einen relativ geringen Einfluss haben. Die Um-

planungen, die aus der Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls resultieren, sind erheblich umfangreicher. Der spezifische Abwasseranfall geht von 130 l/(EW\*d) auf lediglich 50 l/(EW\*d) zurück. Dieser Wert scheint angesichts der Durchschnittswerte des Wasserverbrauchs in den neuen Bundesländern von über 90 l/(EW\*d) (s. Tabelle 5) außergewöhnlich niedrig. Da in zahlreichen Publikationen hervorgehoben wird, dass der spezifische Abwasseranfall im ländlichen Raum deutlich unterdurchschnittlich ist und durchaus auf 50-85 l/(EW\*d) zurückgehen kann (s. Kapitel 3.4.3), liegt der spezifische Abwasseranfall im Basisszenario zwar am Rande dessen, was für den ländlichen Raum anzunehmen ist, scheint jedoch noch realistisch. Der extreme Rückgang des Abwasseranfalls führt insgesamt zu einer besonders ausgeprägten Problematik bei der kanalgebundenen Entsorgung. Mit dem Anschluss der zwei größten Siedlungen wird ein Anschlussgrad von 70% erreicht. Der mengenbezogene Auslastungsgrad verringert sich von 37% im Jahr 1996 auf nur gut 22% im Jahr 2020. Die auf die Zahl der Einwohnergleichwerte bezogenen Auslastungsgrade bewegen sich in Brandenburg 1998 in den Kreisen und kreisfreien Städte zwischen 94 und 39% (s. Kapitel 3.4.5). Bezogen auf den Abwasseranfall dürften die Simulationswerte daher ebenfalls zwar gering, aber noch realistisch sein.

Ein weiterer Anschluss von Siedlungen an die Kanalisation findet in der Simulation nicht statt. Dies bedeutet eine sehr schnelle und drastische Abkehr vom zentralen System, nachdem noch 1994 für alle Siedlungen eine kanalgebundene Entsorgung vorgesehen war. Umplanungen haben in der Realität der neuen Bundesländer durchaus stattgefunden, jedoch ist zu vermuten, dass diese auch aufgrund politischer Einflüsse, einer geringeren Gewichtung ökonomischer Kriterien gegenüber dem behördlicherseits geforderten Gewässerschutz und im Simulationsmodell nicht berücksichtigter Kosten von Vorplanungen und Bauvorbereitungen geringere Ausmaße annahmen.

Die Kostenkennzahlen der kanalgebundenen Entsorgung können gut mit statistischen Kennzahlen verglichen werden. Im Modell werden etwa 40% der Gesamtkosten für die Reinigung des Abwassers aufgewendet, 60% der Kosten entstehen durch die Kanalisation. Dies ist ein vergleichsweise gutes Verhältnis, da im ländlichen Raum 70 bis 90% der Kosten für den Abwassertransport anfallen können (s. Kapitel 3.4.1). Die Kapitalkosten liegen mit 60% dagegen über dem Bundesdurchschnitt von 54% (s. Kapitel 2.3.2.1). Dementsprechend sind auch die gesamten Fixkosten mit 94% relativ hoch. In der Literatur wird im ländlichen Raum lediglich von einem Fixkostenanteil von 75 bis 85% ausgegangen (s. Kapitel 2.3.3.1). Grund dafür dürften die aufgrund des geringen Alters der Anlagen im Simulationsmodell noch relativ hohen Zinskosten sein. Die Betriebskosten liegen zu Beginn bei 2,43 €/m<sup>3</sup>, steigen aber aufgrund des drastisch zurückgehenden Abwasseranfalls in Verbindung mit dem hohen Fixkostenanteils innerhalb der Betriebskosten von 80% ab 2011 auf über 4 €/m<sup>3</sup>. Damit liegen die Werte ab 1997 deutlich über den zur Verfügung stehenden Vergleichswerten aus Brandenburg, die beispielsweise für 2001 4,52 DM/m<sup>3</sup> betragen (Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg o.J.-a).

Die Gebühren steigen im Simulationsmodell bis auf den sozialverträglichen Gebührensatz von 5 €/m<sup>3</sup> und erreichen damit gegenüber dem Durchschnitt der neuen Bundesländer von 3 €/m<sup>3</sup> ein deutlich höheres Niveau (s. Tabelle 6). Da in den Diskussionen über die Sozialverträglichkeit von Gebühren ein Gebührensatz von 5 €/m<sup>3</sup> häufiger genannt wurde (s. Kapitel 4.5.4.1 und 4.10.5), ist aber davon auszugehen, dass es auch in der Realität Entsorgungsgebiete gibt, in denen ein solcher Gebührensatz erhoben wird. Die kostendeckenden Gebühren und auch die Stückkosten liegen mit 8,50 €/m<sup>3</sup> bzw. 10,70 €/m<sup>3</sup> in einer realistischen Größenordnung, da

kostendeckende Gebühren im ländlichen Raum Brandenburgs durchaus eine Höhe von bis zu 20 €/m<sup>3</sup> erreichen können (vgl. Bundesverband Interessengemeinschaft Dezentrale Abwasserbehandlung 2000; Int ZV Pr). Aus den Gebührensätzen in Verbindung mit der Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls resultiert die jährliche Belastung der Gebührenzahler, die im Modell zwischen 90 und 100 €/(EW\*a) beträgt (s. Abbildung 27). Diese Werte liegen in der Größenordnung der tatsächlichen Abwasser-Entgeltbelastungen der neuen Länder, die in den Jahren 1996 bis 2000 zwischen 177 und 212 DM/(EW\*a) liegt (s. Tabelle 7).

Die Entwicklung der Gebührensätze hat Einfluss auf die Oppositionsbildung, die jedoch kaum empirisch validiert werden kann, da die Konzeptionierung der Oppositionsbildung nicht mit statistischen Daten begründet ist, sondern im Wesentlichen auf Plausibilitätsannahmen beruht.

Im Bereich der dezentralen Anlagen ist die Plausibilität der Simulationsergebnisse anhand einiger weniger statistischer Daten zu überprüfen. Entsprechend der Entwicklung des Anschlussgrades werden nach Anschluss der zwei größten Siedlungsgebiete etwa 30% der Einwohner dauerhaft über dezentrale Anlagen entsorgt. Kleinkläranlagen nehmen dabei mit bis zu 79% (nach 2020 bis zu 83%) eine relativ wichtige Rolle ein. Im Brandenburger Durchschnitt liegt deren Anteil bis 2003 lediglich bei 10 bis 20%. Da der Schwankungsbereich in den Kreisen und kreisfreien Städten mit einem Anteil von 2 bis 67% sehr groß ist (s. Kapitel 3.6) und das Modell-Entsorgungsgebiet die typische Problematik im ländlichen Raum abbildet, scheint der simulierte Wert noch tolerierbar.

Bei den Investitionen erzeugt das Modell ein relativ realitätsnahes Abbild. Im Kreis Prignitz wurde 1995 bis 2003 jährlich etwa eine Anlage pro 100 nicht an die Kanalisation angeschlossene Einwohner gemeldet. Das Modell erzeugt im gleichen Zeitraum durchschnittlich 2,1 Anlagen pro 100 Einwohner. Die hohe Zahl kommt in erster Linie durch die extrem hohe Zahl der Inbetriebnahmen von 1999 aufgrund der unverzüglichen Reaktion der Wohneinheiten auf die Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes zustande. Über einen längeren Zeitraum bis 2020 ergibt sich auch im Modell eine Investitionstätigkeit von jährlich 1,1 Anlagen pro 100 Einwohner. Hinsichtlich der Technologien beziehen sich in der Prignitz 1995 bis 2003 85% der Meldungen auf Kleinkläranlagen (s. Kapitel 3.6, Abbildung 6). Im Modell stellen über den gleichen Betrachtungszeitraum Kleinkläranlagen 87%, bis 2020 bzw. über den gesamten Simulationszeitraum 75-76% der Inbetriebnahmen. Innerhalb der Kleinkläranlagen dominieren in der Simulation wie auch im Kreis Prignitz ab 1995 bis zur rechtlichen Änderung des Status der mechanischen Anlagen diese gegenüber vollbiologischen Anlagen. In der Prignitz nehmen in den Jahren, in denen in mechanische Anlagen investiert wird (1995 bis 1999), diese 63-73% der Investitionen in Kleinkläranlagen ein. In der Simulation schwankt der entsprechende Wert (Jahre 1995 bis 2002) zwischen 14 und 96% mit einem Mittelwert von 74%.

## **5.4 Erkundung alternativer Szenarien und Ableitung von Handlungsempfehlungen**

Im Folgenden werden alternative Szenarien vorgestellt und diskutiert, anhand derer die Wirkung bestimmter Aspekte im System der Abwasserbeseitigung detaillierter untersucht werden

kann.<sup>39</sup> Dies ermöglicht es, die Bedeutung dieser Aspekte für die Verbreitung dezentraler Anlagen und die Entstehung der Probleme der kanalgebundenen Entsorgung einzuschätzen und Schlussfolgerungen für eine gezielte Verbesserung des Systems abzuleiten. Da eine detaillierte Vorstellung aller Szenarien den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, werden wesentliche Erkenntnisse aus der Arbeit mit den Szenarien anhand ausgewählter Szenariodetails vorgestellt. Die Ergebnisse werden für die Bereiche der grundstücksbezogenen und der kanalgebundenen Entsorgung weitgehend getrennt voneinander erörtert. Die den Szenarien zu Grunde liegenden Parameter-Einstellungen sind im Anhand 3 aufgeführt.

Die Szenarien beinhalten im Bereich der dezentralen Anlagen (Kapitel 5.4.1) zunächst die Variierung der Präferenzstruktur der Wohneinheiten. Da Kostenaspekte, die Höhe des umweltbezogenen Engagements und Imitationseffekte die Basis der Investitionsentscheidungen darstellen, ist zu erwarten, dass deren Veränderung entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der Abwasserbeseitigung haben kann. Daraufhin wird der Einfluss verschiedener Rahmenbedingungen und Managementmaßnahmen auf die Investitionsentscheidungen der Wohneinheiten untersucht. Dazu gehören einerseits Maßnahmen der Wasser- und Umweltbehörden wie die Bekanntmachung von Änderungen der Zulässigkeit von Technologien und die Festlegung von Sanierungsanordnungen, die direkt auf die Verbesserung der grundstücksbezogenen Abwasserbeseitigung abzielen. Dazu gehört aber auch die Anschlussplanung des Zweckverbandes, die den Rahmen für die dezentrale Ebene setzt und hier Nebeneffekte generiert.

Die kanalgebundene Entsorgung zeigt im Basisszenario eine extreme Entwicklung, die sich in einem geringen Auslastungsgrad, hohen Gebühren, einem geringen spezifischen Abwasseranfall und hohen Defiziten manifestiert. Ziel der Untersuchung alternativer Szenarien (Kapitel 5.4.2) ist hier zunächst die Analyse der Ursachen dieser Entwicklung. Dazu gehören jeweils sowohl die Fehleinschätzung als auch die tatsächliche Dynamik der Bevölkerungsentwicklung und des spezifischen Abwasseranfalls sowie die geringe Siedlungsdichte im ländlichen Raum. Die Einschätzung des Ausmaßes, in dem diese Aspekte auf die Gesamtentwicklung Einfluss nehmen, gibt Hinweise auf die Faktoren, auf die Entscheidungsträger bei der Planung öffentlicher Abwasserbeseitigungsinfrastruktur ein besonderes Augenmerk legen sollten. Schließlich werden vier weitere Szenarien vorgestellt, die Lösungsansätze zur Entschärfung der Problematik beinhalten. Dies sind eine weniger umfassende Erstplanung, die Erhöhung der Förderquote, die bewusste Begrenzung des Gebührensatzes bei steigenden Stückkosten sowie die Erhebung von Grundgebühren.

### **5.4.1 Entwicklung der grundstücksbezogenen Entsorgung**

Im Folgenden werden die Szenarien für die grundstücksbezogene Entsorgung jeweils kurz erläutert, mit dem Basisszenario anhand einiger herausragender Effekte verglichen und hinsichtlich möglicher Handlungsempfehlungen ausgewertet.

---

<sup>39</sup> Eine umfassende Überprüfung der Sensitivität des Modells wird im Rahmen dieser Arbeit nicht durchgeführt, da das Modell weder den Anspruch hat, noch von der Datengrundlage geeignet ist, fundierte quantitative Aussagen zu treffen.

#### 5.4.1.1 Einfluss von Kostenaspekten

Kostenaspekte haben einen entscheidenden Einfluss auf die Entwicklung der grundstücksbezogenen Entsorgung, wie etwa die umfangreichen Investitionstätigkeiten nach Einführung der kostenpflichtigen mobilen Entsorgung im Basisszenario zeigen. Eine gesteigerte Relevanz von Kostenaspekten kann durch einen höheren Anteil kostenbewusster Wohneinheiten, durch einen höheren Zinssatz zur Gewichtung von Investitionskosten sowie durch eine geringere Kostenmarge ausgedrückt werden. Die Auswirkungen eines höheren Kostendrucks werden in Szenario 2 sichtbar (75% Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein, Kostenmarge: 5%, Zinssatz:  $\approx 0,3$ <sup>40</sup>, Standardabweichung 0,05). Obwohl mehr Sanierungsanordnungen verhängt werden, bleiben hier ältere Sammelgruben im Vergleich zum Basisszenario länger in Betrieb, da die Investitionskosten eine stärkere Investitionsbarriere darstellen. Der Anteil gut gewarteter vollbiologischer Anlagen liegt mit bis zu 15 Prozentpunkten deutlich unter dem Basisszenario (s. Abbildung 30, VS: Vergleichsszenario; BS: Basisszenario). Anlagen mit geringeren Investitions- und Betriebskosten finden dagegen eine stärkere Verbreitung. Dies sind in erster Linie mechanische Anlagen, ab 2003 aber auch Sammelgruben sowie generell schlecht gewartete Anlagen.

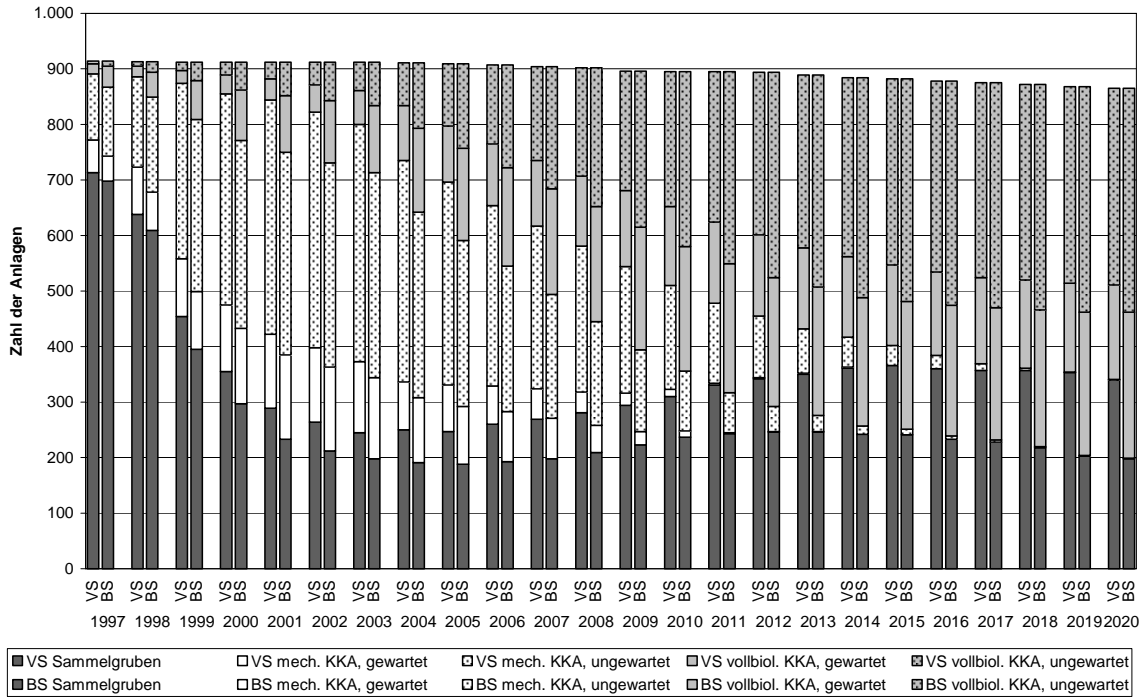
Da diese Anlagentypen höhere Ablaufrachten erzeugen, liegt der durchschnittliche Reinigungsgrad im dezentralen Bereich bis zu 10% unter dem Basisszenario (s. Abbildung 31). Die durchschnittliche Belastung der (nicht kanalgebunden entsorgten) Wohneinheiten ist dagegen aufgrund der größeren Bedeutung sowohl der kostenintensiven mobilen Entsorgung als auch der kostengünstigen Kleinkläranlagentypen gegenüber dem Basisszenario nur leicht erhöht.

Diese Zusammenhänge zwischen Kostenaspekten und Investitionstätigkeiten können von Behörden und Institutionen bei der Konzipierung von Maßnahmen zur Förderung der dezentralen Abwasserbeseitigung berücksichtigt werden. Wenn die zu ersetzende Technologie vergleichsweise kostenintensiv ist, kann durch die Hervorhebung von Einsparpotenzialen und Amortisationszeiträumen das Eigeninteresse der Wohneinheiten genutzt werden. Dies dürfte v.a. bei Wohneinheiten mit hohem Kostenbewusstsein erfolgreich sein. Sofern die zu ersetzende Technologie dagegen günstiger ist als die Entsorgungsalternativen, wie dies bei der Außerbetriebnahme mechanischer Anlagen ab 2003 der Fall ist, können Informationen über realistische Kosten zumindest eine Überbewertung der Kosten verhindern.

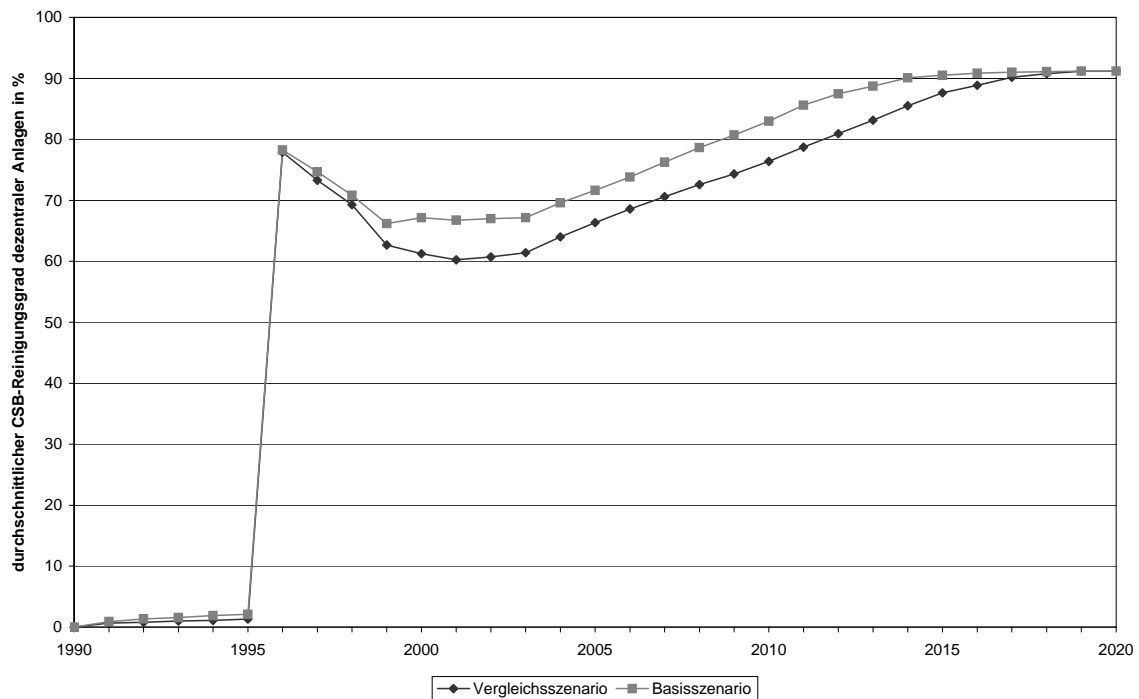
---

<sup>40</sup> Dieser Zinssatz liegt deutlich über dem Empfehlungswert der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser von 0,03 (2005), soll jedoch für diese Vergleichszwecke verwendet werden, da angesichts des geringen Eigenkapitals in den neuen Bundesländern Investitionen auch über Kredite finanziert werden dürften und eine erhebliche emotionale Belastung darstellen können.

**Abbildung 30: Vergleich des Bestands dezentraler Anlagen bei höherem Kostendruck mit dem Basisszenario**



**Abbildung 31: Vergleich der CSB-Reinigungsgrade dezentraler Anlagen bei höherem Kostendruck mit dem Basisszenario**



In Szenario 2 wird im Vergleich mit dem Basisszenario insbesondere die investitions-hemmende Wirkung hoher Anschaffungskosten deutlich. Um diese Wirkung zu verringern, wäre es zunächst denkbar, dass Behörden und Anbieter besonders Technologien mit geringen Investitions-



kosten empfehlen. Dies ist jedoch dann problematisch, wenn diese Technologien mit hohen Betriebskosten verbunden sind, wie dies etwa bei Sammelgruben der Fall ist. Damit würde gerade denjenigen Wohneinheiten mit dem geringsten finanziellen Spielraum die Technologie mit den höchsten Jahreskosten nahe gelegt. Sinnvoller scheint hier die Betonung von Sparpotenzialen und Amortisationszeiträumen unter Berücksichtigung von Zinsen, die weniger die allgemein erhältlichen Sparzinsen als die Kreditzinsen widerspiegeln. Dies kann vor allem bei solchen Wohneinheiten die Investitionshemmnisse senken, die Investitionskosten höher gewichten als dies bei einer rein rational-ökonomischen Betrachtung mit vollständiger Kreditfinanzierung angebracht erscheint (überhöhter Zinssatz).

Jedoch gibt es gerade in Regionen mit wirtschaftlichen Problemen und einer Vielzahl gleichzeitig auftretender Investitionserfordernisse auch Wohneinheiten, die etwa aus mangelnder Kreditwürdigkeit oder wirtschaftlicher Unsicherheit nicht in der Lage oder nicht bereit sind, hohe Investitionskosten aufzubringen. Daher ist neben der reinen Information auch eine finanzielle Unterstützung wichtig. Hier ist zunächst eine Förderung durch Investitionszuschüsse zu nennen, die in der Fallstudie praktiziert wird, im Modell jedoch nicht implementiert ist. Wenn kein eindeutig positiver Zusammenhang zwischen Investitionskosten und Reinigungsleistung besteht, ist ein personenbezogener einem rein kostenabhängigen Fördersatz vorzuziehen, da bei letzterem teure Anlagen bevorzugt werden und damit finanzstärkere Bürger stärker von der Förderung profitieren.

Darüber hinaus kann auch die Entwicklung von Finanzierungs- und Organisationsmodellen dazu beitragen, Investitionshürden abzubauen. Dazu gehören etwa Contracting-Vereinbarungen, Leasing, Ratenzahlung oder privatwirtschaftliche Dienstleistungen. Allen ist gemeinsam, dass die Finanzierung von Anlagen nicht durch einmalige, sondern durch laufende Zahlungen erfolgt. Dies ist insbesondere dann für alle Partner vorteilhaft, wenn die Investition Sparpotenziale generiert, die für die Refinanzierung der Investition eingesetzt werden können. Solche Formen können beispielsweise in Zusammenarbeit mit den Anbietern oder durch Gründung eigenständiger Institutionen entwickelt werden. Ein Beispiel aus der Fallstudienregion ist die Dezent-eG, Gesellschaft zur Förderung dezentraler Regionalstrukturen, die als eine Art Genossenschaft finanziert durch Mitgliedsbeiträge auf den Grundstücken der Mitglieder Kleinkläranlagen einsetzt, betreibt und instand hält.

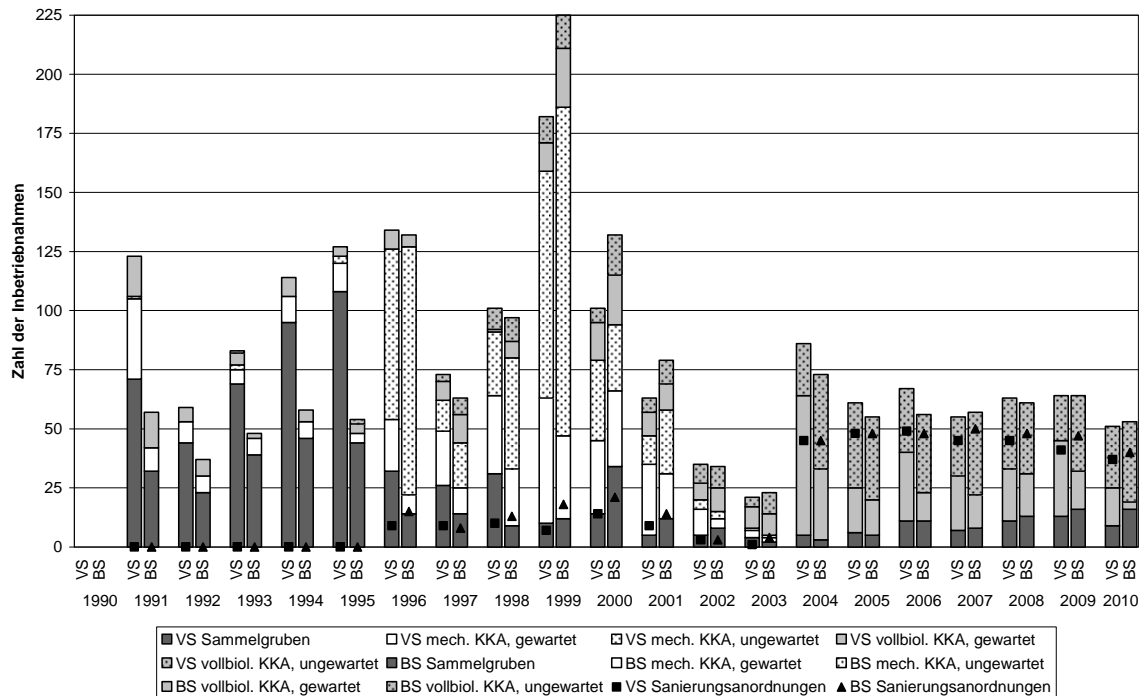
Schließlich kann gerade in Regionen mit einem hohen Anteil älterer Menschen und einem negativen Wanderungssaldo die Entwicklung nicht fest eingebauter, transportabler und wieder verkaufbarer Anlagen eine Möglichkeit sein, Investitionshemmnisse abzubauen.

#### **5.4.1.2 Einfluss des umweltbezogenen Engagements**

Das umweltbezogene Engagement wird im Modell über die Präferenzstruktur der Wohneinheiten definiert. Eine Erhöhung des umweltbezogenen Engagements in Szenario 3 (Erhöhung des Anteils der Wohneinheiten mit mittlerem umweltbezogenen Engagement um 15 Prozentpunkte) führt unter den gegebenen Bedingungen zu einem zeitlichen Vorziehen von Investitionen. Dies macht sich insbesondere in den ersten Jahren bis zur Einführung der mobilen Entsorgung bemerkbar, in denen es beinahe zu einer Verdoppelung der Inbetriebnahmen kommt (s. Abbildung 32). Obwohl aufgrund der bereits erfolgten Investitionen die Zahl der Inbetriebnahmen in den Folgejahren zunächst hinter das Basisszenario zurückfällt, liegt die Gesamtzahl von 1990 bis 2003 insgesamt 17% über dem Basisszenario. Ab 2004 bewegen sich die Inbetriebnahmen auf einem ähnlichen Niveau wie im Basisszenario. Aufgrund der höheren Investitionsbereitschaft

der Wohneinheiten mit mittlerem umweltbezogenen Engagement werden bis 2020 etwa 20% weniger Sanierungsanordnungen verhängt.

**Abbildung 32: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei höherem umweltbezogenen Engagement mit dem Basisszenario**

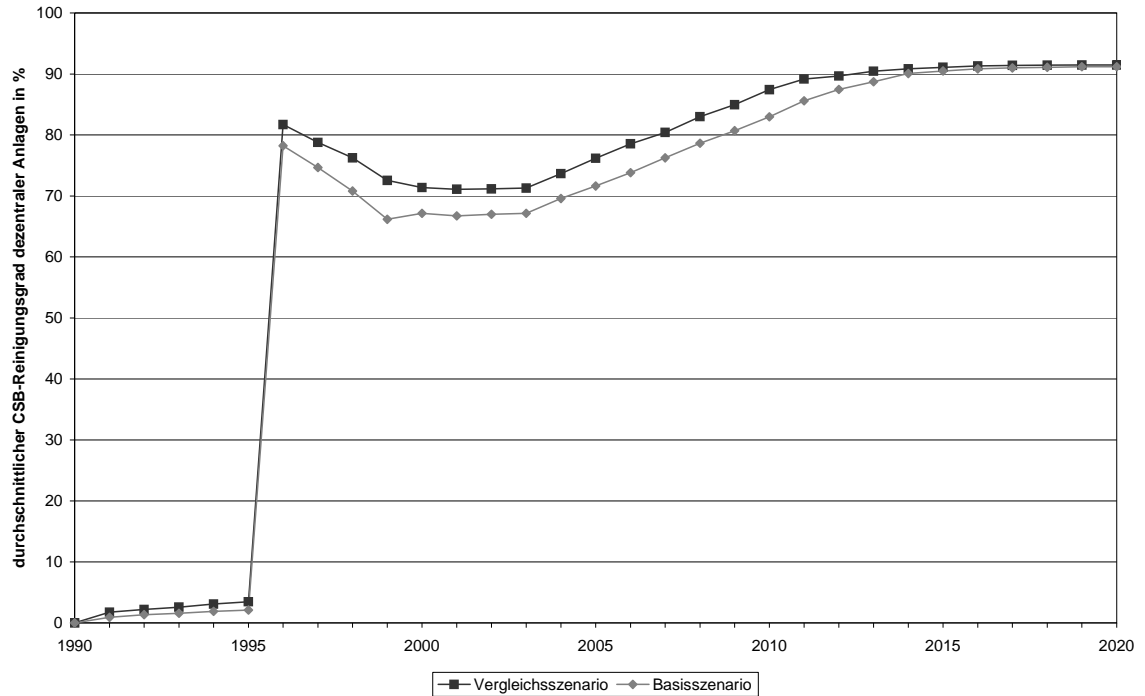


Das Technologiespektrum beinhaltet in deutlich geringerem Maße (~15 Prozentpunkte) mangelhaft gewartete Anlagen als im Basisszenario. Wegen der erhöhten Investitionen der ersten Jahre ist der Anteil der Sammelgruben am Anlagenbestand dagegen höher. Im Gesamtergebnis liegt die Reinigungsleistung der dezentralen Anlagen trotz eines geringeren Einsatzes von Sanierungsanordnungen bis zur Außerbetriebnahme der mechanischen Anlagen zwischen vier und zehn Prozent über dem Basisszenario (s. Abbildung 33). Die spezifische Jahresbelastung im dezentralen Bereich liegt dagegen aufgrund des erhöhten Anteils von Sammelgruben am Anlagenbestand bis etwa 2020 bis zu 13% über dem Basisszenario (s. Abbildung 34).

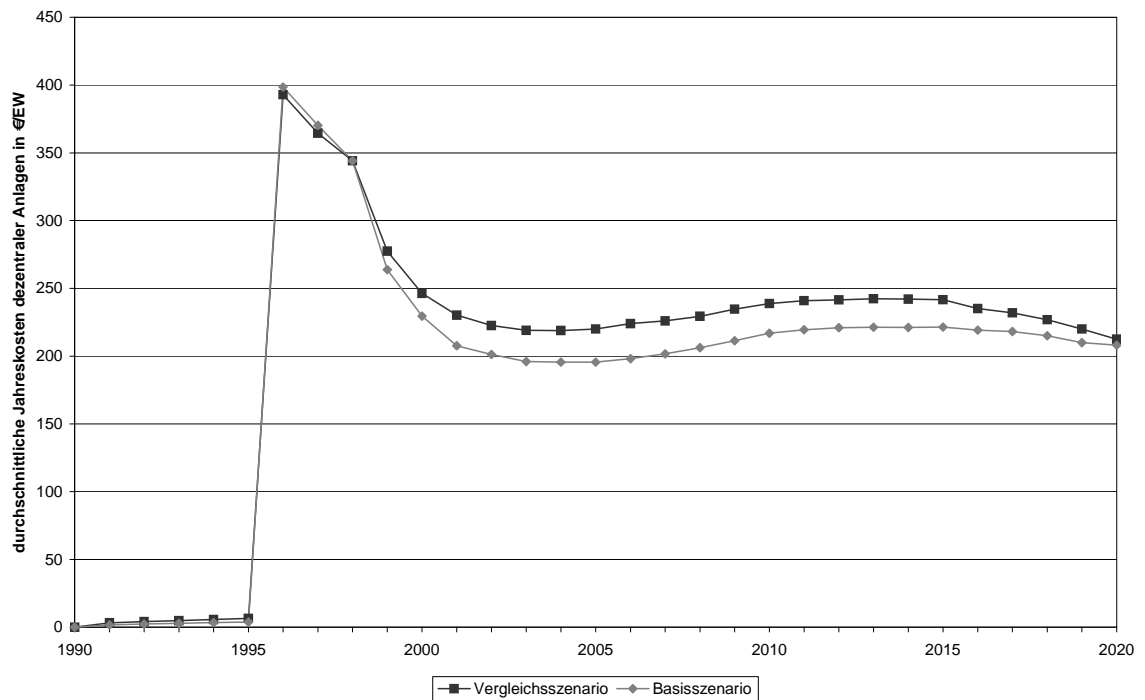
Im Vergleich von Szenario 3 mit dem Basisszenario zeigt sich, dass die Höhe des umweltbezogenen Engagements vor allem dann wichtig ist, wenn eine Investition nur geringe Kostenvorteile oder sogar Kostennachteile mit sich bringt, der Kostendruck in einer Region hoch ist und andere Maßnahmen wie Sanierungsanordnungen nicht möglich sind. So sind im Zeitraum von 1990 bis 1995 Wohneinheiten mit mindestens mittlerem umweltbezogenen Engagement diejenigen, die die Entwicklung grundstücksbezogener Anlagen initiieren. Sobald mit Einführung der kostenpflichtigen mobilen Entsorgung Investitionen auch aus Kostengründen getätigt werden, hat die Höhe des umweltbezogenen Engagements weniger Einfluss auf die Zahl der Investitionen als auf die Wahl der Technologie bzw. den Abschluss bzw. die Beibehaltung eines Wartungsvertrages. Die Förderung des umweltbezogenen Engagements kann daher gezielt eingesetzt werden, um auch unter diesen Umständen – geringe oder negative Rentabilität von Investitionen, hoher Kostendruck – den technischen Fortschritt auf dezentraler Ebene voranzubringen. Dies beinhaltet Informationen über die mangelnde Tragbarkeit undichter Sammelgruben oder mangelhaft gewarteter Anlagen sowie die Bewertung alternativer Technologien. Die Förderung des umweltbezogenen Engagements kann andere Maßnahmen ersetzen oder ergänzen.

zen. So kann etwa der Aufwand der Unteren Wasserbehörde zur Aufstellung und Kontrolle von Sanierungsanordnungen deutlich verringert werden.

**Abbildung 33: Vergleich der durchschnittlichen Reinigungsgrades dezentraler Anlagen bei erhöhtem umweltbezogenen Engagement mit dem Basisszenario**



**Abbildung 34: Vergleich der durchschnittlichen einwohnerspezifischen Jahreskosten dezentraler Anlagen bei höherem umweltbezogenen Engagement mit dem Basisszenario**



### 5.4.1.3 Einfluss der Imitation

Wohneinheiten, die weder nach Kosten-, noch nach Umweltgesichtspunkten über eine Investition entscheiden, sondern allein aufgrund der Beobachtung zunehmender Investitionen in ihrer Nachbarschaft investieren (Imitatoren), haben im Basisszenario einen Anteil von 35%. Sie bestimmen damit zu einem nicht unerheblichen Teil die technologische Entwicklung. Der Einfluss der Imitation kann über die Variation des Imitationsschwellenwertes untersucht werden<sup>41</sup>. Bei einer Erhöhung des mittleren Imitationsschwellenwertes von 50% auf 70% in Szenario 4 zeigt sich, dass die Investitionen gegenüber dem Basisszenario ab Einführung der mobilen Entsorgung deutlich verzögert erfolgen (s. Abbildung 35). Obwohl ab 1997 aufgrund der vorhergegangenen Investitionen ein gewisser ‚turn-off‘ zu erkennen ist, liegt die Zahl der Inbetriebnahmen zwischen 1996 und 2000 gut 40% unter dem Basisszenario. Erst 2002 und 2003, als im Basisszenario nur noch wenige Inbetriebnahmen zu verzeichnen sind, werden Investitionen in Szenario 4 nachgeholt. Die Zahl der Sanierungsanordnungen ist aufgrund der verzögerten Außerbetriebnahme veralteter Sammelgruben bis 2003 höher. Ab 2004 sind die Unterschiede zwischen den Szenarien aufgrund des höheren Einsatzes von Sanierungsanordnungen gering. In Szenario 4 sind geringfügig weniger Inbetriebnahmen zu verzeichnen, da in den Vorjahren weniger mechanische Anlagen angeschafft wurden, die nun ersetzt werden müssten. Insgesamt werden im Vergleich zum Basisszenario veraltete Sammelgruben später und in geringerem Maße erneuert. Noch bis 2011 erzeugt die Versickerung aus undichten Sammelgruben Frachten von über einer Tonne CSB (s. Abbildung 36).

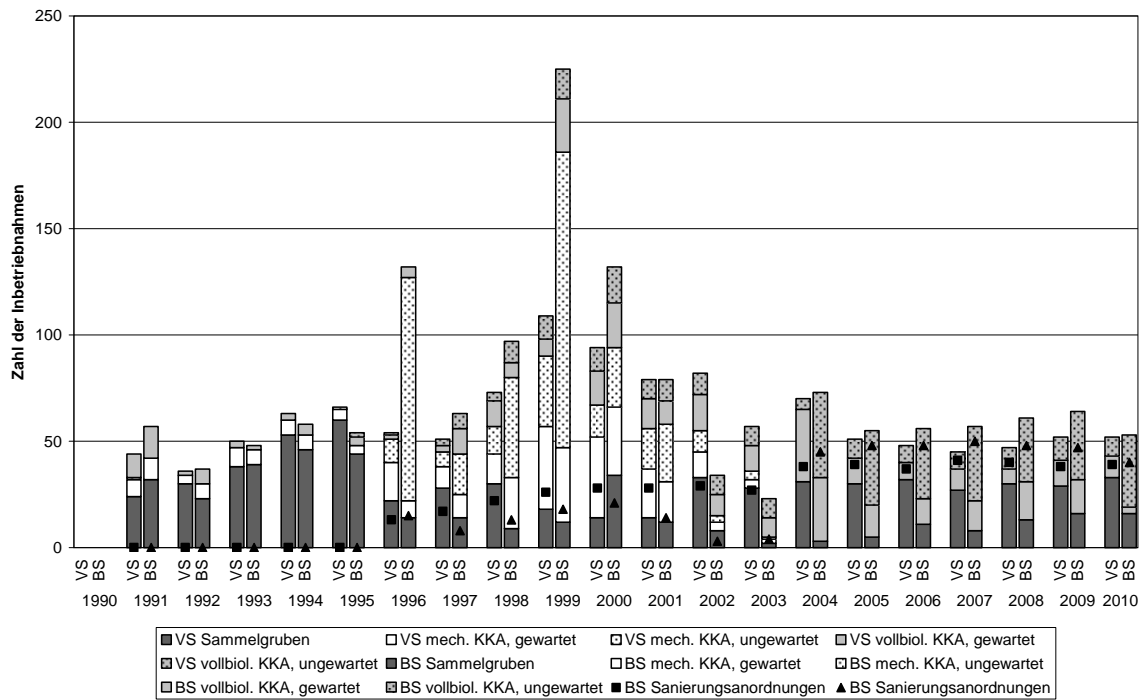
Imitatoren folgen in der Wahl der Technologie der am häufigsten investierten Technologie der letzten Jahre. Daher liegt der Anteil der Sammelgruben an den Inbetriebnahmen auch nach Einführung der mobilen Entsorgung noch einige Jahre deutlich über dem Basisszenario (~200%). Nachdem ab 1996 andere Wohneinheiten verstärkt in mechanische Anlagen investieren, spielen diese auch in Szenario 4 eine zunehmende Rolle. Aufgrund der mangelnden Berücksichtigung von Kostenaspekten durch die Imitatoren werden schlecht gewartete Anlagen in geringerem Maße angeschafft. Aus demselben Grund werden mechanische Anlagen trotz der begrenzten Zulässigkeit noch bis 2003 in gewissem Umfang in Betrieb genommen. Als ab 2004 mechanische Anlagen nicht mehr zulässig sind, wird wieder verstärkt in die gegenüber vollbiologischen Anlagen stärker verbreiteten Sammelgruben investiert.

Die durchschnittliche Jahresbelastung der grundstücksbezogenen Entsorgung liegt insgesamt deutlich über dem Basisszenario, da Kostengesichtspunkte kein Entscheidungskriterium darstellen und daher kostenintensive Sammelgruben und gut gewartete Anlagen eine größere Rolle spielen als im Basisszenario (s. Abbildung 37). Die Auswirkungen auf die Ablaufrachten bzw. die durchschnittliche Reinigungsleistung sind dagegen relativ gering, da zwar in höherem Maße Ablaufrachten aus undichten Sammelgruben entstehen, diese jedoch durch den geringeren Anteil mechanischer Anlagen mit hohen Ablaufrachten teilweise kompensiert werden (s. Abbildung 36).

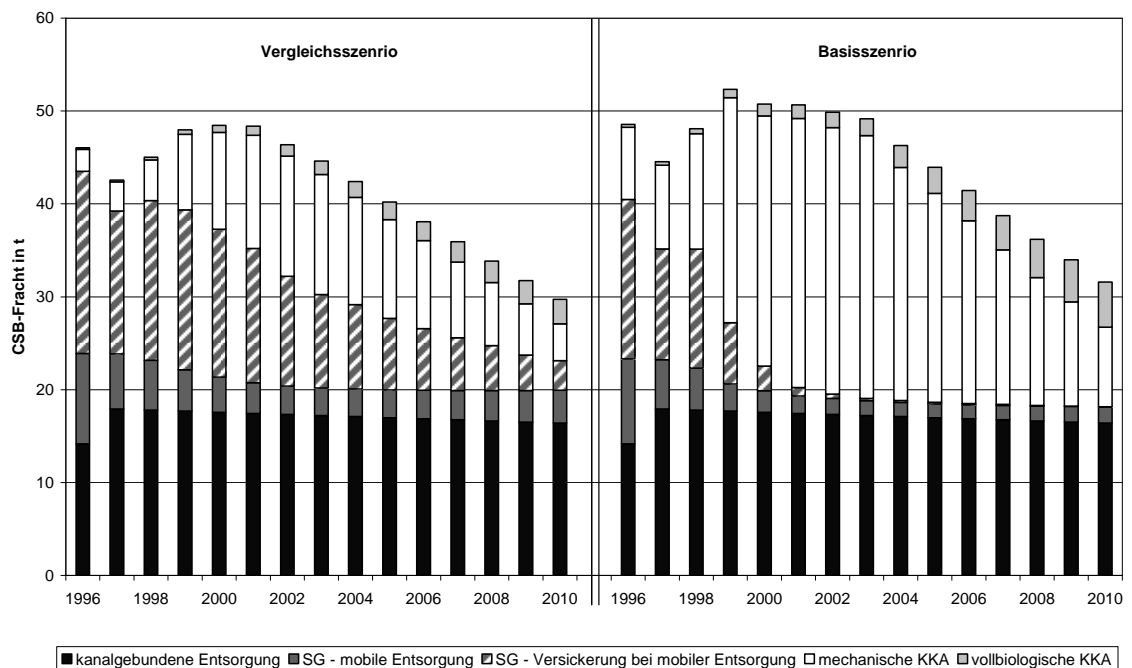
---

<sup>41</sup> Daneben ist auch eine Variation des Anteils der Imitatoren möglich. Da dies immer auch eine Veränderung des Anteils anderer Wohneinheiten beinhaltet, würde dies jedoch die Interpretation des Einflusses der Imitation im engeren Sinne erschweren und wird daher hier nicht als Szenario untersucht.

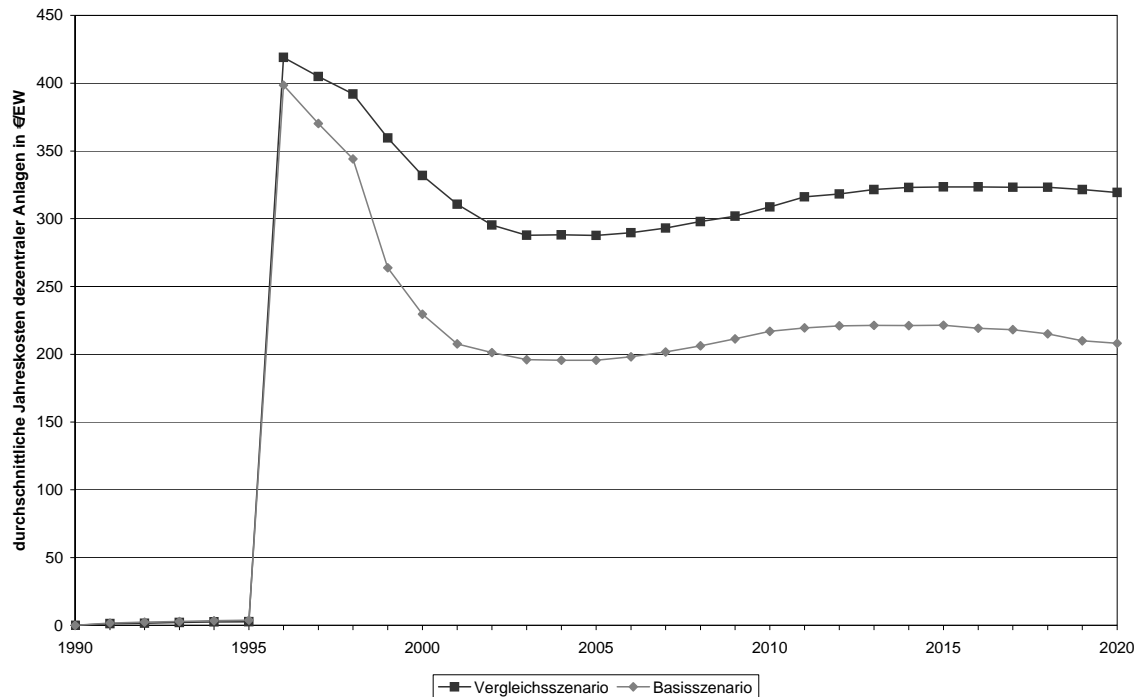
**Abbildung 35: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei höherem Imitationsschwellenwert mit dem Basisszenario**



**Abbildung 36: Vergleich der Ablauffrachten bei höherem Imitationsschwellenwert mit dem Basis-szenario**



**Abbildung 37: Vergleich durchschnittlichen einwohnerspezifischen Jahreskosten dezentraler Anlagen bei höherem Imitationsschwellenwert mit dem Basisszenario**



Szenario 4 zeigt, dass die Imitation einen großen Einfluss auf die technologische Entwicklung im Bereich grundstücksbezogener Anlagen haben kann. Im Vergleich mit dem Basisszenario wird deutlich, dass die hohe Zahl der Inbetriebnahmen im Basisszenario in einigen Jahren (bspw. 1996 und 1999) stark von der Imitation bestimmt wird und daher andere Faktoren wie etwa die Erhebung von Gebühren für die mobile Entsorgung 1995 einen geringeren direkten Einfluss haben als die Ergebnisse des Basisszenarios nahe legen. Die Verbesserung der Bedingungen für Nachahmung sollte daher von den Entscheidungsträgern nicht außer Acht gelassen werden. Die individuellen Imitationsschwellenwerte der Wohneinheiten können kaum beeinflusst werden. Beeinflusst werden kann dagegen die Wahrnehmung technologischer Entwicklungen. Im Modell ist eine vollständige Wahrnehmung der Investitionen im jeweiligen Siedlungsgebiet der Wohneinheiten implementiert. In der Realität dürften Investitionen in geringerem Maße wahrgenommen werden, da die Veränderung von technischen Anlagen nicht immer im einsehbaren Außenbereich von Grundstücken erfolgt und soziale Netze und Bewegungsräume von Wohneinheiten oft kleinräumig differenziert sind. Dies gilt insbesondere, wenn es sich um größere Siedlungsgebiete handelt. Die Erhöhung des Imitationsschwellenwertes, wie sie im Szenario 4 erfolgt, ist in diesem Sinne als geringere Wahrnehmung von Investitionen in der Nachbarschaft zu interpretieren. Die Wahrnehmung von Investitionen kann durch verschiedene Informationsmaßnahmen gefördert werden. Dazu gehören beispielsweise Artikel in der örtlichen Presse, Handlungsempfehlungen von politischer Seite, Werbeanzeigen von Anbietern und öffentliche Präsentation von Technologien etwa in Form von Messen, Ständen auf Marktplätzen oder Musteranlagen auf privaten Grundstücken.

Da imitierende Wohneinheiten nur ein geringes Interesse haben, sich über Vor- und Nachteile von Anlagen etwa hinsichtlich von Kosten- oder Umweltgesichtspunkten zu informieren, ist eine gute Beratung durch die Anbieter, die Untere Wasserbehörde oder die Zweckverbände besonders wichtig. So zeigt Szenario 4, dass beispielsweise noch 2002 und 2003 mechanische

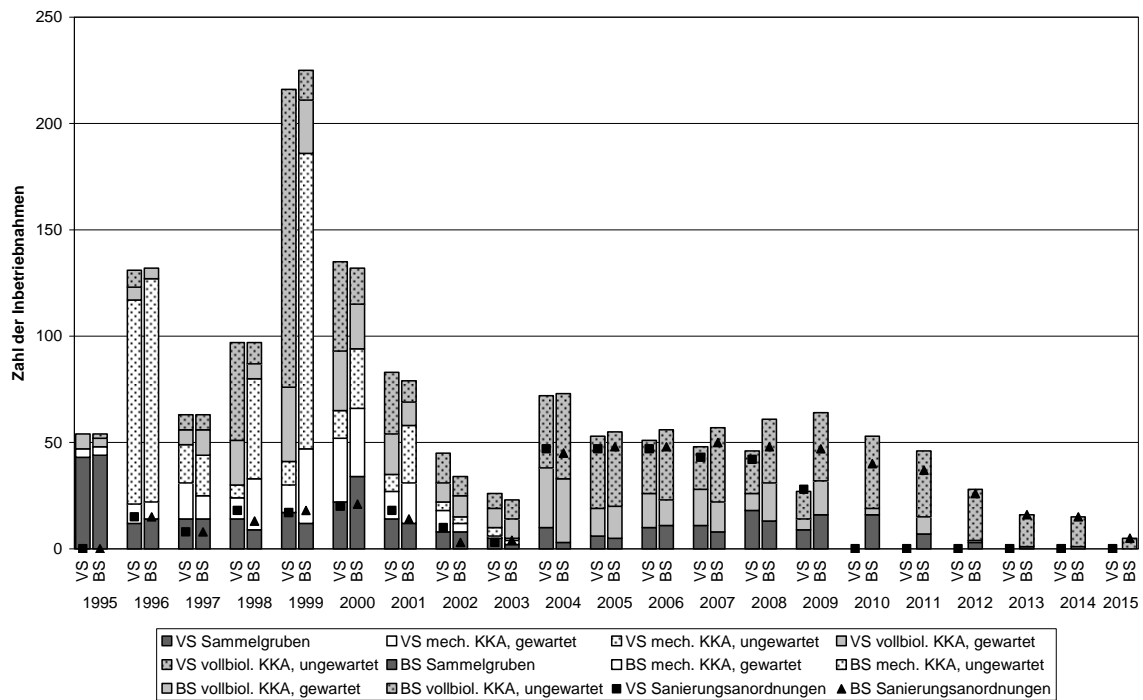
Anlagen in Betrieb genommen werden, die zwar noch eine wasserrechtliche Erlaubnis erhalten haben, aber innerhalb weniger Jahre umzurüsten sind. Auch Technologien mit hohen Jahreskosten wie Sammelgruben werden in größerem Umfang angeschafft.

#### **5.4.1.4 Einfluss der Bekanntmachung rechtlicher Veränderungen**

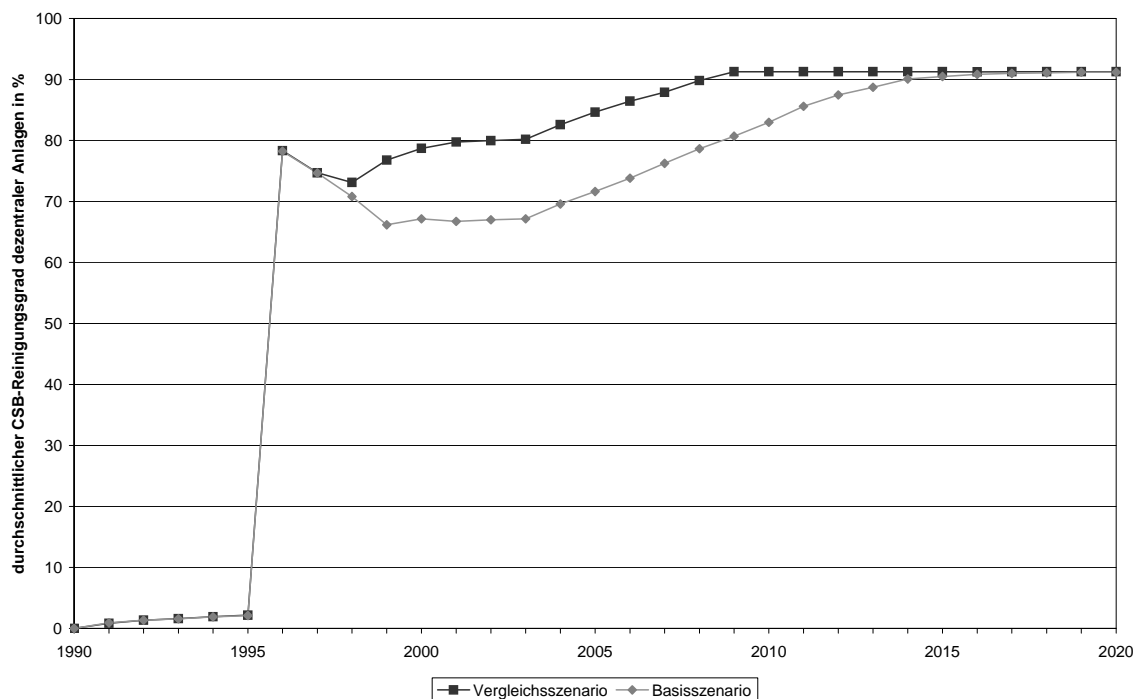
Die Änderung der rechtlichen Zulässigkeit bzw. Ordnungsmäßigkeit von mechanischen Anlagen wurde in Brandenburg bereits in der Kleinkläranlagenrichtlinie von 1994 festgelegt. Ab diesem Zeitpunkt hätte die damit begrenzte Nutzungsdauer mechanischer Anlagen bei den Investitionsentscheidungen berücksichtigt werden können. Im Basisszenario wurde entsprechend der Praxis in den Fallstudienregionen davon ausgegangen, dass die Unteren Wasserbehörden erst wenige Jahre vor Ablauf dieser Frist darauf gedrängt haben, mechanische Anlagen nicht mehr anzuschaffen. Dies führt dazu, dass noch bis zum Jahr 2000 in größerem Umfang mechanische Anlagen in Betrieb gehen, die nach 2003 entweder freiwillig oder aufgrund von Sanierungsanordnungen erneuert werden müssen. Da um das Jahr 1999 herum ein Höhepunkt der Inbetriebnahmen zu verzeichnen ist, in dem in erheblichem Maße in mechanische Anlagen investiert wird (s. Abbildung 38), betrifft dies zahlreiche Wohneinheiten. Diesen entstehen dadurch unnötige Zusatzkosten und der Unteren Wasserbehörde Aufwand, die Umsetzung der rechtlichen Anforderungen zu überprüfen und wenn nötig durch Sanierungsanordnungen durchzusetzen. Gleichzeitig dauert es sehr lange – im Basisszenario bis 2020 –, bis alle mechanischen Anlagen durch ordnungsgemäße Technologien ersetzt sind.

Um derartige Probleme zu verhindern, sollten absehbare rechtliche Änderungen möglichst früh kommuniziert werden. So können Wohneinheiten die begrenzte Nutzungsdauer mechanischer Anlagen bei der Abwägung zwischen den verschiedenen Investitionsalternativen berücksichtigen. Dies bestätigt Szenario 5, in dem die Wohneinheiten bereits ab 1994 über die begrenzte rechtliche Nutzbarkeit mechanischer Anlagen informiert sind. Hier investiert bereits ab 1998 ein Großteil der Wohneinheiten nicht mehr in mechanische, sondern in vollbiologische Anlagen (s. Abbildung 38). In den Kostenvergleichen kostenbewusster Wohneinheiten fällt die Bewertung durch die geringere Nutzungsdauer mechanischer Anlagen vermehrt zugunsten vollbiologischer Anlagen aus. Lediglich Wohneinheiten mit niedrigem Kostenbewusstsein investieren bis 2002 weiterhin in mechanische Anlagen, da diese keine finanzielle Bewertung vornehmen oder mechanische Anlagen in ökologischer Hinsicht ebenso bewerten wie andere ordnungsgemäße Anlagen. Da die Nutzungsdauer vollbiologischer Anlagen erheblich höher ist als die mechanischer Anlagen, werden die Ersatzinvestitionen zeitlich verschoben. Daraus resultieren die geringeren Inbetriebnahmen von Szenario 5 ab 2005, die erst ab 2016 nachgeholt werden. Der Aufwand der Unteren Wasserbehörde für Sanierungsanordnungen ist spätestens ab 2009 deutlich geringer. Allein durch diese frühzeitige Information der rechtlichen Änderung des Status von mechanischen Anlagen kann der durchschnittliche Reinigungsgrad im Entsorgungsgebiet ab Ende der 1990er-Jahre um bis zu 19% verbessert werden (s. Abbildung 39).

**Abbildung 38: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei vorgezogener Bekanntmachung des Ablaufs der Ordnungsmäßigkeit mechanischer Anlagen mit dem Basisszenario**



**Abbildung 39: Vergleich des durchschnittlichen Reinigungsgrades dezentraler Anlagen bei vorgezogener Bekanntmachung des Ablaufs der Ordnungsmäßigkeit mechanischer Anlagen mit dem Basisszenario**



Mit der frühzeitigen Information über bevorstehende rechtliche Änderungen können Fehlinvestitionen verhindert, der Aufwand der Unteren Wasserbehörde zur Durchsetzung der Änderungen



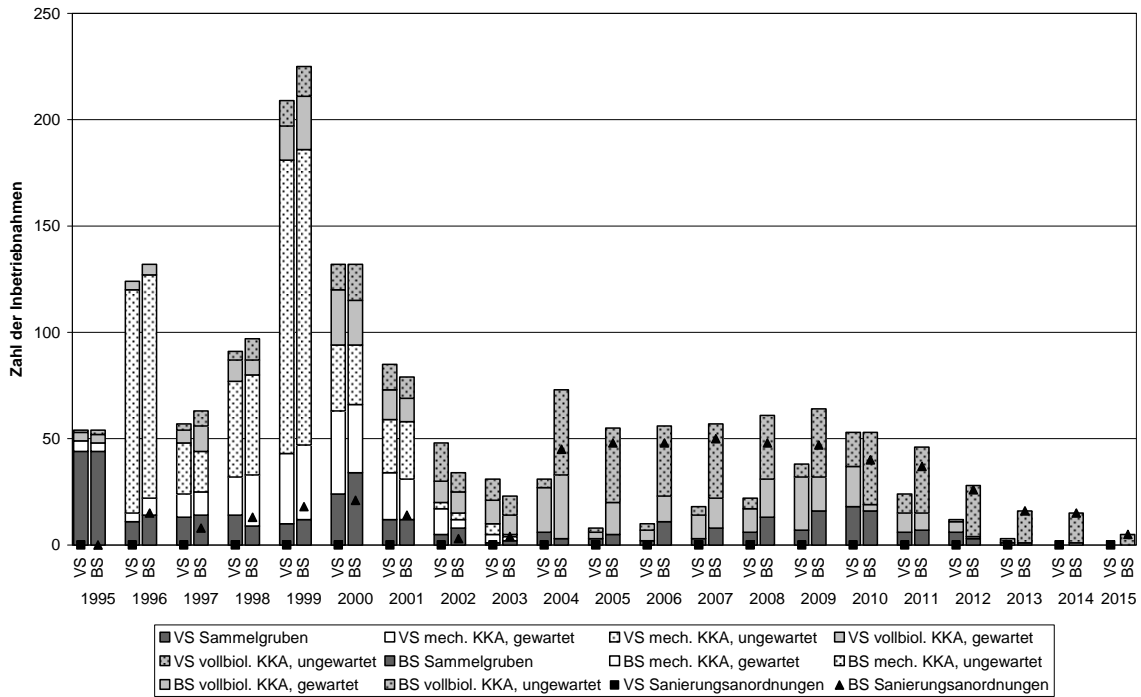
reduziert und Ablauffrachten reduziert werden. Daher sollte von den Unteren Wasserbehörden in Beratungsgesprächen und Öffentlichkeitsarbeit deutlich auf die begrenzte Nutzbarkeit der Anlagen hingewiesen werden.

Obwohl im Modell Investitionsphasen aufgrund des Fehlens von Wissens- und Bewusstseinsaspekten extrem konzentriert erzeugt werden, dürften auch in der Realität gewisse Phasen mit erhöhten Investitionen auftreten, wenn sich Rahmenbedingungen verändern oder in erhöhtem Maße Ersatzinvestitionen nach dem Ablauf der Nutzungsdauer investitionsstarker Jahre zu erwarten sind. In der Simulation liegen diese Phasen in den Jahren nach der Einführung der kostenpflichtigen mobilen Entsorgung ab 1995, nach der Änderung der Abwasserbeseitigungskonzepte von 1997 und 1998 sowie jeweils zehn bzw. 25 Jahre nach früheren Investitionsphasen, wenn die Nutzungsdauer der bestehenden Anlagen abgelaufen ist. Bei der rechtlichen Änderung hinsichtlich des Einsatzes bestimmter Technologien und der Weitergabe dieser Information an Anbieter, Zweckverbände und Bürger sollte darauf geachtet werden, dass dies vor Einsetzen der Investitionsphasen erfolgt. Werden rechtliche Änderungen erst nach den Investitionsphasen gültig oder bekannt, steigt der finanzielle und organisatorische Aufwand bei allen Beteiligten erheblich, diese Änderungen tatsächlich durchzusetzen.

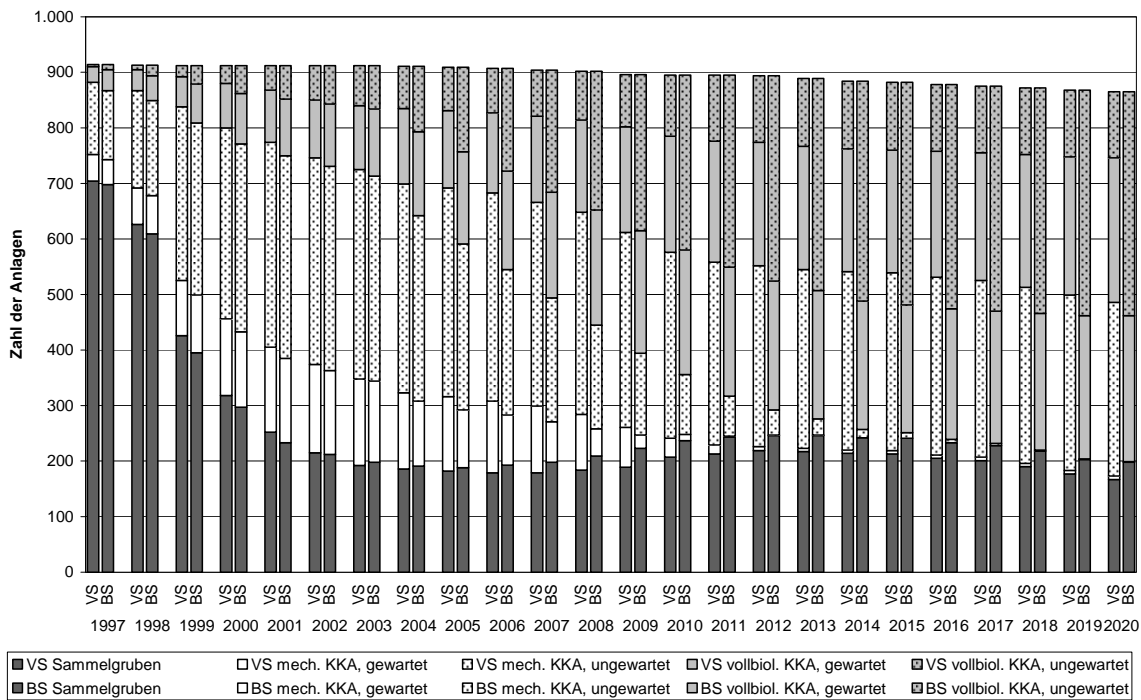
#### **5.4.1.5 Einfluss von Sanierungsanordnungen**

Die Festlegung und Überprüfung von Sanierungsanordnungen ist für die Unteren Wasserbehörden mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden. Bereits das Basisszenario zeigt jedoch, dass Sanierungsanordnungen in bestimmten Entwicklungsphasen eine große Bedeutung für die Verbesserung der Abwasserreinigung und die Durchsetzung des technischen Fortschritts haben können. Welche Entwicklung der grundstücksbezogene Entsorgung nimmt, wenn auf Sanierungsanordnungen vollständig verzichtet wird, zeigt Szenario 6. In der Phase zwischen 1996 und 2003, in dem Investitionen in erster Linie aus Kostengründen getätigt werden, hat der Verzicht auf Sanierungsanordnungen keinen Großen Einfluss auf die Zahl der Inbetriebnahmen (s. Abbildung 40), da Sanierungsanordnungen im Basisszenario häufig auf Wohneinheiten treffen, die ohnehin investiert hätten. Ab 2004 bleibt die Zahl der Inbetriebnahmen dagegen deutlich hinter dem Basisszenario zurück. Hier nehmen lediglich Wohneinheiten mit hohem oder mittlerem umweltbezogenen Engagement unverzüglich bzw. spätestens nach Ablauf der Nutzungsdauer ihrer Anlagen Ersatzinvestitionen vor. Investitionen von Wohneinheiten mit geringem umweltbezogenen Engagement (und hohem Imitationsschwellenwert) unterbleiben ohne ordnungsrechtlichen Druck dagegen. Dadurch stellen mechanische Anlagen bis Simulationsende noch einen Anteil von 37% des Anlagenbestandes (s. Abbildung 41). Die durchschnittliche Reinigungsleistung liegt ab 2004 zunehmend deutlich unter dem Basisszenario. Ohne Sanierungsanordnungen ist daher das umweltpolitische Ziel der Reduzierung der Ablauffrachten durch das Außerbetriebnehmen von mechanischen Anlagen nicht zu erreichen.

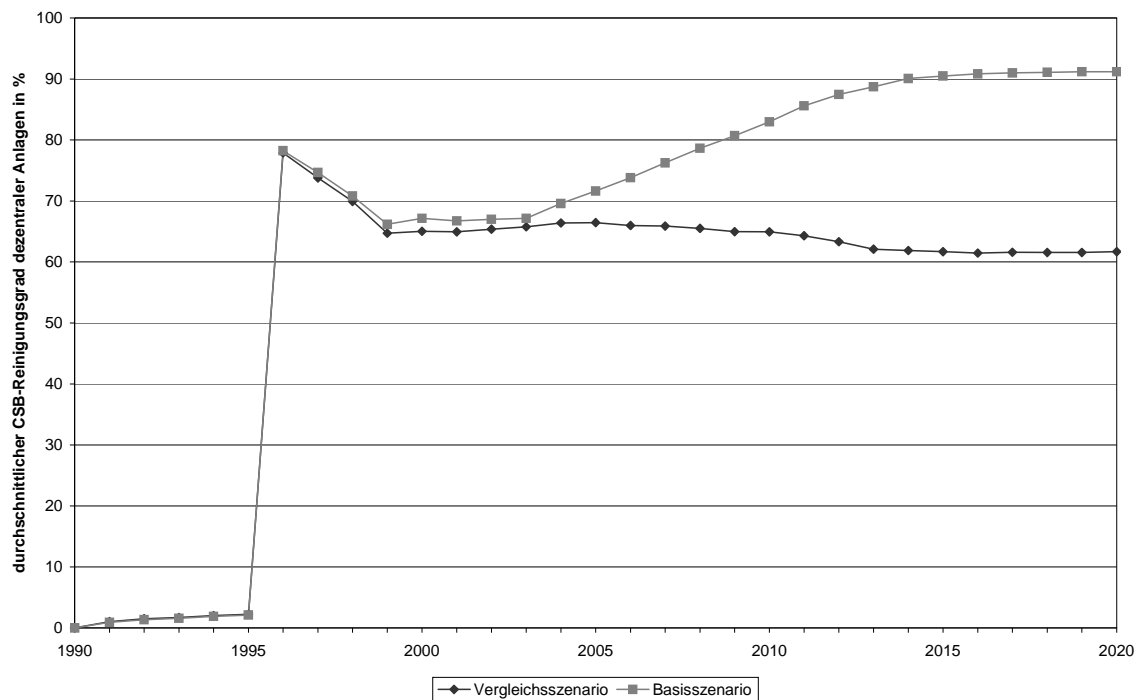
**Abbildung 40: Vergleich der Inbetriebnahmen und der Sanierungsanordnungen des Vorjahres bei Verzicht auf Sanierungsanordnungen mit dem Basisszenario**



**Abbildung 41: Vergleich des Anlagenbestands bei Verzicht auf Sanierungsanordnungen mit dem Basisszenario**



**Abbildung 42: Vergleich des durchschnittlichen CSB-Reinigungsgrades dezentraler Anlagen bei Verzicht auf Sanierungsanordnungen mit dem Basisszenario**



Die Bedeutung, die Sanierungsanordnungen für die Verringerung der Ablauffrachten grundstücksbezogener Anlagen haben, variiert in Abhängigkeit von den Rahmenbedingungen. Sie sind dann besonders wichtig und effektiv, wenn eine Investition finanziell unattraktiv ist und wenn diese kurzfristig, d.h. vor dem Ablauf der Nutzungsdauer der zu ersetzenden Anlagen erfolgen soll. Sie bringen dagegen nur geringen zusätzlichen Nutzen, wenn die Wohneinheiten voraussichtlich auch aus anderen Gründen investieren. Für die Untere Wasserbehörde kann es in diesem Fall effizienter sein, Kapazitäten für andere Maßnahmen wie eine intensive Informationsarbeit über Kosten, Umweltgesichtspunkte und technologische Trends bereitzustellen. Dies gilt besonders, da Sanierungsanordnungen immer auch Zwangsmaßnahmen sind, die bei den betroffenen Wohneinheiten bei mangelnder Überzeugung auch Abwehrreaktionen wie das nachträgliche Kündigen von Wartungsverträgen hervorrufen können. Beim Abklingen der eigenständig verlaufenden Investitionsphase verbleiben möglicherweise Wohneinheiten, die etwa aufgrund mangelnder Innovationsfreude oder mangelnder Finanzkraft keine Investitionen vornehmen. Bei diesen Wohneinheiten können ordnungsrechtliche Maßnahmen helfen, rechtliche Vorschriften tatsächlich durchzusetzen.

#### 5.4.1.6 Einfluss der Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes

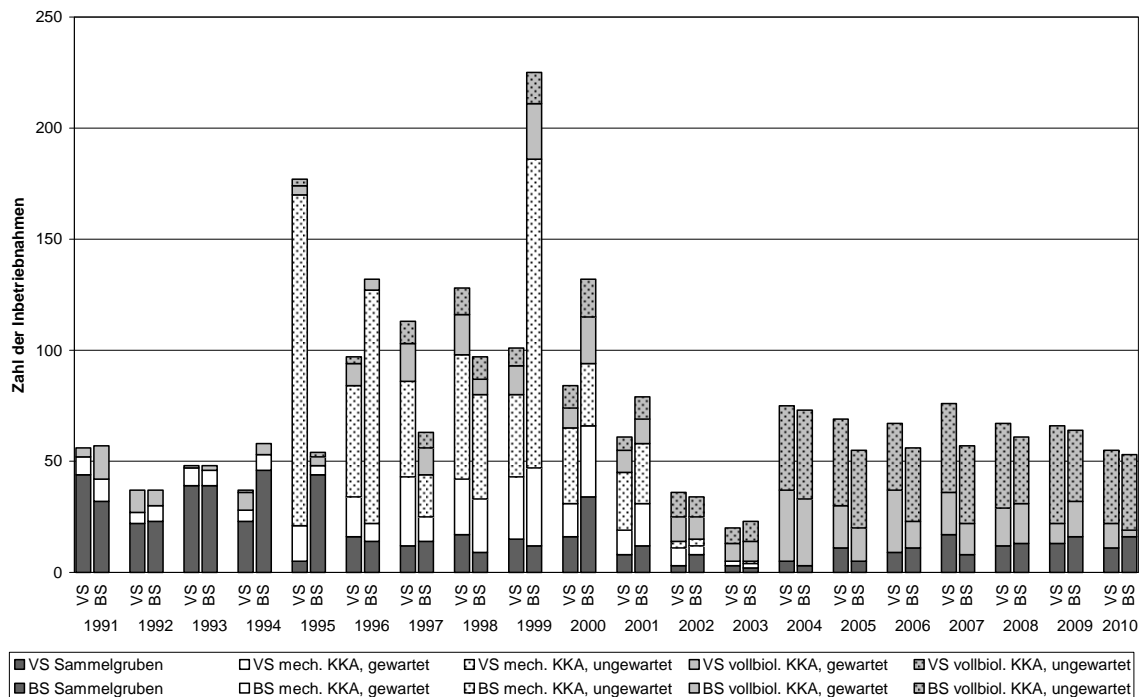
Bereits im Basisszenario wird deutlich, dass die Anschlussplanung des Abwasserbeseitigungskonzeptes Einfluss auf die Investitionsbereitschaft der Wohneinheiten hat. So steigen die Inbetriebnahmen nach dem Ausschluss von Siedlungen aus der Anschlussplanung in den Jahren 1998 und 1999 deutlich an. Dies beruht auf der Erhöhung der möglichen Nutzungsdauer potenzieller Investitionen, die bei kostenbewussten Wohneinheiten zu einer veränderten ökonomischen Bewertung führt. Dies zeigt, dass eine weit reichende Anschlussplanung die Entwicklung grundstücksbezogener Anlagen hemmen kann. Kommt es später zu einer Rücknahme der Anschlussplanung, wie dies im ländlichen Raum der neuen Bundesländer häufig erfolgt ist, wurden

Investitionen unnötig verhindert und damit die Verbesserung der ökologischen Situation hinausgezögert. Dieses Phänomen wird auch in Szenario 7 verdeutlicht, in dem die Anschlussplanung von vornherein auf die zwei schließlich im Basisszenario angeschlossenen Siedlungen begrenzt ist. Hier werden bereits in den Jahren 1996 bis 1998 die Inbetriebnahmen vollzogen, die im Basisszenario erst 1998 bis 2000 erfolgen (s. Abbildung 43).

Aus diesen Ergebnissen kann man nicht folgern, dass eine zurückhaltende Erstplanung grundsätzlich einer umfassenden Erstplanung vorzuziehen ist. Bei einer zurückhaltenden Anschlussplanung können Wohneinheiten zu Investitionen animiert werden, die sich im Falle einer späteren Ausweitung des Anschlusskonzeptes als Fehlinvestitionen erweisen. Daher sind beide Aspekte gegeneinander abzuwägen.

Die Effekte sowohl einer zu weit reichenden als auch einer zu zurückhaltenden Anschlussplanung werden verstärkt, wenn in der Realität Änderungen des Abwasserbeseitigungskonzeptes nicht sofort bekannt werden oder nicht für glaubwürdig gehalten werden. Aufgrund der bisherigen zentralen Ausrichtung des Abwasserbeseitigungskonzeptes und der Erfahrung in anderen Entsorgungsgebieten besteht nach Meinung einiger Interviewpartner die Gefahr, dass die Bürger der Änderung des Abwasserbeseitigungskonzeptes zunächst misstrauisch gegenüberstehen. Daher ist es wichtig, Umplanungen möglichst umfassend und glaubwürdig zu vermitteln, indem Gründe für Umplanungen und geänderte Zeithorizonte deutlich kommuniziert werden. Unter Umständen entfaltet ein vorgesehener Anschluss an die Kanalisation auch eine emotionale Hemmschwelle gegenüber eine Investition, selbst wenn diese sich finanziell noch lohnen würde. Daher sollte in den Siedlungen, in denen tatsächlich noch eine ökonomisch sinnvolle Investition möglich ist, auf diese Tatsache hingewiesen werden.

**Abbildung 43: Vergleich der Inbetriebnahmen bei vorausschauender Planung mit dem Basisszenario**



## 5.4.2 Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung

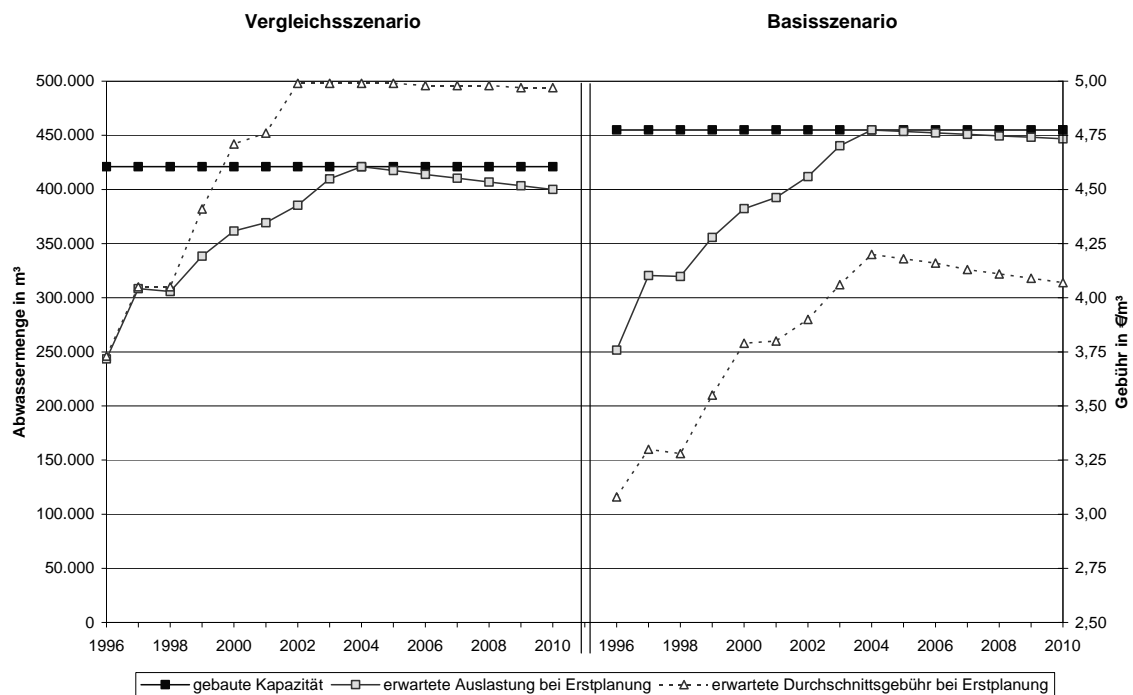
In diesem Kapitel werden Szenarien untersucht, die Aufschluss über die Ursachen der problematischen Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung geben können. Im Anschluss werden mögliche Lösungsstrategien untersucht.

### 5.4.2.1 Einfluss der Bevölkerungsentwicklung

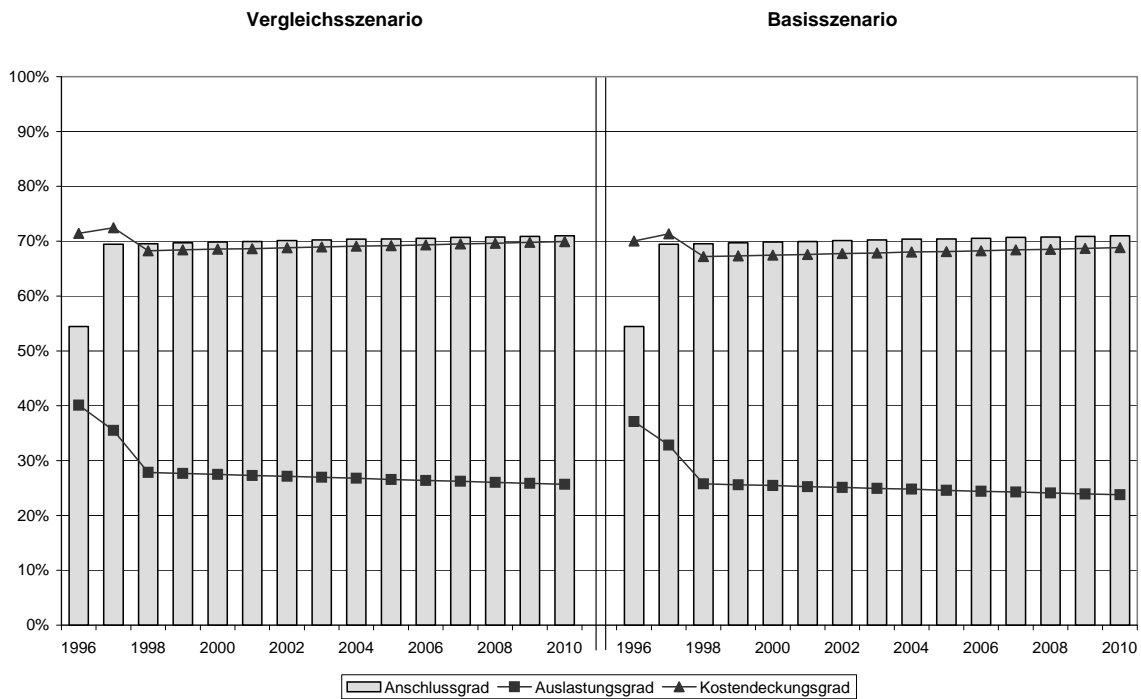
#### *Fehleinschätzung der Bevölkerungsentwicklung*

Als eine Ursache für die problematische Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung wurde im Basisszenario die Fehleinschätzung der Bevölkerungsentwicklung ausgemacht. Wird die Bevölkerungsentwicklung zu Beginn der Simulation korrekt prognostiziert, kann – so die Annahme – die Kläranlage entsprechend kleiner ausgelegt werden, sodass geringere Kosten entstehen. Zudem können die zu erwartenden Kosten und Gebühren besser vorausgesagt werden, was möglicherweise zu einer veränderten Anschlussplanung führt. Das entsprechende Szenario 8 zeigt, dass die Kläranlagenkapazität bei einem weiterhin geplanten Anschlussgrad von 100% tatsächlich 7,5% geringer ausfällt als im Basisszenario. Es wird dabei eine gegenüber dem Basisszenario deutlich höhere Durchschnittsgebühr von maximal 4,99 €/m<sup>3</sup> erwartet (s. Abbildung 44).

**Abbildung 44: Vergleich der gebauten und erwarteten Kläranlagenkapazität und der Durchschnittsgebühr der Erstplanung bei korrekter Bevölkerungsprognose mit dem Basisszenario**



**Abbildung 45: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei korrekter Bevölkerungsprognose mit dem Basisszenario**



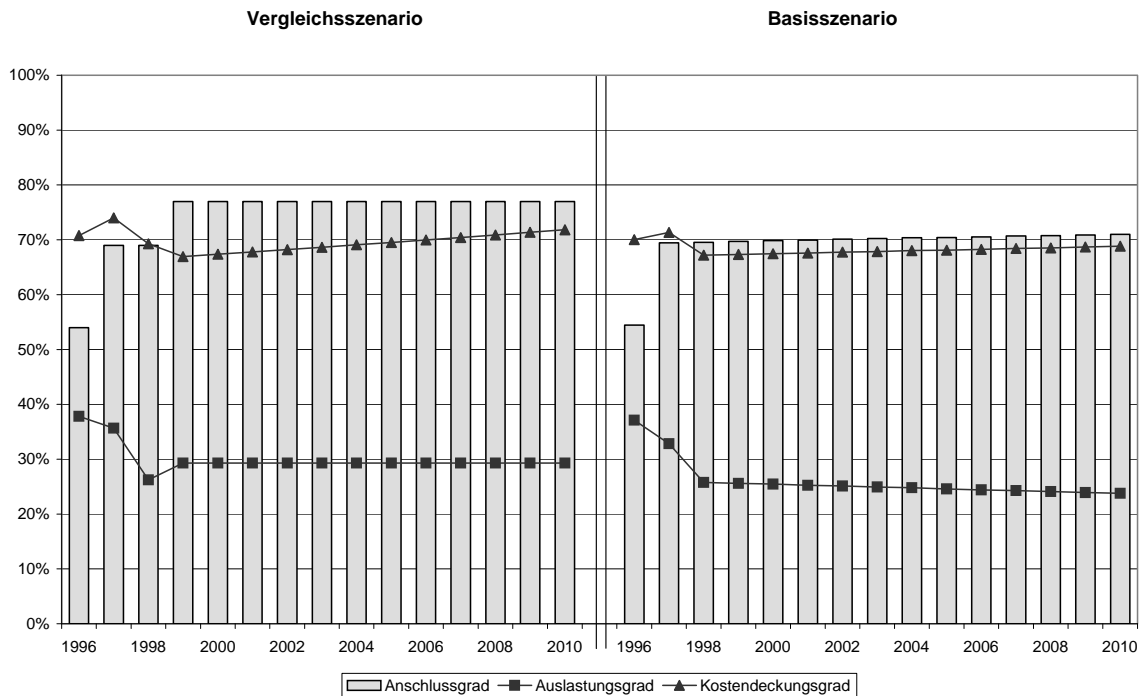
Im Ergebnis wirkt sich die Verbesserung der Planungsgrundlage durch eine korrekte Bevölkerungsprognose jedoch nur geringfügig auf die wesentlichen Parameter aus. Wie im Basisszenario muss auch in Szenario 8 der Anschluss an die Kanalisation nach einer weit reichenden Erstplanung auf die zwei größten Siedlungen beschränkt werden. Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad liegen nur um zwei bzw. einen Prozentpunkt höher als im Basisszenario (s. Abbildung 45). Die einwohnerspezifischen Kosten im gesamten Entsorgungsgebiet<sup>42</sup> liegen wegen der geringeren Kläranlagenkapazität leicht unter denen des Basisszenarios. Unter gleich bleibenden Rahmenbedingungen hätte die korrekte Einschätzung der Bevölkerungsentwicklung nur zu einer geringfügig besseren finanziellen Situation des Zweckverbandes bzw. einer leicht verbesserten gesamtgesellschaftlichen finanziellen Bewertung geführt.

#### *tatsächliche Bevölkerungsdynamik*

Dass die Bevölkerungsentwicklung als solche auch unter Beibehaltung der sonstigen Rahmenbedingungen durchaus einen gewissen Einfluss haben kann, zeigt Szenario 9, in dem von einer gleich bleibenden Bevölkerungszahl (bei korrekter Prognose) ausgegangen wird (s. Abbildung 46). Hier wird gegenüber dem Basisszenario auch die nächst größere Siedlung mit angeschlossen, sodass der Anschlussgrad 77% erreicht (Gegen Ende der Simulation, etwa ab 2036 wird mit dem Anschluss von vier weiteren Siedlungen begonnen). Der Auslastungsgrad liegt mit 29% drei bis fünf Prozentpunkte über dem des Basisszenarios. Der Kostendeckungsgrad erreicht ab 2007 Werte von über 70%.

<sup>42</sup> Im Gegensatz zu Kapitel 5.4.1 werden in diesem Kapitel spezifische Kosten und Reinigungsgrad auf die gesamte Bevölkerung des Entsorgungsgebietes bezogen, um auch bei verändertem Anschlussgrad eine Vergleichbarkeit der Szenarien zu ermöglichen. Der Unterschied zwischen Vergleichsszenarien und Basisszenario wird durch den Einfluss der dezentralen Entsorgung etwas nivelliert.

**Abbildung 46: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei gleich bleibender Bevölkerung mit dem Basisszenario**



Insgesamt ist der Einfluss sowohl der tatsächlichen Bevölkerungsentwicklung als auch der korrekten bzw. fehlerhaften Prognosen der Entwicklung unter Beibehaltung der anderen Rahmenbedingungen begrenzt. Dies liegt daran, dass sich die Bevölkerungszahlen selbst bei der recht drastischen Entwicklung in den neuen Bundesländern in vergleichsweise geringem Maße verändern. Der hier simulierte Schwankungsbereich liegt bei minus 20% im Verlauf von 25 Jahren. Allein aus einer solchen Bevölkerungsentwicklung resultierende Überkapazitäten könnten aufgrund der rechtlich zulässigen Berücksichtigung von Überkapazitäten in der Größenordnung von 20% vollständig auf die Gebühren umgelegt werden.

#### 5.4.2.2 Einfluss des spezifischen Abwasseranfalls

Eine zweite Ursache für die Probleme der kanalgebundenen Entsorgung ist die unerwartete Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls. Während im Basisszenario der Zweckverband zu Beginn von einem spezifischen Abwasseranfall von 130 l/(EW\*d) ausgeht, geht dieser aufgrund der Gebührenentwicklung und der hohen Preiselastizität der Wohneinheiten tatsächlich auf weniger als 50 l/(EW\*d) zurück. Da diese Abweichung wesentlich größer ist als die Schwankungen in den Bevölkerungszahlen, trägt die Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls wesentlich stärker zu der Problematik bei als die Bevölkerungsentwicklung.

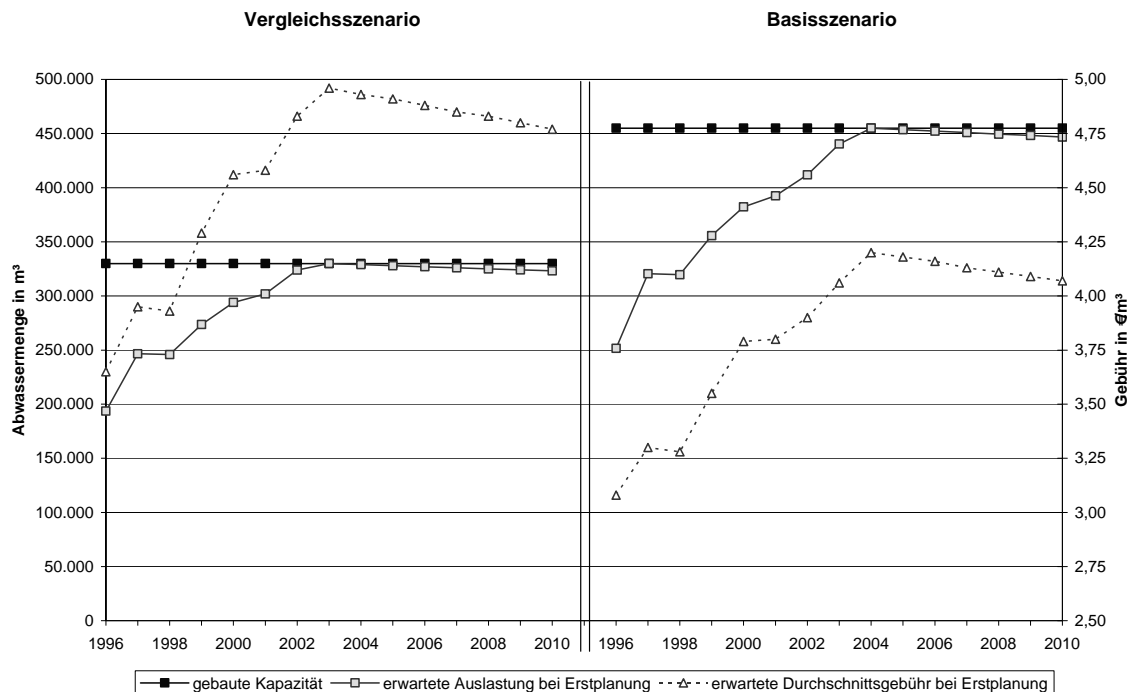
##### *Fehleinschätzung des spezifischen Abwasseranfalls*

Szenario 10 beinhaltet eine realistischere Annahme hinsichtlich des spezifischen Abwasseranfalls in Höhe von 100 l/(EW\*d), wodurch bereits in der Erstplanung eine Siedlung (Nr. 6) aus der Anschlussplanung ausgeschlossen wird. Damit kann die Kläranlage kleiner dimensioniert werden. Gleichzeitig werden deutlich höhere Durchschnittsgebühren als im Basisszenario erwartet, da die nur geringfügig niedrigeren Kosten auf ein deutlich geringeres Abwasservolumen umgelegt werden müssen (s. Abbildung 47). Daher kann bei gleicher Preiselastizität bereits bei

der Erstplanung davon ausgegangen werden, dass der Abwasseranfall auf das gleiche Niveau zurückgeht wie im Basisszenario. Im Ergebnis wird im Szenario 10 eine Siedlung mehr angeschlossen (Nr. 4) als im Basisszenario, wodurch ein um drei Prozentpunkte höherer Anschlussgrad erreicht wird. Der Auslastungsgrad liegt – auch bedingt durch die geringer dimensionierte Kläranlage – mit 37% deutlich über dem des Basisszenarios, dennoch aber auf einem niedrigen Niveau. Der Kostendeckungsgrad liegt nur geringfügig über dem Basisszenario und erreicht bis Simulationsende knapp 75% (s. Abbildung 48). Insgesamt können bis 2020 etwa 250.000 €, d.h. etwa 3% der im Basisszenario anfallenden Defizite eingespart werden. Eine korrektere Einschätzung des zu erwartenden Abwasseranfalls führt trotz einer kleiner dimensionierten Erstplanung insgesamt zu einem leicht erhöhten Anschlussgrad sowie einer geringfügig verbesserten finanziellen Situation des Zweckverbandes.

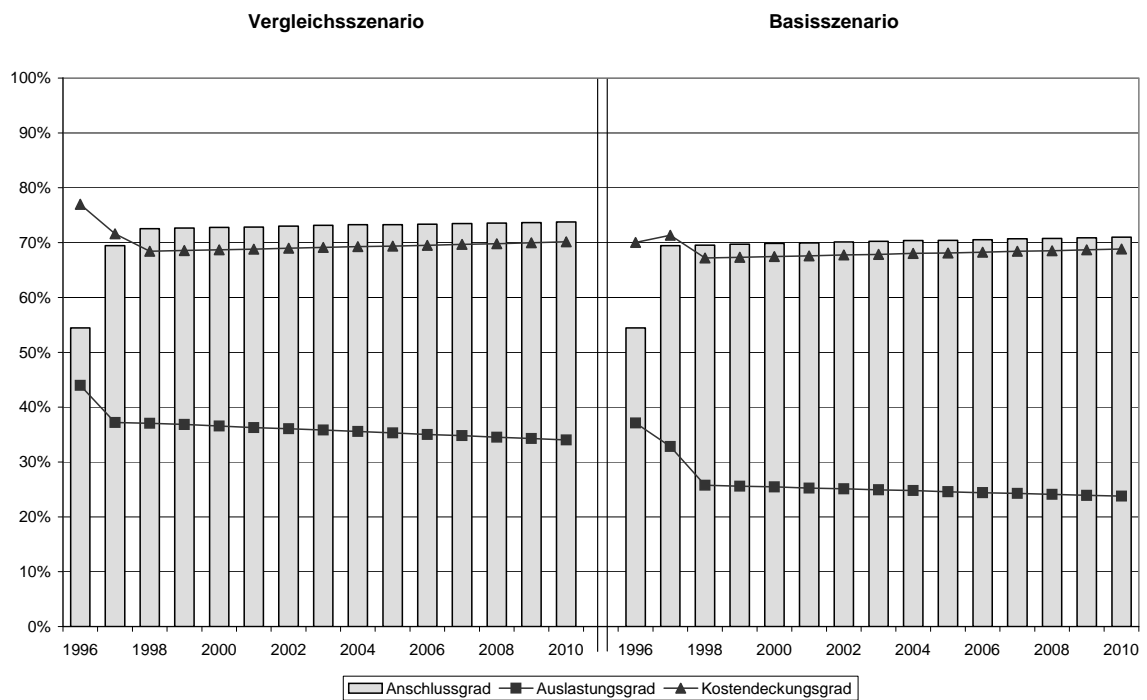
Die Annahme eines spezifischen Abwasseranfalls von 100 l/(EW\*d) liegt noch weit über den im Basisszenario simulierten Werten. Je besser der spezifische Abwasseranfall bei der Erstplanung eingeschätzt wird, desto positiver wirkt sich dies auf die finanziellen Parameter aus. So wird etwa bei einer weiter verringerten Annahme von 80 l/(EW\*d) das Anschlusskonzept bereits in der Erstplanung auf drei Siedlungen beschränkt (Szenario 11). Kostendeckungsgrad und insbesondere Auslastungsgrad liegen hier deutlich über dem Basisszenario (s. Abbildung 49). Eine derartig geringe Annahme hinsichtlich des spezifischen Abwasseranfalls dürfte jedoch unter den Rahmenbedingungen Anfang der 1990er-Jahre nicht realistisch gewesen sein.

**Abbildung 47: Vergleich der gebauten und erwarteten Kläranlagenkapazität und der Durchschnittsgebühr der Erstplanung bei besserer Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls mit dem Basisszenario**

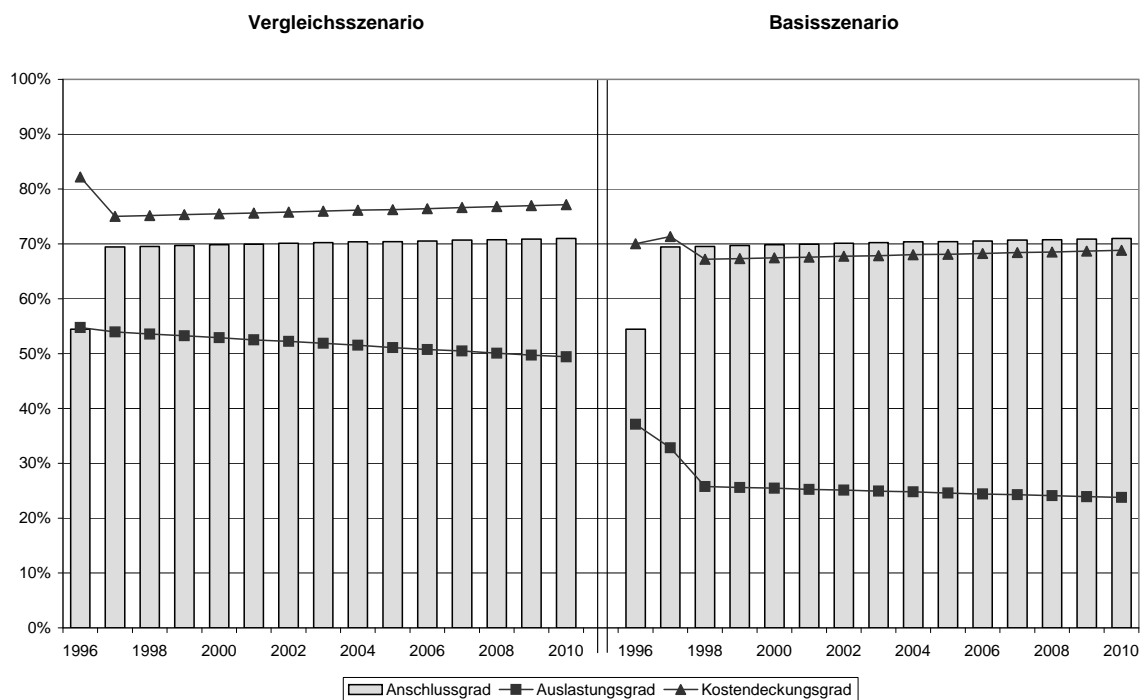




**Abbildung 48: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei besserer Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls in Höhe von 100 l/(EW\*d) mit dem Basisszenario**



**Abbildung 49: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei besserer Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls in Höhe von 80 l/(EW\*d) mit dem Basisszenario**

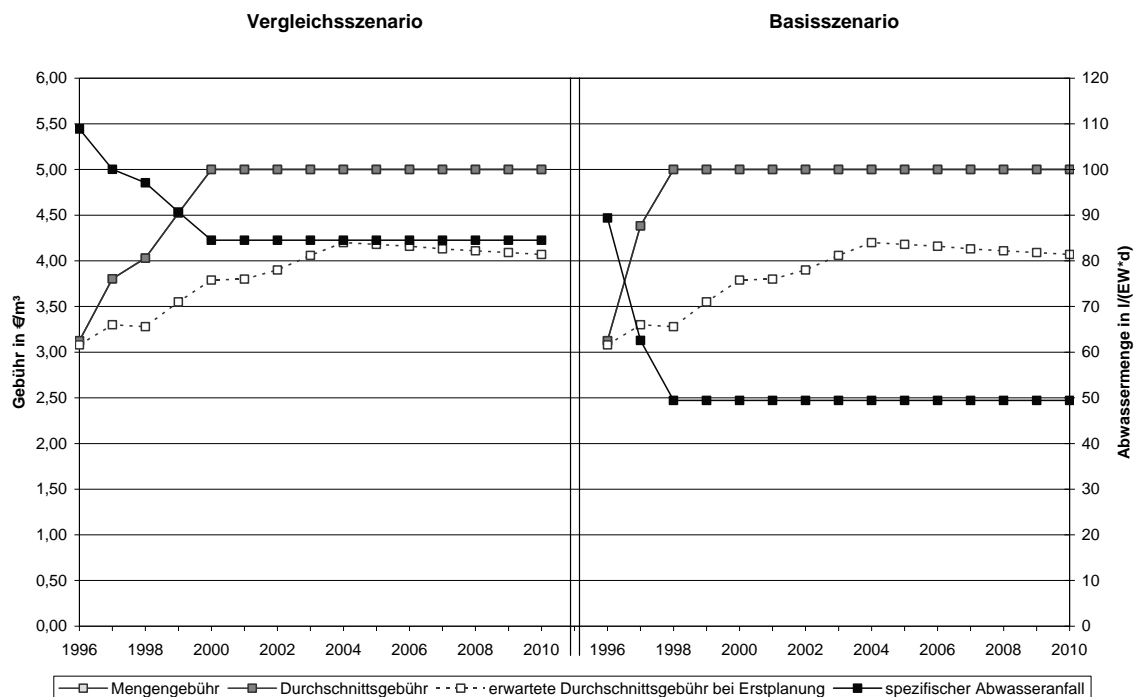


*tatsächliche Dynamik des spezifischen Abwasseranfalls*

Die tatsächliche Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls wird im Modell durch eine Kombination der Preiselastizität im engeren Sinn und der Ausgangswerte von Abwasseranfall

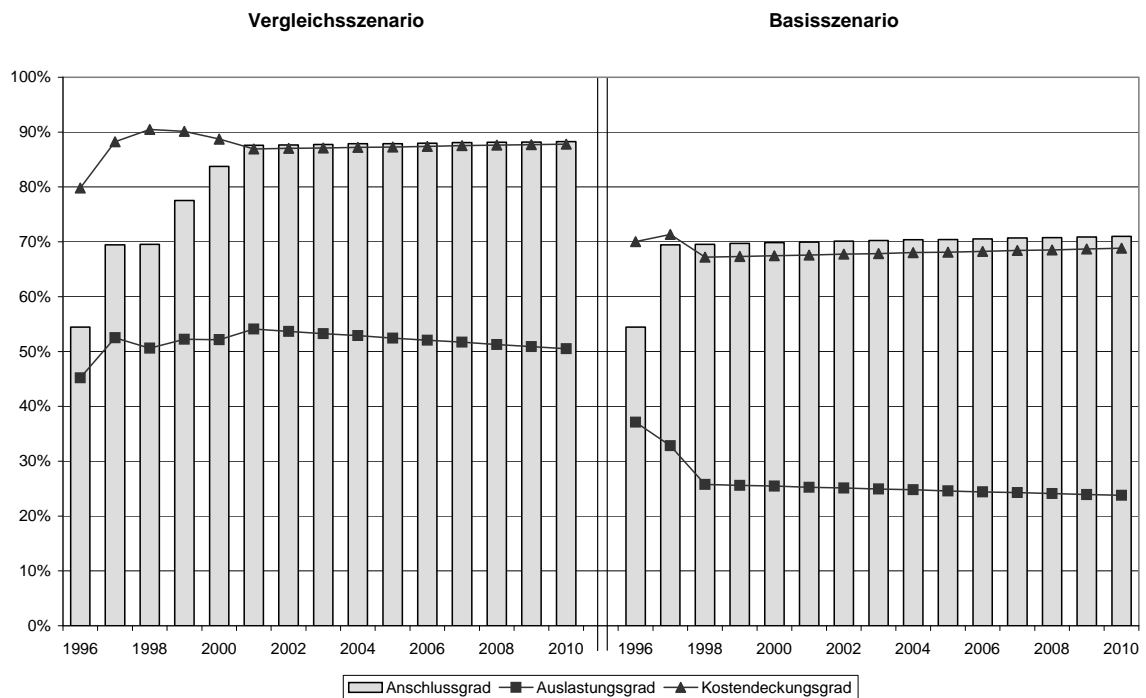
und Durchschnittsgebühr bestimmt. Die Simulation reagiert relativ sensibel auf Änderungen dieser Parameter, insbesondere der Preiselastizität und der Ausgangsgebühr. In Szenario 12 ist die Entwicklungsdynamik des spezifischen Abwasseranfalls reduziert, in dem die Preiselastizität auf -0,15 reduziert und die Ausgangsgebühr auf 1,50 €/m<sup>3</sup><sup>43</sup> erhöht ist. Hier sinkt der spezifische Abwasseranfall bei maximalen Gebühren von ebenfalls 5 €/m<sup>3</sup> auf lediglich knapp 85 l/(EW\*d) (s. Abbildung 50), was eher am oberen Ende der Erfahrungswerte für den ländlichen Raum der neuen Bundesländer liegt (s. Kapitel 3.4.3). Bei dieser Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls werden sechs Siedlungen angeschlossen, wodurch ein Anschlussgrad von über 87% erreicht wird (die restlichen vier Siedlungen werden gegen Ende der Simulation ebenfalls angeschlossen). Der Auslastungsgrad liegt bis 2011 bei über 50% (s. Abbildung 51). Nur gut 10% der Kosten werden als Defizit wirksam. Die Mindereinnahmen liegen bis 2020 etwa 4 Mio., d.h. 54% unter denen des Basisszenarios. Diesen positiven Auswirkungen einer verringerten Preiselastizität auf die kanalgebundene Entsorgung steht eine deutlich erhöhte durchschnittliche Jahresbelastung der Gebührenzahler gegenüber, die beinahe die Jahreskosten gut gewarteter vollbiologischer Kleinkläranlagen erreicht.

**Abbildung 50: Vergleich von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall bei geringerer Preiselastizität und höherer Ausgangsgebühr mit dem Basisszenario**

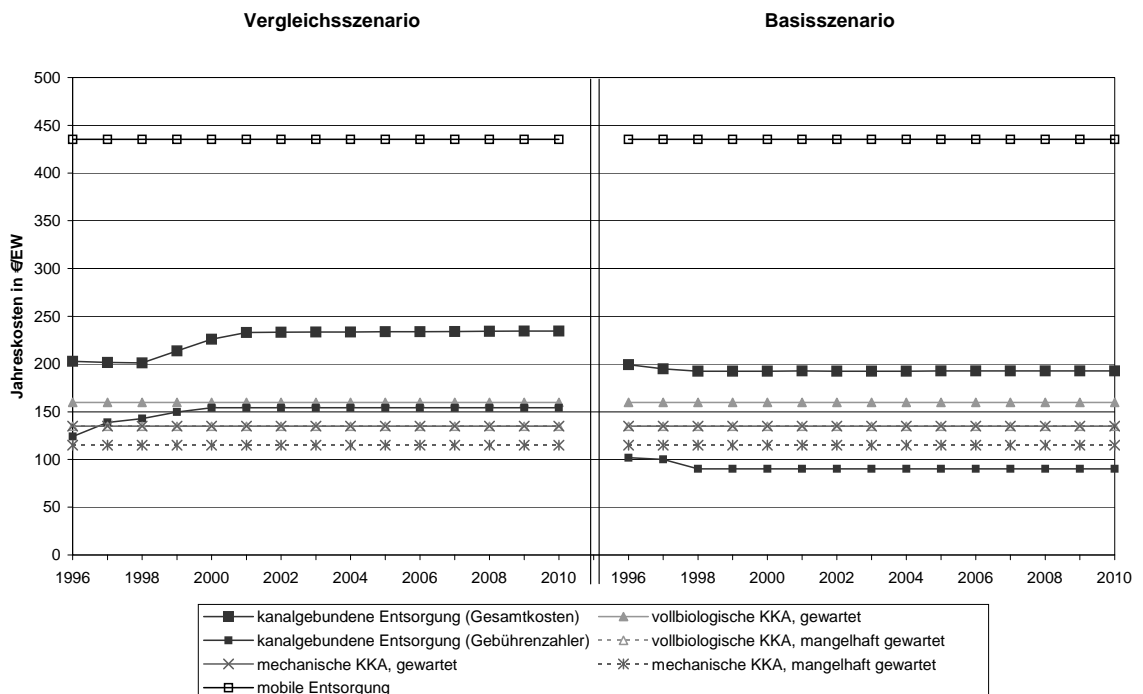


<sup>43</sup> Diese Ausgangsgebühr entspricht dem Wert, der in den neuen Bundesländern 1992 zu verzeichnen war

**Abbildung 51: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei geringerer Preiselastizität und höherer Ausgangsgebühr mit dem Basisszenario**



**Abbildung 52: Vergleich der einwohnerspezifischen Jahreskosten nach Technologien bei geringerer Preiselastizität mit dem Basisszenario**



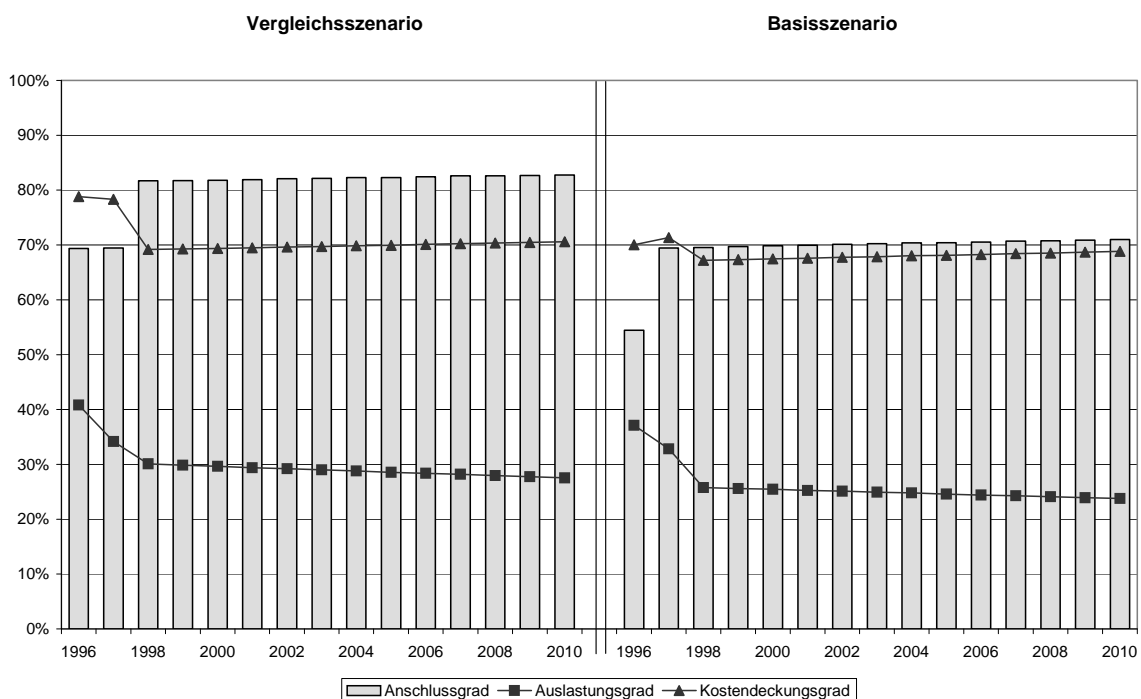
Aufgrund des großen Einflusses den die Entwicklung des Abwasseranfalls auf die Finanzierbarkeit der öffentlichen Infrastruktur hat, sollte dieser Aspekt bei der Planung der kanalgebundenen Entsorgung besonders intensiv untersucht werden. Abweichungen vom Status Quo können hier deutlich größere Ausmaße annehmen als bei der Bevölkerungsentwicklung. Sofern Gewerbe- oder Industriebetriebe vorhanden oder vorgesehen sind, sind die dadurch möglichen Schwan-

kungen ebenfalls mit zu berücksichtigen. Bei der Planung des Abwasserbeseitigungskonzeptes sollten mögliche Abweichungen von der für wahrscheinlich gehaltenen Entwicklung und deren Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Konstellationen in Betracht gezogen werden, um das Risiko von Fehlplanungen einschätzen zu können und möglichst robuste Lösungen zu finden. Die Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls kann darüber hinaus Auswirkungen auf die Bewertung der kanalgebundenen Entsorgung für die Gebührenzahler im Vergleich zu dezentralen Alternativen haben.

### 5.4.2.3 Einfluss der Siedlungsstruktur

Ein wesentliches Merkmal des im Basisszenario abgebildeten ländlichen Raumes ist die disperse Siedlungsstruktur, in dem die Erstellung der Kanalisation erhebliche Kosten erzeugt. Es ist daher zu vermuten, dass die Problematik hoher Gebühren und geringer Kostendeckungsgrade auch durch die disperse Siedlungsstruktur mit verursacht wird. In Szenario 13 wird ein stärker verdichtetes Entsorgungsgebiet abgebildet, in dem in allen Siedlungen verringerte spezifische Kanallängen und geringere Entfernungen zwischen den Siedlungen angenommen werden, so dass die gesamte Kanalisationslänge im Entsorgungsgebiet gegenüber 119 km im Basisszenario auf knapp 94 km reduziert ist. In der Simulation können aufgrund der geringeren Kosten für die Kanalisation im Endausbau schließlich vier Siedlungen angeschlossen werden, womit der Anschlussgrad gegenüber dem Basisszenario um etwa 12 Prozentpunkte auf über 81% steigt (s. Abbildung 53). Auch in diesem Szenario sinkt jedoch der Abwasseranfall bei Gebührensätzen von 5 €/m<sup>3</sup> auf knapp 50 l/(EW\*d), sodass der Auslastungsgrad weniger deutlich über dem Basisszenario liegt als der Anschlussgrad. Da die kostendeckenden Gebühren auf über 8 €/m<sup>3</sup> steigen, bewegt sich der Kostendeckungsgrad nur um wenige Prozentpunkte über dem des Basisszenarios. Aufgrund des höheren Anschlussgrades entstehen in diesem Szenario dennoch um 8% oder knapp 750.000 € höhere Defizite als im Basisszenario.

**Abbildung 53: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei geringerer Kanalisationslänge mit dem Basisszenario**

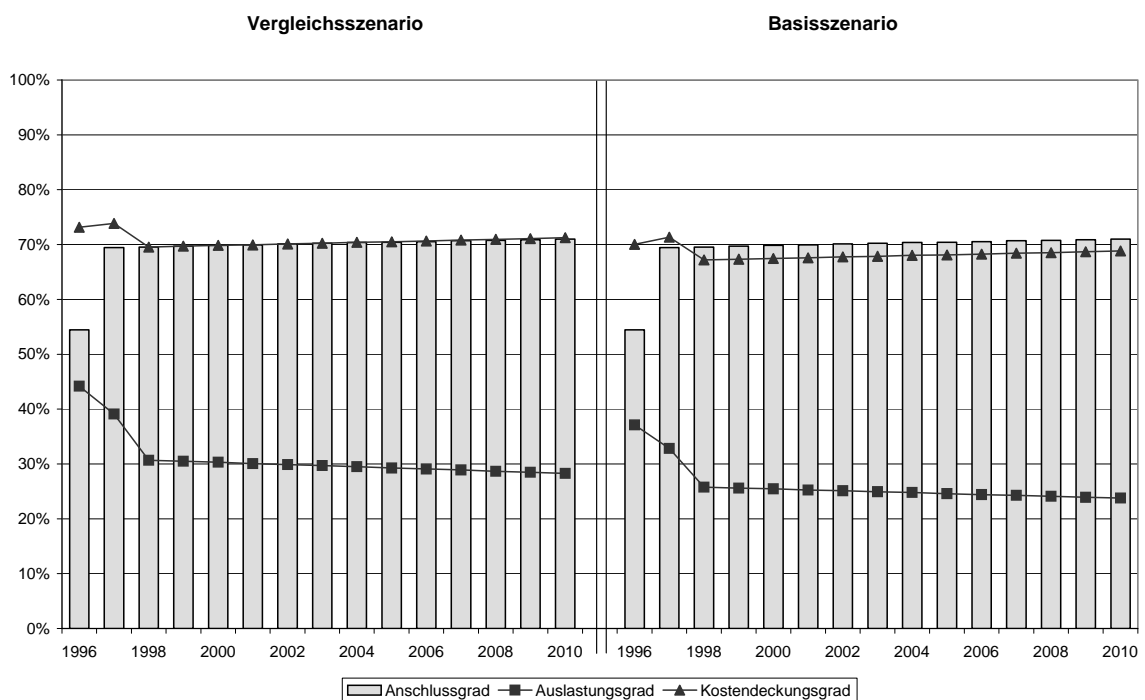


### 5.4.2.4 Einfluss des Umfangs der Anschlussplanung

Die bisherigen Szenarien machen deutlich, dass realistischere Annahmen hinsichtlich der Bevölkerungsentwicklung und des spezifischen Abwasseranfalls nur zu einer geringfügigen Verbesserung der finanziellen Situation des Entsorgungsträgers beitragen kann. Die Annahmen einer geringeren Preiselastizität und gleich bleibender Bevölkerungszahlen und geringerer Kanalisationslängen, die bereits die Bedingungen in weniger ländlich geprägten Gebieten widerspiegeln, können zwar die Problematik entschärfen, sie jedoch nicht gänzlich aufheben. Hohe Gebühren, ein gewisses Maß unvorhergesehener Defizite sowie die Rücknahme von Siedlungen aus der Anschlussplanung sind im ländlichen, dispers geprägten Raum offenbar kaum durch eine verbesserte Planungsgrundlage zu verhindern. Zentraler Auslöser des Problems scheint die Tatsache, dass bereits zu Beginn Gebührensätze erhoben werden, die die Wohneinheiten zu einer Verringerung des Abwasseranfalls veranlassen. Dies setzt einen Teufelskreis aus steigenden Gebühren und weiter sinkendem spezifischen Abwasseranfall in Gang, der erst durch die Begrenzung des Gebührensatzes auf ein sozialverträgliches Niveau limitiert wird. Die Differenz zwischen sozialverträglichem und dem kostendeckendem Gebührensatz begründet die eigentliche finanzielle Problemlage des Zweckverbandes. Es scheinen sich daher zwei Lösungsansätze anzubieten. Dies ist zum einen eine Verringerung der Kosten, zum anderen eine Verringerung des Rückgangs des Abwasseranfalls.

Eine Möglichkeit, die Kosten von Bau und Betrieb der öffentlichen Infrastruktur gering zu halten, besteht darin, die Anschlussplanung bereits in der Erstplanung auf größere Siedlungen mit geringeren spezifischen Kanallängen zu beschränken. In Szenario 14 können nur Siedlungen mit mehr als 500 Einwohnern in das Abwasserbeseitigungskonzept aufgenommen werden. Dies sind lediglich die vier größten Siedlungen. Kläranlagenkapazität und Kanalisation können dementsprechend geringer ausfallen. Es wird ein Gebührensatz von maximal 3,67 €/m<sup>3</sup> erwartet.

**Abbildung 54: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei Beschränkung der Anschlussplanung auf größere Siedlungen mit dem Basisszenario**

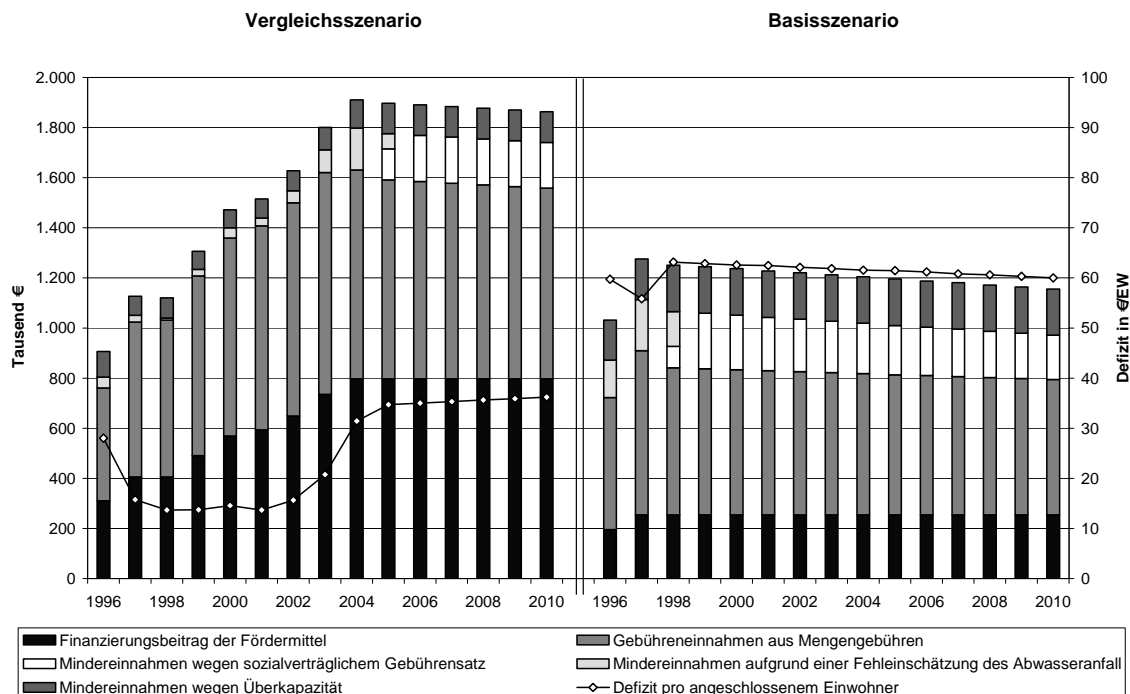


Die Verringerung der Kosten fällt durch diese Beschränkung der anzuschließenden Siedlungen jedoch so gering aus, dass das Gebührenniveau nur marginal verringert und die Entstehung der Gebührenspirale nicht verhindert wird. Lediglich der Kostendeckungsgrad nimmt um einige Prozentpunkte zu (s. Abbildung 54). Eine derartige Beschränkung ist demnach unter den gegebenen Umständen wenig hilfreich und würde zudem bedeuten, bewusst von einem Anschluss von Siedlungen abzusehen, obwohl zum Zeitpunkt der Erstplanung noch sozialverträgliche Gebühren erwartet werden.

### 5.4.2.5 Einfluss der Förderquote

Eine wesentlich wirkungsvollere Möglichkeit der Verringerung der gebührenrelevanten Kosten besteht in einer Erhöhung der Förderquote. Cattien weist darauf hin, dass die Förderquote für den Aufbau der öffentlichen Infrastruktur in Brandenburg im Vergleich zu den Förderquoten in den alten Bundesländern relativ gering war (1998, S. 196). Im Basisszenario wird ausgehend von den Förderrichtlinien des Landes Brandenburg von einem Fördersatz von 50% ausgegangen. Szenario 15 beinhaltet eine Erhöhung des Fördersatzes auf 80% der Investitionskosten. Dies führt zu einer deutlich besseren Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung. Die Gesamtkosten sind bereits zu Beginn etwas geringer als im Basisszenario, da für die Fördermittel keine Kapitalzinsen anfallen. Der Anteil der Fördermittel an der Finanzierung der Gesamtkosten steigt bis 2020 auf gut 44% und liegt 50 bis 100% über dem Basisszenario (s. Abbildung 55).

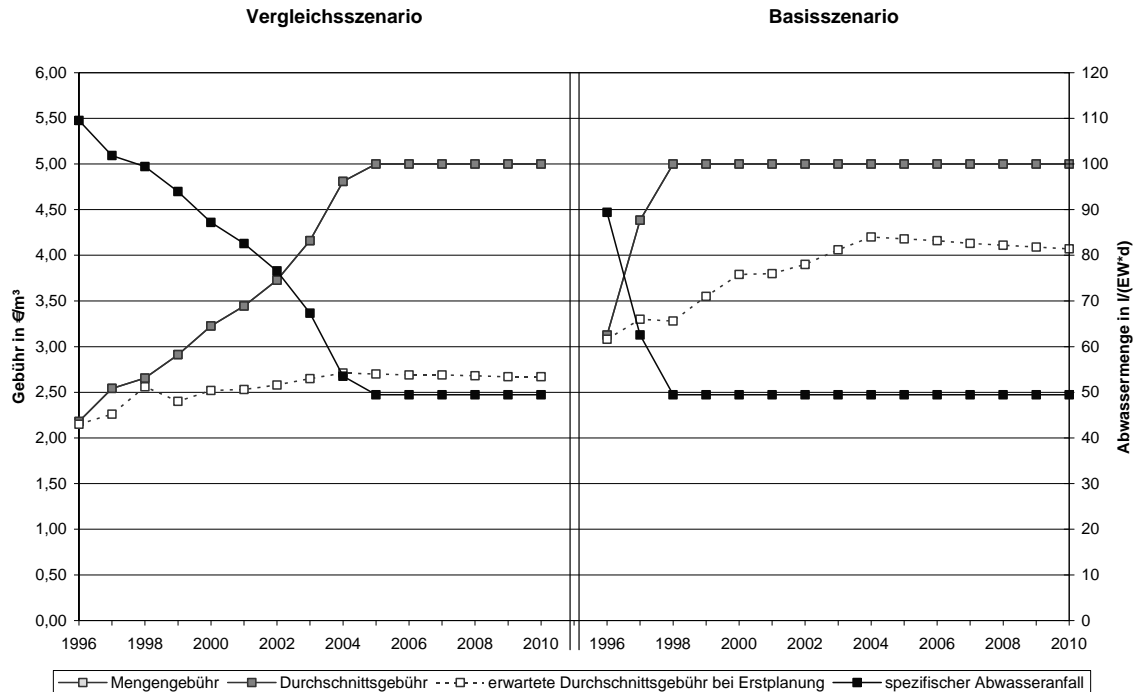
**Abbildung 55: Vergleich von Einnahmen und Defiziten sowie des Anschlussgrades bei erhöhtem Fördersatz mit dem Basisszenario**



Die Gebühren des ersten Anschlussjahres können mit 2,18 €/m<sup>3</sup> um etwa 1 €/m<sup>3</sup> geringer angesetzt werden als im Basisszenario; der spezifische Abwasseranfall liegt dementsprechend auf einem deutlich höheren Niveau (s. Abbildung 56). In den Folgejahren setzt sich dieser Zusammenhang fort: Aufgrund der geringeren Kosten, die vom Zweckverband zu tragen sind, steigen

die Gebühren schrittweise nur mäßig an, während der spezifische Abwasseranfall allmählich zurückgeht. Auf diese Weise können bis 2004 alle Siedlungen angeschlossen werden.

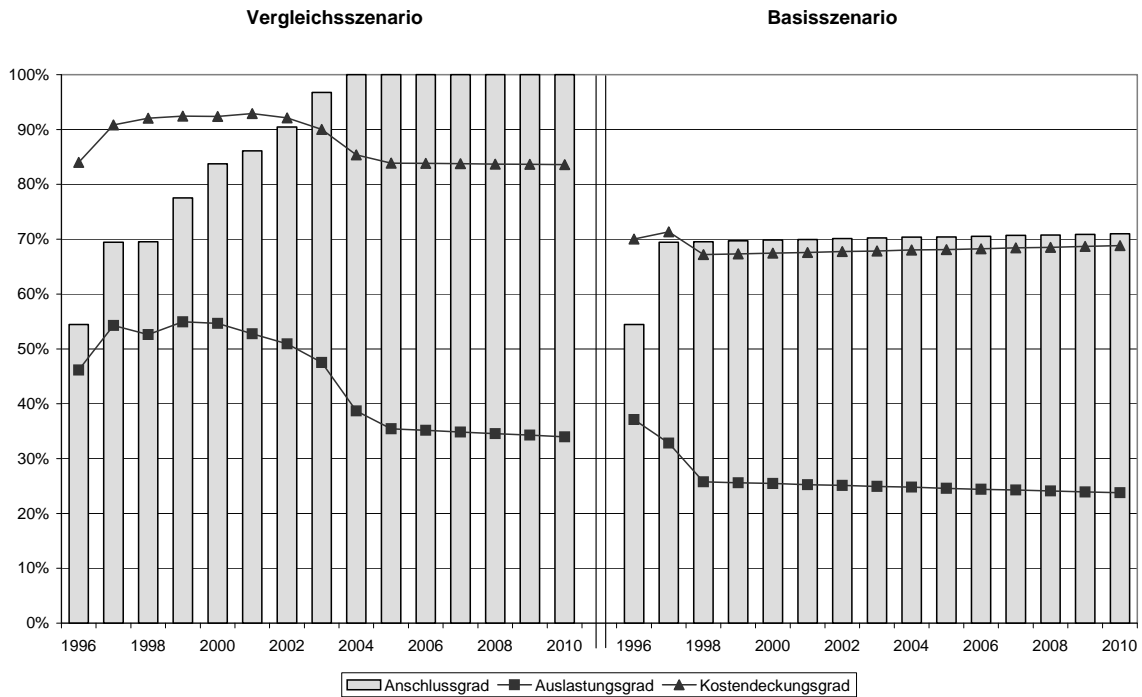
**Abbildung 56: Vergleich von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall bei erhöhtem Fördersatz mit dem Basisszenario**



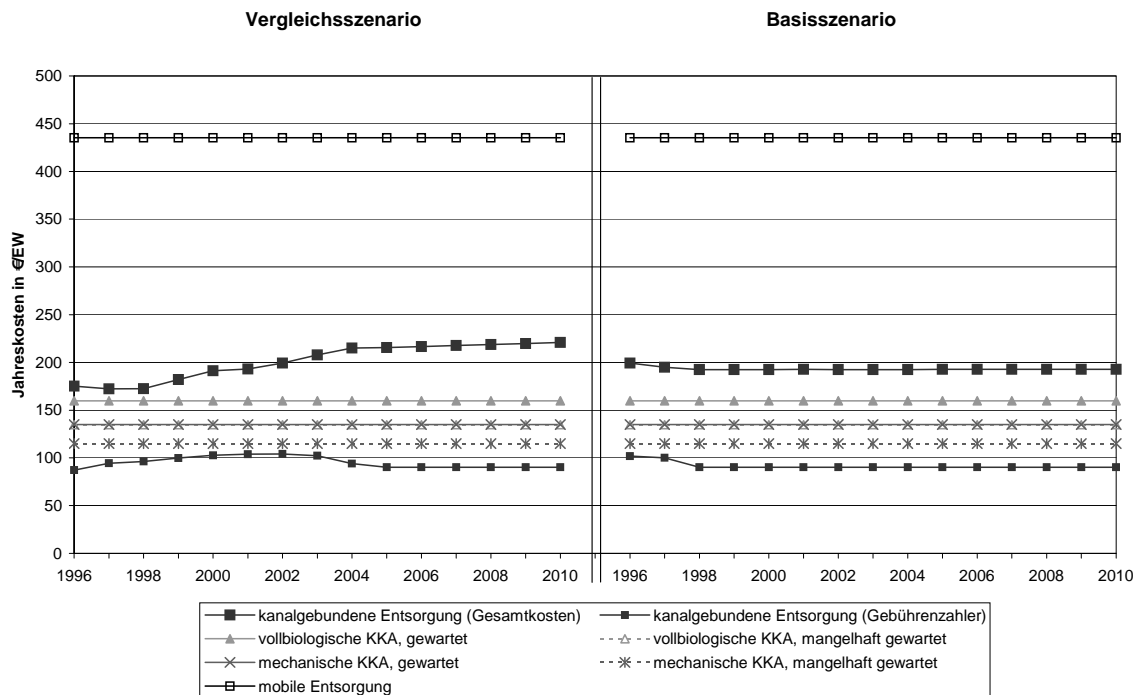
Im Zuge des fortschreitenden Anschlusses von Siedlungen wird schließlich auch in diesem Szenario der Grenzwert sozialverträglicher Gebühren von 5 €/m<sup>3</sup> erreicht und ein Absinken des spezifischen Abwasseranfalls auf 50 l/(EW\*d) erzeugt. Die Entwicklung findet wesentlich langsamer statt als im Basisszenario und ermöglicht den vollständigen Anschluss aller Siedlungsgebiete. Dennoch sind die Defizite bis 2020 insgesamt etwa 30% geringer als im Basisszenario. Der Kostendeckungsgrad bleibt nach einer anfänglichen Hochphase von über 92% schließlich auf etwa 83% stabil und ist damit 15 Prozentpunkte höher als im Basisszenario (s. Abbildung 57).

Die Erhöhung des Fördersatzes stellt demnach ein sehr effektives Instrument dar, Probleme der kanalgebundenen Entsorgung zu verhindern oder zu vermindern. Da erhebliche Fördermittel der öffentlichen Hand nötig werden, liegen die einwohnerspezifischen Gesamtkosten 2004 10%, 2020 sogar 20% (mit weiter steigender Tendenz) über denen des Basisszenarios (s. Abbildung 58). Da Investitionen immer auch von den Gemeinden bzw. den Gebührenzahlern kofinanziert werden müssen, können umfangreiche Investitionen trotz Förderung zu einer erheblichen Belastung der Kommunen und Bürger führen. Daher ist die Festlegung von Vergaberichtlinien und Förderbedingungen wichtig, die etwa die Einhaltung von Grenzwerten hinsichtlich volkswirtschaftlicher Stückkosten oder einwohnerspezifischer Kosten oder die Überprüfung alternativer Entsorgungsvarianten verlangen.

**Abbildung 57: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei höherem Fördersatz mit dem Basisszenario**



**Abbildung 58: Vergleich der einwohnerspezifischen Jahreskosten nach Technologien bei erhöhtem Fördersatz mit dem Basisszenario**



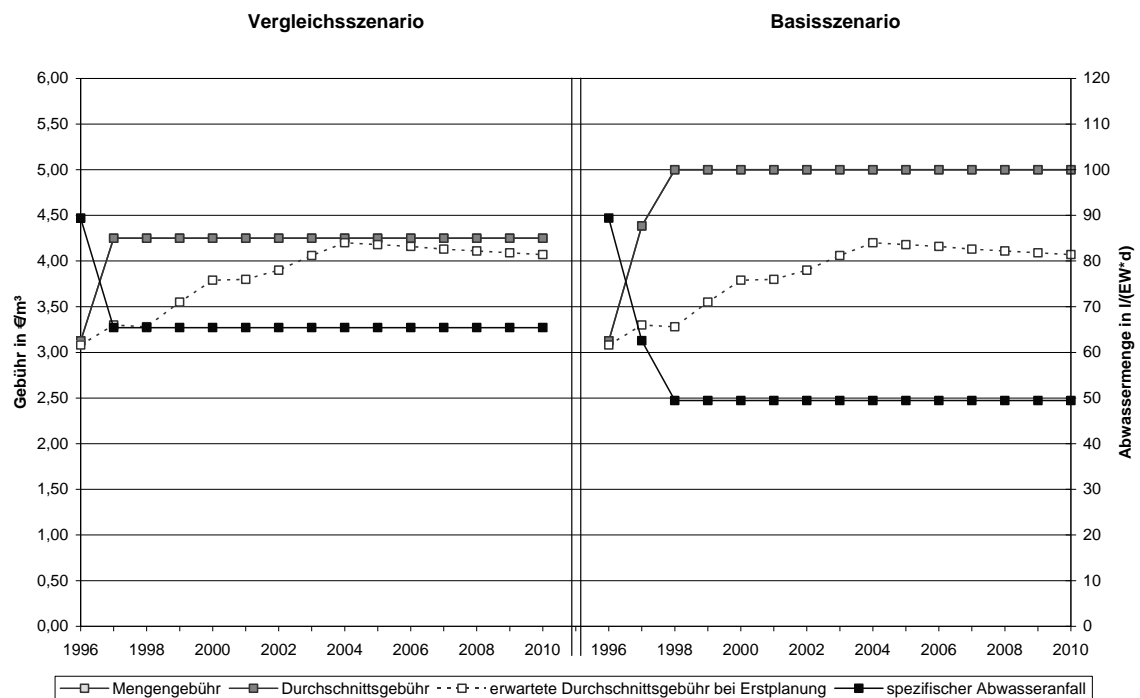
**5.4.2.6 Einfluss einer begrenzten Erhöhung des Gebührensatzes**

Steigende Gebühren bewirken bei hoher Preiselastizität eine positive Rückkopplung. Die Begrenzung des Anstiegs des Gebührensatzes ist daher eine Maßnahme, die den Abwärtstrend des



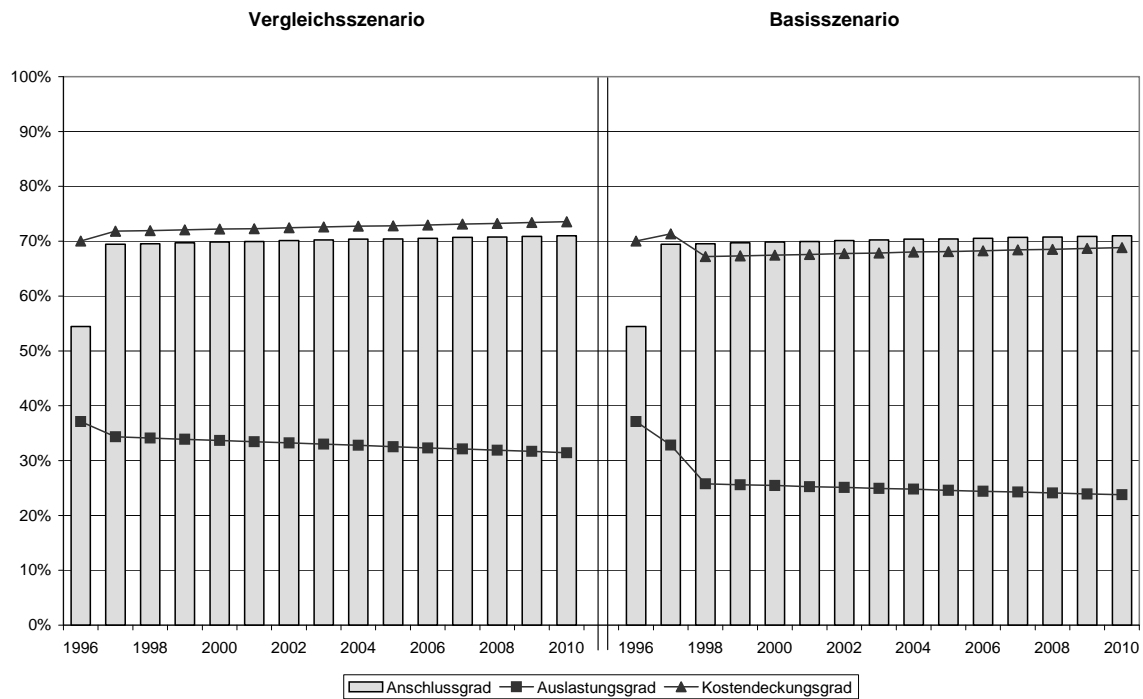
spezifischen Abwasseranfalls begrenzen und damit Defizite vermindern bzw. einen weiteren Anschluss von Siedlungen an die Kanalisation ermöglichen kann. Eine solche Begrenzung ist in der jetzigen Implementierung des Modells nur über die Bestimmung des sozialverträglichen Gebührensatzes möglich.<sup>44</sup> Dieser ist in Szenario 16 auf 4,25 €/m<sup>3</sup> festgelegt. In der Erstplanung ist wie auch im Basisszenario der Anschluss aller Siedlungsgebiete vorgesehen. In der Simulation wird hier jedoch bereits mit dem Anschluss der zweiten Siedlung der maximale sozialverträgliche Gebührensatz erreicht. Der spezifische Abwasseranfall geht dabei lediglich auf etwa 65 l/(EW\*d) zurück (s. Abbildung 59). Wie im Basisszenario stoppt die Kanalisierung mit der zweiten Siedlung. Aufgrund des weniger stark gesunkenen Abwasseranfalls kann jedoch ein höherer Auslastungsgrad und ein um fünf Prozentpunkte höherer Kostendeckungsgrad erreicht werden (Abbildung 60). Eine solche Strategie kann demnach positiv auf die kanalgebundene Entsorgung wirken, würde jedoch bedeuten, bewusst auf die Anhebung der Gebühren zu verzichten, obwohl die vermeintliche Grenze der Sozialverträglichkeit der Gebühren noch nicht erreicht ist.

**Abbildung 59: Vergleich von Gebührensatz und spezifischem Abwasseranfall bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz mit dem Basisszenario**



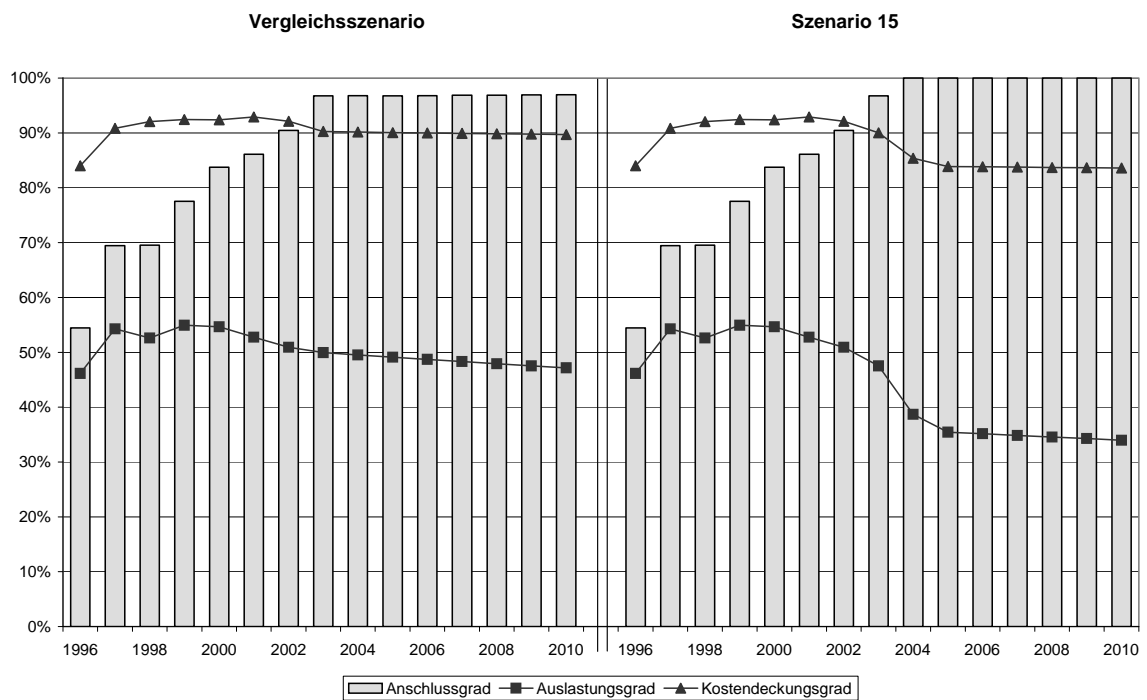
<sup>44</sup> Die Verringerung des sozialverträglichen Gebührensatzes kann dazu führen, dass bereits in der Erstplanung ein geringerer Anschlussgrad vorgesehen wird, so dass die Szenarien nicht mehr vergleichbar sind. In einer Erweiterung des Modells wäre es daher sinnvoll, zwei Parameter einzuführen, von denen der eine einen Gebührensatz für die Planung, der andere einen nach Inbetriebnahme der kanalgebundenen Entsorgung tatsächlich akzeptierten Gebührensatz darstellt.

**Abbildung 60: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz mit dem Basisszenario**

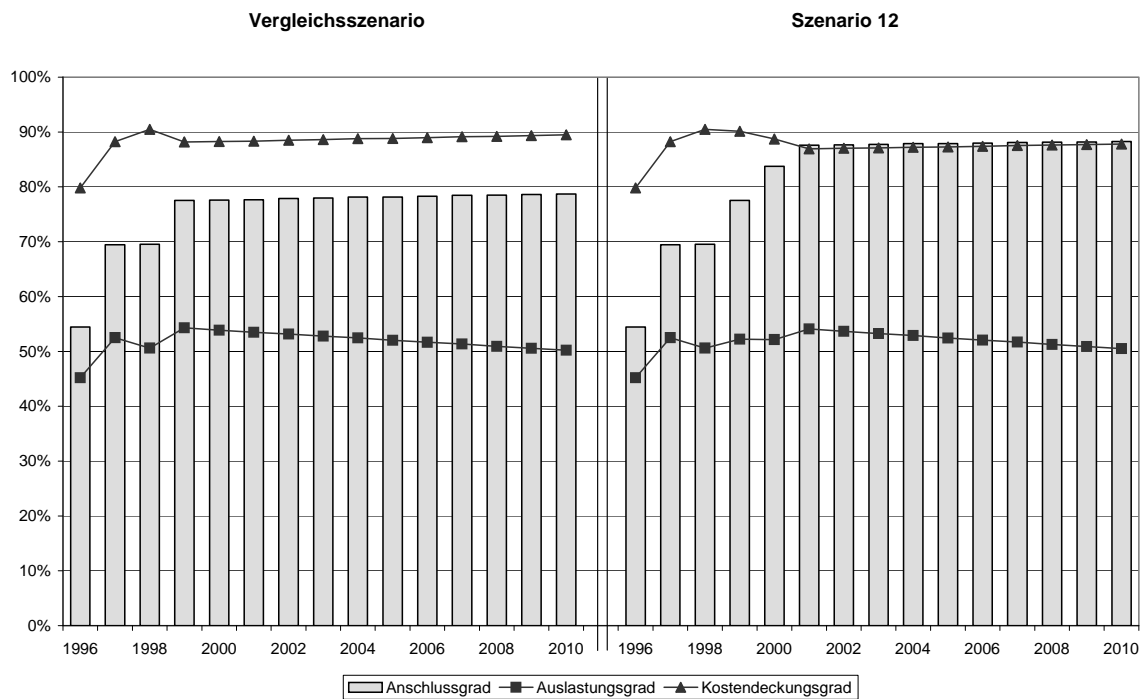


Eine Begrenzung der möglichen Steigerung der Gebühren kann jedoch abhängig von den Rahmenbedingungen unterschiedliche Wirkungen erzeugen. Beispielsweise ist in Szenario 17 bei einem Fördersatz von 80% ein sozialverträglicher Gebührensatz von 4 €/m<sup>3</sup> festgelegt. Die Simulation erzeugt im Vergleich zu Szenario 15 mit einem ebenfalls 80%-igen Fördersatz bei einem sozialverträglichen Gebührensatz von 5 €/m<sup>3</sup> deutlich höhere Auslastungsgrade und Kostendeckungsgrade trotz eines leicht verringerten Anschlussgrades (s. Abbildung 61). Szenario 18 zeigt, dass sich die Begrenzung des sozialverträglichen Gebührensatzes auch deutlich negativer auswirken kann. Hier ist wie in Szenario 16 der sozialverträgliche Gebührensatz auf 4,25 €/m<sup>3</sup> festgelegt, die Preiselastizität der Wohneinheiten jedoch mit -0,15 bei einer Ausgangsgebühr von 1,50 €/m<sup>3</sup> geringer. Im Vergleich mit dem entsprechenden Referenzszenario bei gleicher Preiselastizität und höherem sozialverträglichem Gebührensatz von 5 €/m<sup>3</sup> (Szenario 12) fällt bei einem nur geringfügig höheren Kostendeckungsgrad der Anschlussgrad deutlich geringer aus (Abbildung 62). Daher ist die Zweckmäßigkeit einer bewussten Absenkung des Gebührensatzes vor und während der Umsetzung genauer zu untersuchen. Die Kostenstruktur der kanalgebundenen Abwasserbeseitigung sowie die Preiselastizität der Wohneinheiten können die Wirkung dieser Maßnahme unter Umständen in eine ungewünschte Richtung lenken.

**Abbildung 61: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz und erhöhtem Fördersatz mit einem Szenario mit erhöhtem Fördersatz**



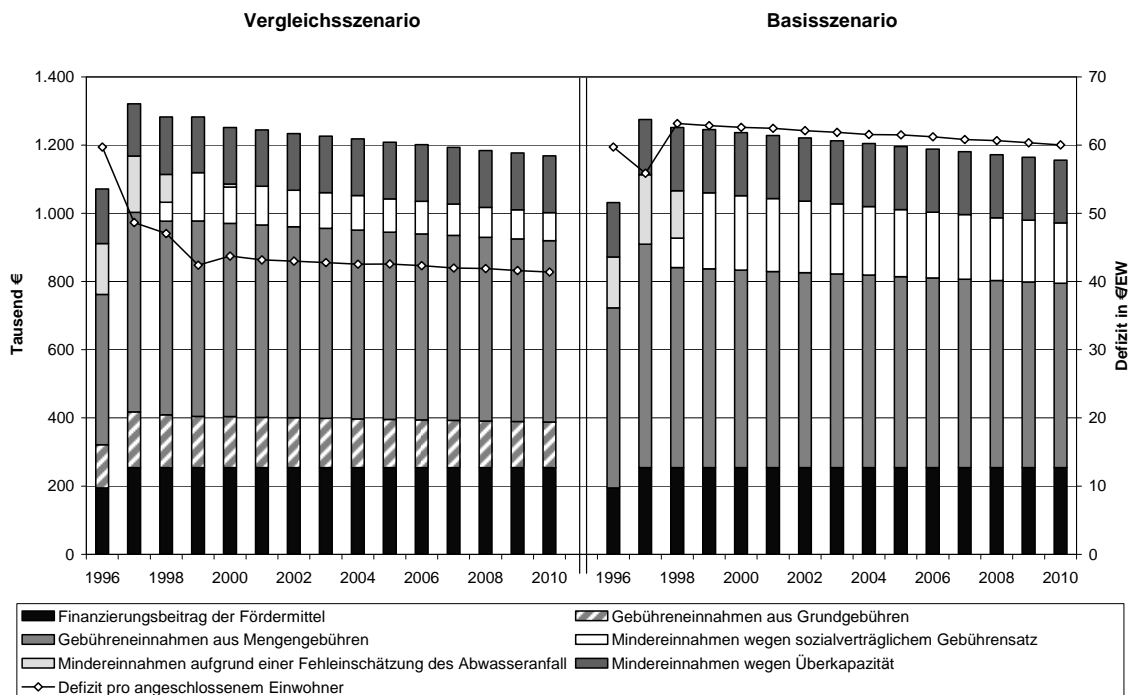
**Abbildung 62: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei verringertem sozialverträglichem Gebührensatz und verringerter Preiselastizität mit einem Szenario mit verringerter Preiselastizität**



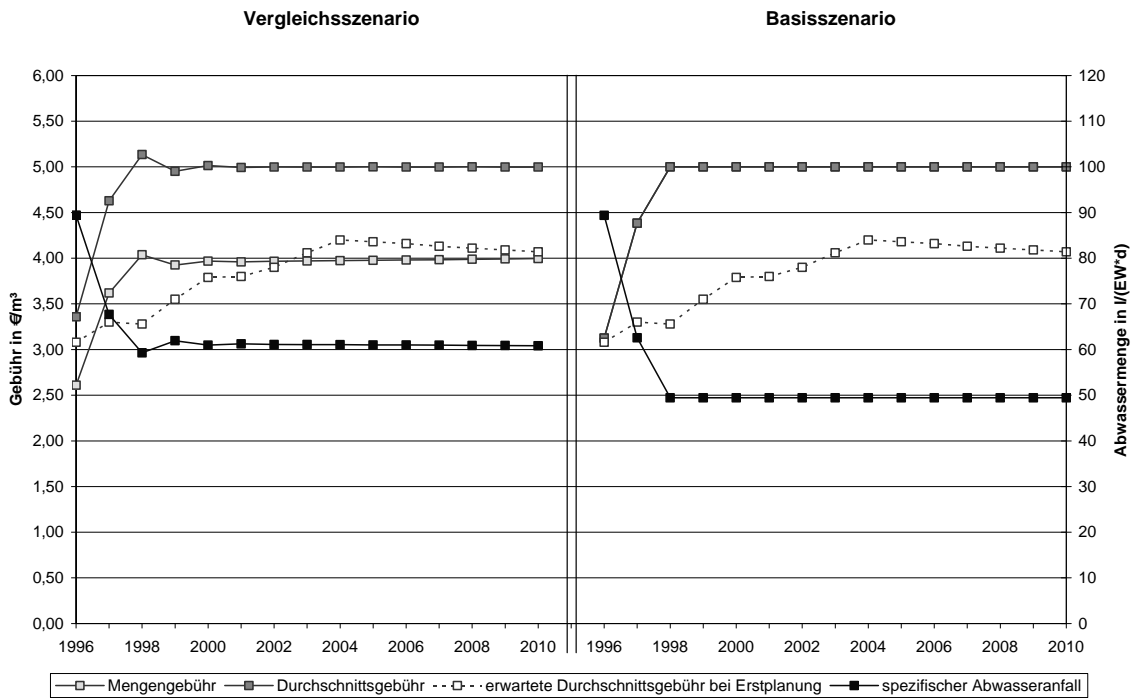
### 5.4.2.7 Einfluss der Erhebung von Grundgebühren

Die Erhebung von Grundgebühren ist eine weitere Möglichkeit, den Rückgang des spezifischen Abwasseranfalls zu begrenzen. Grundgebühren erzeugen einen geringeren Sparanreiz für die Wohneinheiten, da ein Teil des Abwasserpreises nicht durch eine Verringerung des Abwasseranfalls beeinflusst werden kann. Sie können in dem Umfang erhoben werden, wie sie zur Deckung der Fixkosten nötig sind. In Szenario 19 werden 20% der Fixkosten durch Grundgebühren erhoben. Diese betragen zunächst etwa 120 € pro Wohneinheit und gehen bis zum Ende der Simulation auf etwa 70 € pro Wohneinheit zurück. Dadurch können etwa 11 bis 12 Prozent der Gesamtkosten gedeckt werden (s. Abbildung 63). Die verbrauchsabhängige Mengengebühr kann auf diese Weise auf etwa 4 €/m<sup>3</sup> gesenkt werden (s. Abbildung 64). Da die Durchschnittsgebühr ebenso wie im Basisszenario bei etwa 5 €/m<sup>3</sup> liegt, beträgt der Anteil der Grundgebühr an der Durchschnittsgebühr etwa 20%, was eine realistische Größenordnung ist (vgl. Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft 2001). Bei dieser Gebührenstruktur sinkt der spezifische Abwasseranfall nur auf gut 60 l/(EW\*d) statt auf unter 50 l/(EW\*d) wie im Basisszenario. Auslastungsgrad und insbesondere Kostendeckungsgrad liegen deutlich über denen des Basisszenarios (s. Abbildung 65). Das Defizit pro angeschlossenen Einwohner ist bei gleichem Anschlussgrad deutlich geringer. Grundgebühren stellen daher eine sinnvolle Möglichkeit dar, den Rückgang des Abwasseranfalls zu verringern und damit die Wirtschaftlichkeit der kanalgebundenen Entsorgung zu verbessern. Jedoch kommt es bei Erhebung von Grundgebühren zu einer höheren Jahresbelastung der angeschlossenen Einwohner, da der Abwasseranfall in geringerem Maße zurückgeht.

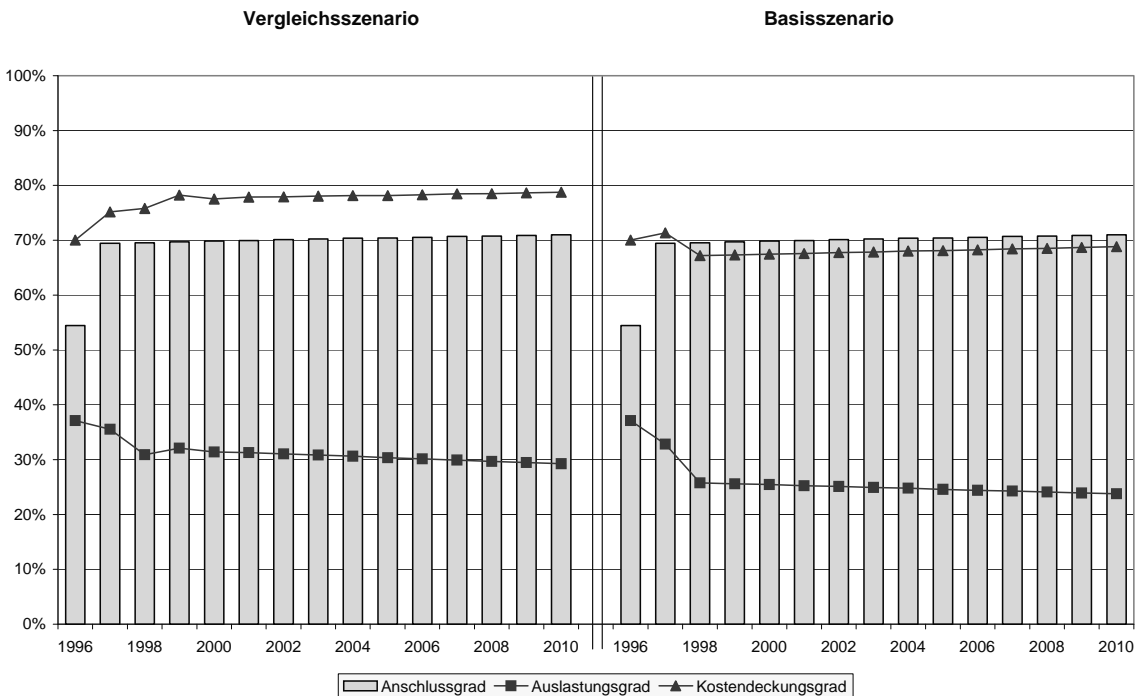
**Abbildung 63: Vergleich der Kosten und Mindereinnahmen der kanalgebundenen Entsorgung bei Erhebung von Grundgebühren zur Deckung von 20% der Fixkosten mit dem Basisszenario**



**Abbildung 64: Vergleich von Gebühren und spezifischem Abwasseranfall bei Erhebung von Grundgebühren zur Deckung von 20% der Fixkosten mit dem Basisszenario**



**Abbildung 65: Vergleich von Anschlussgrad, Auslastungsgrad und Kostendeckungsgrad bei Erhebung von Grundgebühren zur Deckung von 20% der Fixkosten mit dem Basisszenario**



### 5.4.3 Zusammenfassung der Szenarien

Im Anschluss an diese detaillierte Vorstellung der einzelnen alternativen Szenarien erfolgt nun eine zusammenfassende Darstellung. Die Ergebnisse der Szenarien und die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen sind in Tabelle 30 im Überblick dargestellt. Sie ist innerhalb der zwei Ebenen der dezentralen und der zentralen Abwasserbeseitigung untergliedert nach thematischen Blöcken entsprechend der Untersuchungsfragen der jeweiligen Szenarien.

**Tabelle 30: Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse und Handlungsempfehlungen der alternativen Szenarien**

| Szenarioergebnisse                       |   | Handlungsempfehlungen   |
|--|---|---|
| <b>Entwicklung auf dezentraler Ebene</b> |   |   |
| Präferenzstruktur der Wohneinheiten      | Szenario 2: erhöhter Kostendruck  |   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investitionskosten als Investitionsbarriere; dadurch verzögerte Außerbetriebnahme auch von kostenintensiven Anlagen</li> <li>- verstärkte Bedeutung mechanischer Anlagen und schlecht gewarteter Anlagen</li> <li>- höherer Aufwand für Sanierungsanordnungen</li> </ul>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonung von Einsparpotenzialen und Amortisationszeiträumen bzw. realen Jahreskosten unter Zinsfinanzierung</li> <li>- Förderung von Investitionskosten</li> <li>- Entwicklung von Finanzierungs- und Betreibermodellen</li> </ul> |
|  | Szenario 3: erhöhtes umweltbezogenes Engagement   |   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Investitionen unabhängig von Rentabilität</li> <li>- zeitliches Vorziehen von Investitionen</li> <li>- geringerer Aufwand für Sanierungsanordnungen</li> <li>- höherer Anteil von Anlagen mit guter Reinigungsleistung</li> <li>- erhöhte durchschnittliche einwohnerspezifische Kosten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betonung ökologischer Argumente (mangelnde Ordnungsmäßigkeit existierender Anlagen, Ablauffrachten von Investitionsalternativen), insbesondere bei geringer Rentabilität von Investitionen</li> </ul>                              |
| Externe Einflüsse                        | Szenario 4: verringerte Wahrnehmung technologischer Entwicklungen (erhöhter Imitationsschwellenwert)  |   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- verzögerte und in ihrem Ausmaß geringfügigere Reaktion auf Veränderung von Rahmenbedingungen</li> <li>- höhere spezifische Jahresbelastung</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Förderung der Wahrnehmung technologischer Entwicklungen</li> <li>- Beratung hinsichtlich Kosten- und Umweltgesichtspunkten insbesondere bei Imitatoren</li> </ul>  |
|  | Szenario 5: frühzeitige Bekanntmachung rechtlicher Veränderungen  |   |
| Externe Einflüsse                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- verringerte Investitionen in veraltete Technologien</li> <li>- geringerer Aufwand für Sanierungsanordnungen</li> <li>- höherer Reinigungsgrad</li> <li>- geringere Kosten für Ersatzinvestitionen</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- frühzeitige Bekanntmachung rechtlicher Veränderungen</li> <li>- insbesondere vor Beginn neuer Investitionsphasen</li> <li>- intensive Beratung von Imitatoren</li> </ul>   |
|  | Szenario 6: Verzicht auf Sanierungsanordnungen  |   |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- geringe Auswirkungen auf Investitionstätigkeit, wenn Investitionen aus anderen Gründen erfolgen (insbes. Kostengründe)</li> <li>- verringerte Investitionstätigkeit, wenn</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bevorzugung anderer Maßnahmen statt Sanierungsanordnungen, wenn Investitionen aus anderen Gründen attraktiv</li> <li>- Sanierungsanordnungen unverzichtbar, wenn Investition finanziell unattraktiv ist</li> </ul>                 |

|   |  |  |
|---|--|--|
|   | <p>Investition finanziell nachteilig</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine vollständige Außerbetriebnahme nicht mehr ordnungsgemäßer Anlagen</li> </ul>   | oder kurzfristig erfolgen soll   |
|   | Szenario 7: frühzeitige Information über endgültiges Abwasserbeseitigungskonzept (keine Umplanung)   |  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- frühzeitigere Investitionen bzw. Außerbetriebnahme veralteter Anlagen</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Abwägung zwischen Fehlinvestitionen der Wohneinheiten, wenn zunächst kleines Anschlusskonzept später ausgeweitet wird, und Verhinderung von Investitionen, wenn zunächst umfassendes Konzept später eingeschränkt wird</li> <li>- frühzeitige, glaubwürdige und umfassende Informationen über Änderungen des Abwasserbeseitigungskonzeptes</li> <li>- Information über rentable private Investitionen bei bevorstehendem Anschluss</li> </ul> |
| <b>Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung</b> |  |  |
| Ursachen der Problematik                          | Szenarien 8 und 9: korrekte Bevölkerungsprognose und gleich bleibende Bevölkerung  |  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfluss der Fehlprognosen gering, da nur Auswirkungen auf Kapazität der Kläranlage</li> <li>- Schwankungsbereich der Bevölkerungsentwicklung insgesamt relativ gering, daher negative Auswirkungen vorhanden, aber nur zu einem relativ geringen Teil für Gesamtproblematik verantwortlich</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Betrachtung der Auswirkungen alternativer Bevölkerungsentwicklungen auf die Kostenstruktur der kanalgebundenen Entsorgung</li> <li>- Ermittlung robuster Anschlussplanungen unter Abwägung der Folgen von Überkapazitäten oder späteren Erweiterungen von Anlagen</li> </ul>  |
|   | Szenarien 10, 11 und 12: geringere Fehleinschätzung des spezifischen Abwasseranfalls und geringere Preiselastizität  |  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfluss der Fehlprognose gering, da nur Auswirkungen auf Kapazität der Kläranlage</li> <li>- Einfluss der tatsächlichen Dynamik des spezifischen Abwasseranfalls groß</li> <li>- Schwankungsbereich des spezifischen Abwasseranfalls deutlich höher als bei Bevölkerungsentwicklung, dadurch größere Relevanz für Gesamtproblematik</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- umfassende Betrachtung der Auswirkungen alternativer Werte des spezifischen Abwasseranfalls auf die Kostenstruktur der kanalgebundenen Entsorgung</li> <li>- Ermittlung robuster Anschlussplanungen unter Abwägung der Folgen von Überkapazitäten oder späteren Erweiterungen von Anlagen</li> </ul>  |
|   | Szenario 13: stärker verdichtetes Entsorgungsgebiet (geringere Kanalisationslängen)  |  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Problematik im stärker verdichteten Raum weniger ausgeprägt, jedoch ebenfalls existent</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- besonders gründliche Kostenbetrachtungen im gering verdichteten Raum aufgrund hoher Kanalisationslängen</li> <li>- auch im stärker verdichteten Raum Kostenbetrachtung erforderlich</li> </ul>  |
| Handlungsbereich Kosten                           | Szenario 14: Beschränkung des Anschlusskonzeptes auf größere Orte  |  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- positive Wirkung sehr gering, da Einfluss beschränkt auf Kapazität der Kläranlage</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- pauschale Einschränkung des Anschlusskonzeptes auf größere Orte ohne Kostenbetrachtung nicht empfehlenswert</li> </ul>  |
|   | Szenario 15: Erhöhung der Förderquote  |  |
|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verzögerung des Rückgangs des Abwasseranfalls und des Gebührenanstiegs</li> <li>- deutlich verbesserte Entwicklung des Anschlussgrades und der finanziellen Parameter</li> <li>- erhöhte volkswirtschaftliche Kosten</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- hohe finanzielle Förderung der kanalgebundenen Entsorgung im ländlichen Raum erforderlich, um Aufbau des Systems unter sozialverträgliche Gebühren zu unterstützen</li> <li>- Vergaberichtlinien und Förderbedingun-</li> </ul>   |

|                                 |   |  |
|---------------------------------|---|--|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- keine Verhinderung der Gebührenspirale</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>gen hinsichtlich volkswirtschaftlicher Stückkosten oder einwohnerspezifischer Kosten</li> <li>- zur Minimierung der volkswirtschaftlichen Kosten Variantenvergleich mit alternativen Entsorgungstechnologien</li> </ul> |
| Handlungsbereich Abwasseranfall | Szenario 16, 17 und 18: Begrenzung des Gebührensatzes   |  |
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- gezielte Begrenzung des Gebührensatzes kann Verringerung des Abwasseranfalls begrenzen und damit Problematik verringern</li> <li>- positive oder negative Wirkung abhängig von Rahmenbedingungen wie Kostenstruktur und insbesondere Preiselastizität</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüfung der Begrenzung des Gebührensatzes als mögliches Instrument unter Berücksichtigung verschiedener Rahmenbedingungen, insbesondere der Preiselastizität</li> </ul>   |
|                                 | Szenario 19: Erhebung von Grundgebühren   |  |
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verringerung des Rückgang des Abwasseranfalls, dadurch Verbesserung der finanziellen Parameter der kanalgebundenen Entsorgung und evtl. des Anschlussgrades</li> <li>- geringere Möglichkeit der Bürger, individuelle Jahresbelastung zu reduzieren</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Erhebung von Grundgebühren zur Deckung des Fixkostenanteils</li> </ul>  |



---

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Arbeit war es, das Verständnis von den Zusammenhängen und Wechselwirkungen im System der Abwasserbeseitigung zu verbessern und dabei technische, ökonomische und ökologische Aspekte der Verbreitung von Innovationen im dezentralen Bereich und der damit zusammenhängenden Entwicklung der kanalgebundenen Entsorgung in einem integrierten Ansatz zu betrachten. Das entwickelte Modell soll bei Entscheidungsträgern als Lernwerkzeug eingesetzt werden können, um mögliche Entwicklungen und Managementoptionen zu verstehen, zu testen und zu bewerten. Die Erkenntnisse aus der Arbeit mit dem Modell und den Szenarien werden in Kapitel 6.1 nochmals zusammengefasst. Wie an verschiedenen Stellen in dieser Arbeit angesprochen, verbleiben noch Verbesserungsmöglichkeiten, die in Kapitel 6.2 nochmals kurz zusammengestellt werden. Der Praxiseinsatz des Modells mit realen Akteuren steht noch aus. Die Arbeit von Stakeholdern an und mit dem Modell ist ein entscheidender Aspekt, um die Aussagekraft und Anwendbarkeit des Modells zu testen und zu verbessern (Kapitel 6.3). Schließlich ist die Konzeption der Wirkungszusammenhänge und Parameter innerhalb des Modells zugeschnitten auf die Fallstudie. Eine Übertragung auf andere Regionen ist jedoch wünschenswert und wird daher in Kapitel 6.4 diskutiert.

### 6.1 Zusammenfassung der Simulationsergebnisse

Das Simulationsmodell ist in der aktuellen Version grundsätzlich in der Lage, die entwicklungsprägenden Phänomene der Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer abzubilden. Im Basisszenario kann die in ökologischer und ökonomischer Hinsicht unbefriedigende Entwicklung der Abwasserbeseitigung, die charakterisiert ist durch eine unvollständige Anpassung dezentraler Anlagen an den Stand der Technik und einen Abbruch des Ausbaus der öffentlichen Infrastruktur sowie hohe Kosten der öffentlichen Hand, nachvollzogen werden. Die Simulation zeigt plausible, zum Teil jedoch extreme Phänomene. Das Basisszenario und die alternativen Szenarien lassen die dabei wirksamen Faktoren erschließen und Handlungsempfehlungen ableiten:

Im Bereich der dezentralen Abwasserbeseitigung hat das Modell nachzeichnen können, dass sich verschiedene Präferenzen der Wohneinheiten in unterschiedlichem Investitionsverhalten ausdrücken. Die Veränderung von Rahmenbedingungen wie die Einführung der kostenpflichtigen mobilen Entsorgung oder die Änderung der rechtlichen Zulässigkeit von Technologien wirken sich je nach Präferenzstruktur unterschiedlich aus. Dies bedeutet, dass es zur Förderung der dezentralen Entwicklung unterschiedlicher, auf die Eigenarten der verschiedenen Typen sowie die Rahmenbedingungen abgestimmte Strategien bedarf. Da die empirische Datengrundlage für die Verteilung der Präferenzstruktur gering ist, können hier nur qualitative Aussagen getroffen werden. So sollte beispielsweise auch bei hoher Rentabilität von Investitionen ein Augenmerk auf die Relevanz der Investitionskosten gelegt werden, die bei hohem Kostendruck für manche Wohneinheiten ein Investitionshindernis darstellen könnten. Für diese Wohneinheiten ist eine Investitionsförderung und die Entwicklung von Finanzierungs- und Betreibermodellen eine wichtige Maßnahme. Für kostenbewusste Wohneinheiten mit ausreichenden finanziellen Ressourcen bietet eine Förderung lediglich einen Mitnahmeeffekt. Dennoch kann diese sinnvoll sein, um Nachahmungseffekte zu initiieren. Für Imitatoren ist insbesondere die ausreichende Kommunikation und Beratung hinsichtlich technologischer Entwicklungen und deren Verbrei-

tung am Markt von Relevanz, um die Investitionstätigkeit zu fördern und Fehlinvestitionen dieser Wohneinheiten zu vermeiden. Sind Investitionen finanziell nicht rentabel, liegt der Fokus neben Finanzierungsinstrumenten stärker auf der Betonung ökologischer Argumente und ordnungsrechtlicher Eingriffe wie Sanierungsanordnungen, ohne die die Umsetzung des technologischen Fortschritts bei allen Wohneinheiten unter diesen Umständen letztlich nicht möglich ist. Durch einen auf die Situation und die Bewohnerstruktur angepassten Einsatz der möglichen Maßnahmen und Instrumente kann die Entwicklung der dezentralen Abwasserbeseitigung und die Verbreitung technologischer Innovationen gezielt gefördert und gelenkt werden. Dazu gehört auch die frühzeitige Information über rechtliche und planerische Veränderungen, durch die Investitionsphasen ausgenutzt und Fehlinvestitionen verhindert werden können. Da im ländlichen Raum der neuen Bundesländer und darüber hinaus die dezentrale Abwasserbeseitigung zunehmend als Potenzial angesehen wird, deren ordnungsgemäße Umsetzung jedoch nicht unproblematisch ist, sollten die typischen Präferenzstrukturen der Bewohner der jeweiligen Regionen berücksichtigt und Maßnahmen darauf abgestimmt eingesetzt werden.

Die kanalgebundene Entsorgung setzt den Rahmen für die Entwicklung auf dezentraler Ebene. Die Entwicklung im ländlichen Raum der neuen Bundesländer zeigt, dass Probleme auftreten können, die die Abwasserbeseitigung als Gesamtsystem negativ beeinflussen. Die hier vorgestellten Szenarien machen deutlich, dass die Ursachen der Gebührenspirale, der finanziellen Misere der Entsorgungsträger und des Abbruchs des Ausbaus der zentralen Entsorgung nur bedingt in Fehlplanungen liegen. Zwar kann die Problematik durch die Annahme korrekter Planungsparameter verringert werden, dies ist jedoch nur in Grenzen möglich. Die tatsächliche Dynamik der Bevölkerungszahlen und des spezifischen Abwasseranfalls führt auch bei korrekten Prognosen zu erheblichen Problemen. Dabei ist die Bevölkerungsdynamik weniger relevant als die Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls, da letzteres einem deutlich größeren Schwankungsbereich unterliegt. Daher ist es von großer Bedeutung, diese möglichen Schwankungen bzw. die diesen zugrunde liegenden Bevölkerungsentwicklungen und insbesondere Preiselastizitäten als alternative Parameter bei der Erstellung des Abwasserbeseitigungskonzeptes zu berücksichtigen. Darauf basierend sind Anschlusskonzepte zu entwickeln, die unter verschiedenen Zukünften möglichst geringfügig problematische Entwicklungen erzeugen. Dabei ist abzuwägen zwischen den finanziellen Folgen umfassender Konzepte, die unter ungünstigen Bedingungen Überkapazitäten erzeugen, und zurückhaltenden Konzepten, die möglicherweise eine späterer Erweiterung der Infrastruktur nach sich ziehen.

Neben einer besseren Einschätzung der planungsrelevanten Parameter und der Entwicklung robuster Anschlusskonstellationen besteht ein weiterer Maßnahmenbereich darin, die Ursachen der Gebührenspirale außer Kraft zu setzen. Dazu gehören zum einen die Verringerung der Kosten der Infrastrukturerstellung, zum anderen Maßnahmen, die die Absenkung des spezifischen Abwasseranfalls der Wohneinheiten vermindern. Zur Verringerung der Kosten, die für die Gebührenermittlung relevant sind, bietet sich die großzügige Bereitstellung von Fördermitteln an. Die in den neuen Bundesländern zur Verfügung gestellten Fördermittel scheinen unter den Bedingungen des ländlichen Raumes nicht ausreichend zu sein, um die kostendeckenden Gebühren auf einem Niveau zu halten, das eine deutliche Absenkung des spezifischen Abwasseranfalls verhindert. Da Fördermittel jedoch erhebliche volkswirtschaftliche Kosten beinhalten und die Gefahr besteht, gesamtgesellschaftlich suboptimale Lösungen zu unterstützen, sollten diese an Förderbedingungen und Variantenvergleiche geknüpft werden. Zur Verringerung des Abfalls des spezifischen Abwasseranfalls scheint es unter bestimmten Rahmenbedingungen lohnens-

wert, bewusst auf die rechtlich mögliche Anhebung des Gebührensatzes zu verzichten. Je nach Kostenstruktur und Preiselastizität kann dies eventuell die Gebührenspirale aufhalten. Zum anderen bietet sich die Erhebung von Grundgebühren zur Deckung eines Teils der Fixkosten an. Grundgebühren erzeugen nicht oder in geringerem Umfang Sparanreize bei den Wohneinheiten, sodass dies ein relativ einfaches und effektives Mittel zur Stabilisierung des Systems darstellt.

## 6.2 Mögliche Verbesserungen des Modells

Die Verbesserung des Modells beinhaltet zum einen eine Verbesserung der Datenbasis, die die Simulationsergebnisse auf eine realistischere Grundlage stellt. Zum anderen fehlen in der jetzigen Implementierung einige Aspekte, die die Gesamtentwicklung je nach Ausprägung bestimmter Rahmenbedingungen stark beeinflussen können bzw. für die Bewertung anders gearteter Szenarien erforderlich wären. Drittens kann der Einfluss bestimmter Rahmenbedingungen und Maßnahmen besser bewertet werden, wenn diese nicht modell-intern ermittelt oder von vornherein als konstant vorgegeben werden, sondern während der Simulation von Modellanwender beeinflusst werden können. Diese Aspekte werden im Folgenden erläutert.

### 6.2.1 Verbesserung der Datenbasis

Das Modellkonzept beruht, wie in Kapitel 4 dargestellt, sowohl auf statistischen Daten und Literaturangaben als auch auf den Ergebnissen der Interviews mit Akteuren vor Ort. Diese Informationsgrundlagen reichen nicht immer aus, um die einzelnen Modellprozesse und Entscheidungsregeln ausreichend genau empirisch zu bestimmen. Wie Böhret et al. feststellen, sind bei der Modellbildung häufig weitere oder konkretisierende Annahmen des Modellentwicklers nötig (2000, S. 225). Dies gilt in dem hier entwickelten Simulationsmodell insbesondere für die Abbildung von Verhaltens- und Entscheidungsaspekten. Mit welchen Entscheidungsgrundlagen beispielsweise das Abwasserentsorgungskonzept aufgestellt wird, inwiefern Heuristiken oder detaillierte betriebswirtschaftliche Berechnungen Grundlage der Anschlussentscheidungen sind oder wie mit demographischen Unsicherheiten umgegangen wird – die Modellierung dieser Aspekte kann aus den bisherigen Interviews nur annäherungsweise abgeleitet werden. Der Entscheidungsprozess der einzelnen Wohneinheiten zur Investition in dezentrale Anlagen ist noch weniger empirisch fundiert, da diese Bevölkerungsgruppe nicht direkt befragt werden konnte. Das gleiche gilt für die Entwicklung des spezifischen Abwasseranfalls. Für diese und weitere Prozesse und Entscheidungsregeln kann eine Verbesserung der Datenbasis die Aussagekraft der Simulationsergebnisse deutlich erhöhen. Gerade für die umfangreiche Akteursgruppe der Wohneinheiten bieten sich Techniken der empirischen Sozialforschung, etwa mit standardisierten oder teilstandardisierten Fragebögen an. Mit Hilfe einer Befragung der Betreiber dezentraler Anlagen könnte konkretisiert werden, welche Rolle einzelne Aspekte bei der Investitionsentscheidung spielen. Bei den kleineren Akteursgruppen, v.a. den entsorgungspflichtigen Zweckverbänden kann neben quantitativen Verfahren auch eine Vertiefung oder Ausweitung der qualitativen Interviews erfolgen. So können stärker systematisierende Techniken der „mental model elicitation“ verwendet werden, mit deren Hilfe bereits im Gespräch mit den Interviewpartnern stärker auf formale Modellzusammenhänge und Modellregeln fokussiert werden kann. Hier sind in verschiedenen Forschungsprojekten bereits Techniken und Tools entwickelt und verwendet worden (vgl. etwa Lynam et al. 2002; Doyle et al. 1998). Über eine Verbesserung und Erweiterung der Befragungstechnik hinaus bietet eine stärkere Beteiligung der Akteure am Prozess der

Modellbildung die Möglichkeit, die Akzeptanz des Simulationsmodells und der dem Modell zu Grunde liegenden Regeln und Parameter bei den Akteuren und potenziellen Modellanwendern zu erhöhen. Dieser Aspekt wird in Abschnitt 6.3 näher thematisiert.

### **6.2.2 Inhaltliche Erweiterung**

Das jetzige Modellkonzept wurde entwickelt, um die Entwicklung der Abwasserbeseitigung, wie sie im ländlichen Raum der neuen Bundesländer seit der Wiedervereinigung bis heute zu beobachten war, besser verstehen und daraus Schlussfolgerungen für den weiteren Umgang mit der Problematik und ähnlich gelagerte Problemsituationen ableiten zu können. Abgesehen von den Aspekten, die zwar in der Modellkonzeption beschrieben, jedoch nicht implementiert sind (s. Kapitel 5.1), gibt es – wie teilweise bereits in den Kapiteln 4.4 bis 4.11 angedeutet – weitere Verbesserungs- und Erweiterungsmöglichkeiten. Die aus der Perspektive der Anwendungspotenziale bedeutendsten Aspekte seien hier nochmals kurz umrissen.

Ein entscheidender Aspekt ist die Berücksichtigung von Rückbau- und Erweiterungsoptionen der öffentlichen Infrastruktur. In seiner jetzigen Form stellt das Modell die Folgen einer zu optimistischen Prognose des zu erwartenden Abwasseranfalls dar. Aus der entstandenen Problematik lässt sich nicht zwangsläufig folgern, dass der Bau kleinerer Anlagen bei einer hohen Unsicherheit bezüglich des zu erwartenden Abwasseranfalls generell sinnvoller ist. Wird der Abwasseranfall unterschätzt, können hohe Kosten für die Erweiterung der Infrastruktur entstehen. Die fehlende Integration dieser Aspekte schränkt die Möglichkeit ein, gegenüber unsicheren zukünftigen Rahmenbedingungen robuste Strategien zu bestimmen. Hier fehlen jedoch bislang Informationen über die Kosten solcher Maßnahmen. Zudem müssten Entscheidungsregeln definiert werden, die dem emotionalen Charakter solcher Maßnahmen gerecht werden.

Zudem ist es in der bisherigen Modellversion nicht möglich, alle alternativen Anschlussvarianten modellintern zu ermitteln und zu vergleichen. Der Modellanwender muss vor Beginn der Simulation den Verlauf der potenziellen Kanalisation festlegen. Die Varianten ergeben sich aus den Konstellationen des Anschlusses von Siedlungsgebieten an diesen vorgegebenen Kanalisationsverlauf. Realistischerweise müssten für einen vollständigen Variantenvergleich verschiedene Kanalisationsverläufe geprüft werden. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn bestimmte Siedlungen aus dem Anschlussplan herausfallen, für die im bisherigen Netzplan dahinter liegenden Siedlungen jedoch alternative Anschlussmöglichkeiten bestehen. Zudem wäre auch der Bau mehrerer Gruppen- oder Einzelkläranlagen zu ermöglichen.

Ein zentraler Mechanismus des Modells ist die Bestimmung des spezifischen Abwasseranfalls der Wohneinheiten. Mit dem jetzigen Algorithmus führt eine extreme Abweichung der Durchschnittsgebühr von der Ausgangsgebühr (s. Kapitel 4.7.2) jedoch zu unrealistischen Werten. Dies könnte durch eine Anpassung der Preiselastizität an bereits erfolgte Veränderungen des spezifischen Abwasseranfalls verhindert werden (vgl. Kapitel 4.7.1). Zudem geht der Zweckverband in der jetzigen Version von einem konstanten spezifischen Abwasseranfall aus und kann daher Veränderungen nicht frühzeitig im Abwasserbeseitigungskonzept berücksichtigen. Die Funktionalität des Modells wäre dahingehend zu ändern, dass der Zweckverband selbst eine gewisse Preiselastizität der Wohneinheiten annehmen kann.

Ebenfalls unter den Aspekt der Diffusion fällt auch die langsame Verbreitung einer Oppositionshaltung sowie der öffentlichen Äußerung von Opposition gegenüber Gebühren und dem Anschluss an die Kanalisation. Dass alle Wohneinheiten lediglich in Abhängigkeit vom tatsäch-

lichen Gebührenniveau sofort ihre Oppositionshaltung äußern (s. Kapitel 4.8.1), ist eine deutliche Vereinfachung der realen Zusammenhänge. Tatsächlich dürfte Opposition erst allmählich über bestimmte Wortführer und Organisationsformen wie Bürgerinitiativen öffentlich wirksam werden. Zudem dürfte auch das Wissen über Anschlusspläne des Zweckverbandes sowie die damit verbundenen Gebühren über einen Diffusionsprozess verbreitet werden. Schließlich wäre auch ein Abflauen der Opposition denkbar, wenn diese beim Zweckverband keine Wirkung zeigt.

### **6.2.3 Interaktivität**

In der jetzigen Implementierung des Simulationsmodells müssen die Parameter bereits vor Beginn des Simulationslaufes festgelegt werden. Ein Eingreifen während der Simulation ist nicht möglich. Der Modellanwender muss daher bereits vor der Simulation das Verhalten der Agenten für den gesamten Simulationsverlauf antizipieren. Die Einführung von Eingriffsmöglichkeiten während des Simulationsverlaufs ist eine sinnvolle Erweiterungsmöglichkeit des Modells, mit deren Hilfe die bereits in Kapitel 1.3.2 erläuterten Lerneffekte von Simulationsmodellen beim Modellanwender gestärkt werden kann. Damit würde das Modell zu einem Planspiel werden, bei dem der oder die Spieler miteinander bzw. mit der simulierten Umwelt interagieren. Die Spieler würden herausgefordert, situationsabhängig zu reagieren und Verhaltensweisen und Strategien anzupassen, um in das Geschehen einzugreifen und die Entwicklung zielgerichtet zu steuern. Die Auswirkungen dieser Aktivitäten auf die jeweils relevanten Outputgrößen könnten direkt beobachtet werden. Dabei entstehen dynamische Szenarien, die „Ausdruck personenspezifischer Denk-, Entscheidungs- und Kommunikationsfähigkeiten“ sind (Buerschaper 2000, S. 147). Solche interaktiven Simulationen wurden bereits für verschiedene Anwendungen entwickelt, so beispielsweise für das Bildungswesen, die Regional- und Städteplanung sowie das Verkehrswesen (vgl. Böhret et al. 2000, S. 213; weitere Beiträge in Herz et al. 2000). Für den Wasserbereich wurden beispielsweise in jüngerer Zeit zwei verschiedene agenten-basierte Planspiele im von der EU geförderten Projekt „freshwater integrated resource management with agents“ entwickelt (vgl. Firma (website)).

## **6.3 Beteiligung von Stakeholdern bei der Modellerstellung und -anwendung**

Die Konzipierung und Implementierung eines Simulationsmodells beinhaltet trotz aller Bemühungen um eine adäquate Datenbasis immer auch subjektive Entscheidungen. Gemäß der in Kapitel 1.3.2 gegebenen Definition eines Modells nach Geuting (2000, S. 30) stellt dieses immer ein vereinfachtes Abbild der Wirklichkeit dar, bei dem auf bestimmte Merkmale fokussiert wird. Die Modellbildung beinhaltet daher immer auch die Entscheidung des Modellierers, wo die Systemgrenzen gezogen und welche Aspekte außer Acht gelassen werden. Solche Entscheidungen müssen fundiert getroffen werden, entbehren aber dennoch nicht einer gewissen Subjektivität (vgl. Klopogge et al. 2002; Casti 1997). Dies gilt auch dann, wenn die Modellregeln aus Interviews mit den relevanten Akteuren und zukünftigen Modellanwendern abgeleitet werden. Denn solche Interviewaussagen sind häufig uneindeutig und in Bezug auf konkrete Modellregeln interpretationsbedürftig und lückenhaft (vgl. Vennix 1996, S. 58; Hukkinen 1999, S. 44). Die Simulationsergebnisse sind daher immer unter diesem Gesichtspunkt der Subjektivität zu bewerten. Die Ambivalenz zwischen der Subjektivität des Simulationsmodells und dem objekti-

ven Erscheinungsbild der Simulationsergebnisse kann ein Grund dafür sein, dass Simulationsmodelle von Entscheidungsträgern nur zurückhaltend eingesetzt werden (vgl. Böhret et al. 2000, S. 213, 225). Um das Vertrauen der zukünftigen Modellanwender in das Simulationsmodell zu erhöhen und die Modellregeln zu überprüfen, bietet sich eine stärkere Einbeziehung der Akteure in den Prozess der Modellbildung an. Die Konzipierung des Modells kann in einem diskursiven Prozess, einem ‚group model building‘ erfolgen, bei dem Entscheidungen hinsichtlich der abzubildenden Aspekte und der Modellregeln gemeinsam getroffen werden. Dies erhöht die Legitimität und gleichzeitig auch die Validität der Modellregeln (vgl. Böhret et al. 2000, S. 227; Vennix 1996, S. 58 f.).

Ein weiteres Ziel einer stärkeren Einbeziehung von Akteuren in einen diskursiven Prozess der Modellbildung ist die Erhöhung des Lerneffektes. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Komplexität eines Systems besser verstanden und nachvollzogen werden kann, wenn die Modellanwender diese Zusammenhänge nicht nur im fertigen Modell präsentiert bekommen, sondern selbst erarbeiten. “[M]ost insights are gained *during* rather than after the model-building process. Hence, the persons who build the models will learn most” (Vennix 1996, S. 98). Ein solch intensiver Partizipationsprozess stellt auch sicher, dass das Modell auf die konkrete Fragestellung der Modellanwender zugeschnitten ist. Im Kontext der Modellbildung kann darüber hinaus ein intensiver Diskussions- und Austauschprozess zwischen den beteiligten Akteuren angeregt werden, der die Entwicklung eines gemeinsamen Problemverständnisses, die Wahrnehmung und Akzeptanz verschiedener Sichtweisen und die Entwicklung konstruktiver Problemlösungen beinhaltet. Der Modellbildungsprozess wird damit zu einem Prozess sozialen Lernens. Dies erhöht die ‚model ownership‘ und die Wahrscheinlichkeit, dass die gewonnenen Erkenntnisse tatsächlich in die Umsetzung von Problemlösungen münden (vgl. Vennix 1996, S. 98; Böhret et al. 2000, S. 227; Pahl-Wostl 2002).

In Bewusstsein dieser Vorteile war zunächst auch in der Fallstudienregion ein intensiverer partizipativer Modellbildungsprozess vorgesehen. Dass dies im Rahmen dieser Arbeit nicht möglich war, hat verschiedene Gründe, unter denen die besondere politische Sensibilität des Themas von herausragender Bedeutung zu sein scheint (s. dazu Panebianco et al. 2004). Dennoch haben die Akteure vor Ort durchaus Interesse an den Ergebnissen der Simulation bekundet, so dass es möglich erscheint, das Modell mit den Akteuren vor Ort zu diskutieren und für eigene Szenarien zur Verfügung zu stellen. Dabei sollte die Validität der Modellregeln und die Aussagekraft des Modells zur Diskussion gestellt werden. In diesem Rahmen wäre es auch möglich, eine über die konkrete Modellgestaltung hinausgehende Diskussion über die aktuelle Bewertung der Problematik, die Gewichtung von Einflussfaktoren sowie mögliche Lösungsstrategien anzuregen.

Bei einer möglichen Übertragung und Anwendung des hier entwickelten Modells in anderen Regionen sollte der Gestaltung eines umfassenderen partizipativen Prozesses ein größeres Gewicht beigemessen werden. Die Modellregeln und -strukturen müssen in dem neuen Kontext ohnehin überprüft und angepasst werden, so dass auch hier eine Beteiligung der Akteure notwendig ist. Die Tatsache, dass bestimmte Bestandteile des Modells bereits bestehen und mit einer gewissen Anpassung übernommen werden können, lässt möglicherweise Raum für ein stärkeres Engagement in Richtung einer partizipativen Modellentwicklung.

## 6.4 Übertragbarkeit und Anwendbarkeit in anderen Kontexten

Aus den Fehlentwicklungen im ländlichen Raum der neuen Bundesländer kann und sollte gelernt werden. Dies gilt sicherlich für Akteure in den Regionen, in denen die diskutierten Probleme bereits deutlich zutage getreten sind. Hier handelt es sich eher um eine Art Aufarbeitung auch als Grundlage für eine bessere Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren, die bisher aufgrund deutlich abweichender Sichtweisen über das Zustandekommen der Probleme Schwierigkeiten haben, konstruktiv und lösungsorientiert miteinander umzugehen. Dies gilt aber auch für andere Regionen, in denen die Akteure heute ebenso wie in der Fallstudienregion nach der Wiedervereinigung vor Entscheidungen stehen, die die Weichen für die zukünftige Entwicklung stellen. Dies ist, wie bereits in Kapitel 1.2 angedeutet, insbesondere für die Erweiterungsländer der Europäischen Union relevant. Hier finden sich häufig auch große gering verdichtete Gebiete, die durch eine geringe Ausstattung mit öffentlicher Infrastruktur sowie äußerst begrenzte finanzielle Ressourcen gekennzeichnet sind. Zudem bestehen große Unsicherheiten hinsichtlich der weiteren demographischen und industriellen Entwicklung und somit hinsichtlich der Entwicklung des Abwasseranfalls. In den letzten Jahren sind in einigen Regionen bereits Investitionen in den Aufbau eines zentralen Systems getätigt worden, zum Teil mit Hilfe finanzieller Unterstützung der Europäischen Union, mit fachlicher Beratung aus Deutschland und mit technischen Fähigkeiten und Anlagen westlicher Unternehmen. Diese Aktivitäten richten sich sicher (noch) nicht vordringlich auf den ländlichen Raum. Es ist aber zu vermuten, dass zum einen weniger dicht besiedelte Gebiete im Umkreis von größeren Städten in die Planungen mit einbezogen werden und dass zum anderen eine Ausweitung des zentralen Systems der Abwasserbeseitigung in die Fläche erwogen wird, sobald in größeren und industriell geprägten Städten die öffentliche Infrastruktur weitgehend fertig gestellt ist. So zeigen sich etwa in ländlichen Gebieten Polens nach Glanowska-Keller (1999) bereits Ende der 1990er-Jahre Tendenzen in den Diskussionen und Planungen, die darauf schließen lassen, dass sich die Abwasserbeseitigung schwerpunktmäßig in eine zentrale Richtung entwickelt. Dies ließe Fehlentscheidungen befürchten, die insbesondere aus dem Fehlen eindeutiger Rechtsvorschriften, aus mangelnden Erfahrungen über Planung, Bau und Betrieb kleiner Kläranlagen bei Planern, Bauherren und Betreibern sowie aus Schwierigkeiten bei der Abschätzung der zu erwartenden Abwassermenge und -beschaffenheit resultierten. So schwankte beispielsweise der spezifische Wasserverbrauch in diesen Gebieten Ende der 1990er-Jahre zwischen 83 und 260 l/(EW\*d). Gerade in solchen Regionen scheint es daher besonders wichtig, die Fehler der neuen Bundesländer nicht zu wiederholen und das zentrale System der Abwasserbeseitigung nicht ohne Berücksichtigung der Besonderheiten und Unsicherheiten auf den ländlichen Raum zu übertragen. In diesem Zusammenhang kann ein solches Simulationsmodell, wie es in dieser Arbeit entwickelt wurde, als Lernwerkzeug eingesetzt werden, das den Entscheidungsträgern vor Ort die möglichen Problematiken und Unsicherheiten vor Augen führt.

Das hier entwickelte Simulationsmodell ist auf die Situation in der Fallstudienregion zugeschnitten. Eine Übertragung auf andere Regionen sollte daher nur mit Bedacht erfolgen. Dabei ist nicht nur die räumliche Struktur anzupassen, was durch die Verwendung des SzenarioEditors (s. Kapitel 5.1) relativ einfach ist, sondern es sind auch Verhaltensregeln und Modellstrukturen zu überprüfen. Abweichungen in der rechtlichen Grundlage können beispielsweise die Erhebung von Gebühren beeinflussen. Solche Veränderungen, insbesondere wenn sie die grundsätzliche Modellstruktur betreffen, erfordern eine Umprogrammierung und sind daher relativ aufwendig (vgl. Böhrer et al. 2000, S. 213). Dennoch bietet das hier entwickelte Modell eine gute

Grundlage für eine Anwendung in anderen Regionen. Zum einen kann das bestehende Modell durch die Veränderung einzelner Modellkomponenten angepasst werden. Einzelne Programmbestandteile können dabei, sofern sich nur interne Berechnungen verändern, erhalten bleiben und als Module in das neu gestaltete Modell integriert werden. Zum anderen kann das hier bestehende Modell in seiner jetzigen Form verwendet werden. Auch wenn möglicherweise die Problemlagen etwas anders geartet sind, kann ein solches Modell doch Diskussionen über die im konkreten Fall zu berücksichtigenden Unsicherheiten anregen. Welche der beiden Möglichkeiten gewählt wird bzw. inwiefern eine völlige Neuentwicklung eines Modells nötig ist, hängt im Einzelfall von dem Grad der Abweichungen und den zur Verfügung stehenden Ressourcen ab.



---

## Literaturverzeichnis

- AMT FÜR STATISTIK BERLIN-BRANDENBURG (2006): Bevölkerung des Landes Brandenburg 1955-2005. <http://www.statistik.brandenburg.de/sixcms/detail.php/lbm1.c.222998.de> (10.03.2008).
- ABRAHAMSON, E. (1993): Institutional and competitive bandwagons: using mathematical modeling as a tool to explore innovation diffusion. *The Academy of Management Review* 18(3), S. 487-517.
- ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG, Ed. (1997): Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten. ATV- Arbeitsblatt - A 200.
- AGTHE, D.E.; BILLING, R.B. (1987): Equity, Price Elasticity, and Household Income Under Increasing Block Rates for Water. *American Journal of Economics and Sociology* 46(3), S. 273-286.
- AKTIONSBÜNDNIS FÜR EINE NACHHALTIGE (AB)WASSERWIRTSCHAFT IM LAND BRANDENBURG (2000), [http://home.t-online.de/home/ag-abwasser/Dokument/Aktionsbundnis/body\\_aktionsbundnis.htm](http://home.t-online.de/home/ag-abwasser/Dokument/Aktionsbundnis/body_aktionsbundnis.htm) (24.05.2002).
- ARNOLD, W. (1992): Gedanken des ganzheitlichen Umweltschutzes bei der Frage dezentraler Abwasserbeseitigung. In: Landesumweltamt Brandenburg: Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen. Tagungsbericht. Potsdam, S. 49-58.
- ARTHUR, W.B. (1999): Competing technologies and economic prediction. In: MacKenzie, D.; Wajcman, J.: *The Social Shaping of Technology*. Buckingham, Redwood Books, S. 106-112.
- ASAKAWA, T. (2004): List of factors (suggested and proven) that influence consumer behavior in relation to water consumption. Appendix to "Literature and Research Review of the Factors Affecting Consumer Behaviour in relation to Domestic Water Consumption for the FIRMA Model" - Working paper of the EU project "Freshwater Integrated Resource Management with Agents". <http://firma.cfpm.org/publications.html>. (12.04.2004).
- ATV-DVWK (2003): Leistungsvergleich kommunaler Kläranlagen 2003. [www.atv-dvwk.de/download/leistungsvergleich2003.pdf](http://www.atv-dvwk.de/download/leistungsvergleich2003.pdf) (27.04.2006).
- BARJENBRUCH, M.; AL-JIROUDI, D. (2004): Vergleich von Kleinkläranlagen - Ergebnisse vom Demonstrationsfeld in Dorf Mecklenburg. 5. Rostocker Abwassertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 133-148.
- BARKATULLAH, N. (2002): OLS and Instrumental Variable Price Elasticity Estimates for Water in Mixed-Effect Models Under a Multipart Tariff Structure. [www.londecon.co.uk/Publications/DEMD1.pdf](http://www.londecon.co.uk/Publications/DEMD1.pdf) (27.04.2006).
- BECKER, J. (1998): Die Zulässigkeit dezentraler Abwasserbehandlung. Eine verfassungsrechtliche Untersuchung. *Wasserrecht und Wasserwirtschaft* Nr. 36. Berlin, Erich-Schmidt Verlag.

- BERGER, C.; LOHAUS, J., et al. (o.J.): Zustand der Kanalisation in Deutschland. Ergebnisse der ATV-DVWK-Umfrage 2001. <http://www.dwa.de/download/kanalumfrage.pdf> (27.04.2006).
- BERGER, T. (2001): Agent-based Spatial Models Applied to Agriculture: A Simulation Tool for Technology Diffusion, Resource Use Changes and Policy Analysis. *Agricultural Economics* 25, S. 245-260.
- BIRLE, H. (1997): Kompaktkläranlagen für kommunale Abwässer. In: Dohmann, M.; Kölling, V.: Umweltqualitäten und Wirtschaften - Was wurde erreicht? Wo geht es hin? Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 19.3.-21.3.1997. Aachen, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, S. 28/1-28/11.
- BISCHOFBERGER, W.; TEICHMANN, H., et al. (2001): Abwassertechnik. In: Lecher, K.; Lühr, H.-P., et al.: Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Berlin, Parey, S. 899-987.
- BIZER, K.; LINSCHIEDT, B. (1999): Umweltabgaben in Nordrhein-Westfalen - Rechtfertigung und Wirkungen einer Landesabgabenpolitik. *Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht*(2), S. 215-241.
- BKC KOMMUNAL-CONSULT GMBH (1997): 5. Brandenburger Abwassertag. Betriebswirtschaftliche Einsparpotentiale bei der Wasserver- und Abwasserentsorgung in Brandenburg. Thema: Die Wirtschaftlichkeit von Investitionen - warten auf Fördermittel? Potsdam.
- BKC KOMMUNAL-CONSULT GMBH (2000a): 7. Brandenburger Abwassertag. Die dezentrale Abwasserbeseitigung. Thema: Standortfragen - Wirtschaftlichkeit - Technik. <http://www.bkc-kommunal-consult.de/fachvortraege/2000/2000-aw-tag-de.pdf> (29.08.2005).
- BKC KOMMUNAL-CONSULT GMBH (2000b): Aus der Betriebswirtschaft - Die Hauskläranlage als kostengünstige Alternative? Informationsbrief Trink- und Abwasser. Ausgabe Brandenburg. 01/2000, S. 2-4.
- BKC KOMMUNAL-CONSULT GMBH (2001): Aus der Betriebswirtschaft: Der Einfluss der Finanzierung auf die kostendeckenden Gebührenkalkulationen nach KAG. Informationsbrief Trink- und Abwasser. Ausgabe Brandenburg. 01/2001, S. 3-4.
- BKC KOMMUNAL-CONSULT GMBH (2002): Aus dem Kommunalrecht: Vom Land verordnete Gebührenerhöhung ab 2004? Informationsbrief Trink- und Abwasser. Ausgabe Brandenburg. 03/2002, S. 1-3.
- BÖHM, E.; HIESSL, H., et al. (1999): Effektivität und Effizienz technischer Normen und Standards im Bereich kommunale Abwasserentsorgung. *Korrespondenz Abwasser* 46(7), S. 1111-1121.
- BÖHM, E.; HIESSL, H., et al. (2002): Auswirkungen der Wassertechnologie-Entwicklungen auf Wasserbedarf und Gewässeremissionen im deutschen Teil des Elbegebietes. Karlsruhe, Fraunhofer Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung (unveröffentlicht).
- BÖHRET, C.; WORDELMANN, P. (2000): Planspiel als Methode der Fortbildung und als Entscheidungshilfe: Das computergestützte Planspiel TAU. In: Herz, D.; Blätte, A.: Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion. Münster, LIT, S. 207-230.

- BOLLER, R. (2004): Betriebsstörungen von marktüblichen Kleinkläranlagen. 5. Rostocker Abwassertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 201-213.
- BRAUN, I. (1994): Geflügelte Saurier. Zur intersystemischen Vernetzung großer technischer Netze. In: Braun, I.; Joerges, B.: Technik ohne Grenzen. Frankfurt am Main, Suhrkamp, S. 446-500.
- BRICKWEDDE, E.H.F. (2003): Förderung der DBU im Bereich Dezentrale Abwasserreinigung. Dezentrale Abwasserreinigung mal technisch, mal naturnah, ZUK Osnabrück, S. 1-4.
- BRINGEZU, S. (1998): Bewertung zentraler und dezentraler Abwasserbehandlungssysteme mit den Mitteln der Stoffflußanalyse. In: Wilderer, P.; Arnold, E., et al.: Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete. 27. Abwassertechnisches Seminar. München, S. 15-25.
- BRODTMANN, L.; KARRAS, J. (1991): Möglichkeiten zur Sanierung der Abwasserhältnisse bei den kommunalen und industriellen Direkteinleitern in die Oberflächengewässer der neuen Länder - kommunale Abwässer (Textband). Umweltbundesamt, Ed. Texte 31/91. Berlin.
- BRÖSEL, G. (1998): Organisation und Finanzierung der Abwasserbeseitigung. Matschke, M. J., Ed. Veröffentlichungen des Lehrstuhls für allgemeine Betriebswirtschaftslehre und betriebliche Finanzwirtschaft, insbesondere Unternehmensbewertung. Greifswald.
- BUCKSTEEG, K. (1992): Abwasserbeseitigung im ländlichen Raum. Eine kritische Betrachtung über Möglichkeiten und Grenzen der Verfahren. In: Landesumweltamt Brandenburg: Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen. Tagungsbericht. Potsdam, S. 15-20.
- BUERSCHAPER, C. (2000): Strategisches Denken beim Umgang mit komplexen Problemen. Computersimulierte Szenarien im Forschungs- und Trainingskontext. In: Herz, D.; Bläthe, A.: Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion. Münster, LIT, S. 145-180.
- BUNDESAMT FÜR BAUWESEN UND RAUMORDNUNG, Ed. (2002): INKAR - Indikatoren und Karten zur Raumentwicklung. Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG (BMBF), Ed. (2006): Nachhaltige Ver- und Entsorgung. Impulse aus der sozial-ökologischen Forschung. Berlin.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT, Ed. (1991): Ökologischer Aufbau. Leitfaden zur Abwasserbeseitigung. Bonn.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2005): Gewässerschutz. Statistik. Abwassergebühren. Entgeltbelastung der privaten Haushalte. <http://www.bmu.de/gewaesserschutz/doc/3145.php> (18.07.2005).
- BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN GAS- UND WASSERWIRTSCHAFT, Ed. (2001): Wasser Tarife 2001. Bonn.
- BUNDESVERBAND DER DEUTSCHEN GAS- UND WASSERWIRTSCHAFT; DEUTSCHE VEREINIGUNG FÜR WASSERWIRTSCHAFT ABWASSER UND ABFALL E.V. (o.J.): Abwasser: Marktdaten 2001. Ergebnisse der ATV-DVWK / BGW-Umfrage 2001.

- BUNDESVERBAND INTERESSENGEMEINSCHAFT DEZENTRALE ABWASSERBEHANDLUNG (o.J.): Nutzwasser statt Schmutzwasser. <http://www.nutzwasser.de/index.htm> (24.05.2002).
- BUNDESVERBAND INTERESSENGEMEINSCHAFT DEZENTRALE ABWASSERBEHANDLUNG (2000): Pressespiegel. Hungerstreik zu Ende, Land prüft Abwasserpreise. <http://www.nutzwasser.de/Pressespiegel/presse1.htm> (24.05.2002).
- BURSE, J. (2004): Quicksilver 1.2s. Adresse des Programmierers: Mühlegasse 15, 8001 Zürich, <http://www.xlog.ch/omonia/older.html>.
- BUSSE IS GMBH (WEBSITE): BUSSE MF. Kleinkläranlage mit Mikro-Filtration. <http://www.busse-gmbh.de/de/start.htm> (28.03.06).
- CAMES, M.; DOPFER, J., et al. (1999): Potentiale für Umweltentlastungen durch Abgaben auf Landesebene. Ergebnisse einer ökonomischen und ökologischen Wirkungsanalyse für das Bundesland Nordrhein-Westfalen. Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht(2), S. 243-270.
- CASTI, J.L. (1997): Can you trust it? On the Reliability of Computer Simulation and the Validity of Models. Complexity 2(5), S. 8-11.
- CATTIEN, C. (1998): Das Problem der Abwassergebühren in den neuen Bundesländern. Dargestellt am Beispiel des Landes Brandenburg Europäische Hochschulschriften Reihe 2, Rechtswissenschaft. Frankfurt am Main, u.a., Lang.
- COBURG, R.C.; STADTFELD, R., et al. (o.J.): Marktdaten Abwasser 2002. Ergebnisse der gemeinsamen Umfrage zu Abwasserentsorgung der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (ATV-DVWK) und dem Bundesverband der Deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW). [www.bundesverband-gas-und-wasser.de/bgw/abwasser/marktdaten.pdf](http://www.bundesverband-gas-und-wasser.de/bgw/abwasser/marktdaten.pdf) (25.11.2003).
- DALHUISEN, J.M.; FLORAX, R.J.G.M., et al. (2003): Price and Income Elasticities of Residential Water Demand: A Meta-Analysis. Land Economics 79(2), S. 292-308.
- DEFFUANT, G.; HUET, S., et al. (2005): An Individual-Based Model of Innovation Diffusion Mixing Social Value and Individual Benefit. American Journal of Sociology 110(4), S. 1041-1069.
- DORGELOH, E. (2003): Rahmenbedingungen für technische Lösungen zur dezentralen Abwasserreinigung. Dezentrale Abwasserreinigung mal technisch, mal naturnah, ZUK Os-nabrück, 86-95.
- DORGELOH, E. (2004): Erfahrungen mit der praktischen Prüfung von Kleinkläranlagen auf dem Prüffeld in Aachen. 5. Rostocker Abwassertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 149-155.
- DOWNING, T.; MOSS, S., et al. (2001): Understanding Climate Policy Using Participatory Agent-Based Social Simulation. In: Davidsson, P.; Moss, S.: Multi-Agent-Based Simulation. Proceedings of the Second International Workshop MABS 2000. Berlin, Springer-Verlag, S. 198-213.
- DOYLE, J.K.; FORD, D.N. (1998): Mental models concepts for system dynamics research. System Dynamics Review 14(1), S. 3-29.

- EAWAG (WEBSITE): NoMix Toilette von Roediger.  
[http://www.novaquatis.eawag.ch/deutsch/NoMix\\_de.html](http://www.novaquatis.eawag.ch/deutsch/NoMix_de.html) (28.03.06).
- ECKSTÄDT, H. (2004): Beispiele von zentralen und dezentralen Lösungen. 5. Rostocker Abwassertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 67-74.
- EKHARDT, H.-P. (1994): Unter-Gestell. Die bautechnischen Fundamente großer technischer Systeme. In: Braun, I.; Joerges, B.: Technik ohne Grenzen. Frankfurt am Main, Suhrkamp, S. 166-211.
- ENGSTFELD, P.A. (1992): Einleitende Worte. In: Landesumweltamt Brandenburg: Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen. Tagungsbericht. Potsdam, S. 5-6.
- ERNST, A.; SCHULZ, C., et al. (2005): Shallow and deep modelling of water use in a large, spatially explicit, coupled simulation system. Troitzsch, K., Ed. Proceedings of the 3rd Conference of the European Social Simulation Association (ESSA), Koblenz, Germany.
- EWERTSSON, L. (2001): The Triumph of Technology over Politics? Reconstructing Television Systems: The Example of Sweden. Linköping Studies in Arts and Sciences nr 232 (Diss.). Linköping, Selbstverlag.
- FEHR, G. (1992): Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum. In: Landesumweltamt Brandenburg: Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen. Tagungsbericht. Potsdam, S. 39-48.
- FERBER, J. (1999): Multi-Agent Systems: an introduction to distributed artificial intelligence. Harlow et al., Addison-Wesley.
- FIRMA (WEBSITE): firma internet water games. <http://firma.cfpm.org/games.html>, 29.04.2003 (09.05.06).
- FLASCHE, K. (2002): Einsatzmöglichkeiten und Leistungsfähigkeit von Kleinkläranlagen. Hannover, Institut für Siedlungswasserwirtschaft und Abfalltechnik der Universität Hannover.
- FOUNDATION FOR WATER RESEARCH (HG) (2000): Estimation of the residential price elasticity of demand for water by means of a contingent valuation approach. Report No 790/1/00. Executive Summary. [www.fwr.org/wrcsa/790100.htm](http://www.fwr.org/wrcsa/790100.htm) (27.04.2006).
- FRANZ, A.; KRUSCHEL, S., et al. (1998): Modellprojekt in den neuen Ländern zur Kostenoptimierung in der kommunalen Abwasserentsorgung durch innovatives Management und Controlling. Texte 29/98. Essen, Umweltbundesamt.
- FRIEDRICH, J. (2004): Kostenvergleich der Abwasserentsorgung über den Zweckverband München Süd-Ost und über dezentrale Abwasserkläranlagen: Dreikammerfaulgrube - Abwasserteich - Pflanzenbeet - Tropfkörper. <http://www.agenda21-sauerlach.de/klaeranlagen.pdf> (30.08.2005).
- GEERLINGS, H.; NIJKAMP, P., et al. (1997): Towards a New Theory on Technological Innovations and Network Management: The Introduction of Environmental Technology in the Transport Sector. In: Bertuglia, C. S.; Lombardo, S., et al.: Innovative Behaviour in Space and Time. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, S. 384-407.
- GEMMEL, R. (2004): Methodik zur Ermittlung der zu erwartenden Kostenbelastungen bei der Planung von Abwasserbeseitigungskonzepten aus der Perspektive des Grundstücknutzers. In: SPD-Landtagsfraktion Brandenburg: Kostenentlastungen durch kluge Lösun-

- gen. Initiativen der SPD-Landtagsfraktion zur Durchsetzung einer Kosten senkenden Abwasserreinigung in Brandenburg. Potsdam, Weber medien GmbH (Druck), S. 53-64.
- GEUTING, M. (2000): Soziale Simulation und Planspiel in pädagogischer Perspektive. In: Herz, D.; Blätte, A.: Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion. Münster, LIT, S. 15-62.
- GIGERENZER, G.; SELTEN, R., Eds. (2001): Bounded Rationality. The Adaptive Toolbox. Cambridge, MA et. al.
- GILBERT, N. (2004): Quality, quantity and the third way. In Holland, J.; Campbell, J.: Methods in development research: Combining qualitative and quantitative approaches. London, ITDG Publications.
- GILBERT, N. (2005): Agent-based social simulation: dealing with complexity. <http://www.complexityscience.org/NoE/ABSS-dealing%20with%20complexity-1-1.pdf> (8.3.2008)
- GILBERT, N.; TROITZSCH, K.G. (1999): Simulation for the social scientist. Buckingham, Philadelphia, Open University Press.
- GIMBLETT, H.R., Ed. (2002): Integrating Geographic Information Systems and Agent-Based Modeling Techniques for Simulating Social and Ecological Processes. Oxford.
- GLANOWSKA-KELLER, Z. (1999): Abwasserentsorgung und Gebühren im ländlichen Raum. 5. Deutsch-Polnische Gemeinschaftstagung von ATV und PZITS in Zielona Góra/Grünberg. Korrespondenz Abwasser 46(2), S. 162-167.
- GNAUSCH, H. (1992): Zur besonderen Situation der Oberflächengewässer im Land Brandenburg. In: Landesumweltamt Brandenburg: Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen. Tagungsbericht. Potsdam, S. 7-10.
- GONNERMANN, B.; HERZ, H., et al. (o.J.): Für eine sozial gerechte, ökonomisch effiziente und ökologisch vertretbare Abwasserpolitik im Land Brandenburg. [http://www.brandenburg.de/pds\\_fraktion/positionen/ak2/abw02.htm](http://www.brandenburg.de/pds_fraktion/positionen/ak2/abw02.htm) (14.08.2002).
- GORDON-WALKER, S.; MARR, S. (2002): Study on the application of the competition rules to the water sector in the European Community. Final report.
- GREENHUIZEN, M.V.; NIJKAMP, P. (1997): Diffusion and Acceptance of New Products and Processes by Individual Firms. In: Bertuglia, C. S.; Lombardo, S., et al.: Innovative Behaviour in Space and Time. Berlin, Heidelberg, New York, Springer, S. 276-290.
- GROBOSCH, M. (2003): Grundwasser und Nachhaltigkeit - Zur Allokation von Wasser über Märkte. Eberhard-Karls-Universität Tübingen, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät.
- GROHMANN, A. (1997): Ertüchtigung der Trinkwasseraufbereitung am Beispiel aus den neuen Bundesländern. In: Dohmann, M.; Kölling, V.: Umweltqualitäten und Wirtschaften - Was wurde erreicht? Wo geht es hin? Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 19.3.-21.3.1997. Aachen, Gesellschaft zur Förderung der Siedlungswasserwirtschaft an der RWTH Aachen, S. 34/1-34/18.
- GRÜBLER, A. (1997): Time for a Change: On the Patterns of Diffusion of Innovation. Daedalus, Journal of the American Academy of Arts and Sciences 125(3), S. 19-42.



- GÜNDER, B.; KRAUTH, K. (1998): Einsatz der Membrantrenntechnik bei Kleinkläranlagen. In: Wilderer, P.; Arnold, E., et al.: Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete. 27. Abwassertechnisches Seminar. München, S. 105-129.
- GÜNTHERT, F.W.; REICHERTER, E. (2001): Investitionskosten der Abwasserentsorgung. München, Oldenbourg-Industrieverlag.
- HALBACH, U. (1997): Kommunale Risiken der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum. Werdau.
- HEGEMANN, W. (1992): Alternativer Vorschlag zur Abwasserbeseitigung im Kreisgebiet Potsdam. In: Landesumweltamt Brandenburg: Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen. Tagungsbericht. Potsdam, S. 21-28.
- HEINE, A. (2004): Das abflusslose Grundstück. 5. Rostocker Abwassertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 197-199.
- HEINZE, G.W.; KILL, H.H. (1988): The Development of the German Railraod System. In: Mayntz, R.; Hughes, T. P.: The Development of Large Technical Systems. Frankfurt am Main, Campus Verlag, S. 105-134.
- HEISE, B. (2004): Kosten der dezentralen Abwasserentsorgung in Mecklenburg-Vorpommern. 5. Rostocker Abwassertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 75-82.
- HERMANS, L.M. (2001): Using stakeholder analysis to increase the effectiveness and relevance of water resources system modelling. In: Schumann, A. H. et al.: Regional Management of Water Resources. Proceedings of a symposium held during the Sixth IAHS Scientific Assembly at Maastricht, The Netherlands, July 2001. Wallingford, IAHS Press. IAHS Publ. 268, S. 183-189.
- HERZ, D.; BLÄTTE, A. (2000): Simulation und Planspiel in den Sozialwissenschaften. Eine Bestandsaufnahme der internationalen Diskussion. Münster, LIT Verlag.
- HERZ, R.; WERNER, M., et al. (2002a): Anpassung der technischen Infrastruktur. In: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen; Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung: Fachdokumentation zum Bundeswettbewerb "Stadtumbau Ost". Experten zu städtebaulichen und wohnungswirtschaftlichen Aspekten des Stadtumbaus in den neuen Ländern. Bonn, Selbstverlag, S. 50-60.
- HERZ, R.; WERNER, M., et al. (2002b): Erfordernisse und Finanzierung der Anpassung der technischen Infrastruktur im Zuge des Stadtumbaus. [www.tu-dresden.de/stadtumbau/pdf/impulsreferat-workshopprotokoll.pdf](http://www.tu-dresden.de/stadtumbau/pdf/impulsreferat-workshopprotokoll.pdf), (25.03.03).
- HERZ, R.K. (2001): Erneuerung der unterirdischen Infrastruktur. Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Universität Dresden 50(5/6), S. 95-102.
- HISSL, H.; HERBST, H. (2001): Umgestaltung kommunaler Abwasserentsorgungskonzepte. In: Dohmann, M.: 34. Essener Tagung für Wasser- und Abfallwirtschaft vom 14.3.-16.3.2001 in Aachen. Gewässerschutz - Wasser - Abwasser 184, S. 13/1-13/18.
- HISSL, H.; TOUSSAINT, D., et al. (2003): Alternativen der kommunalen Wasserversorgung und Abwasserentsorgung AKWA 2100. Fraunhofer-Institut für Systemtechnik und Innovationsforschung ISI, Ed. Technik, Wirtschaft und Politik. Heidelberg, Physica-Verlag.
- HUKKINEN, J. (1999): Institutions in Environmental Management. Constructing Mental Models and Sustainability. London, New York, Routledge.

- INSTITUT FÜR ABWASSERWIRTSCHAFT HALBACH (2003): abwasser.exe.  
<http://www.institut-halbach.de/download/index.htm#Kostenlose%20Software>, Version vom 22.04.2003 (24.07.2003).
- JEFFREY, P.; JEFFERSON, B. (2003): Public receptivity regarding 'in house' water recycling: Results from a UK survey. *Water Science and Technology: Water Supply* 3(3), S. 109-116.
- JOERGES, B. (1988): Large Technical Systems: Concepts and Issues. In: Mayntz, R.; Hughes, T. P.: *The Development of Large Technical Systems*. Frankfurt am Main, Campus Verlag, S. 9-36.
- JOERGES, B.; BRAUN, I. (1994): Große technische Systeme - erzählt, gedeutet, modelliert. In: Braun, I.; Joerges, B.: *Technik ohne Grenzen*. Frankfurt am Main, Suhrkamp, S. 7-49.
- KAIJSER, A. (2004): The dynamics of infrasystems. Lessons from history. *International Summer Academy on Technology Studies - Urban Infrastructure in Transition: What can we learn from history?* Deutschlandsberg, Austria, 153-166.
- KFW. ABTEILUNG UNTERNEHMENSKOMMUNIKATION, Ed. (2000): *Abwasserentsorgung in Deutschland*. KfW-Beiträge zur Mittelstands- und Strukturpolitik Nr. 16 (März 2000). Frankfurt am Main.
- KLOPROGGE, P.; SLUIJS, J.P.V.D. (2002): Choice processes in modelling for policy support. In: *Integrated Assessment and Decision Support - proceedings of the 1st biennial meeting of the International Environmental Modelling and Software Society 24.-27.6.2002 in Lugano, Schweiz*, S. 96-101.
- KLUGE, T.; LUX, A., et al. (2003a): *Netzgebundene Infrastrukturen unter Veränderungsdruck - Sektoranalyse Wasser*. Forschungsverbund netWORKS, Ed. netWORKS-Papers, Heft 2. Berlin.
- KLUGE, T.; SCHEELE, U. (2003b): *Transformationsprozesse in netzgebundenen Infrastruktursektoren. Neue Problemlagen und Regulationserfordernisse*. Forschungsverbund netWORKS, Ed. netWORKS-Papers, Heft 1. Berlin.
- KLUSEMANN, G.-F. (1998): *Kommunalabgaben - Drama ohne Ende? Steuern, Gebühren und Beiträge in der kommunalen Praxis* Kommunalpolitische Texte 18. Bonn, Electronic ed.: FES Library.
- KOMAR, W. (1999): *Trinkwasserversorgung in Deutschland: wirksamer Grundwasserschutz notwendig*. *Wirtschaft im Wandel*(2), S. 7-12.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN (2000): *Mitteilung der Kommission an den Rat, das Europäische Parlament und den Wirtschafts- und Sozialausschuss. Die Preisgestaltung als politisches Instrument zur Förderung eines nachhaltigen Umgangs mit Wasserressourcen*. Brüssel.
- KOPISCHKE, G. (1999): *Erneuerungsbedarf öffentlicher Wasserrohrnetze aus Sicht eines Versorgungsunternehmens*. *Wasser Abwasser* 140(13), S. 61-64.
- KOTTONAU, J.; PAHL-WOSTL, C. (2004): *Simulating political attitudes and voting behavior*. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 7(4).
- KOZIOL, M. (2003): *"Nachhaltigkeit neu denken - die Beziehungen von Natur und Gesellschaft im Umbruch"*. *Brennpunkt Versorgung*. Vortrag auf der ISOE-Tagung "Nachhal-



- tigkeit neu denken, Nachhaltigkeit konkret denken" am 3. April 2003 in Frankfurt am Main., <http://www.nachhaltigkeit-neu-denken.de/ftp/koziol.pdf> (27.04.2006).
- KUBIN, K. (2004): Substratabbau und Nährstoffverwertung in Membranbelebungsanlagen zur kommunalen Abwasserreinigung. Technische Universität Berlin, Prozesswissenschaften.
- LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT WASSER, Ed. (2005): Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien). Berlin.
- LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG, Ed. (1995): Beiträge zur Statistik Brandenburgs. Vorausschätzung der Bevölkerung von 1993 bis 2010. Potsdam.
- LANDESAMT FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG; LANDESUMWELTAMT LAND BRANDENBURG, Eds. (1997): Bevölkerungsprognose für das Land Brandenburg 1996-2015. Potsdam.
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG, Ed. (2002): Umweltökonomische Gesamtrechnungen. Basisdaten und ausgewählte Ergebnisse für das Land Brandenburg. Statistische Berichte. Potsdam.
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG (2003): Bevölkerungsprognose 2002 bis 2020 in Untergliederung nach Kreisen für den engeren Verflechtungsraum und den äußeren Entwicklungsraum im Land Brandenburg. Potsdam, unveröffentlicht.
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG (2004a): Bevölkerung des Landes Brandenburg nach Gemeindegrößengruppen 1971-2003. [www.lds-bb.de/sixcms/detail.php?id=15010&topic\\_id=51525&nav=51525](http://www.lds-bb.de/sixcms/detail.php?id=15010&topic_id=51525&nav=51525) (02.08.04).
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG (2004b): Gemeinden des Landes Brandenburg nach Gemeindegrößengruppen 1971-2003. [www.lds-bb.de/sixcms/detail.php?id=15007&topic\\_id=51525&nav=51525](http://www.lds-bb.de/sixcms/detail.php?id=15007&topic_id=51525&nav=51525) (02.08.04).
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG (2004c): Katasterflächen im Land Brandenburg 2004 nach Art der tatsächlichen Nutzung und Verwaltungsbezirken. <http://www.brandenburg.de/sixcms/detail.php/lbm1.c.223747.de> (21.10.05).
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG (2004d): Wohngebäudebestand im Land Brandenburg nach Verwaltungsbezirken 2003. [http://www.lds-bb.de/sixcms/detail.php?id=86539&topic\\_id=51540&nav=51540](http://www.lds-bb.de/sixcms/detail.php?id=86539&topic_id=51540&nav=51540) (07.05.04).
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG (2005): Bevölkerungsentwicklung des Landes Brandenburg von 1990 bis 31.10.2004. Potsdam, unveröffentlicht.
- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG; LANDESUMWELTAMT LAND BRANDENBURG, Eds. (2001): Bevölkerungsprognose des Landes Brandenburg für den Zeitraum 2000-2015. Potsdam.

- LANDESBETRIEB FÜR DATENVERARBEITUNG UND STATISTIK LAND BRANDENBURG; LANDESUMWELTAMT LAND BRANDENBURG, Eds. (2003): Bevölkerungsprognose des Landes Brandenburg für den Zeitraum 2002-2020. Potsdam.
- LANDESREGIERUNG BRANDENBURG (2003): Zwischenbericht zum Stadtumbaubericht des Landes Brandenburg. <http://www.suhle.com/extra/stadtumbaubericht.pdf> (10.11.2005).
- LANDESUMWELTAMT BRANDENBURG, Ed. (1992): Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen. Studien und Tagungsberichte Band 2. Potsdam.
- LANDTAG BRANDENBURG (2003): Frage 1472 (Gebührenentwicklung bei Abwasserentsorgung) - Minister für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung Birthler. Landtag Brandenburg. Plenarprotokoll, 70. Sitzung, 30. Januar 2003, S. 4728.
- LANGE, J.; OTTERPOHL, R. (1997): Abwasser. Handbuch zu einer zukunftsfähigen Wasserwirtschaft. Donaueschingen-Pföhren, Mall-Beton-Verl.
- LARSEN, T.A.; LIENERT, J. (2003): Societal Implications of Re-engineering the Toilet. Water Intelligence Online(3).
- LEHN, H. (2004): Sustainable Sanitation Systems - dissolving the antagonism between urban comfort and hygienic pollution of urban environs. International Summer Academy on Technology Studies - Urban Infrastructure in Transition: What can we learn from history? Deutschlandsberg, Austria, 181-194.
- LEIST, H.-J. (2003): Zusammenfassung: "Die Nachteile eines rückläufigen Wasserverbrauchs". In: C.U.T. Centrum für Umwelt und Technologie; RIS-Transferstelle für produktionsintegrierten Umweltschutz, et al.: "Wasser sparen - ein Gewinn oder Verlust für den Verbraucher" Tagungsband der 13. Fachtagung Umweltverträgliches Wirtschaften am 5./6. November 2003. Osnabrück, S. 15-18.
- LENS, P.; ZEEMAN, G., et al., Eds. (2001): Decentralised Sanitation and Reuse. Concepts, Systems and Implementation. Integrated Environmental Technology Series. London.
- LIBBE, J.; TRAPP, J.H., et al. (2004): Gemeinwohlsicherung als Herausforderung – umweltpolitisches Handeln in der Gewährleistungskommune. Theoretische Verortung der Druckpunkte und Veränderungen in Kommunen. Forschungsverbund netWORKS, Ed. netWORKS-Papers, Heft 8. Berlin, Deutsches Institut für Urbanistik.
- LINDER, B.; ENTELMANN, I. (o.J.): Erfahrungen aus Begehungen von Kleinkläranlagen in einem Hamburger Wasserschutzgebiet. Technische Universität Hamburg Harburg, Arbeitsbereich kommunale und industrielle Abwasserwirtschaft (Prof. Dr.- Ing. Ralf Otterpohl) / Arbeitsbereich Wasserwirtschaft und Wasserversorgung (Prof. Dr.-Ing. Knut Wichmann), <http://www.tu-harburg.de/aww/bl/Texte/Abwk03.pdf> (30.08.2005).
- LINDSEY, T.C. (1999): Accelerated Diffusion of pollution prevention technologies. Pollution Prevention Preview 9(2), S. 33-37.
- LONDONG, J.; HILLENBRAND, T., et al. (2004): Vom Sinn des Wassersparens. KA Abwasser Abfall 51(12), S. 1381-1385.
- LÜDERITZ, V.; KUHN, B., et al. (1999): Der dornige Weg zur Nachhaltigkeit in der Abwasserbehandlung - das Beispiel Sachsen-Anhalt. Wasser Abwasser 140(7), S. 482-489.

- LYNAM, T.; BOUSQUET, F., et al. (2002): Adaptive Science to Adaptive Managers: Spidergrams, Belief Models, and Multi-agent Systems Modeling. *Conservation Ecology* 5(2).
- MACKENZIE, D.; WAJCMAN, J. (1999): Introductory essay: the social shaping of technology. In: MacKenzie, D.; Wajcman, J.: *The Social Shaping of Technology*. Buckingham, Redwood Books, S. 3-27.
- MARR, G.; STEINLE, E. (1998): Wirtschaftlichkeit und Machbarkeit dezentraler Abwasserentsorgung in ländlichen Ortsbereichen - Beispiel Geiselhöring. In: Wilderer, P.; Arnold, E., et al.: *Dezentrale Abwasserbehandlung für ländliche und urbane Gebiete*. 27. Abwassertechnisches Seminar. München, S. 27-51.
- MARTÍNEZ-ESPINEIRA, R. (2002): Residential Water Demand in the Northwest of Spain. *Environmental and Resource Economics* 21, S. 161-187.
- MARTÍNEZ-ESPINEIRA, R.; NAUGES, C. (2004): Is all domestic water consumption sensitive to price control? *Applied Economics* 36, S. 1697-1703.
- MAUS, H. (2004): Planungsgrundsätze der Abwasserentsorgung in ländlich strukturierten Gebieten - Hinweise zur Kostenstruktur und Kostenvergleichsrechnung. 5. Rostocker Abwassertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 13-29.
- MAYNTZ, R.; HUGHES, T.P. (1988): Foreword. In: Mayntz, R.; Hughes, T. P.: *The Development of Large Technical Systems*. Frankfurt am Main, Campus Verlag, S. 5-7.
- MAZZANTI, M.; MONTINI, A. (2005): The Determinants of Residential Water Demand. Empirical Evidence for a Panel of Italian Municipalities. Working papers 27.2005, Fondazione Eni Enrico Mattei, <http://www.feem.it/NR/rdonlyres/8CF4CE9E-A998-450A-A426-A70796D1C32A/1463/2705.pdf> (27.04.2006).
- MELTER, D. (1998): Eine ökonomische Analyse der Wasserver- und Wasserentsorgung der Stadt Zürich. Diskussionspapier, Universität Konstanz, [http://www.ub.uni-konstanz.de/v13/volltexte/1999/167//pdf/167\\_1.pdf](http://www.ub.uni-konstanz.de/v13/volltexte/1999/167//pdf/167_1.pdf) (27.04.2006).
- MILLER, D.; GARNSEY, E. (2000): Entrepreneurs and technology diffusion. How diffusion research can benefit from a greater understanding of entrepreneurship. *Technology in Society* 22, S. 445-465.
- MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2005): *Kommunale Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg. Lagebericht 2005*. Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LÄNDLICHE ENTWICKLUNG UMWELT UND VERBRAUCHERSCHUTZ (2007): *Kommunale Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg. Lagebericht 2007*. Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (1999): *Jahresbilanz "Abwasser" 1999*. Potsdam, unveröffentlicht.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2000a): *Abwasserbilanz 2000 - Jahresbericht*. [http://www.brandenburg.de/land/mlur/w/abwas\\_jb.htm](http://www.brandenburg.de/land/mlur/w/abwas_jb.htm) und [http://www.brandenburg.de/land/mlur/w/abwas\\_j2.htm](http://www.brandenburg.de/land/mlur/w/abwas_j2.htm) (15.05.2002).

- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2000b): Jahresbilanz "Schuldenmanagementfonds - Abwasser 2000". <http://www.brandenburg.de/land/mlur/w/abwasser.pdf> (11.10.2002).
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2001): Kommunale Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg. Lagebericht 2001. Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2002): Pressemitteilungen - "Schlussspurt bei der Erneuerung der Abwasserentsorgung in Brandenburg" (26. Februar 2002). <http://www.brandenburg.de/land/mlur/presse/f0226001.htm> (24.05.2002).
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2003a): Abwasserentsorgung in Brandenburg - Orientierungswerte Jahr 2003 - Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung. Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (2003b): Kommunale Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg. Lagebericht 2003. Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG, Ed. (o.J.-a): Jahresbilanz "Schuldenmanagementfonds - Abwasser 2002". Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UMWELTSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (o.J.-b): Von Abwasser bis Zweckverband - Eine Information für Bürgerinnen und Bürger. Ministerium des Innern des Landes Brandenburg, Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Potsdam, <http://www.brandenburg.de/land/mlur/w/abwasser/9htm> (24.05.2002).
- MINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (1995): Runderlass vom 07.12.1995. Verwaltungsvorschrift über den Mindestinhalt der Abwasserbeseitigungskonzepte der Gemeinden und die Form ihrer Darstellung. Potsdam, unveröffentlicht.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (1999a): Abwasserentsorgung in Brandenburg - Orientierungswerte für das Jahr 2000 - Aufwand für die Abwasserableitung und Abwasserbehandlung. Potsdam.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT NATURSCHUTZ UND RAUMORDNUNG DES LANDES BRANDENBURG (1999b): Kommunale Abwasserentsorgung im Land Brandenburg. Lagebericht 1999.
- MONSTADT, J.; NAUMANN, M. (2004): Neue Räume technischer Infrastruktursysteme. Forschungsstand und -perspektiven zu räumlichen Aspekten des Wandels der Strom- und Wasserversorgung in Deutschland. Forschungsverbund netWORKS, Ed. netWORKS-Papers, Heft 10. Berlin, Deutsches Institut für Urbanistik.
- MOSS, S.; PAHL-WOSTL, C., et al. (2001): Agent-based integrated assessment modelling: the example of climate change. Integrated Assessment 2, S. 17-30.
- MUDRACK, K.; KUNST, S. (1991): Biologie der Abwasserreinigung. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag.

- MUNSHI, K. (2004): Social learning in a heterogeneous population: technology diffusion in the Indian Green Revolution. *Journal of Development Economics* 73, S. 185-213.
- NAUMANN, M.; WISSEN, M. (2006): Neue Räume der Wasserwirtschaft. Untersuchungen zur Trinkwasserver- und Abwasserentsorgung in den Regionen München, Hannover und Frankfurt (Oder). Forschungsverbund netWORKS, Ed. netWORKS-Papers, Heft 21. Berlin.
- NEUMÜLLER, J. (2000): Wirksamkeit von Grundwasserabgaben für den Grundwasserschutz. Verein zur Förderung des Instituts WAR - Wasserversorgung Abwassertechnik Abfalltechnik Umwelt- und Raumplanung der TU Darmstadt e.V., Ed. Schriftenreihe WAR. Darmstadt, Eigenverlag.
- NIEDERSÄCHSISCHES OBERVERWALTUNGSGERICHT (2003): Urteil vom 18. September 2003, AZ. 9 LC 540/02; 3 A 3188/02 (Streitgegenstand Benutzungszwang Schmutzwasser).
- NILSSON, D. (2006): A heritage of unsustainability? Reviewing the origin of the large-scale water and sanitation system in Kampala, Uganda. *Environment and Urbanization* 18(2), S. 369-385.
- O.A. (2003): Anschluss- und Benutzungszwang für Abwasser freies Grundstück bestätigt. *Wasser & Abfall* 5(9), S. 7.
- OTTO, U. (2000): Entwicklungen beim Einsatz von Kleinkläranlagen. Dohmann, M., Ed. *Gewässerschutz - Wasser - Abwasser* 175. Aachen, Institut für Siedlungswasserwirtschaft der Rhein.-Westf. Techn. Hochschule Aachen.
- PAHL-WOSTL, C. (2002): Towards sustainability in the water sector- the importance of human actors and processes of social learning. *Aquatic Sciences* 64, S. 394-411.
- PANEBIANCO, S.; PAHL-WOSTL, C. (2004): Obstacles in launching a participatory group discussion and modelling process. In: Pahl-Wostl, C.; Schmidt, S., et al.: *Complexity and Integrated Resources Management, Transactions of the 2nd Biennial Meeting of the International Environmental Modelling and Software Society iEMSs in Osnabrück*. Band 1, S. 240-246.
- PARKER, D.C.; MANSON, S.M., et al. (2003): Multi-Agent Systems for the Simulation of Land-Use and Land-Cover Change: A Review. *Annals of the Association of American Geographers* 93(2), S. 314-337.
- PDS BRANDENBURG (o.J.): Positionen - Abwasser. <http://www1.pds-brandenburg.de/web/positionen/000002/> (29.08.2005).
- PLATZER, C. (1992): Abwasserreinigung im ländlichen Raum Brandenburgs. Vergleiche mit ähnlichen Gebieten in den alten Bundesländern. In: Landesumweltamt Brandenburg: *Abwasserbeseitigung im Land Brandenburg - dezentrale Lösungen*. Tagungsbericht. Potsdam, S. 31-38.
- PREUß, T.; HÄNISCH, D. (2001): Tat-Orte. Gemeinden im ökologischen Wettbewerb. Themenheft *Abwasserentsorgung im ländlichen Raum*. Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Deutsches Institut für Urbanistik, Eds. Berlin.
- PRICEWATERHOUSECOOPERS (2002): Methodik zur Durchführung von Variantenvergleichen von zentralen und dezentralen Strukturen der Abwasserentsorgung auf Grundlage der LAWA-Leitlinien im Auftrag des Ministeriums für Landwirtschaft, Umwelt und

- Raumordnung des Landes Brandenburg.  
<http://www.brandenburg.de/land/mlur/w/variante.htm> (06.11.2002).
- RADKAU, J. (1994): Zum ewigen Wachstum verdammt? Jugend und Alter großer technischer Systeme. In: Braun, I.; Joerges, B.: Technik ohne Grenzen. Frankfurt am Main, Suhrkamp, S. 50-106.
- REUSSER, D. (2002): Akteursanalyse im Entscheidungsprozess zentrale oder dezentrale Abwasserreinigung im Land Brandenburg. Projektarbeit. Universität Osnabrück, Ergänzungsstudiengang Angewandte Systemwissenschaft.
- ROGERS, E.M. (1995): Diffusion of Innovations. New York, Free Press.
- RUDOLPH, K.-U. (1996): Bestandsaufnahme über Instrumente und Wirkungen einer nachhaltigen Wasserpolitik. BMBF-Projekt Nr. 07 SI 021 7 (GSF). Witten/Herdecke, Selbstverlag der Privaten Universität Witten/Herdecke GmbH. Interfakultärer Bereich für Umwelttechnik und Management.
- RUDOLPH, K.-U. (1997): Handlungsspielräume einer nachhaltigen Abwasserwirtschaft. Vortrag zum Seminar-Difu/BMBF "Forum Stadtökologie" am 05.05.1997 in Berlin.  
<http://www.difu.de/stadtoekologie/dokumente/online/wasser/rudolph.pdf> (27.04.2006).
- RUDOLPH, K.-U.; SCHÄFER, D. (2001): Untersuchung zum internationalen Stand und der Entwicklung Alternativer Wassersysteme. BMBF-Forschungsvorhaben Nr 02 WA 0074. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF); Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Eds. Bonn, Karlsruhe, Witten.
- RUSTIGE, H.; MÜLLER, R. (2004): Abwasserkonzepte und Lokale Agenda 21. 5. Rostocker Abwertagung "Dezentrale Abwasserentsorgung", Rostock, 33-47.
- SCHELHORN, T. (2006): Implementierung eines agenten-basierten Modells für soziotechnische Szenarien der Abwasserbehandlung im ländlichen Raum (Diplomarbeit). Universität, Fachbereich Mathematik / Informatik, angewandte Systemwissenschaft.
- SCHMIDTKE, J. (2004): Marktpotential der Trenntechnologie in den neuen Bundesländern. Diplomarbeit am Institut für Siedlungs- und Industrierwasserwirtschaft; Fakultät Forst-, Geo- und Hydrowissenschaften, Technische Universität Dresden.
- SCHÖNBÄCK, W.; OPPOLZER, G., et al. (2003): Internationaler Vergleich der Siedlungswasserwirtschaft. Überblicksdarstellungen Deutschland und Niederlande. Bundesarbeiterkammer für Arbeiter und Angestellte, Ed. Informationen zur Umweltpolitik Nr. 153/4. Wien.
- SCHRAMM, E. (2005): Naturale Aspekte sozial-ökologischer Regulation. Bericht aus dem Analysemodul „Ressourcenregulation“ im Verbundvorhaben netWORKS. Forschungsverbund netWORKS, Ed. netWORKS-Papers, Heft 14. Berlin, Deutsches Institut für Urbanistik.
- SEILER, J.; POCH, D. (2003): Auswirkungen des geänderten Verbraucherverhaltens auf Anlagen in Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsunternehmen. Vortrag auf der Fachtagung "Trinkwasser und Abwasser Tag 2003" der ATV-DVWK Landesverbände Sachsen/Thüringen & Nord-Ost und der DVGW Landesgruppe Ost am 16.9.2003 in Brehna.
- SÖDERBERG, H.; ABERG, H. (2002): Assessing socio-cultural aspects of sustainable urban water systems - The case of Hammarby Sjöstad. 2. World Water Congress: Water Dis-



- tribution and Water Services Management. Water Science and Technology: Water Supply 2(4), S. 203-210.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Ed. (1991): Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (Fachserie 19/2.1). Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Ed. (1995): Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung (Fachserie 19/2.1). Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Ed. (2003): Umwelt. Öffentliche Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung 2001 (Fachserie 19/2.1). Wiesbaden.
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2004a): Öffentliche Abwasserbeseitigung.  
[http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de\\_jb10\\_jahrtabu3.asp](http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb10_jahrtabu3.asp) (03.08.2004).
- STATISTISCHES BUNDESAMT, Ed. (2004b): Statistisches Jahrbuch 2004. Für die Bundesrepublik Deutschland und das Ausland (CD).
- STATISTISCHES BUNDESAMT (2004c): Wasserabgabe der öffentlichen Wasserversorgung.  
[http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de\\_jb10\\_jahrtabu2.asp](http://www.statistik-portal.de/Statistik-Portal/de_jb10_jahrtabu2.asp) (3.08.2004).
- TILLMAN, T. (2001): Stakeholder analysis in water supply systems. Kinzelbach, W.; Burlando, P., et al., Eds.: Schriftenreihe des Instituts für Hydromechanik und Wasserwirtschaft der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (IHW). Zürich.
- UNTERE WASSERBEHÖRDE KREIS PRIGNITZ (2003): Wasserrechtliche Erlaubnisse und Stellungnahmen zur Errichtung von Sammelgruben der Unteren Wasserbehörde im Kreis Prignitz. Zur Verfügung gestellt im September/Oktober 2003 (unveröffentlicht).
- VARVASOVSKY, Z.; BRUGHA, R. (2000): How to do (or not to do)... a stakeholder analysis. Health Policy and Planning 15(3), S. 338-345.
- VENNIX, J.A.M. (1996): Group model building: facilitating team learning using system dynamics. Chichester et. al., John Wiley & Sons.
- WEIGERT, B.; STEINBERG, C., Eds. (2001): Nachhaltige Entwicklung in der Wasserwirtschaft. Konzepte, Planung und Entscheidungsfindung. Interdisziplinäre Fachtagung am 27. und 28. Juni 2001 in Berlin. Schriftenreihe des Interdisziplinären Forschungverbundes Wasserforschung. Berlin.
- WEISS, G., Ed. (2000): Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence. Cambridge.
- WEYER, J. (1994): Größendiskurse. Die strategische Inszenierung des Wachstums soziotechnischer Systeme. In: Braun, I.; Joerges, B.: Technik ohne Grenzen. Frankfurt am Main, Suhrkamp, S. 347-385.
- WIKIPEDIA (WEBSITE): Pflanzenkläranlage in Falkensee, Brandenburg (Foto: Benjamin Waldner, 2004). <http://de.wikipedia.org/wiki/Pflanzenkl%C3%A4ranlage> (28.03.06).
- WILDERER, P.; PARIS, S. (2001): Integrierte Ver- und Entsorgungssysteme für urbane Gebiete. 02WA0067 Im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Abschlussbericht. Garching.
- WILDERER, P.; SCHREFF, D., et al. (1998): Dezentrale Abwasserentsorgung: eine Herausforderung für die Zukunft. In: Wilderer, P.; Arnold, E., et al.: Dezentrale Abwasserbehand-

lung für ländliche und urbane Gebiete. 27. Abwassertechnisches Seminar. München, S. 1-13.

WINNER, L. (1999): Do artifacts have politics? In: MacKenzie, D.; Wajcman, J.: The Social Shaping of Technology. Buckingham, Redwood Books, S. 28-40.

YINNAVONG, N. (2003): Entscheidungskriterien für die dezentrale Abwasserbehandlung mittels Kleinkläranlagen. Diplomarbeit, Brandenburgische Technische Universität Cottbus, Fakultät Umweltwissenschaften und Verfahrenstechnik.



---

## Verzeichnis der Gesetze, Verordnungen, Richtlinien und Normen

- AbwV: Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer. AbwV – Abwasserverordnung vom 17. Juni 2004 (BGBl. I Nr. 28 vom 22.6.2004 S. 1108, ber. 2004 S. 2625).
- AbwAG: Gesetz über Abgaben für das Einleiten von Abwasser in Gewässer (Abwasserabgabengesetz – AbwAG) vom 6.11.1990 (BGBl. I, S. 2432).
- BbgWG: Brandenburgisches Wassergesetz (BbgWG) vom 13. Juli 1994 (GVBl. 1/94 S. 302, ber. GVBl. 1/97 S. 168), zuletzt geändert durch Art. 2 des Gesetzes vom 10. Juli 2002 (GVBl. 1/02 S. 62, 67).
- DIN 4261 Teil 1: Kleinkläranlagen – Anlagen ohne Abwasserbelüftung – Anwendung, Bemessung und Ausführung. Februar 1991, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutschen Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- DIN 4261 Teil 4: Kleinkläranlagen – Anlagen mit Abwasserbelüftung – Betrieb und Wartung. Juni 1984, Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN Deutschen Institut für Normung e.V., Beuth Verlag, Berlin.
- Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1994: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 1. Mai 1994.
- Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1995: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 1. Juli 1995.
- Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1996: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 15. März 1996.
- Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 1998: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 15. März 1998.
- Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 2000: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Grundstückskleinkläranlagen vom 14. Februar 2000.
- Förderrichtlinie Kleinkläranlagen 2001: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von Abwasseranlagen. Teil 2: Grundstückskleinkläranlagen vom 19. Dezember 2001.
- Förderrichtlinie öffentliche Abwasserbeseitigung 1994: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 1. Mai 1994.

- Förderrichtlinie öffentliche Abwasserbeseitigung 1995: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 1. Juli 1995.
- Förderrichtlinie öffentliche Abwasserbeseitigung 1996: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 15. März 1996.
- Förderrichtlinie öffentliche Abwasserbeseitigung 2000: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 14. Februar 2000.
- Förderrichtlinie öffentliche Abwasserbeseitigung 2001: Richtlinie über die Gewährung von Finanzhilfen des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 19. Dezember 2001.
- Förderrichtlinie öffentliche Abwasserbeseitigung 2004: Richtlinie des Ministeriums für Ländliche Entwicklung, Umwelt- und Verbraucherschutz des Landes Brandenburgs über die Gewährung von Zuwendungen zur Förderung von öffentlichen Abwasserableitungs- und -behandlungsanlagen vom 13. Mai 2004.
- KAG: Kommunalabgabengesetz für das Land Brandenburg (KAG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. März 2004 (GVBl.I/04 S. 174), geändert durch Artikel 1 des Gesetzes vom 29. Juni 2004 (GVBl.I/04 S. 272).
- Kleinkläranlagenrichtlinie 1994: Richtlinie über Einsatzmöglichkeiten von Kleinkläranlagen zur Abwasserbeseitigung vom 27. Mai 1994 (Kleinkläranlagenrichtlinie). Amtsblatt Brandenburg – Nr. 60 vom 2. September 1994, S. 1305.
- Kleinkläranlagenrichtlinie 2003: Richtlinie über den Einsatz von Kleinkläranlagen. Bekanntmachung des Ministeriums für Landwirtschaft, Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg vom 28. März 2003. Amtsblatt S. 467.
- Kommunalabwasserrichtlinie: Richtlinie 91/271/EWG des Rates vom 21. Mai 1991 über die Behandlung von kommunalem Abwasser (Kommunalabwasserrichtlinie).
- NWG: Niedersächsisches Wassergesetz (NWG) in der Fassung vom 10. Juni 2004 (Nds. GVBl. Nr. 18/2004 S. 171), geändert durch Art. 2 des Gesetzes v. 5. November 2004 (Nds. GVBl. Nr. 31/2004 S. 417) und Art. 2 des Gesetzes v. 17. Dezember 2004 (Nds. GVBl. Nr. 44/2004 S. 664).
- Rahmen-AbwasserVwV: Allgemeine Rahmen-Verwaltungsvorschrift über Mindestanforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer – Rahmen-AbwasserVwV – vom 8. September 1989 (GMBL. S. 518).
- WHG: Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz – WHG) vom 23. September 1986 (BGBl. I S. 1529, 1654).

---

## Verzeichnis der Interviews und Gespräche

- Int LUA: Gespräch mit Herrn Hlubek, Landesumweltamt Brandenburg. Potsdam, 09.10.2002.
- Int UWB HL: Interview mit Herrn Lehwald und Frau Rottstock, Untere Wasserbehörde Havelland. Nauen, 05.12.2002.
- Int UWB Pr: Interview mit Herrn Lindow, Untere Wasserbehörde Prignitz. Perleberg, 04.11.2002; ergänzendes Telefonat mit Herrn Dietsch am 29.09.2003.
- Int UWB PM: Interview mit Herrn Breywisch, Untere Wasserbehörde Potsdam-Mittelmark. Belzig, 02.12.2002.
- Int ZV Pr: Interview mit Herrn Puls, Wasser- und Abwasserzweckverband Pritzwalk, Prignitz. Pritzwalk, 03.12.2002.
- Int ZV HL: Interview mit Herrn Wandke, Wasser- und Abwasserverband Rathenow, Havelland. Rathenow, 05.12.2002.
- Int SW Pr: Interview mit Herrn Freitag, Stadtwerke Wittenberge, Prignitz. Wittenberge, 03.12.2002.
- Int Amt Pr: Interview mit Herrn Brandt, Amtsdirektor des Amtes Groß Pankow, Mitglied im Aufsichtsrat des Wasser- und Abwasserzweckverbandes Pritzwalk, Prignitz. Groß Pankow, 03.12.2002.
- Int Amt HL: Interview mit Herrn Jendretzky, Amtsdirektor des Amtes Rhinow, Stellvertreter des Amtes im Wasser- und Abwasserverband Rathenow, Havelland. Rhinow, 05.12.2002.
- Int Anbieter: Interview mit Anbietern dezentraler Anlagen. Teilnehmer: Pro Aqua Service Volker Sips (Ellershagen), Lutz Buchert Pflanzenkläranlagen (Wittstock), Brandt SRB Innenwirtschaft GmbH (Karstädt), Umweltgestaltung Hildebrandt (Burg). Pritzwalk, 04.12.2002.
- Int BI PM: Interview mit Frau Anita Petri, Bürgerinitiative sozialverträgliche Abwassergebühren Damsdorf, und Herrn Hofrichter, Bürgerinitiative Abwasserfreies Grundstück Eggersdorf. Damsdorf, 05.12.2002.
- Int Po PM: Interview mit Frau Dr. Elke Seidel, Mitglied im Kreistag Potsdam-Mittelmark, Mitglied in der Stadtverordnetenversammlung Beelitz. Salzbrunn, 02.12.2002.
- Int Dezent-eG: Interview mit Herrn Gert Köhler, Dezent-eG – Genossenschaft zur Entwicklung dezentraler Regionalstrukturen. Zaatze, 01.12.2002.



## Anhang 1: Liste der festzulegenden Parameter

Anhang – Tabelle 1: Liste der festzulegenden Parameter

| Modellaspekt  | Parametername  | Tool    |
|---|--|---------|
| Pfad der Szenario-Datei in Famoja (File - Open File)  | ....xml  | F       |
| <b>1. Räumliche Struktur</b>  |  |         |
| <b>1.1 Siedlungsstruktur</b>  |  |         |
| Pfad der xml-Datei mit wesentlichen Parametern zur Siedlungsstruktur und den Wohneinheiten, erstellt im SE                                      | scenarioFilename   | F       |
| Kantenlängen des Entsorgungsgebietes in km  | Grid Size X<br>Grid Size Y   | SE      |
| Anzahl der Siedlungen im Entsorgungsgebiet  | Number of Settlements  | SE      |
| Zahl der Einwohner und Wohneinheiten im Entsorgungsgebiet und je Siedlungsgebiet  | Number of Inhabitants<br>Number of Housing Units   | SE      |
| Verortung der Siedlungen im Entsorgungsgebiet / Grid  | Karteikarte Network  | SE      |
| Länge der potenziellen Kanalisation in den Siedlungsgebieten in m   | Canal Length   | SE      |
| <b>1.2 Bevölkerungsentwicklung</b>  |  |         |
| Pfad der txt-Datei mit der jährlichen Veränderung der Bevölkerung in %/100  | popFilename  | F       |
| prognostizierte jährliche Veränderung der Bevölkerung in %/100  | Exp  | PB      |
| Veröffentlichungsjahr der Bevölkerungsprognose  | firstYear  | PB      |
| Basisjahr der Bevölkerungsprognose  | baseYear   | PB      |
| <b>2. Abwasserbeseitigungskonzept</b>   |  |         |
| Verlauf und Länge der überörtlichen Kanalisation  | Karteikarte Network  | SE      |
| Pfad der txt-Datei mit der potenziellen Reihenfolge des Anschlusses von Siedlungen an die Kanalisatoin  | investmentOrderFilename  | F       |
| sozialverträglicher Gebührensatz in €/m <sup>3</sup>  | socialFee  | F       |
| Betrachtungszeitraum in Jahren  | forecastPeriod   | F       |
| Budget des ZV und Budgetpunkte für Kanalisation (indirekt) und Kläranlage in Punkten  | yearlyBudget<br>pointsForPlant   | F       |
| spezifischer Abwasseranfall für die Kapazitätsplanung der Kläranlage in m <sup>3</sup> /(EW*d)  | investVolPerInhab  | F       |
| spezifischer Abwasseranfall bei der Berechnung von Gebühren, wenn noch keine tatsächlicher Abwasseranfall bekannt ist in m <sup>3</sup> /(EW*d) | volPerInhabitant   | F       |
| <b>3. Investitionsentscheidung der Wohneinheiten</b>  |  |         |
| ordnungsgemäße Anlage (ja/nein)   | proper   | SE      |
| Verteilung der Zinssätze für die Gewichtung der Investitioskosten   | HU Interest Sensitivity<br>alternativ:<br>interestSensitivity / enforceInterestSensitivity | SE<br>F |
| Kostentoleranz in %/100   | HU additional Cost Tolerance<br>Alternative: costTolerance / enforceCostTolerance          | SE<br>F |
| Imitationsschwellenwert in %/100  | HU Threshold for Diffusion   | SE      |
| Verteilung der Präferenzstruktur der Wohneinheiten  | Environment Awareness,<br>Cost Awareness<br>Karteikarte Environment-/Cost-Matrix           | SE      |
| Bestand dezentraler Anlagen im Ausgangszustand  | Age<br>Karteikarte Technology-Distribution   | SE      |

|  |  |         |
|--|--|---------|
| <b>4. Abwasseranfall</b>   |  |         |
| Verteilung der Preiselastizität auf die Wohneinheiten  | <i>HU Price Elasticity</i><br>Alternative: <i>priceElasticity / enforcePriceElasticity</i>               | SE<br>F |
| spezifischer Wasserverbrauch in l/(EW*d) vor dem Anschluss   | <i>initialWatervolPerInhab</i>   | F       |
| spezifischer Wasserverbrauch in l/(EW*d), der bei einem fiktiven Gebührensatz ( <i>fictFee</i> ) anzunehmen ist  | <i>fictWatervolPerInhab</i>  | F       |
| dem „ <i>fictWatervolPerInhab</i> “ entsprechender Gebührensatz in €/m <sup>3</sup>  | <i>fictFee</i>   | F       |
| <b>5. Opposition</b>   |  |         |
| Verteilung der Gebührentoleranz auf die Wohneinheiten  | <i>HU Opposition Treshold For Fees</i><br>Alternative: <i>feeTreshold / enforceFeeTreshold</i>           | SE<br>F |
| Verzinsung der Restbuchwerte einer bestehenden dezentralen Anlagen bei der Bewertung der zentralen Variante (entspricht Verzinsung bei der Investitionsentscheidung der Wohneinheiten unter Punkt 3) | <i>HU Interest Sensitivity</i><br>alternativ:<br><i>interestSensitivity / enforceInterestSensitivity</i> | SE<br>F |
| <b>6. Technologien</b>   |  |         |
| CSB-Fracht in g/(EW*d) im Rohabwasser  | <i>loadPerInhabitant</i>   | F       |
| Pfad der xml-Datei, in dem die Eigenschaften der Technologien festgelegt sind  | <i>technologiesFilename</i>  | F       |
| <b>6.1 dezentrale Anlagen</b>  |  |         |
| Name   | <i>Name</i>  | SE      |
| Jahr, in dem der Anlagentyp erstmals erhältlich ist  | <i>approvalYear</i>  | SE      |
| Jahr, ab dem Neuanlagen nicht mehr zugelassen werden   | <i>revocationYear</i>  | SE      |
| Jahr, ab dem Anlagen nicht mehr eingesetzt werden sollen   | <i>replacementYear</i>   | SE      |
| Ablauffracht in g CSB/(EW*d)   | <i>downpipeLoad</i>  | SE      |
| jährliche Zunahme der Ablauffracht nach Ablauf der Nutzungsdauer in %/a  | <i>yearlyDegeneration</i>  | SE      |
| maximale Zunahme der Ablauffracht nach Ablauf der Nutzungsdauer in %   | <i>maxDegeneration</i>   | SE      |
| jährlicher Verlust der CSB-Fracht durch Versickerung nach Ablauf der Nutzungsdauer in %/a  | <i>yearlyLeakage</i>   | SE      |
| maximaler Verlust der CSB-Fracht durch Versickerung nach Ablauf der Nutzungsdauer in %   | <i>maxLeakage</i>  | SE      |
| Investitionskosten einer Neuanlage in €  | <i>invest</i>  | SE      |
| Wartungskosten in €/a  | <i>maintenanceCost</i>   | SE      |
| Energiekosten in €/(EW*a)  | <i>energyCost</i>  | SE      |
| Schlamm Entsorgungskosten in €/(EW*a)  | <i>sludgeDisposalCost</i>  | SE      |
| betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer in Jahren  | <i>serviceLife</i>   | SE      |
| Investitionsmaßnahmen<br>Sanierung<br>Neuanschaffung/Umrüstung<br>Wechsel zwischen gewartet und mangelhaft gewartet)   | <i>Restoration (mode 1),<br/>Replacement (mode 3),<br/>Maintenance Switch (mode 2)</i>                   | SE      |
| Grundkosten in €<br>altersbedingt zu berücksichtigende Sanierungskosten in €   | <i>Fix<br/>Prop</i>  |         |
| <b>6.2 öffentliche Infrastruktur</b>   |  |         |
| Jahr, in dem eine externe mobile Entsorgung bereitgestellt wird  | <i>externalDisposalYear</i>  | F       |
| Reinigung der Rohabwasserfracht in %/100   | <i>centralBaseEfficiency</i>   | F       |
| Investitionskosten der Kläranlage in €   |  | P       |
| Nutzungsdauer der Kläranlage in Jahren   | <i>centralServiceLife</i>  | F       |
| Betriebskosten der Kläranlage  |  | P       |
| Investitionskosten eines laufenden Kanalimeters in €   | <i>investCostPerCanalMeter</i>   | F       |
| Nutzungsdauer der Kanalisation in Jahren   | <i>canalServiceLife</i>  | F       |
| längenabhängige Betriebskosten der Kanalisation in €/m   | <i>operatingCanalCostPerMeter</i>  | F       |
| mengenabhängige Betriebskosten der Kanalisation in €/m <sup>3</sup>  | <i>operatingCanalCostPer-</i>  | F       |

|  | <i>Volume</i>  |    |
|--|--|----|
| <b>7. Abgaben</b>  |  |    |
| Anteil, zu dem die zu erhebenden Grundgebühren die Fixkosten abdecken in %/100   | <i>baseFeeCoverage</i>                                       | F  |
| Kalkulatorischer Zinssatz  | <i>centralInterest</i>                                       | F  |
| <b>8. Behördliche Maßnahmen</b>  |  |    |
| Einstellungen werden im Modell wirksam (true; false)   | <i>active</i>  | A  |
| <b>8.1 Sanierungsanordnungen</b>   |  |    |
| Maximale Anzahl der ein einem Jahr zu überprüfenden dezentralen Anlagen  | <i>maxNumberOfPlants</i>                                     | A  |
| Höhe der aus dezentralen Kleinkläranlagen maximal erlaubten CSB-Ablauftracht in g/(EW*d)   | <i>maxAllowedLoad</i>  | A  |
| Bestimmt, ob Anlagen der Unteren Wasserbehörde erst bei der erstmaligen Einholung einer wasserrechtlichen Erlaubnis / Stellungnahme für eine Baugenehmigung, d.h. bei erstmaliger Investition im Simulationszeitraum bekannt werden und eine wasserrechtliche Erlaubnis erhalten (true; false) | <i>permissionOnRegistering</i>                               | A  |
| Bestimmt, ob Anlagen, die der Unteren Wasserbehörde bekannt sind (s. <i>permissionOnRegistering</i> ), vorrangig überprüft werden (true; false)  | <i>registeredFirst</i>                                       | A  |
| Geltungsdauer der wasserrechtlichen Erlaubnis bzw. Überprüfungsfrist der verschiedenen Technologien vor und nach dem <i>yearOfPermissionChange</i>   | <i>Permission Period Old</i><br><i>Permission Period New</i> | SE |
| Jahr, in dem die <i>Permission Period Old</i> wirksam wird.  | <i>yearOfPermissionChange</i>                                | F  |
| Jahr, in dem geänderte Anforderungen an die Reinigungsleistung wirksam werden  | <i>yearOfRegulationChange</i>                                | F  |
| Bestimmt, ob Anlagen von der Unteren Wasserbehörde erst nach Ablauf der wasserrechtlichen Erlaubnis überprüft werden (true; false)   | <i>considerPermissionPeriod</i>                              | A  |
| Mindestnutzungsdauer der Technologien bis zum Anschluss an die Kanalisation in Jahren  | <i>minimumServiceLife</i>                                    | SE |
| <b>8.2 Förderung dezentraler Anlagen (ohne Auswirkungen im Modell)</b>   |  |    |
| Jährlich zur Verfügung stehendes Förderbudget in € (negativer Wert: unbegrenztes Förderbudget)   | <i>privateSubsidiesYearly</i>                                | A  |
| Maximale Fördersumme pro Anlage in € (negativer Wert: unbegrenzte Fördersumme)   | <i>privateSubsidiesInstance</i>                              | A  |
| Fördersatz in Prozent der Investitionskosten   | <i>privateSubsidyShare</i>                                   | A  |
| <b>8.3 Förderung öffentlicher Infrastrukturanlagen</b>   |  |    |
| Jährlich zur Verfügung stehendes Förderbudget in € (negativer Wert: unbegrenztes Förderbudget)   | <i>publicSubsidiesYearly</i>                                 | A  |
| Fördersatz in Prozent der Investitionskosten   | <i>publicSubsidyShare</i>                                    | A  |

## Tools:

|    |  |
|----|--|
| SE | Scenario-Editor                                  |
| F  | FAMOJA-Oberfläche                                |
| A  | AdministrationAgent in der FAMOJA-Oberfläche     |
| PB | PopulationForecastAgent in der FAMOJA-Oberfläche |
| P  | Programmcode                                     |

## Anhang 2: Parameterwerte des Basisszenarios

Aspekte, die hier nicht als Parameter aufgeführt sind, sind im Programmcode festgelegt und nicht in Eingabemasken zu variieren.

**Anhang – Tabelle 2: allgemeine Parameter im Basisszenario**

| Parametername  | Parameterwerte   |
|--|--|
| Pfad der Szenario-Datei                              | \Szenario1.mds   |
| <b>1. räumliche Struktur</b>                         |  |
| <b>1.1 Siedlungsstruktur</b>                         |  |
| <i>szenarioFilename</i>                              | \BasisRegion1.xml  |
| <i>Grid Size X</i>                                   | 14   |
| <i>Grid Size Y</i>                                   | 14   |
| <i>Number of Settlements</i>                         | 10   |
| <i>Number of Inhabitants</i>                         | Anhang - Tabelle 3   |
| <i>Number of Housing Units</i>                       |  |
| <i>Canal Length</i>                                  |  |
| Karteikarte Network                                  | Anhang - Abbildung 1   |
| <b>1.2 Bevölkerungsentwicklung</b>                   |  |
| <i>popFilename</i>                                   | \BevEntwicklung.txt (-0,0085 über die gesamte Simulationsdauer)                  |
| <i>1-Exp</i>   | -0,003   |
| <i>1-firstYear</i>                                   | 1990   |
| <i>1-baseYear</i>                                    | 1990   |
| <i>2-Exp</i>   | -0,0085  |
| <i>2-firstYear</i>                                   | 1995   |
| <i>2-baseYear</i>                                    | 1995   |
| <b>2. Abwasserbeseitigungskonzept</b>                |  |
| Verlauf und Länge der überörtlichen Kanalisation     | Anhang - Abbildung 1   |
| <i>investmentOrderFilename</i>                       | \Reihenfolge.txt (Siedlungsnr.: 10, 9, 8, 7, 3, 6, 5, 4, 1, 2)                   |
| <i>socialFee</i>                                     | 5  |
| <i>forecastPeriod</i>                                | 20   |
| <i>yearlyBudget</i>                                  | 10.000   |
| <i>pointsForPlant</i>                                | 20.000   |
| <i>investVolPerInhab</i>                             | 130  |
| <i>volPerInhabitant</i>                              | 130  |
| <b>3. Investitionsentscheidung der Wohneinheiten</b> |  |
| <i>proper</i>  |  |
| <i>HU Interest Sensitivity</i>                       | Normalverteilung zwischen 0 und 0,12; Mittelwert: 0,06; Standardabweichung: 0,03 |
| <i>costTolerance / enforceCostTolerance</i>          | 0,1 / true   |
| <i>HU Treshold for Diffusion</i>                     | Normalverteilung zwischen >0 und 1; Mittelwert: 0,5; Standardabweichung: 0,25    |
| <i>Environment Awareness, Cost Awareness</i>         | Anhang - Tabelle 4   |
| <i>Age</i>   | Normalverteilung, Mittelwert: 20; s. Anhang - Abbildung 2                        |
| <b>4. Abwasseranfall</b>                             |  |
| <i>priceElasticity / enforcePriceElasticity</i>      | -0,2 / true  |
| <i>initialWatervolPerInhab</i>                       | 130  |
| <i>fictWatervolPerInhab</i>                          | 130  |
| <i>fictFee</i>                                       | 1,22   |
| <b>5. Opposition</b>                                 |  |
| <i>HU Opposition Treshold For Fees</i>               | Normalverteilung zwischen 0 und 8; Mittelwert: 4,0; Stan-                        |

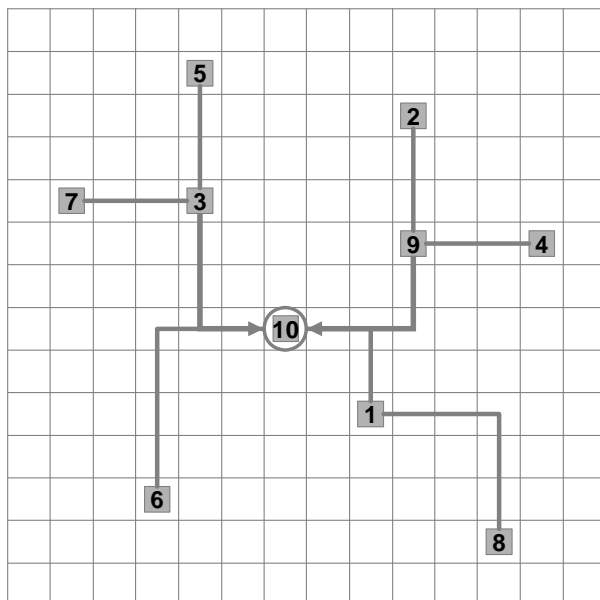


|  |  |
|--|--|
|  | dardabweichung: 1,0  |
| <i>HU Interest Sensitivity</i>                         | Normalverteilung zwischen 0 und 0,12; Mittelwert: 0,06; Standardabweichung: 0,03 (s. oben) |
| <b>6. Technologien</b>                                 |  |
| <i>loadPerInhabitant</i>                               | 100  |
| <i>technologiesFilename</i>                            | \Technologien.xml  |
| <b>6.1 dezentrale Anlagen</b>                          |  |
| <i>Name</i>  | Anhang - Tabelle 5   |
| <i>approvalYear</i>                                    |  |
| <i>revocationYear</i>                                  |  |
| <i>replacementYear</i>                                 |  |
| <i>downpipeLoad</i>                                    |  |
| <i>yearlyDegeneration</i>                              |  |
| <i>maxDegeneration</i>                                 |  |
| <i>yearlyLeakage</i>                                   |  |
| <i>maxLeakage</i>                                      |  |
| <i>invest</i>  |  |
| <i>maintenanceCost</i>                                 |  |
| <i>energyCost</i>                                      |  |
| <i>sludgeDisposalCost</i>                              |  |
| <i>serviceLife</i>                                     | Anhang - Tabelle 6   |
| Kosten sonstiger Investitionsmaßnahmen                 |  |
| <b>6.2 Öffentliche Infrastruktur</b>                   |  |
| <i>externalDisposalYear</i>                            | 1995   |
| <i>centralBaseEfficiency</i>                           | 0,925  |
| <i>centralServiceLife</i>                              | 25   |
| <i>investCostPerCanalMeter</i>                         | 350  |
| <i>canalServiceLife</i>                                | 50   |
| <i>operatingCanalCostPerMeter</i>                      | 3  |
| <i>operatingCanalCostPerVolume</i>                     | 0,0274   |
| <b>7. Abgaben</b>                                      |  |
| <i>baseFeeCoverage</i>                                 | 0  |
| <i>centralInterest</i>                                 | 0,03   |
| <b>8. behördliche Maßnahmen</b>                        |  |
| <i>active</i>  | true   |
| <b>8.1 Sanierungsanordnungen</b>                       |  |
| <i>maxNumberOfPlants</i>                               | 100  |
| <i>maxAllowedLoad</i>                                  | 10,0   |
| <i>permissionOnRegistering</i>                         | true   |
| <i>considerPermissionPeriod</i>                        | true   |
| <i>Permission Period Old</i>                           | Anhang - Tabelle 5   |
| <i>Permission Period New</i>                           |  |
| <i>yearOfPermissionChange</i>                          | 2003   |
| <i>yearOfRegulationChange</i>                          | 2003   |
| <i>registeredFirst</i>                                 | false  |
| <i>minimumServiceLife</i>                              | Anhang - Tabelle 5   |
| <b>8.2 Förderung dezentraler Anlagen</b>               |  |
| <i>privateSubsidiesYearly</i>                          | -1,0   |
| <i>privateSubsidiesInstance</i>                        | -1,0   |
| <i>privateSubsidyShare</i>                             | 0,0  |
| <b>8.3 Förderung öffentlicher Infrastrukturanlagen</b> |  |
| <i>publicSubsidiesYearly</i>                           | -1,0   |
| <i>publicSubsidyShare</i>                              | 0,5  |

**Anhang - Tabelle 3: Siedlungsstruktur im Basisszenario**

| <i>Index Number</i> | <i>Number of Inhabitants</i> | <i>Number of Housing Units</i> | <i>Canal Length</i> |
|---------------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 1                   | 150                          | 50                             | 4.000               |
| 2                   | 200                          | 67                             | 4.100               |
| 3                   | 250                          | 83                             | 4.300               |
| 4                   | 300                          | 100                            | 4.500               |
| 5                   | 350                          | 117                            | 4.800               |
| 6                   | 450                          | 150                            | 5.000               |
| 7                   | 600                          | 150                            | 6.000               |
| 8                   | 800                          | 200                            | 7.200               |
| 9                   | 1.500                        | 300                            | 12.000              |
| 10                  | 5.400                        | 1.080                          | 32.400              |

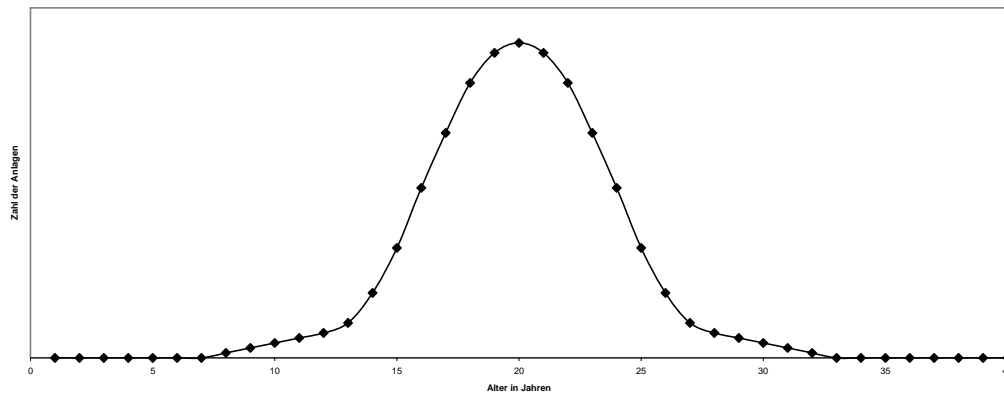
**Anhang - Abbildung 1: Lage der Siedlungsgebiete im Entsorgungsgebiet und Verlauf der potenziellen Kanalisation im Basisszenario**



**Anhang - Tabelle 4: Verteilung der Präferenzstrukturen der Wohneinheiten im Basisszenario**

| Kostenbewusstsein | Umweltbezogenes Engagement |        |         |
|-------------------|----------------------------|--------|---------|
|                   | hoch                       | mittel | niedrig |
| hoch              | 2,5%                       | 10%    | 40%     |
| niedrig           | 2,5%                       | 10%    | 35%     |

Anhang - Abbildung 2: Altersverteilung der Sammelgruben im Basisszenario



Anhang - Tabelle 5: Parameterwerte dezentraler Anlagen im Basisszenario

|                              | Sammelgrube*          |                   | Mechanisch/ teilbiologische Kleinkläranlage |                     | Vollbiologische Kleinkläranlage |                     |
|------------------------------|-----------------------|-------------------|---|---------------------|---------------------------------|---------------------|
|                              | dezentrale Entsorgung | mobile Entsorgung | gewartet                                    | mangelhaft gewartet | gewartet                        | mangelhaft gewartet |
| <i>proper</i>                | nein                  | ja                | ja  | nein                | ja                              | nein                |
| <i>approvalYear</i>          | 0 (Dummyvariable)     |                   | 0 (Dummyvariable)                           |                     | 0 (Dummyvariable)               |                     |
| <i>revocationYear</i>        | 2090 (Dummyvariable)  |                   | 2003  |                     | 2090 (Dummyvariable)            |                     |
| <i>replacementYear</i>       | 2090 (Dummyvariable)  |                   | 2003  |                     | 2090 (Dummyvariable)            |                     |
| <i>downpipeLoad</i>          | 100                   | 100               | 30  | 60                  | 7,5                             | 10                  |
| <i>yearlyDegeneration</i>    | 0                     | 0                 | 10  | 10                  | 10                              | 10                  |
| <i>maxDegeneration</i>       | 0                     | 0                 | 50  | 50                  | 50                              | 50                  |
| <i>yearlyLeakage</i>         | 0                     | 10                | 0   | 0                   | 0                               | 0                   |
| <i>maxLeakage</i>            | 0                     | 50                | 0   | 0                   | 0                               | 0                   |
| <i>invest</i>                | 1.500                 | 1.500             | 4.000                                       | 4.000               | 6.500                           | 6.500               |
| <i>maintenanceCost</i>       | 0                     | 100               | 160   | 80                  | 260                             | 160                 |
| <i>energyCost</i>            | 0                     | 0                 | 0   | 0                   | 6                               | 6                   |
| <i>sludgeDisposalCost</i>    | 0                     | 400               | 16  | 16                  | 16                              | 16                  |
| <i>serviceLife</i>           | 25                    | 25                | 10  | 10                  | 25                              | 25                  |
| <i>Permission Period Old</i> | 10                    | 10                | 5   | 5                   | 10                              | 10                  |
| <i>Permission Period New</i> | 15                    | 15                | 5   | 5                   | 15                              | 15                  |
| <i>minimumServiceLife</i>    | 5                     | 5                 | 5   | 5                   | 5                               | 5                   |

\* Im Modell wird die dezentrale und mobile Entsorgung von Sammelgruben unter der Technologiegruppe Sammelgrube zusammengefasst. Die Differenzierung zwischen den beiden Entsorgungspfaden erfolgt modellintern in Abhängigkeit von der Existenz einer Kläranlage, durch die die mobile Entsorgung sichergestellt wird. Daher sind in der Eingabemaske des Modells die Werte der mobilen Entsorgung eingetragen.

**Anhang - Tabelle 6: Transitionen zwischen dezentralen Technologien bei Investitionen oder Sanierungsanordnungen im Basisszenario**

| Ausgangstechnologie             | Zieltechnologie ( <i>mode: fix / prop</i> ) |  |  |  |  |
|---------------------------------|---|--|--|--|--|
|                                 | Sammelgrube                                 | mech./teilbiol. KKA, gewartet          | mech./teilbiol. KKA, ungewartet        | vollbiol. KKA, gewartet                | vollbiol. KKA, ungewartet              |
| Sammelgrube                     | 3: 1500 / 0<br>1: 750 / 0                   | 3: 4000 / 0<br>3: 2000 / 750           | 3: 4000 / 0<br>3: 2000 / 750           | 3: 6500 / 0<br>3: 4550 / 750           | 3: 6500 / 0<br>3: 4550 / 750           |
| mech./teilbiol. KKA, gewartet   | 3: 1500 / 0<br>3: 750 / 0                   | 3: 4000 / 0<br>1: 2000 / 0             | 3: 4000 / 0<br>1: 2000 / 0<br>2: 0 / 0 | 3: 6500 / 0<br>3: 3250 / 2000          | 3: 6500 / 0<br>3: 3250 / 2000          |
| mech./teilbiol. KKA, ungewartet | 3: 1500 / 0<br>3: 750 / 0                   | 3: 4000 / 0<br>1: 2000 / 0<br>2: 0 / 0 | 3: 4000 / 0<br>1: 2000 / 0             | 3: 6500 / 0<br>3: 3250 / 2000          | 3: 6500 / 0<br>3: 3250 / 2000          |
| vollbiol. KKA, gewartet         | 3: 1500 / 0<br>3: 750 / 0                   | 3: 4000 / 0<br>3: 2000 / 0             | 3: 4000 / 0<br>3: 2000 / 0             | 3: 6500 / 0<br>1: 3250 / 0             | 3: 6500 / 0<br>1: 3250 / 0<br>2: 0 / 0 |
| vollbiol. KKA, ungewartet       | 3: 1500 / 0<br>3: 750 / 0                   | 3: 4000 / 0<br>3: 2000 / 0             | 3: 4000 / 0<br>3: 2000 / 0             | 3: 6500 / 0<br>1: 3250 / 0<br>2: 0 / 0 | 3: 6500 / 0<br>1: 3250 / 0             |

## Anhang 3: abweichende Parameterwerte der Vergleichsszenarien

Im Folgenden werden für die in der Arbeit explizit genannten Vergleichsszenarien die vom Basisszenario abweichenden Parametereinstellungen dargestellt.

### *Szenario 2: höherer Kostendruck der Wohneinheiten*

|   |                    |
|---|--------------------|
| <i>szenarioFilename</i>                     | \\BasisRegion2.xml |
| <i>costTolerance / enforceCostTolerance</i> | 0,05 / true        |

Abweichungen von BasisRegion2.xml gegenüber BasisRegion1.xml

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| <i>HU Interest Sensitivity</i> | Normalverteilung zwischen 0 und 0,6; Mittelwert: 0,3; Standardabweichung: 0,05 |
|--------------------------------|--|

| Kostenbewusstsein | Umweltbezogenes Engagement |        |         |
|-------------------|----------------------------|--------|---------|
|                   | hoch                       | mittel | niedrig |
| hoch              | 5%                         | 15%    | 55%     |
| niedrig           | 0%                         | 5%     | 20%     |

### *Szenario 3: höheres umweltbezogenes Engagement*

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| <i>szenarioFilename</i> | \\BasisRegion3.xml |
|-------------------------|--------------------|

Abweichungen von BasisRegion3.xml gegenüber BasisRegion1.xml

| Kostenbewusstsein | Umweltbezogenes Engagement |        |         |
|-------------------|----------------------------|--------|---------|
|                   | hoch                       | mittel | niedrig |
| hoch              | 2,5%                       | 25%    | 25%     |
| niedrig           | 2,5%                       | 20%    | 25%     |

### *Szenario 4: höherer Imitationsschwellenwert der Wohneinheiten*

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| <i>szenarioFilename</i>           | \\BasisRegion4.xml  |
| <i>HU Threshold for Diffusion</i> | Normalverteilung zwischen >0 und 1; Mittelwert: 0,7; Standardabweichung: 0,25 |

### *Szenario 5: vorgezogener Bekanntmachung des Ablaufs der Ordnungsmäßigkeit mechanischer Anlagen*

Bekanntmachung der Änderung der Ordnungsmäßigkeit mechanischer Anlagen neun Jahre im Voraus, d.h. vor dem *replacementYear*. Änderung nur im Programmcode möglich:

Agent: `wwts.model.agents.HousingUnitAgent.java`

Methode: `protected int usage( Technology tech)`

Zeile: `if (timer.getTime() >= tech.replacementYear-9) {`

*Szenario 6: Verzicht auf Sanierungsanordnungen*

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <i>maxNumberOfPlants</i> | 0 |
|--------------------------|---|

---

*Szenario 7: vorausschauende Planung des Zweckverbandes (Erstplanung beinhaltet nur die Siedlungen, die im Basisszenario tatsächlich angeschlossen werden)*

|   |                    |
|---|--------------------|
| <i>szenarioFilename</i>                         | \\BasisRegion5.xml |
| <i>priceElasticity / enforcePriceElasticity</i> | 0 / true           |
| <i>socialFee</i>                                | 3,32               |

---

*Szenario 8: korrekte Bevölkerungsprognose*

|                    |         |
|--------------------|---------|
| <i>1-Exp</i>       | -0,0085 |
| <i>1-firstYear</i> | 1990    |

---

*Szenario 9: konstante Bevölkerungsentwicklung*

|                    |   |
|--------------------|---|
| <i>popFilename</i> | \\BevEntwicklung_Null.txt (0 über die gesamte Simulationsdauer) |
| <i>1-Exp</i>       | -0,00   |
| <i>1-firstYear</i> | 1990  |
| <i>1-baseYear</i>  | 1990  |
| <i>2-Exp</i>       | -0,00   |
| <i>2-firstYear</i> | 1995  |
| <i>2-baseYear</i>  | 1995  |

---

*Szenario 10: bessere Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls bei der Planung der kanalgebundenen Abwasserbeseitungsinfrastruktur*

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <i>investVolPerInhab</i> | 100 |
| <i>volPerInhabitant</i>  | 100 |

---

*Szenario 11: extrem geringe Einschätzung des spezifischen Abwasseranfalls bei der Planung der kanalgebundenen Abwasserbeseitungsinfrastruktur*

|                          |    |
|--------------------------|----|
| <i>investVolPerInhab</i> | 80 |
| <i>volPerInhabitant</i>  | 80 |

---

*Szenario 12: geringere Preiselastizität*

|   |              |
|---|--------------|
| <i>priceElasticity / enforcePriceElasticity</i> | -0,15 / true |
| <i>fictFee</i>                                  | 1,50         |

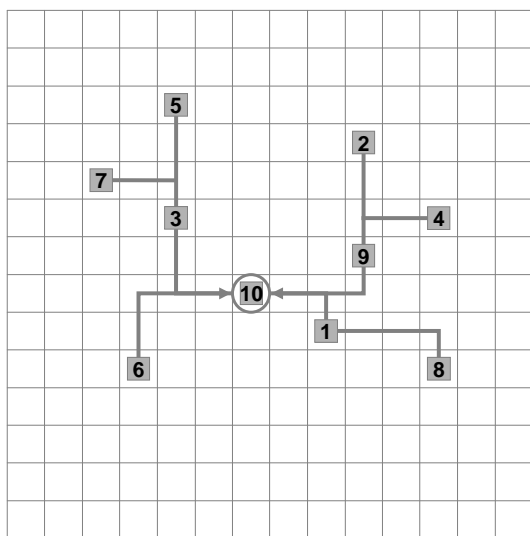
---

*Szenario 13: stärker verdichtetes Entsorgungsgebiet durch geringere Kanalisationslänge*

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| <i>szenarioFilename</i> | \\BasisRegion6.xml |
|-------------------------|--------------------|

Abweichungen von BasisRegion6.xml gegenüber BasisRegion1.xml

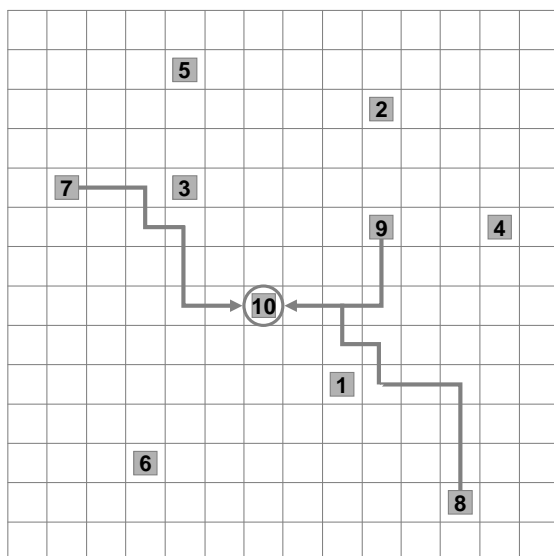
| <i>Index Number</i> | <i>Canal Length</i> |
|---------------------|---------------------|
| 1                   | 3.000               |
| 2                   | 3.400               |
| 3                   | 3.500               |
| 4                   | 3.600               |
| 5                   | 3.850               |
| 6                   | 4.050               |
| 7                   | 4.800               |
| 8                   | 5.600               |
| 9                   | 9.000               |
| 10                  | 27.000              |



*Szenario 14 Beschränkung der Anschlussplanung auf Siedlungen mit mehr als 500 Einwohnern*

|                         |                    |
|-------------------------|--------------------|
| <i>szenarioFilename</i> | \\BasisRegion7.xml |
|-------------------------|--------------------|

Abweichungen von BasisRegion7.xml gegenüber BasisRegion1.xml



## Anhang

---

### *Szenario 15: erhöhter Fördersatz*

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| <i>publicSubsidyShare</i> | 0,8 |
|---------------------------|-----|

---

### *Szenario 16: verringerter sozialverträglicher Gebührensatz*

|                  |      |
|------------------|------|
| <i>socialFee</i> | 4,25 |
|------------------|------|

---

### *Szenario 17: erhöhter Fördersatz und verringerter sozialverträglicher Gebührensatz*

|                           |      |
|---------------------------|------|
| <i>publicSubsidyShare</i> | 0,8  |
| <i>socialFee</i>          | 4,00 |

---

### *Szenario 18: verringerter sozialverträglichen Gebührensatz und verringerte Preiselastizität*

|   |              |
|---|--------------|
| <i>socialFee</i>                                | 4,25         |
| <i>priceElasticity / enforcePriceElasticity</i> | -0,15 / true |
| <i>fictFee</i>                                  | 1,50         |

---

### *Szenario 19: Erhebung von Grundgebühren zur Deckung von 20% der Fixkosten*

|                        |     |
|------------------------|-----|
| <i>baseFeeCoverage</i> | 0,2 |
|------------------------|-----|

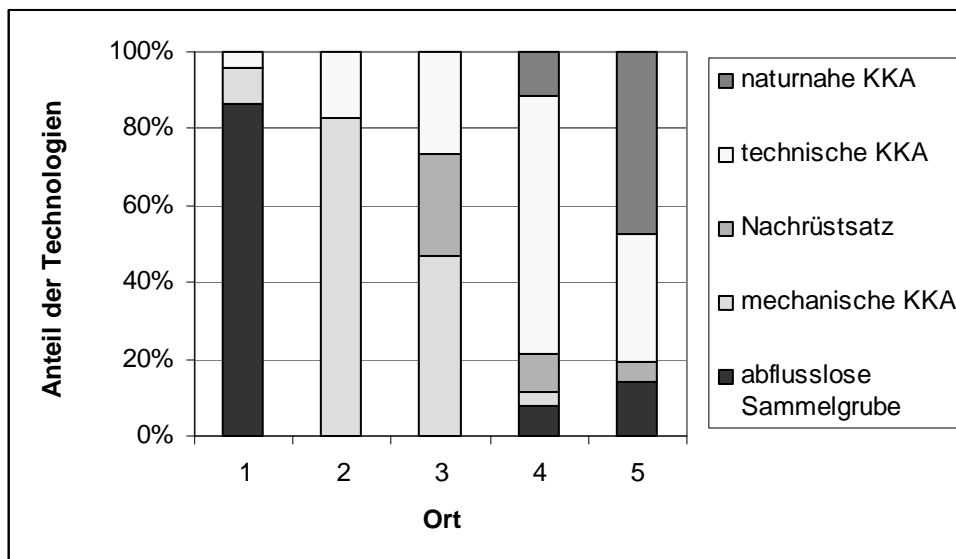
---



## Anhang 4: Verbreitungsgrade dezentraler Anlagen in einer Beispielregion

Die Verbreitung dezentraler Anlagen wurde anhand von Daten über die Vergabe von wasserrechtlichen Erlaubnisse für Kleinkläranlagen und Stellungnahmen zu Baugenehmigungen von Sammelgruben in der Prignitz, die von der Unteren Wasserbehörde freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurden (vgl. Untere Wasserbehörde Kreis Prignitz 2003), näher untersucht. In den Daten bestätigt sich, dass es zu lokal unterschiedlichen Verbreitungsgraden von Technologien kommt, was mit lokalen Nachahmungseffekten erklärt werden kann. In den Orten, in denen im Zeitraum 1995 bis 2003 mindestens zehn dezentrale Anlagen gemeldet wurden, zeigt sich, dass das Technologiespektrum zu durchschnittlich 63% von einer Technologiegruppe, zu 55% sogar von einem bestimmten Anlagentyp dominiert wird. In 6% der Gemeinden beziehen sich  $\frac{3}{4}$  aller Meldungen auf einen einzigen Anlagentyp. Dabei dominieren durchaus unterschiedliche Technologien, wobei der Schwerpunkt auf technischen Kleinkläranlagen liegt. Die folgende Abbildung zeigt anhand fünf beispielhaft ausgewählter Orte, dass es lokal zu sehr unterschiedlichen Verteilungen kommen kann und dass es beinahe für jede Technologiegruppe (bis auf Nachrüstätze) einzelne Gemeinden gibt, in denen diese dominiert. Dies dürfte kaum mit unterschiedlichen Ausgangstechnologien oder preislichen Differenzen begründet werden können und deutet deshalb darauf hin, dass es tatsächlich lokal bezogene Diffusionsprozesse gibt.

**Anhang - Abbildung 3: Unterschiedliche Verteilung von Technologien in ausgewählten Gemeinden**



Quelle: (Untere Wasserbehörde Kreis Prignitz 2003, eigene Berechnungen)